

Amelia CIȘMAN

GHID DE LUCRĂRI PRACTICE ÎN DOMENIUL ELECTRIC

**Auxiliar curricular
pentru elevii din învățământul liceal și profesional**



Erasmus+

**Elaborat în cadrul proiectului ERASMUS +
2025-1-RO01-KA121-VET-000326186**

PREFAȚĂ

Diversitatea fenomenelor din domeniul electric determină perceperea mai puțin facilă a anumitor fenomene, dacă nu sunt studiate și din punct de vedere practic. Motivul pentru care a fost elaborat acest *auxiliar curricular* este ca elevii să înțeleagă aspectele teoretice legate de construcția și funcționarea aparatelor și mașinilor electrice, prin studiul aplicațiilor practice ale unor anumite fenomene.

Conținuturile incluse în această lucrare au fost elaborate în cadrul proiectului ERASMUS + 2025-1-RO01-KA121-VET-00032618 și oferă elevilor cunoștințe care le vor permite să-și dezvolte abilități practice și creative privind depistarea defectelor în aparatele, mașinile și instalațiile electrice aflate în dotarea laboratorului tehnologic sau la agenții economici parteneri unde-și desfășoară pregătirea practică. Aceasta le va asigura baza necesară pentru realizarea activității de întreținere pentru o gamă largă de aparate, mașini și instalații electrice, pe care le vor utiliza la locul de muncă sau/și în instalațiile electrice, în condițiile participării lor nemijlocite la un proces instructiv-formativ centrat pe nevoile și aspirațiile proprii.

Lucrarea se adresează elevilor din clasele a X-a și a XI-a, din învățământul profesional și tehnic, domeniul electric (pentru munca independentă, în clasă), și deopotrivă profesorilor de cultură tehnică, la modulele *Aparate electrice*, *Mașini electrice*, *Măsurări electrice în curent alternativ*, *Întreținerea mașinilor electrice*, *instalațiilor și echipamentelor energetice*.

Lucrarea este structurată pe două părți. În prima parte, elevii vor putea rezolva aplicațiile practice propuse pentru orele de laborator tehnologic din cadrul modulelor de specialitate specifice domeniului electric, iar în partea a II-a vor putea studia fișele de documentare, care constituie suportul teoretic necesar rezolvării cu succes a aplicațiilor practice.

Prin modul în care a fost concepută lucrarea, prin diversitatea instrumentelor de lucru propuse (fișe de lucru, fișe tehnologice, fișe de evaluare, miniproiecte), aceasta devine un îndrumar util pentru studierea sistematică și eficientă a fenomenelor din domeniul electric.

Cartea se dorește a fi, așa cum am numit-o, un *GHID DE LUCRĂRI PRACTICE* menit să vină în sprijinul elevilor și al candidaților la olimpiade și concursuri școlare de profil, care trebuie să facă dovada capacității de înțelegere și a abilităților practice dobândite în specializare și, desigur, pentru a pregăti un profil al absolvenților cerut de sectoarele economice și de servicii.

Lucrarea se adresează totodată și profesorilor. Sistematizarea riguroasă a materialului și a conținuturilor conferă cărții un caracter de ghid util, care să însoțească întregul parcurs didactic, oferind posibilitatea unei evaluări practice formative și sumative, prin raportarea la rezultatele învățării propuse și prin măsurarea eficienței/progresului înregistrat de elevi de la o secvență la alta a instruirii.

Autoarea

CUPRINS

1. Aplicații practice	7
1.1. Aparate și mașini electrice	7
Fișa de lucru nr. 1	8
Verificarea releului electromagnetic de curent de tip RC2	
Fișa de lucru nr. 2	11
Verificarea releului electromagnetic de tensiune de tip RT4	
Fișa de lucru nr. 3	13
Verificarea funcționării releului termic	
Fișa de lucru nr. 4	16
Construcția și verificarea contactoarelor electromagnetice	
Fișa de lucru nr. 5	19
Încercarea la mers în gol a transformatorului monofazat	
Fișa de lucru nr. 6	22
Încercarea la scurtcircuit a transformatorului monofazat	
Fișa de lucru nr. 7	25
Repararea înfășurărilor unui transformator electric	
Fișa de lucru nr. 8	26
Verificarea grupelor de conexiuni Yy12 și Yy6 ale transformatoarelor trifazate	
Fișa de lucru nr. 9	29
Determinarea raportului real de transformare și calculul erorilor transformatorului de curent	
Fișa de lucru nr. 10	32
Curba de magnetizare a transformatorului de curent	
Miniproiect	35
Studiul și verificarea întreruptorului automat de joasă tensiune	
1.2. Măsurări electrice	38

Fișa de lucru nr. 11	39
Măsurarea rezistenței electrice prin metoda industrială	
Fișa de lucru nr. 12	41
Utilizarea instrumentelor de măsură	
Fișa de lucru nr. 13	42
Măsurarea puterii active și reactive în circuite de curent alternativ monofazat	
Fișa de lucru nr. 14	45
Măsurarea puterii active în montaj indirect cu transformatoare de măsură	
Fișa de lucru nr. 15	47
Contorul monofazat CAM6	
Fișa de lucru nr. 16	48
Măsurarea energiei electrice în curent alternativ monofazat și verificarea contorului	
2. Fișe de documentare	51
Fișa de documentare nr. 1	52
Studiul și verificarea releelor electromagnetice	
Fișa de documentare nr. 2	60
Relee termice	
Fișa de documentare nr. 3	62
Defectele releului termic	
Fișa de documentare nr. 4	64
Contactorul electromagnetic	
Fișa de documentare nr. 5	68
Repararea transformatoarelor	
Fișa de documentare nr. 6	74
Probe și încercări ale transformatoarelor electrice	
Fișa de documentare nr. 7	80
Transformatorul de curent	
Fișa de documentare nr. 8	86
Măsurarea energiei electrice	

Fișa de documentare nr. 9	92
Norme specifice de protecție a muncii în laboratorul electric	
Bibliografie	94



1.1. APARATE ȘI MAȘINI ELECTRICE

FIȘA DE LUCRU NR. 1

VERIFICAREA RELEULUI ELECTROMAGNETIC DE CURENT DE TIP RC-2

			
Trusa TC-U 20A, 440V	Bec	Ampermetru	Releu RC2

Având la dispoziție aparatele de mai sus, realizați verificarea scalei unui releu electromagnetic RC-2 într-un laborator de încercări, Completând următoarea fișă de lucru de mai jos, răspunzând următoarelor cerințe:

- scrierea relațiilor de calcul pentru factorul de revenire și eroarea releului;
- alegerea și specificarea rolului aparatelor necesare;
- realizarea montajului și citirea indicațiilor;
- completarea tabelului de date;
- formularea concluziilor;
- respectarea NTSM.

1. Scopul lucrării:

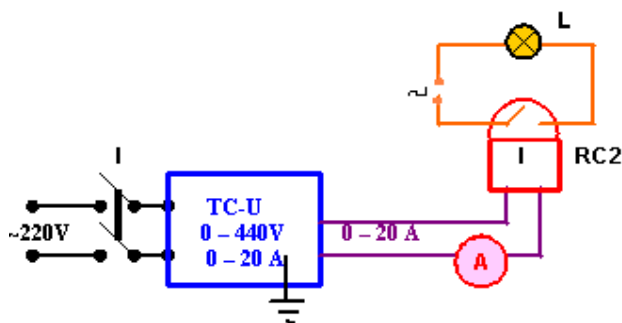
În cadrul lucrării se vor determina:

a) curenții de acționare și de revenire;

b) factorul de revenire al releului: $k_{rev} = \frac{I_{rev}}{I_a}$

c) erorile releului: $\varepsilon\% = \frac{I_{rel} - I_a}{I_{rel}} 100$

2. Schema de montaj:



3. Nomenclatorul aparatelor:

TC-U –
 RC2 –
 A –
 I –
 L –
 220 –

4. Modul de experimentare:

.....

5. Tabel cu rezultate:

Nr. crt.	I_a	I_{rev}	I_{rel}	K_{rev}	$\varepsilon \%$
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
6.					

6. Concluzii:

Obs. Pentru realizarea activității, consultați Fișa de documentare nr. 1.

FIȘA DE EVALUARE
VERIFICAREA RELEULUI ELECTROMAGNETIC
DE CURENT RC2

Nr. crt.	Denumirea criteriului	Punctaj	Notare	Obs.
1.	Alegerea aparatelor și specificarea rolului acestora	10		
2.	Scrierea relațiilor de calcul	6		
3.	Realizarea montajului conform schemei electrice	28		
4.	Măsurarea curenților de acționare și de revenire pentru fiecare poziție a butonului de reglaj	12		
5.	Calcularea factorului de revenire pentru fiecare din cele șase măsurători	12		
6.	Calcularea erorii releului	12		
7.	Respectarea NTSM.	10		
8.	Punctaj din oficiu	10		
9.	TOTAL	100		

Nota se obține prin împărțirea la 10 a punctajului obținut.

