

LUCRAREA NR. 4

VERIFICAREA RELEELOR ELECTROMAGNETICE DE CURENT ȘI DE TENSIUNE. RELEUL DE CONTROL AL SINCRONISMULUI

4.1. Parametrii releelor electrice

Releele electrice sunt echipamente caracterizate în funcționare prin variația discontinuă, în salt, a semnalelor din unul sau mai multe circuite de ieșire, obținută atunci când sunt îndeplinite anumite condiții în circuitele electrice de intrare, care provoacă acționarea lor.

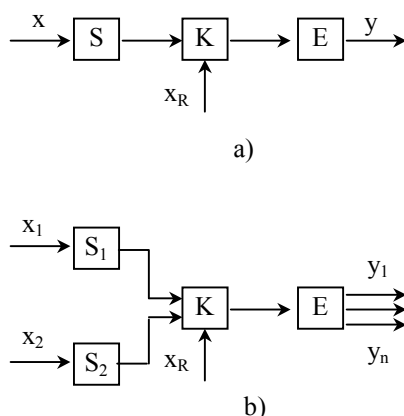


Fig. 4.1: Schema bloc a unui releu.

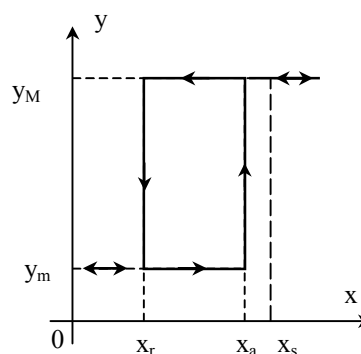


Fig. 4.2: Caracteristică de tip releu.

Elementele componente ale schemelor bloc atașate unui releu, reprezentate în figura 4.1 sunt:

- elementul sensibil S care transformă semnalul de intrare x , într-un semnal de altă natură, necesar funcționării releului;
- elementul comparator K având rolul de a compara nivelul semnalului de intrare transformat cu un nivel de reper, x_R , reglabil din exterior;
- elementul de execuție E care realizează valorile semnalului de ieșire y , în funcție de rezultatul comparației.

Unele tipuri de rele pot avea două tipuri de semnale de intrare și un număr oarecare de semnale de ieșire, figura 4.1b.

Caracteristica intrare-ieșire corespunzătoare unui releu cu semnale unice de intrare, x , respectiv de ieșire, y , este dată în figura 4.2. Aceasta evidențiază faptul că semnalul de ieșire poate avea una din valorile y_m , y_M , obținute pentru semnale de intrare $x < x_r$, $x > x_a$, x_r , x_a fiind valorile de revenire respectiv de acționare. Domeniul $x_r \leq x \leq x_a$, definește zona de insensibilitate a releului, în care semnalele de ieșire pot avea oricare din valorile y_m , y_M .

Principalii parametri care caracterizează funcționarea releelor sunt :

- factorul de revenire, k_r , definit prin relația :

$$k_r = \frac{x_r}{x_a} ; \quad (4.1)$$

- factorul de siguranță la acționare, k_s :

$$k_s = \frac{x_s}{x_a} \quad (4.2)$$

unde x_s este valoarea semnalului de intrare pentru care se obține acționarea sigură, figura 4.2;

- factorul de comandă, k_p :

$$k_p = \frac{P_c}{P_a} \quad (4.3)$$

unde: P_c , este puterea comandată prin elementul de execuție al releului;

P_a , este puterea necesară pentru acționare, absorbită în circuitele de intrare.

Precizia releului, exprimată prin eroarea relativă, ε_a , a valorii semnalului de acționare, x_a , față de valoarea reglată, x_R :

$$\varepsilon_a = \frac{x_a - x_R}{x_R} \cdot 100[\%] \quad (4.4)$$

- consumul propriu, reprezentând puterea absorbită de releu în funcționare la parametri nominali;
- capacitatea de comutare a contactelor, exprimată prin valoarea maximă a intensității curentului ce poate fi comutat, pentru o valoare precizată a tensiunii în circuitul de ieșire;
- timpul propriu t_p , definit ca durata înregistrată între momentul aplicării unui semnal de intrare $x > x_a$ și cel corespunzător obținerii valorii y_M (figura 4.2) pentru semnalul de ieșire.