FIȘA DE LUCRU NR. 2

VERIFICAREA RELEULUI ELECTROMAGNETIC DE TENSIUNE DE TIP RT4

Realizați verificarea scalei unui releu electromagnetic RT4 într-un laborator de încercări, completând fișa de lucru de mai jos și răspunzând următoarelor cerințe:

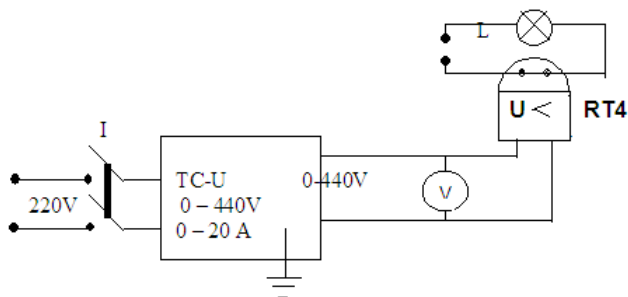
- scrierea relațiilor de calcul pentru factorul de revenire și eroarea releului de tensiune;
- alegerea și specificarea rolului aparatelor necesare;
- realizarea montajului și citirea indicațiilor;
- completarea tabelului de date;
- formularea concluziilor;
- respectarea NTSM.

1. Scopul lucrării:

În cadrul lucrării se vor determina:

- tensiunile de acționare și de revenire;
- factorul de revenire al releului: $k_{rev} = \frac{U_{rev}}{U_a}$
- erorile releului: $\varepsilon_u \% = \frac{U_{rel} - U_a}{U_{rel}} 100$

2. Schema de montaj:



3. Nomenclatorul aparatelor:

TC-U –
 RT4 –
 V –
 I –
 L –
 220 –

4. Modul de experimentare:

.....

5. Tabel cu rezultate:

Nr. crt.	U_a (V)	U_{rev} (V)	U_{rel} (V)	k_{rev}	ε_U %
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
6.					

FIȘĂ DE EVALUARE

VERIFICAREA RELEULUI ELECTROMAGNETIC DE TENSIUNE RT4

Nr. crt.	Denumirea criteriului	Punctaj	Notare	Obs.
1	Alegerea aparatelor și specificarea rolului acestora	10		
2.	Scrierea relațiilor de calcul	6		
3.	Realizarea montajului conform schemei electrice	28		
4.	Măsurarea tensiunilor de acționare și de revenire pentru fiecare poziție a butonului de reglaj	12		
5.	Calcularea factorului de revenire pentru fiecare din cele șase măsurători	12		
6.	Calcularea erorii de tensiune a releului	12		

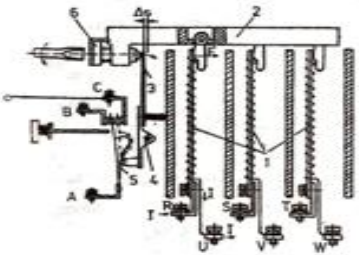
7.	Respectarea NTSM	10		
8.	Punctaj din oficiu	10		
9.	TOTAL	100		

FIȘA DE LUCRU NR. 3

VERIFICAREA FUNCȚIONĂRII RELEULUI TERMIC

Realizați verificarea unui releu termobimetalic într-un laborator de încercări. Răspundeți, în rezolvarea fișei de lucru, următoarelor cerințe:

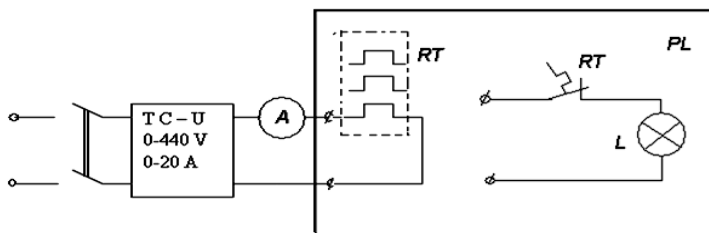
Fișa A. Completați tabelul de mai jos, analizând figura blocului de releu tip TSA de pe fișele de lucru și observând construcția releelor de pe mese.

Nr. crt.	Denumire	Material	Caracteristici	
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				

Fișa B. Trasați caracteristica de protecția a releului termic (timp de declanșare în funcție de curent), răspunzând următoarelor cerințe:

- alegeți și specificați rolul aparatelor necesare;
- realizați montajul și citiți indicațiile aparatelor;
- completați tabelul de date și trasați caracteristica $t=f(I)$;
- formulați concluziile;
- respectați NTSM.

1. Schema de montaj pentru verificarea releului termic:



2. Aparate si materiale necesare:

- trusă de curent și tensiune 0 – 440V, 0 – 20A;
- platformă de laborator;
- ampermetru de c.a.;
- conductoare de legătură.

3. Modul de realizare a lucrării:

- a) se realizează montajul conform schemei electrice;
- b) se modifică valoarea curentului prin lamela bimetal a releului termic, cu ajutorul cursorului trusei de curent și tensiune, până când releul este acționat (lampa se stinge);
- c) se citește valoarea curentului de acționare la ampermetru;
- d) timpul de acționare al releului se va măsura cu ajutorul unui ceas (cronometru);
- e) se trec datele în tabelul de date;
- f) se trasează caracteristica de protecție a releului termic.

4. Tabel de date:

I (A)	1,05I _n	1,2I _n	6I _n
t (s)			

5. Caracteristica de protecție:



6. Concluzii: se va interpreta forma caracteristicii obținute.

Obs. Consultați Fișele de documentare nr. 2 și 3.

FIȘA DE EVALUARE

VERIFICAREA FUNCȚIONĂRII RELEULUI TERMIC

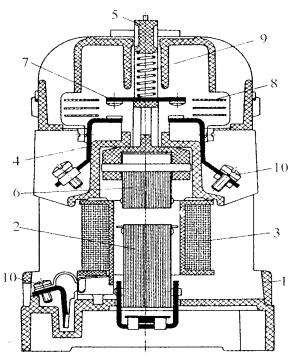
Nr. crt.	Denumirea criteriului	Punctaj	Notare	Obs.
1	Completarea Tabelului de la punctul A	18		
2.	Alegerea aparatelor și specificarea rolului lor	10		
3.	Realizarea montajului conform schemei electrice	24		
4.	Măsurarea curentului de acționare	9		
5.	Determinarea timpului de acționare	9		
6.	Trasarea caracteristicii de protecție	10		
7.	Respectarea NTSM	10		
8.	Punctaj din oficiu	10		
9.	TOTAL	100		

FIȘA DE LUCRU NR. 4

CONSTRUCȚIA ȘI VERIFICAREA CONTACTOARELOR ELECTROMAGNETICE

Realizați verificarea unui contactor electromagnetic aflat în dotarea laboratorului tehnologic. Răspundeți, în rezolvarea fișei de lucru, următoarelor cerințe:

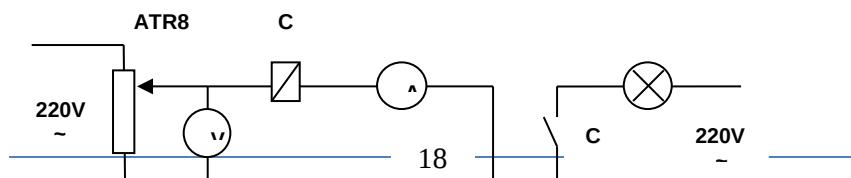
Fișa A. Analizați figura unui contactor electromagnetic și observați construcția contactorului de curent alternativ aflat în fața voastră.

Nr crt.	Denumire	Material	Caracteristici	
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				
9.				

Fișa B. Trasați caracteristica $I(U)$ a unui contactor electromagnetic de c.a, răspunzând următoarelor cerințe:

- alegeți și specificați rolul aparatelor necesare;
- realizați montajul și citiți indicațiile aparatelor;
- completați tabelul de date și trasați caracteristica $I=f(U)$;
- formulați concluziile;
- respectați NTSM.

1. Schema de montaj pentru verificarea contactorului electromagnetic:



2. Aparate necesare:

- Autotransformator ATR8;
- Platformă de laborator;
- Conductoare de legătură;
- Ampermetru de curent alternativ;
- Voltmetru de curent alternativ.

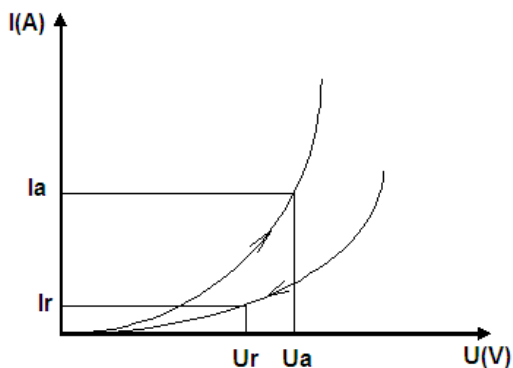
3. Mod de lucru:

Se realizează montajul conform schemei electrice și se reglează tensiunea de alimentare a bobinei contactorului, cu ajutorul autotransformatorului. Se citesc valorile intensității curentului și tensiunii electrice și se completează în tabelul de date. Se trasează caracteristica $I(U)$ a contactorului verificat, care precizează valorile intensității curentului și a tensiunii electrice în momentul acționării, respectiv revenirii electromagnetului la starea inițială.

4. Tabel de date:

I(A)	
U(V)	

Caracteristica Volt-Ampere a contactorului:



Obs. Studiați fișa de documentare nr. 4.

FIȘĂ DE EVALUARE
CONSTRUCȚIA ȘI VERIFICAREA CONTACTOARELOR
ELECTROMAGNETICE

Nr. crt.	Denumirea criteriului	Punctaj	Notare	Obs.
1	Completarea Tabelului de la punctul A	18		
2.	Alegerea aparatelor și specificarea rolului lor	10		
3.	Realizarea montajului conform schemei electrice.	22		
4.	Măsurarea curentului și tensiunii de acționare	10		
5.	Măsurarea curentului și tensiunii de revenire	10		
6.	Trasarea caracteristicii I(U)	10		
7.	Respectarea NTSM.	10		
8.	Punctaj din oficiu	10		
9.	TOTAL	100		

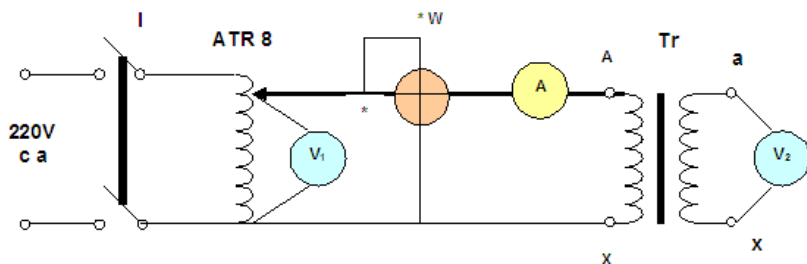
FIȘA DE LUCRU NR. 5

ÎNCERCAREA LA MERS ÎN GOL A TRANSFORMATORULUI MONOFAZAT

Realizați încercarea la mers în gol a unui transformator monofazat, răspunzând următoarelor cerințe:

- selectați aparatele de măsură și alegeți domeniile de măsurare;
- realizați montajul și citiți indicațiile aparatelor;
- calculați mărimile și completați tabelul de date;
- formulați concluziile comparând datele obținute cu cele din fișa tehnică a transformatorului;
- respectați NTSM.

1. Schema electrică:



2. Nomenclator aparate:

- sursă de curent alternativ monofazat 220V;
- I – întreruptor bipolar;
- autotransformator monofazat ATR 8;
- V_1 – voltmetru de c. a. ales pentru $U_1 \leq 1,2 U_{1n}$;
- V_2 – voltmetru de c. a. ales pentru $U_2 \leq 1,2 U_{2n}$;
- A – ampermetru de c. a. ales pentru $I_0 \leq 0,10 I_{1n}$;
- W – wattmetru electrodinamic;
- Tr – transformator monofazat.

3. Mod de experimentare:

Se realizează montajul și se variază cursorul autotransformatorului, până când în înfășurarea primară se aplică

tensiunea nominală. Se citesc curentul de mers în gol I_0 , puterea absorbită de înfășurarea primară P_{10} și tensiunea la bornele înfășurării secundare U_{20} .

4. Tabel cu date:

Mărimi măsurate				Mărimi calculate					
U_{1n} (V)	U_{20} (V)	P_{10} (W)	I_0 (A)	k_T	P_{Fe} (W)	$i_0 \%$	$\cos\varphi_0$	I_{0a} (A)	I_{0r} (A)

5. Concluzii:

6. Relații de calcul:

La funcționarea în gol, transformatorul absoarbe de la rețea o putere activă P_{10} necesară acoperirii pierderilor în miezul magnetic P_{Fe} și pierderilor în înfășurări P_{Cu} . Pierderile în înfășurări se pot neglija, ținând cont de valorile curenților care le parcurg:

$$P_{10} \cong P_{Fe}$$

Raportul de transformare al unui transformator este egal cu raportul tensiunilor electromotoare induse în înfășurarea primară, respectiv secundară și la mers în gol:

$$k_T = \frac{E_1}{E_2} = \frac{U_1}{U_{20}}$$

Curentul de mers în gol, exprimat în procente din curentul primar nominal $i_0\%$, este dat de relația:

$$i_0\% = \frac{I_0}{I_{1n}} 100$$

Componenta activă, respectiv cea reactivă a curentului de mers în gol, sunt date de relațiile:

$$I_{0a} = \frac{P_{10}}{U_{1n}}; I_{0r} = \sqrt{I_0^2 - I_{0a}^2}$$

$$\text{Factorul de putere la mers în gol va fi: } \cos\varphi_0 = \frac{P_{10}}{U_{1n} I_0}$$

Obs. Consultați Fișa de documentare nr. 6.

FIȘĂ DE EVALUARE

ÎNCERCAREA LA MERS ÎN GOL A TRANSFORMATORULUI MONOFAZAT

Nr. crt.	Denumirea criteriului	Punctaj	Notare	Obs.
1.	Alegerea aparatelor și specificarea rolului lor	10		
2.	Realizarea montajului conform schemei electrice	35		
3.	Măsurarea I_0 , P_{10} și U_{20}	15		
4.	Calcularea mărimilor cerute pe baza relațiilor $i_0\%$, K_T , I_{0a} , I_{0r} , $\cos\varphi_0$	15		
5.	Compararea rezultatelor cu cele din cataloage	5		
6.	Respectarea NTSM	10		
7.	Punctaj din oficiu	10		
8.	TOTAL	100		

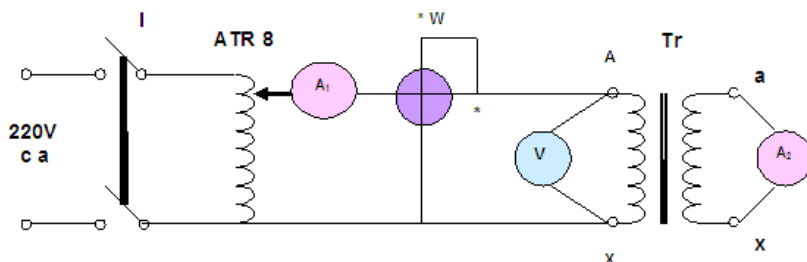
FIȘA DE LUCRU NR. 6

ÎNCERCAREA LA SCURTCIRCUIT A TRANSFORMATORULUI MONOFAZAT

Realizați încercarea la scurtcircuit a unui transformator monofazat, răspunzând următoarelor cerințe:

- selectați aparatele de măsură și alegeți domeniile de măsurare;
- realizați montajul și citiți indicațiile aparatelor;
- calculați mărimile și completați tabelul de date;
- formulați concluziile comparând datele obținute cu cele din fișa tehnică a transformatorului;
- respectați NTSM.

1. Schema electrică:



2. Nomenclator aparate:

- sursă de curent alternativ monofazat 220V;
- I – întreruptor bipolar;
- ATR 8 – autotransformator monofazat;
- A_1 – ampermetru de curent alternativ ales pentru $I_1 \leq 1,2 I_{1n}$;
- A_2 – ampermetru de curent alternativ ales pentru $I_2 \leq 1,2 I_{2n}$;
- V – voltmetru ales pentru $U_k \leq 0,1 U_{1n}$;
- W – wattmetru electrodinamic;
- Tr – transformator monofazat.

3. Mod de experimentare:

Se realizează montajul și se variază cursorul autotransformatorului până când prin înfășurarea primară circulă

curentul primar nominal. Se citesc tensiunea de scurtcircuit U_k , puterea absorbită de transformator P_k și curentul din secundar I_{2k} .

4. Tabel cu date:

Mărimi măsurate				Mărimi calculate						
I_{1n} (A)	U_k (V)	P_{1k} (W)	I_{2k} (A)	u_k %	P_{Cu} (W)	Z (75 °C) % (Ω)	R_k (75C) (Ω)	X_k (Ω)	u_{ka} %	u_{kr} %

5. Concluzii:

6. Relații de calcul:

Tensiunea de scurtcircuit exprimată în procente este dată de relația: $u_k \% = \frac{U_k}{U_{1n}} 100$

Deoarece alimentând transformatorul la o tensiune foarte mică fluxul magnetic principal este mic, se pot neglija pierderile în fier, considerându-se că întreaga putere absorbită de transformator servește la acoperirea pierderilor în înfășurări:

$$P_{1k} = P_{Fe} + P_{Cu1} + P_{Cu2} \cong P_{Cu}$$

Rezistența, reactanța și impedanța de scurtcircuit se pot determina cu relațiile:

$$R_k = \frac{P_{1k}}{I_{1n}^2}; \quad Z_k = \frac{U_k}{I_{1n}}$$

$$X_k = \sqrt{Z_k^2 - R_k^2}$$

Se vor face corecțiile necesare ținând cont că rezistențele cresc cu temperatura și trebuie calculate pentru 75°C. Se determină componentele activă și reactivă ale tensiunii de scurtcircuit:

$$u_{ka} = \frac{R_{k(75^{\circ}C)} I_{1n}}{U_{1n}} 100$$

$$u_{kr} = \frac{X_k I_{1n}}{U_{1n}} 100$$

Obs. Consultați Fișa de documentare nr. 6.