După funcțiile îndeplinite în instalațiile de protecție și automatizare, releele pot fi:

- **relee de măsură**, sensibile la valorile mărimilor electrice supravegheate (relee de curent, de tensiune, de impedanță, de frecvență etc.);
- **relee intermediare**, care servesc pentru amplificarea puterii comandate și pentru multiplicarea, prin numărul contactelor, a canalelor de transmitere a semnalului de ieșire;
- **relee de semnalizare**, având rolul de a semnaliza pe cale optică depășirea valorii de acționare a semnalului de intrare;
- **relee de timp** (temporizate sau de temporizare), care realizează o comandă în circuitul de ieșire după o durată reglabilă de la aplicarea semnalului de intrare.

4.2. Relee electromagnetice de curent și de tensiune

Releele electromagnetice de curent și de tensiune sunt utilizate ca elemente de măsură în instalațiile de protecție și automatizare funcționând la frecvență industrială.

Releele de curent de tip RC-2 sunt construite ca rele maximale, acționarea acestora obținându-se la creșterea intensității curentului peste valoarea reglată I_R , condiția de acționare fiind deci $I > I_R$. Aceste rele sunt prevăzute cu un contact normal deschis sau cu contact cu pol comun, normal deschis–normal închis (starea normală a contactelor corespunde bobinei nealimentate).

Releele electromagnetice de tensiune se construiesc de tip fie maximal (variantele RT-3, RT-36) cu acționare la valori ale tensiunii $U > U_R$, fie minimal (variantele RT –4, RT-6) care acționează la valori ale tensiunii $U < U_R$, U_R fiind tensiunea reglată. Releele maximale de tensiune au un contact normal deschis, cele minimale fiind prevăzute cu un contact normal închis, uneori releele de tensiune au contact cu pol comun.

Releele electromagnetice de curent se deosebesc de cele de tensiune prin construcția bobinei; aceasta este de tip serie (cu număr mic de spire) în primul caz, respectiv de tip derivație, în al doilea caz.

Construcția unui releu de curent este prezentată în figura 4.3. Elementul sensibil este constituit din electromagnetul 1, prevăzut cu armătura mobilă rotitoare 2, care la acționare comută, prin intermediul brațului electroizolant 4, grupul contactelor de ieșire, ND–NI.

Cuplul electromagnetic activ, M_a , este comparat permanent cu cuplul rezistent inițial, M_r , dat de resortul spiral 3. Acționarea electromagnetului 1 se obține dacă este îndeplinită condiția:

$$M_a > M_r \quad (4.5)$$

Ținând seama de expresiile corespunzătoare forțelor dezvoltate de un electromagnet de c.a., condiția de acționare (4.5) poate fi scrisă în final sub una din formele :

$$\begin{aligned} I &> I_R - \text{pentru releele maxime de curent;} \\ U &> U_R - \text{pentru releele maxime de tensiune;} \end{aligned} \quad (4.6)$$

$$I_R = \frac{1}{N} \sqrt{\frac{M_r}{K}} \quad (4.7)$$

I_R, U_R -fiind valorile reglate ale mărimilor de intrare,
 N - numărul de spire al bobinei ,
 K - constantă constructivă.

Conform relațiilor (4.7), valoarea reglată a semnalelor de intrare se poate modifica astfel:

- în trepte, de la simplu la dublu, prin intermediul numărului N de spire al bobinei;
- continuu, tensionând resortul antagonist 3 cu ajutorul butonului 5, figura 4.3, în domeniile $(0,5 \dots 1) \frac{I_n}{U_n}$, respectiv $(0,5 \dots 1) \frac{0,5 I_n}{0,5 U_n}$, I_n, U_n fiind parametrii nominali.

Pentru reglajul în trepte, bobina este prevăzută cu priză mediană, numărul de spire modificându-se cu ajutorul eclisei 6; capătul scalei releului (indicația 1) corespunde astfel valorilor nominale ($I_R = I_n, U_R = U_n$) respectiv valorilor $I_R = 0,5 I_n, U_R = 0,5 U_n$.

Acționarea releului coincide cu acționarea electromagnetului 1, figura 4.3, numai la releele maxime; în cazul releelor minime de tensiune, acționarea se obține prin revenirea armăturii mobile 2 a electromagnetului 1.