FIȘA DE EVALUARE
ÎNCERCAREA LA SCURTCIRCUIT
A TRANSFORMATORULUI MONOFAZAT

Nr. crt.	Denumirea criteriului	Punctaj	Notare	Obs.
1.	Alegerea aparatelor și specificarea rolului lor	10		
2.	Realizarea montajului conform schemei electrice	35		
3.	Măsurarea U_k , P_k și I_{2k}	15		
4.	Calcularea mărimilor cerute pe baza relațiilor $u_k\%$, P_{Cu} , Z_k u_{ka} , u_{kr}	15		
5.	Compararea rezultatelor cu cele din cataloage	5		
6.	Respectarea NTSM	10		
7.	Punctaj din oficiu	10		
8.	TOTAL	100		

FIȘA DE LUCRU NR. 7

REPARAREA ÎNFĂȘURĂRILOR UNUI TRANSFORMATOR ELECTRIC

Înfășurările sunt cele mai afectate părți ale transformatorului, fiind supuse la deteriorări ale conductorului, desfaceri de pe bobină, contacte între spire, întreruperi, alterarea izolației.

1. Realizați fișa tehnologică pentru repararea înfășurărilor unui transformator electric de putere, urmărind criteriile de mai jos.

2. Precizați probele și încercările care se efectuează după refacerea înfășurărilor pentru a verifica calitatea lucrărilor executate.

Materiale necesare		Aparate, SDV-uri	Operații tehnologice	NTSM specifice
Denumire	Cantitate			



Obs. Se poate realiza fișa tehnologică pentru o altă lucrare executată în cadrul reparării unui transformator electric.

Atenție! Consultați documentația specifică, Fișa de documentare nr. 5.

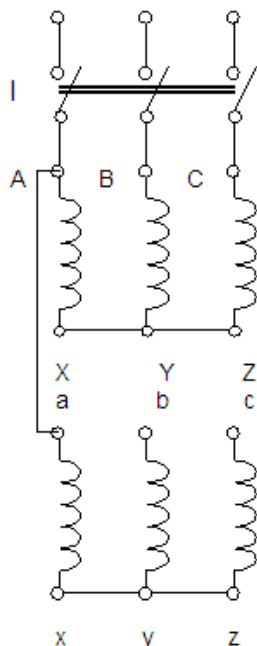
FIȘA DE LUCRU NR. 8

VERIFICAREA GRUPELOR DE CONEXIUNI Yy12 ȘI Yy6 ALE TRANSFORMATOARELOR TRIFAZATE

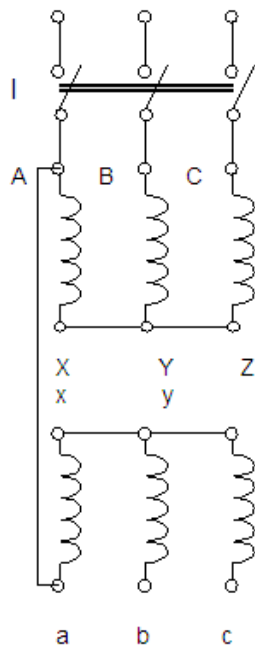
Cerințe:

- analizați schemele și grupele de conexiuni Yy12 și Yy6 ale unui transformator electric trifazat;
- deduceți relațiile de calcul ale tensiunilor U_{bB} , U_{cC} , U_{bC} și U_{cB} pe baza diagramelor fazoriale;
- executați montajele conform schemelor electrice pentru conexiunile Yy12 și Yy6;
- comparați valorile măsurate cu cele calculate;
- respectați normele de tehnica securității muncii.

1. Schema electrică:



Yy 12



Yy 6

2. Nomenclator aparate:

- sursă de curent alternativ trifazat 380V;
- I – întreruptor tripolar;
- transformator trifazat;
- 2 voltmetre cu domeniile adecvat alese;
- conductoare de legătură.

3. Mod de experimentare:

Se realizează pe rând montajul din figura 1, respectiv figura 2, unind electric bornele A și a. Se măsoară U_{AB} , U_{BC} , U_{CA} , U_{ab} , U_{bc} , U_{ca} . Se determină raportul de transformare k și tensiunile U_{bB} , U_{cC} , U_{bC} și U_{cB} , ținând cont de diagramele fazoriale ale tensiunilor - pentru grupa **Yy12** și respectiv - pentru grupa **Yy6**.

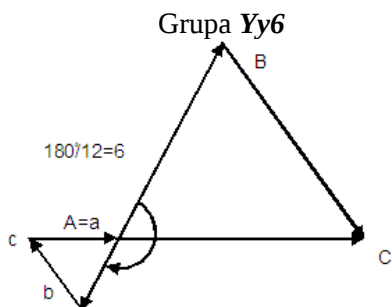
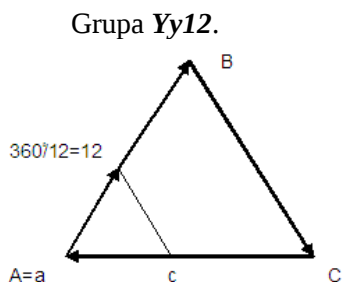
Se măsoară U_{bB} , U_{cC} , U_{bC} și U_{cB} , și se compară cu valorile calculate conform relațiilor indicate mai sus. Aproximarea valorilor tensiunilor măsurate de cele obținute prin calcule, va confirma că transformatorul are grupa de conexiuni **Yy12** sau **Yy6**.

4. Tabel cu date:

$U_{AB}=U_{BC}=U_{CA}$ (V)	$U_{ab}=U_{bc}=U_{ca}$ (V)	k	$U_{bB}=U_{cC}$ (V)		$U_{bC}=U_{cB}$ (V)		Grupa
			calculat	măs.	calculat	măs.	
			$(k-1)U_{ab}$		$\sqrt{k^2 - k + 1}U_{ab}$		Yy12
			$(k+1)U_{ab}$		$\sqrt{k^2 + k + 1}U_{ab}$		Yy6

5. Relațiile de calcul:

$$k = \frac{U_{AB}}{U_{ab}} = \frac{U_{BC}}{U_{bc}} = \frac{U_{CA}}{U_{ca}}$$



$$U_{bB} = U_{cC} = U_{AB} - U_{ab} = (k - 1)U_{ab}$$

$$U_{bC} = U_{cB} = \sqrt{k^2 - k + 1}U_{ab}$$

$$U_{bB} = U_{cC} = U_{AB} + U_{ab} = (k + 1)U_{ab}$$

$$U_{bC} = U_{cB} = \sqrt{k^2 + k + 1}U_{ab}$$

FIȘĂ DE EVALUARE

VERIFICAREA GRUPELOR DE CONEXIUNI Yy12 ȘI Yy6 ALE TRANSFORMATOARELOR TRIFAZATE

Nr. crt.	Denumirea criteriului	Punctaj		Notare		Obs.
		Yy12	Yy6	Yy12	Yy6	
1.	Desenarea schemei electrice	10	10			
2.	Selectarea aparatelor	10	10			
3.	Executarea montajului	25	25			
4.	Determinarea raportului de transformare	15				
5.	Calcularea tensiunilor U_{bB} , U_{cC} , U_{bC} și U_{cB}	10	10			
6.	Măsurarea tensiunilor U_{bB} , U_{cC} , U_{bC} și U_{cB}	10	10			
7.	Respectarea NTSM	10				
8.	Punctaj din oficiu	10				
9.	TOTAL PUNCTAJ	100				

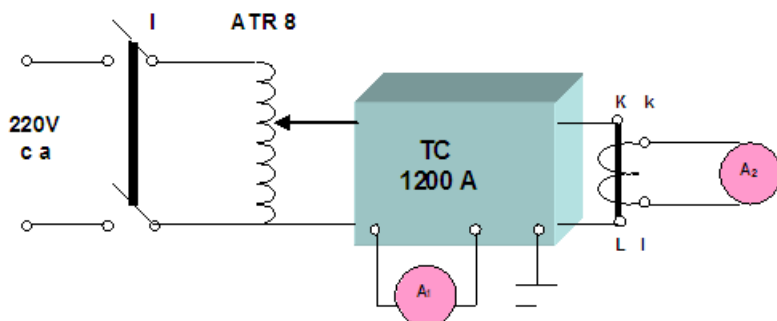
FIȘA DE LUCRU NR. 9

DETERMINAREA RAPORTULUI REAL DE TRANSFORMARE ȘI CALCULUL ERORILOR TRANSFORMATORULUI DE CURENT

Determinați raportul real de transformare al unui transformator de curent și deduceți destinația acestuia, răspunzând următoarelor cerințe:

- alegerea și specificarea rolului aparatelor necesare;
- realizarea montajului și citirea indicațiilor;
- completarea tabelului de date;
- formularea concluziilor;
- respectarea NTSM.

1. Schema electrică:



2. Nomenclator aparate:

- sursă de curent alternativ monofazat 220V;
- I – întreruptor bipolar cu pârghie;
- ATR8 – autotransformator monofazat;
- TC – 1200A – trusă de curent cu domeniu maxim 1200A;
- A_1 , A_2 – ampermetre cu domeniul $0 \div 6A$;
- transformatorul de curent verificat.