Releele de tensiune RT-3S, RT-4S sunt prevăzute numai cu reglaj continuu al tensiunii de acționare. Tensiunea aplicată bobinei este obținută prin redresarea tensiunii alternative de intrare, pe această cale realizându-se atenuarea vibrațiilor armăturii mobile a electromagnetului.

Releele electromagnetice de curent și de tensiune sunt de tip fișă, cu conectare în soclu.

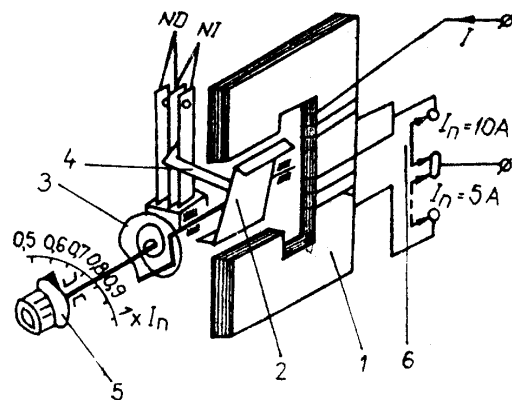


Fig. 4.3: Releu electromagnetic de curent.

4.3. Relee pentru controlul sincronismului

Releele pentru controlul sincronismului sunt utilizate în schemele de reanclanșare automată rapidă și au rolul de a măsura defazajul dintre două tensiuni de frecvență industrială.

Schema electrică a releului de tip RCS (produsă de ICEMENERG) și principiul de funcționare al acestuia pot fi urmărite în figura 4.4. Releul de control al sincronismului tip RCS este constituit dintr-un releu minimal de tensiune, RT, prevăzut cu înfășurările 2–4, 6–8 și

contactul închis 5–7.

În funcționare releul RCS măsoară defazajul α dintre tensiunile U_1 , U_2 , figura 4.5 menținând contactul 5–7 închis numai dacă valorile acestuia sunt mai mici decât valoarea reglată α_R ; în aceste condiții, reanclanșarea automată a liniei electrice, obținută prin închiderea întrerupătorului I_1 , este posibilă numai dacă defazajul dintre tensiunea de pe bare și cea de pe linie are valorile:

$$0 < \alpha < \alpha_R \quad (4.8)$$

relația (4.8) constituind condiția de acționare a releului RCS.

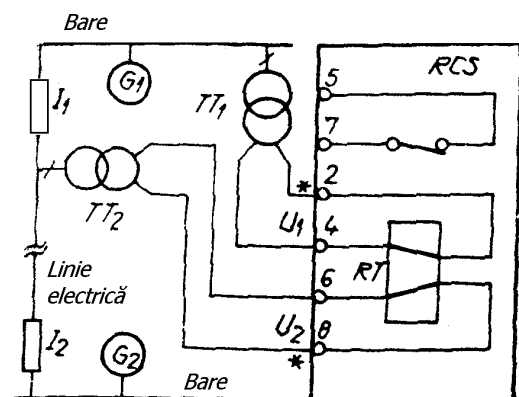


Fig. 4.4: Releul de control al sincronismului RCS

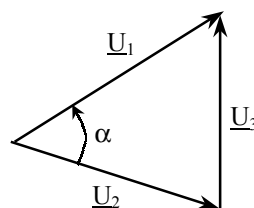


Fig. 4.5: Diagrama fazorială a releului RCS.

Neglijând rezistențele și ținând seama de diagrama fazorială din figura 4.5, pentru fluxul magnetic rezultat, Φ , din întrefierul de lucru al electromagnetului releului minimal de tensiune RT, rezultă expresia:

$$\Phi = \frac{1}{\omega} \sqrt{U_{10}^2 + U_{20}^2 - 2U_{10}U_{20} \cos \alpha} \quad (4.9)$$

unde s-a notat:

$$U_{10} = \frac{U_1}{N_1}, \quad U_{20} = \frac{U_2}{N_2}, \quad (4.10)$$

N_1 , N_2 reprezentând numerele de spire ale celor două bobine.

Pentru verificarea releului, fluxul magnetic rezultat care străbate întrefierul de lucru poate fi produs de o tensiune echivalentă, U_e , aplicată uneia din înfășurări, de exemplu celei care are N_1 spire; în ipoteza neglijării rezistențelor, ținând seama de (4.9), se poate scrie:

$$U_e = N_1 \sqrt{U_{10}^2 + U_{20}^2 - 2U_{10}U_{20} \cos \alpha} \quad (4.11)$$

Pentru $N_1 = N_2 = N$, $U_1 = U_2 = U$, ținând seama de (4.10), relația (4.11) devine de forma:

$$U_e = U_3 = 2U \sin \frac{\alpha}{2} \quad (4.12)$$

Tensiunile de funcționare a releelor tip RCS au valorile trecute în tabelul 4.1

Tabelul 4.1.

Varianta RCS			
U_1 [V]	100	$100/\sqrt{3}$	100
U_2 [V]	100	$100/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$

4.4. Programul lucrării

4.4.1. Studiul construcției releelor

Se urmărește construcția releelor de curent și de tensiune de tip RC și RT, identificându-se elementele componente; se compară construcția și posibilitățile de reglare ale acestor rele cu cele corespunzătoare altor variante constructive, existente la lucrare. Se studiază construcția releului de control al sincronismului tip RCS.

4.4.2. Verificarea scalei unui releu de tip RC-2

Încercările se efectuează cu montajul grafic în figura 4.6, în care se fac numai conexiunile desenate cu linii întrerupte. Ampermetrul se alege corespunzător scalei releului verificat.

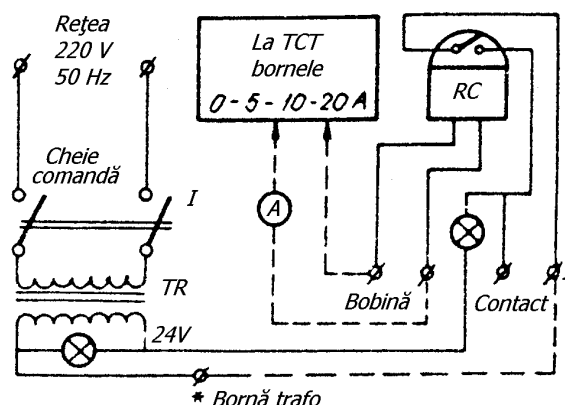


Fig. 4.6: Montaj pentru verificarea releului tip RC-2.

Pentru fiecare valoare a curentului reglat I_R , se efectuează următoarele operații:

- se verifică poziția de zero a cursorului trusei TCT;
- se acționează butonul ANCLANSARE;
- se crește intensitatea curentului până la acționarea releului, semnalizată prin aprinderea lămpii de control și se notează valoarea I_a ;
- se crește în continuare intensitatea, până la circa $1,2 \cdot I_R$, apoi se scade până la obținerea valorii de revenire, I_r , înregistrată în momentul stingerii lămpii de semnalizare.

Datele obținute se trec în tabelul 4.2; potrivit relațiilor (4.1), (4.4) se calculează valorile factorului de revenire, ϵ_a .

Tabelul 4.2.

Releu tip $I_n = \dots\dots\dots$ [A]	Poziția eclisei de reglare							
	$0,5 I_n$				I_n			
Indicația scalei			
I_R [A]			
I_s [A]			
I_r [A]			
k_r			
ϵ_a [%]			

4.4.3. Măsurarea timpului propriu al unui releu de curent

Se realizează montajul având schema electrică din figura 4.7. Timpul propriu se măsoară pentru valorile intensității I a curentului prin bobina releului precizate în tabelul 4.3.

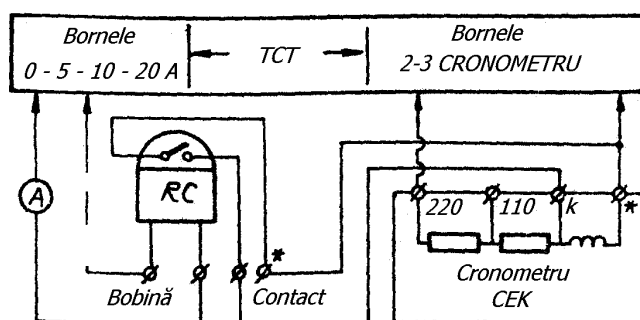


Fig. 4.7: Montaj pentru măsurarea timpului propriu al releului tip RC-2.

Pentru fiecare măsurare se fac următoarele operații :

- se aduce la zero cursorul trusei TCT, se acționează butonul ANCLANȘARE și se reglează intensitatea curentului prin bobina releului;
- se acționează butonul DECLANȘARE și se aduce la zero indicația cronometrului CEK;
- acționând succesiv butoanele ANCLANȘARE-DECLANȘARE se înregistrează timpul $t_{p\Sigma}$ corespunzător unui număr de zece acționări ale releului, după care se calculează valoarea medie a timpului propriu, t_p .