3. Mod de experimentare:

Se realizează montajul și manevrând cursorul autotransformatorului, se aplică trei curenți de sarcină transformatorului de curent: $0,5I_{1n}$, I_{1n} , $1,2I_{1n}$. Se citește de fiecare dată intensitatea curentului secundar la ampermetrul A_2 .

Raportul de transformare nominal al unui transformator de curent este raportul curenților nominali din înfășurarea primară și cea secundară, este înscris pe plăcuța acestuia și este dat de relația:

$$k_{TCn} = \frac{I_{1n}}{I_{2n}}$$

Raportul real de transformare se poate determina cu relația:

$$k_{TC} = \frac{I_{1n}}{I_2}$$

unde I_2 este curentul real care circulă prin înfășurarea secundară a transformatorului de curent, când primarul este parcurs de curentul nominal. Eroarea de raport (eroarea de curent) se calculează cu relația:

$$\varepsilon_I \% = \frac{k_{TCn} - k_{TC}}{k_{TCn}} 100$$

În funcție de valoarea acestei erori, se poate determina destinația transformatorului de curent. Astfel, dacă:

- eroarea este de ordinul $\pm 0,1\%$ - transformatorul de curent este etalon;
- eroarea este de ordinul $\pm 0,2 - \pm 0,5\%$, el va alimenta aparate de măsură;
- eroarea este cuprinsă în intervalul $\pm 0,5 - \pm 1\%$, el va alimenta aparate de tablou;
- eroarea este peste $\pm 1\%$ transformatorul de curent va fi destinat alimentării protecțiilor prin relee.

4. Tabel cu date:

	$I_1(A)$	$I_2(A)$	k_{TCn}	k_{TC}	$\varepsilon_I(\%)$
0,5 I_{1n}					
I $_{1n}$					
1,2 I_{1n}					

5. Concluzii:

Destinația:

FIȘĂ DE EVALUARE

**DETERMINAREA RAPORTULUI REAL DE TRANSFORMARE
ȘI CALCULUL ERORILOR TRANSFORMATORULUI DE
CURENT**

Nr. crt.	Denumirea criteriului	Punctaj	Notare	Obs.
1.	Întocmirea schemei electrice	10		
2.	Alegerea aparatelor și specificarea rolului lor	10		
3.	Scrierea relațiilor de calcul	5		
4.	Realizarea montajului conform schemei electrice	25		
5.	Măsurarea curentului secundar pentru cei trei cureți primari	10		
6.	Calcularea raportului real de transformare	10		
7.	Calcularea erorii de raport și indicarea destinației TC	10		
8.	Respectarea NTSM	10		
9.	Punctaj din oficiu	10		
10.	TOTAL	100		

FIȘA DE LUCRU NR. 10

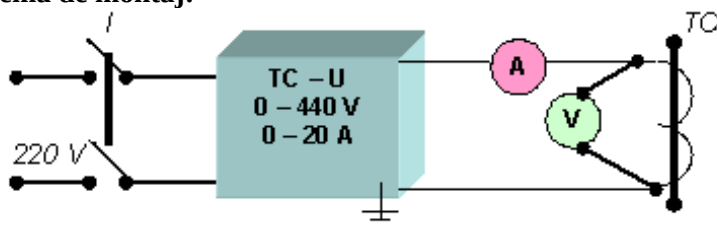
CURBA DE MAGNETIZARE A TRANSFORMATORULUI DE CURENT

			
Trusa TC-U 20A 440V	ampermetru	voltmetru	trafo de curent

Având la dispoziție aparatele de mai sus, trasați curba de magnetizare a miezului magnetic a transformatorului de curent, răspunzând următoarelor cerințe:

- reprezentarea schemei electrice;
- realizarea montajului conform schemei;
- citirea indicațiilor aparatelor de măsură și completarea tabelului de date de mai jos;
- reprezentarea curbei de magnetizare $U=f(I)$;
- formularea concluziilor referitoare la starea miezului magnetic;
- respectarea NTSM.

1. Schema de montaj:



2. Aparate necesare:

- sursa de curent alternativ monofazat 220V;
- întreruptor bipolar;
- TC-U – trusa de curent și tensiune cu domeniile indicate (se poate folosi un autotransformator ATR8);
- ampermetru cu domeniul 0-6-30A;
- V - voltmetru cu domeniu adecvat;
- transformatorul de curent verificat.

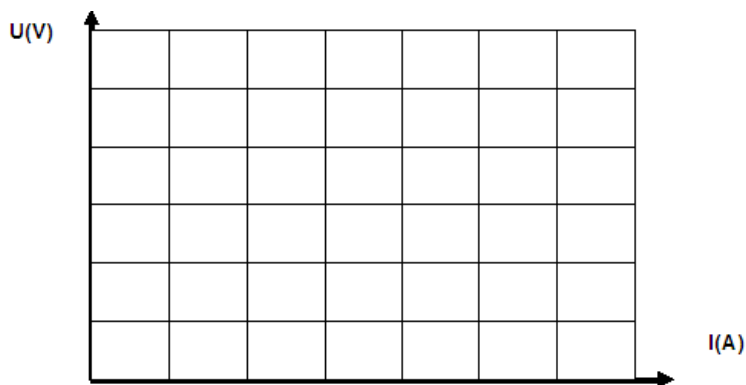
3. Modul de experimentare:

Se realizează montajul și se închide I. Se variază cursorul autotransformatorului astfel încât sa se aplice înfășurării secundare a transformatorului de curent, curenții: $0,5I_{2n}$, $1,5 I_{2n}$, $2I_{2n}$, $3I_{2n}$, $5I_{2n}$. Se citește de fiecare dată tensiunea la borne. Se trasează curba în coordonate $U=f(I)$.

4. Tabel de date:

	$0,25 I_{2n}$	$0,5 I_{2n}$	$1 I_{2n}$	$1,5 I_{2n}$	$2 I_{2n}$	$3 I_{2n}$	$5 I_{2n}$
I(A)							
U(V)							

5. Curba de magnetizare:



6. Concluzii:

Atenție! Consultați documentația specifică, Fișa de documentare nr. 7.

FIȘA DE EVALUARE
CURBA DE MAGNETIZARE
A TRANSFORMATORULUI DE CURENT

Nr. crt.	Denumirea criteriului	Punctaj	Notare	Obs.
1.	Desenarea schemei electrice a montajului	10		
2.	Selectarea domeniilor de măsură ale aparatelor	5		
3.	Realizarea montajului conform schemei electrice	30		
4.	Măsurarea tensiunii electrice la bornele înfășurării secundare pentru diferiți curenți aplicați	15		
5.	Trasarea la scară a curbei de magnetizare	10		
6.	Respectarea NTSM	10		
7.	Punctaj din oficiu	10		
8.	TOTAL	100		

MINIPROIECT

SUDIUL ȘI VERIFICAREA ÎNTRERUPTORULUI AUTOMAT DE JOASĂ TENSIUNE

În perioada desfășurării stagiului de pregătire practică la agentul economic partener, realizați un miniproiect cu tema “*Studiul și verificarea unui întreruptor automat de joasă tensiune*”, respectând următoarele cerințe:

- Construcția întreruptorului automat
- Caracteristici tehnice
- Defecte-cauze ale întreruptorului automat
- Verificarea întreruptorului automat.

Pentru parcurgerea etapelor, puteți alege un anumit tip de întreruptor existent la agentul economic și asista la revizia tehnică a lui, completând buletinul de verificare de mai jos.

Obs. Pentru realizarea proiectului consultați bibliografia de specialitate indicată la orele de curs, site-urile firmelor producătoare de profil și cereți sprijinul maestrului/ tutorelui de practică.

**BULETIN DE VERIFICARE ȘI MĂSURĂRI PROFILACTICE A
INTRERUPTORULUI DE JOASĂ TENSIUNE**

1. Datele de identificare

Stația/PT.....
 Tip
 Un kV= InA=

2. Elemente specifice lucrării

Prilejul verificării REVIZIE TEHNICA
 Data reviziei.....
 Starea vremii..... Temperatura mediului [°C]

3. Verificări în cadrul reviziei tehnice

<i>Verificări</i>	<i>Corespunde</i>		<i>Observatii</i>
Verificarea stării legăturilor și a acoperirilor de protecție	da	nu	
Verificarea vizuală a stării întreruptorului	da	nu	
Verificare bobina de acționare (la contactoare), pârghii clichet, armare bobina de minimă tensiune și de blocare lagăre	da	nu	
Se demontează și se recondiționează sau se înlocuiesc subansamblele care împiedică funcționarea corectă a întrerupătorului	da	nu	
Verificare electromagneți de acționare:			
- pentru tensiuni cuprinse între (0.85 și 1.05) U_n , să permită o funcționare sigură a aparaturii;	da	nu	
- pentru tensiuni cuprinse între (0.85 și 0.7) U_n , aparatul trebuie să rămână anclansat;	da	nu	
- pentru tensiuni cuprinse între (0.7 și 0.3) U_n , aparatul trebuie să declanșeze	da	nu	
Revizia contactelor principale și auxiliare:			
- Se examinează vizual contactele fixe și mobile – dacă uzura este mai mare de 50% contactele se înlocuiesc;	da	nu	
- Se verifică vizual dacă contactele se închid pe toată suprafața;	da	nu	
- Se verifică rezistența de contact să fie aceeași pe toate fazele, prin aplicarea unei tensiuni de curent continuu de 6 – 24 V și măsurarea caderii de tensiune pe contacte, la un curent aproape de valoarea nominală;	da	nu	
- Verificarea contactelor auxiliare se face cu o lampă. Se fac minim 10 probe.	da	nu	
Se verifică relele termice prin aplicarea unui curent cu 50 % peste cea nominală. Releul trebuie să acționeze în timp de 2 minute, pornind din stare caldă	da	nu	
Se verifică funcționarea dispozitivului de deschidere prin aplicarea tensiunii nominale. Întreruptorul trebuie să declanșeze.	da	nu	

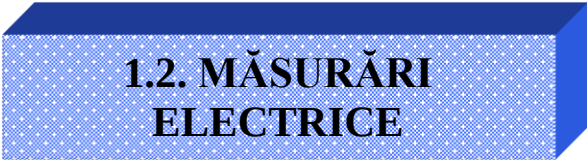
APLICAȚII PRACTICE ÎN DOMENIUL ELECTRIC

Se verifica declansatorul de minima tensiune intrerupand alimentarea bobinei declansatorului si intrerupatorul trebuie sa declanseze	da	nu	
Scazand tensiunea aplicata declansatorului de minima tensiune la $0,8 U_n$ intrerupatorul nu trebuie sa declanseze	da	nu	
Se controleaza starngerile fiecarui surub, in mod deosebit la legaturile flexibile. Legaturile flexibile nu trebuie sa aiba mai mult de 5% din fire intrerupte. In caz contrar se inlocuiesc.	da	nu	
Se verifica starea camerelor de stingere	da	nu	
Se verifica rezistenta de izolatie intre bornele de iesire si de intrare ale intrerupatorului, intre partile metalice ale intrerupatorului care in mod normal sunt sub tensiune si cele care nu sunt sub tensiune. Valoarea minima este de 2 M?	da	nu	

4. Tip aparate de măsură folosite:

Nr. crt.	Tip aparat	serie	număr	observații

5. Concluzii: Corespunde / Nu corespunde conform PE 116 / 1994



1.2. MĂSURĂRI ELECTRICE

FIȘA DE LUCRU NR. 11

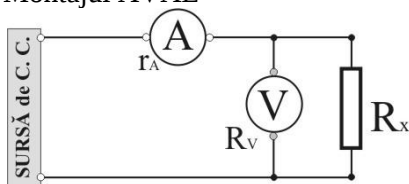
MĂSURAREA REZISTENȚEI ELECTRICE PRIN METODA INDUSTRIALĂ

Realizați măsurarea rezistenței electrice prin metoda industrială, răspunzând următoarelor cerințe:

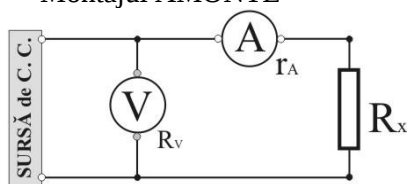
- elaborarea schemelor electrice de măsurare;
- precizarea caracteristicilor tehnice ale aparatelor din schema de măsurare;
- alegerea aparatelor de măsură;
- realizarea montajelor AVAL și AMONTE;
- deducerea formulelor de corecție pentru obținerea valorilor adevărate;
- prelucrarea rezultatelor măsurării.

1. Scheme de măsurare:

Montajul AVAL



Montajul AMONTE



2. Formule de corecție:

- montajul AVAL:

$$R_x = \frac{U}{I - \frac{U}{R_V}};$$

- montajul AMONTE:

$$R_x = \frac{U}{I} - r_A.$$

3. Tabele cu rezultate:

Nr. crt.	I [A]	U [V]	R _V [Ω]	r _A [Ω]	$\frac{U}{R_V}$	$\frac{U}{I}$	R _x [Ω]	MONTAJ
1.								AVAL
2.								AVAL

3.								AMONTE
4.								AMONTE

FIȘĂ DE EVALUARE
MĂSURAREA REZISTENȚEI ELECTRICE
PRIN METODA INDUSTRIALĂ

Nr. crt.	Denumirea criteriului	Punctaj	Notare
1.	Elaborarea schemei electrice Montajul AVAL – 4p Montajul AMONTE – 4p	8	
2.	Alegerea aparatelor electrice de măsurat Ampermetru – 2p Voltmetru – 2p	4	
3.	Alegerea domeniului de măsură Ampermetru – 3p Voltmetru – 3p	6	
4.	Identificarea caracteristicilor tehnice Tip aparat (dispozitiv) – 2p Scala aparatului (domeniu de măsură) – 2p Clasa de exactitate – 2p Poziția aparatului – 2p Rezistența internă – 2p	10	
5.	Determinarea formulelor de corecție Montajul AVAL – 4p Montajul AMONTE – 4p	8	
6.	Realizarea practică a montajului Montajul AVAL – 5p Montajul AMONTE – 5p	10	

7.	Prelucrarea rezultatelor măsurării AVAL – 20p determinarea valorii I – 5p determinarea valorii U – 5p determinarea valorii U/R_v – 5p calculul rezistenței R_x – 5p AMONTE – 20p determinarea valorii I – 5p determinarea valorii U – 5p determinarea valorii U/I – 5p calculul rezistenței R_x – 5p	40	
8.	Respectarea NTSM	4	
9.	OFICIU	10	
10.	TOTAL	100	

FIȘA DE LUCRU NR. 12

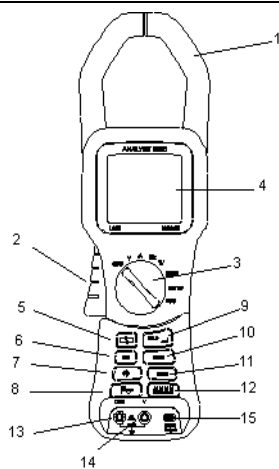
UTILIZAREA INSTRUMENTELOR DE MĂSURĂ

Instrumentele de măsură prezentate în figura de mai jos sunt folosite pentru măsurători în instalații electroenergetice, putând realiza măsurarea:

- intensității c.c., c.a 0-2000A; tensiunii c.c, c.a 0-750V;
- puterii active, reactive și aparente monofazate și trifazate;
- energiei active monofazate și trifazate;
- factorului de putere monofazat și trifazat;
- frecvenței armonicilor;
- este dotat cu funcția osciloscop.

Studiați manualul de utilizare al unui astfel de instrument existent la agentul economic.

1. Identificați principalele componente numerotate 1...14.
2. Analizați modul de utilizare a acestui instrument pentru măsurarea principalelor mărimi electrice.
3. Efectuați una - două măsurători, sub supravegherea maestrului/tutorelui.



FIȘA DE LUCRU NR. 13

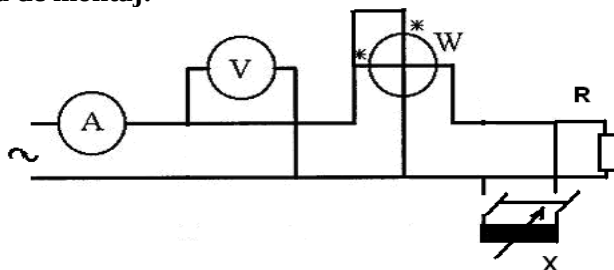
MĂSURAREA PUTERII ACTIVE ȘI REACTIVE ÎN CIRCUITE DE CURENT ALTERNATIV MONOFAZAT

Realizați practic montajul din schema electrică de mai jos pentru măsurarea puterii active și reactive în c.a. monofazat răspunzând următoarelor cerințe ale fișei de lucru:

- alegeți aparatele de măsură și selectați domeniile de măsurare;
- realizați montajul și citiți indicațiile aparatelor;
- completați tabelul de date și calculați eroarea;
- formulați concluziile;
- respectați NTSM.

1. Scopul lucrării: Măsurarea puterii active și reactive în curent alternativ monofazat, precum și determinarea $\cos \varphi$ și $\sin \varphi$.

2. Schema de montaj:



3. Aparat și materiale necesare:

- wattmetru;
- voltmetru;
- ampermetru;
- bobină de reactanță cu miez variabil (X);
- reostat cu lămpi R.

4. Desfășurarea lucrării:

- Se realizează montajul și se fixează o anumită încărcare la reostatul cu lămpi (sarcina pur ohmică). Se citesc:

- puterea P_W la wattmetru;
- tensiunea U la voltmetru;
- intensitatea I la ampermetru.
- Se variază sarcina și se repetă experiența.
- Se introduce în circuit, pe lângă sarcina ohmică, și sarcina inductivă, făcându-se și variația miezului în bobină. Se repetă pentru cinci cazuri (fierul introdus în bobina la 0, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, 1). Se citește puterea P_W la wattmetru.
- Se determină $\cos \varphi = P_W / UI$ și apoi se calculează sau se ia din tabele $\sin \varphi$.
- Se determină $Q = UI \sin \varphi$.
- Se trasează o curbă de erori pentru $P_W = f(I)$ pentru sarcina ohmică.
- Datele obținute se trec în tabelul de mai jos.