Datele se trec în tabelul 4.3.

Tabelul 4.3.

Releu tip		Indicați a scalei	I_R [A]	I/I_R	I [A]	$t_{p\Sigma}$ [s]	t_p [s]
Poziția eclisei de reglare	$0,5 I_n$	0,5		1,2			
				1,6			
				2			
	I_n	0,5		1,2			
				1,6			
				2			

4.4.4. Verificarea scalei unui releu de tensiune tip RT

Pentru încercări se realizează montajul având schema electrică din figura 4.8, în care se fac numai conexiunile reprezentate cu linii întrerupte. Voltmetrul se alege corespunzător scalei releului verificat.

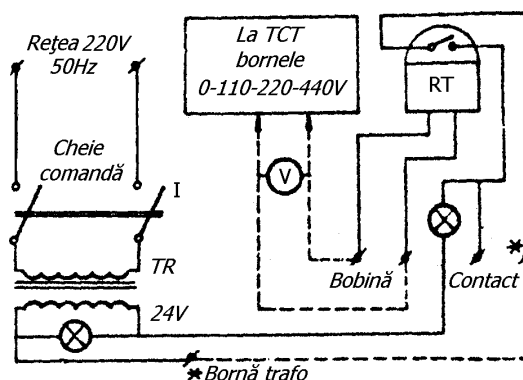


Fig. 4.8: Montaj pentru verificarea releului RT.

Dacă releul este de tip maximal, succesiunea operațiilor de verificare este cea prezentată în §4.2, cu deosebirea că, de această dată se înregistrează valori pentru tensiuni.

Pentru un releu minimal de tensiune determinarea tensiunii de acționare, U_a , corespunzătoare unei valori reglate, U_R , se face scăzând lent tensiunea aplicată bobinei de la o valoare $U=1,5U_R$ până la acționarea releului, semnalizată prin aprinderea lămpii de control. În

continuare se scade tensiunea până la o valoare de circa $0,8 U_R$, după care aceasta se crește lent până la stingerea lămpii de semnalizare, când se înregistrează valoarea tensiunii de revenire, U_r .

Datele se tablează sub forma tabelul 4.2, în care se substituie parametrii releului de curent cu cei corespunzători unui releu de tensiune.

4.4.5. Măsurarea timpului propriu al unui releu de tensiune

Pentru releele maximale de tensiune având un contact normal deschis ND, se realizează montajul din figura 4.9a; măsurarea timpului propriu pentru un releu minimal de tensiune, prevăzut cu contact normal închis, NI, se face montajul din figura 4.9b.

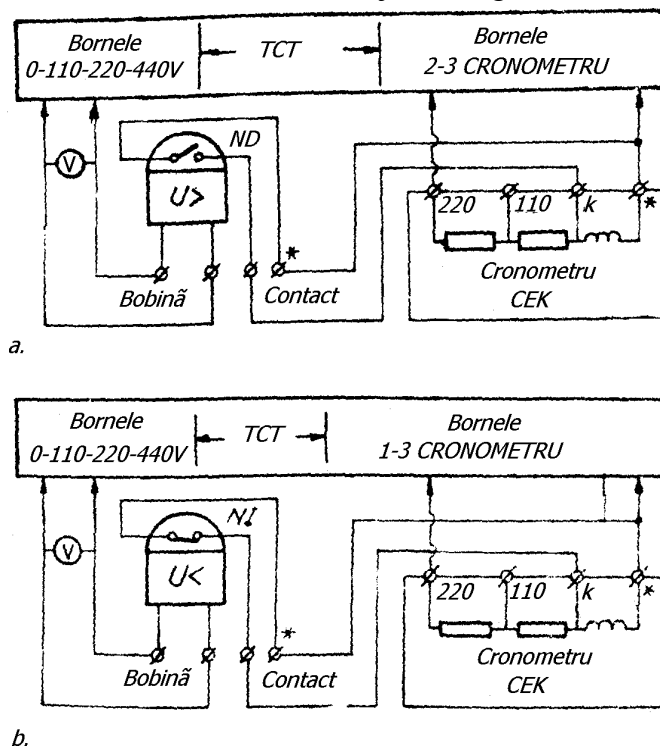


Fig. 4.9: Montaj pentru măsurarea timpului propriu al releului de tensiune.