Receptoarele	I (A)	U (V)	P_W (W)	$\cos \varphi$	$\sin \varphi$	Q (VAR)

5. Relații de calcul:

Puterea la wattmetru se calculează cu relația:

$$P_W = n C_W$$

în care:

n – numărul de diviziuni citite pe scala wattmetrului,

C_W – constanta wattmetrului, determinată cu relația:

$$C_W = U_n I_n / N, \text{ în W/div}$$

U_n, I_n – tensiunea și curentul nominal al aparatului, în V, A

N – numărul total de diviziuni de pe scala aparatului

Puterea reactivă se afla determinând mai întâi $\cos \varphi$ din relația:

$$\cos \varphi = P/(UI),$$

trecând la $\sin \varphi$ cu relația: $\sin \varphi = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi}$

Puterea reactivă Q se calculează cu relația: $Q = UI \sin \varphi$

6. Interpretarea rezultatelor: Se va urmări variația factorului de putere în funcție de lungimea fierului introdus în bobină.

7. Măsură de protecție a muncii:

- Pentru evitarea accidentelor cauzate de spargerea becurilor se va controla cu atenție ca tensiunea nominală a becurilor să corespundă cu tensiunea de alimentare.
- Nu se vor atinge bornele sau părțile neizolate, conductoare de curent atât timp cât circuitul se află sub tensiune.

FIȘĂ DE EVALUARE

MĂSURAREA PUTERII ACTIVE ȘI REACTIVE ÎN CIRCUITE DE CURENT ALTERNATIV MONOFAZAT

Nr. crt.	Denumirea criteriului	Punctaj	Notare	Observații
1.	Alegerea aparatelor și specificarea rolului acestora	10		
2.	Scrierea relațiilor de calcul	5		
3.	Realizarea montajului conform schemei electrice	25		
4.	Măsurarea intensității curentului, tensiunii	10		
5.	Măsurarea P_w	5		
6.	Calcularea erorii	5		
7.	Calcularea $\cos \varphi$	5		
8.	Calcularea $\sin \varphi$	5		
9.	Calcularea Q	5		
10.	Respectarea NTSM	10		

11.	Punctaj din oficiu	10		
12.	TOTAL	100		

FIȘA DE LUCRU NR. 14

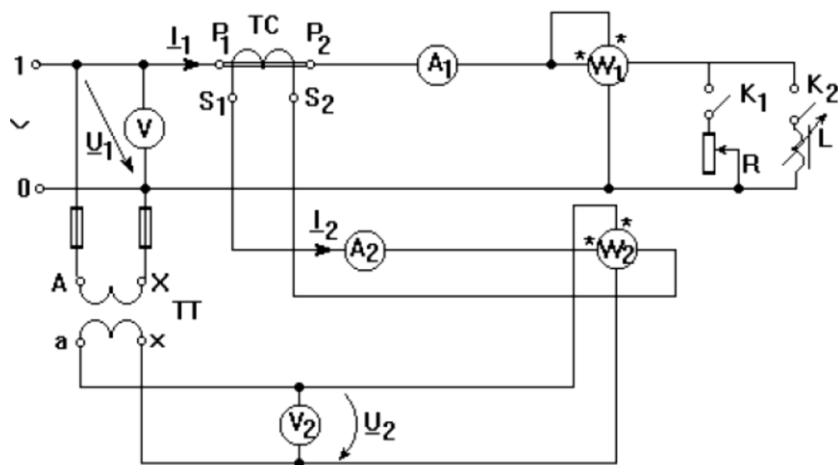
MĂSURAREA PUTERII ACTIVE ÎN MONTAJ INDIRECT CU TRANSFORMATORE DE MĂSURĂ

Realizați practic montajul pentru măsurarea puterii active în montaj indirect cu transformatoare de măsură, din schema de mai jos, răspunzând următoarelor cerințe ale fișei de lucru:

- selectați aparatele de măsură și stabiliți domeniile de măsurare;
- realizați montajul și citiți indicațiile aparatelor;
- completați tabelul de date și calculați eroarea;
- formulați concluziile;
- respectați NTSM.

Montajul indirect, cu transformatoarele de măsurare de curent și de tensiune, se utilizează în situația în care solicitările electrice (U, I) din circuit depășesc intervalele de măsurare ale wattmetrului.

1. Schema de măsurare indirectă a puterii active, în circuit monofazat de c.a., este prezentată în figură:



în care:

TC - transformatorul de măsură de curent;
 TT - transformatorul de măsură de tensiune.

2. Mod de lucru:

Se va realiza practic montajul și se vor nota mărimile caracteristice ale transformatoarelor de măsurare utilizate: curentul primar nominal I_{1n} , curentul nominal secundar I_{2n} , tensiunea primară nominală U_{1n} , tensiunea nominală secundară U_{2n} . Cunoscând rapoartele nominale de transformare, se pot determina mărimile din circuitul primar (I_1 , U_1 , P_1), pe baza citirilor din circuitele secundare ale transformatoarelor de măsură, cu relațiile:

$$I_1 = K_{In} \cdot I_2; \quad U_1 = K_{Un} \cdot U_2; \quad P_1 = K_{In} \cdot K_{Un} \cdot P_2.$$

$$\frac{\Delta P_1}{P_1} [\%] = \varepsilon_U [\%] + \varepsilon_I [\%] - 0,0291 \cdot (\delta_U - \delta_I) \cdot \text{tg} \varphi$$

3. Tabel de date:

Marimi masurate						Marimi primare calculate			
U_1	I_1	P_1	U_2	I_2	P_2	U_1	I_1	P_1	$\frac{\Delta P_1}{P_1}$
V	A	W	V	A	W	V	A	W	%

Erorile de unghi ale TC și TT sunt date în tabele.

Pentru TC:

Clasa de exactitate	Pentru valori ale curentului exprimate în procente din curentul nominal							
	± Eroare de curent ε_I				± Eroare de unghi δ_I			
	%				minute			
$(I_1/I_{1n}), \%$	5	20	100	120	5	20	100	120
0.1	0,40	0,20	0,10	0,10	15	8	5	5
0.2	0,75	0,35	0,20	0,20	30	15	10	10
0.5	1,50	0,75	0,50	0,50	90	45	30	30
1	3,00	1,50	1,00	1,00	180	90	60	60

Pentru TT:

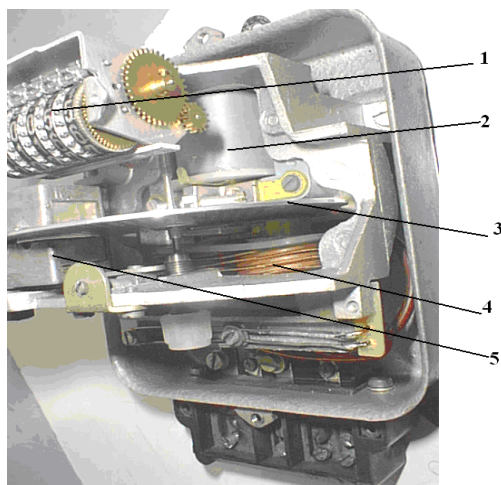
APLICAȚII PRACTICE ÎN DOMENIUL ELECTRIC

Clasa de exactitate	$\pm$ Eroarea de raport ε_U	$\pm$ Eroarea de unghi δ_U
	%	minute
0,1	0,1	5
0,2	0,2	10
0,5	0,5	20
1	1,0	40
3	3,0	nu se specifica

FIȘA DE LUCRU NR. 15

CONTORUL DE INDUCȚIE MONOFAZAT CAM 6

Analizați cu atenție contorul de inducție situat pe un banc de probe și reprezentat în fotografie:



- a) Completați tabelul de mai jos, specificând denumirea reperelor 1....5 și precizând rolul lor.
- b) Citiți pe aparat valoarea constantei nominale, indicând semnificația acestei mărimi.
- c) Acest aparat poate fi folosit pentru măsurarea energiei în curent continuu? Argumentați răspunsul.

Nr. crt.	Denumire element	Rol
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		

Obs. Pentru rezolvarea sarcinii, consultați Fișa de documentare nr. 8.

FIȘA DE LUCRU NR. 16

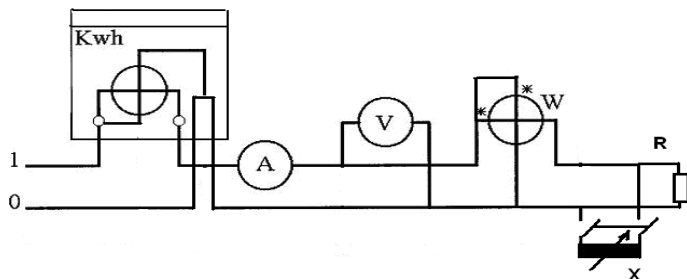
MĂSURAREA ENERGIEI ELECTRICE ÎN CURENT ALTERNATIV MONOFAZAT ȘI VERIFICAREA CONTORULUI (CAM)

Realizați practic montajul din schemă pentru verificarea unui contor electric monofazat de energie activă, răspunzând următoarelor cerințe ale fișei de lucru:

- selectați aparatele de măsură și stabiliți domeniile de măsurare;
- realizați montajul și citiți indicațiile aparatelor;
- completați tabelul de date și calculați eroarea;
- formulați concluziile;
- respectați NTSM.