Se urmărește succesiunea de operații prezentată în §4.3, cu referiri însă la parametrii corespunzători unui releu de tensiune; având același sens se întocmește și tabelul de date, care va corespunde prin dualitate cu tabelul 4.3.

4.4.6. Verificarea scalei releului de control al sincronismului tip RCS

Deoarece Releul RCS din laborator are bobinele identice, el poate fi verificat cu ajutorul unei singure tensiuni, conform montajului având schema reprezentată grafic în figura 4.10.

Verificarea releului RCS este, în aceste condiții, similară verificării unui releu minimal de tensiune; pentru transpunerea valorilor tensiunii echivalente în valori ale unghiului de defazaj α , se utilizează relația (4.12).

Pentru fiecare valoare a defazajului α_R , reglată pe scala releului, se scade lent tensiunea aplicată bobinei de la valoarea nominală până la acționare, semnalizată prin aprinderea lămpii de control; se notează valoarea tensiunii echivalente de acționare U_{ae} , se scade în

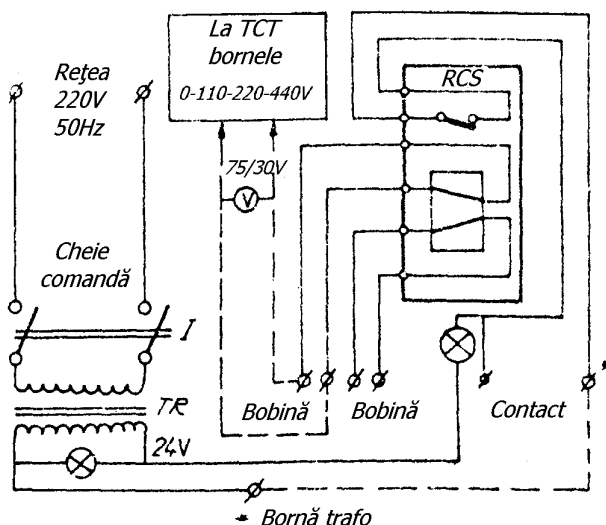


Fig. 4.10: Montaj pentru verificarea releului de control al sincronismului.

continuare tensiunea până la circa $0,8 U_{ae}$ apoi aceasta se crește lent până la stingerea lămpii de semnalizare, când se înregistrează valoarea tensiunii echivalente de revenire, U_{rs} . Datele obținute se trec în tabelul 4.4.

Tabelul 4.4

Releu tip, $U_1 = \dots\dots\dots [V]$, $U_2 = \dots\dots\dots [V]$					
α_R [grade]	20	25	30	35	40
U_{ae} [V]					
U_{re} [V]					
α_a [grade]					
α_r [grade]					
$k_r = \frac{\alpha_r}{\alpha_a}$					
$\varepsilon_a = \frac{\alpha_a - \alpha_R}{\alpha_R} \cdot 100[\%]$					

Corespunzător tensiunilor echivalente U_{ae} , U_{re} , cu ajutorul relației (4.12) se calculează valorile α_a , α_r ale unghiului de defazaj pentru care se obține acționarea, respectiv revenirea releului RCS, apoi se determină valorile factorului de revenire k_r și ale erorii ε_a .

4.5. Conținutul referatului

- 1) Schemele electrice ale montajelor utilizate pentru încercări;
- 2) Tabelele de date completate;
- 3) Observații și concluzii privind rezultatele verificărilor (încadrarea în limitele admisibile a valorilor factorului de revenire și ale erorilor);
- 4) Observații și concluzii privind construcția și funcționarea releelor studiate.

4.6. Bibliografie

- /1/ Baraboi A. Echipamente electrice, curs. Institutul Politehnic Iași; 1989, p.213-215
- /2/ Ionescu A.A., Tomescu I. Verificarea releelor de protecție și automatizare din stații electrice și posturi de transformare. Ed Tehnică București, 1983.
- /3/ Gheorghiu Ioan, Popa Sorin Eugen, Puiu-Berizintu Mihai, "Echipamente electrice pentru centrale, stații și posturi de transformare", Ed. Tehnica-Info Chișinău, 2003.