1. Scopul lucrării: Cunoașterea contorului electric (CAM), executarea unei măsurări de energie electrică și verificarea contorului.

2. Schema de montaj:



3. Aparate și materiale necesare:

- wattmetru;
- contor CAM;
- voltmetru;
- ampermetru;
- reostat cu lămpi R;
- bobina de reactanță cu miez variabil (X).

4. Desfășurarea lucrării:

- Se realizează montajul conform schemei din figură.
- Se începe lucrarea cu sarcina pur ohmică.
- Fără a încărca contorul, se verifică dacă contorul nu pornește în gol.
- Se încarcă contorul cu o sarcina minimă și se observă la ce sarcina discul contorului se rotește (conform STAS la 1% din sarcina nominală).
- Se va urmări sensul corect al rotației.
- Se va compara puterea citită la wattmetru cu puterea ce rezulta la contor pentru diferite sarcini (10%, 25%, 50%, 100% din sarcina nominală), folosind relația lui P_C .
- Se calculează eroarea. Se trasează o curba de erori $\gamma=f(I)$ pentru $\cos \varphi=1$.
- Se repetă lucrarea, introducându-se și sarcina inductivă.
- Se vor lua mai multe sarcini pentru $\cos \varphi=0,5$. Se trasează curba de erori $\gamma=f(I)$ pentru $\cos \varphi=0,5$.
- Datele se trec în tabelul următor:

Felul sarci -nii	U (V)	I (A)	UI (W)	P _w (W)	P _C (W)	n (rot)	c (rot/ kWh)	t (s)	γ (%)	cos φ

5. Relații de calcul:

Pentru verificarea contorului, se compară puterea indicată de wattmetru cu puterea dedusă de la contor cu ajutorul relației:

$$P_C = \frac{n \cdot 3600 \cdot 1000}{c \cdot t}$$

n – numărul de rotații ale discului;

c – constanta contorului (rot/kWh);

t – timpul (s) în care s-au efectuat cele n rotații.

Eroarea se calculează pentru mai multe sarcini ale contorului, față de cea nominală (10%, 25%, 50%, 75%, 100% din sarcina nominală). Ea este dată de relația:

$$\gamma = \frac{P_c - P_w}{P_w} \cdot 100$$

6. Interpretarea rezultatelor:

- În funcție de erorile obținute, se va vedea dacă contorul intră în clasa de precizie 2.
- Se va vedea în ce fel contorul satisface condiția de pornire (1% din sarcina nominală).

7. Măsurile de protecție a muncii:

- Pentru evitarea accidentelor cauzate de spargerea becurilor, se va controla cu atenție ca tensiunea nominală a becurilor să corespundă cu tensiunea de alimentare.
- Nu se vor atinge bornele sau părțile neizolate conductoare de curent, atât timp cât circuitul se află sub tensiune.

Obs. Studiați Fișa de documentare nr. 8.

FIȘĂ DE EVALUARE

MĂSURAREA ENERGIEI ÎN C.A. MONOFAZAT ȘI VERIFICAREA CONTORULUI

Nr. crt.	Denumirea criteriului	Punctaj	Notare	Obs.
1.	Alegerea aparatelor și specificarea rolului acestora	10		
2.	Scrierea relațiilor de calcul	5		
3.	Realizarea montajului conform schemei electrice	25		
4.	Măsurarea intensității curentului, tensiunii	10		
5.	Calcularea P_w	10		
6.	Calcularea P_c	10		

7.	Calcularea erorii	10		
8.	Respectarea NTSM.	10		
9.	Punctaj din oficiu	10		
10.	TOTAL	100		

2. FIȘE DE DOCUMENTARE

FIȘA DE DOCUMENTARE NR. 1

STUDIUL ȘI VERIFICAREA RELEELOR ELECTROMAGNETICE

A. Studiul construcției releelor electromagnetice

Principalele părți componente ale unui relee electromagnetic sunt:

- elementul sensibil ES care transformă semnalul de intrare x (curent, tensiune) într-un semnal de altă natură x^* necesar funcționării releului (cuplu mecanic activ);
- elementul comparator C realizează compararea semnalului x^* de la ieșirea elementului ES cu un semnal prescris x_R de aceeași natură fizică (cuplu mecanic rezistent);
- elementul de execuție E realizează în funcție de rezultatul comparației x^{**} , una din valorile de ieșire ale releului y_m - neacționat ($x^* < x_R$) sau y_M - acționat ($x^* > x_R$).

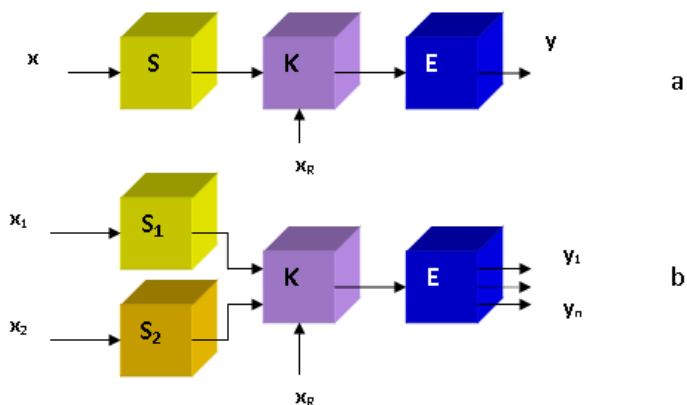


Fig. 1 - Schema bloc a unui relee: a – cu o mărime de intrare și una de ieșire;
b – cu două mărimi de intrare și un număr oarecare de mărimi de ieșire.

Clasificarea releelor

Din punctul de vedere al naturii mărimii de intrare, sunt:	- relee de mărimi electrice: de curent, de tensiune, de frecvență, de putere, de impedanță; - relee de mărimi neelectrice: de gaze, de presiune, de temperatură, mecanice, de debit.
În funcție de modul de realizare a saltului în circuitul de ieșire, sunt:	- relee cu contacte; - relee fără contacte (stative).
După sensul de variație a mărimii de intrare în momentul acționării sunt	- relee maximale, a căror acționare se produce când mărimea de intrare depășește o valoare maximă; - relee minimale, a căror acționare se produce când mărimea de intrare scade sub o valoare minimă; - relee direcționale (de sens), a căror acționare se produce când mărimea de intrare are un anumit sens de circulație pozitiv sau negativ.
Din punctul de vedere al principiului de funcționare:	- electromagnetice, - magnetoelectrice, - electrodinamice, - de inducție, - electrotermice.
După timpul de acționare, se disting:	- relee instantanee, la care intervalul de timp considerat este practic nul; - relee temporizate, la care acest interval de timp este realizat intenționat de o anumită valoare 0,5–10s, cu ajutorul unor dispozitive de temporizare
Din punctul de vedere al conectării lor în circuitele electrice, se deosebesc:	- relee primare conectate direct în circuitele primare; - relee secundare conectate prin intermediul transformatoarelor de măsură.

Caracteristicile releelor

- Natura fizică și parametrii mărimii de intrare (de excitare);
- Puterea absorbită la intrare pentru ca releul să acționeze. Aceasta putere variază între 1 – 40W;
- Curentul (puterea) admis de contacte în circuitul de ieșire, în condițiile unei tensiuni admisibile date și în funcție de natura sarcinii;
- Numărul, tipul și poziția contactelor releului.
- Domeniul de acționare sau gama de reglaj pentru mărimea de intrare (sau de acționare).
- Factorul de revenire dat de relația:

$$K_{rev} = \frac{X_r}{X_a}$$

unde: X_r este valoarea de revenire

X_a este valoarea de acționare a mărimii de intrare a releului.

În cazul releelor maxime factorul de revenire este subunitar, iar în cazul celor minime este supraunitar.

- Numărul de acționări (fără ca releul să se defecteze).
- Precizia unui releu reprezintă diferența dintre valoarea la care este reglat releul să acționeze X_{rel} și valoarea la care se produce acționarea X_a , exprimându-se în procente din valoarea reglată:

$$\varepsilon\% = \frac{X_{rel} - X_a}{X_{rel}} 100$$

Relee de curent

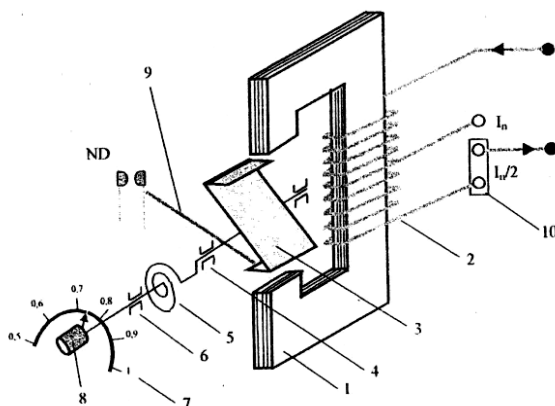
Releele de curent tip RC-2 sunt construite ca rele maxime, acționarea acestora obținându-se la creșterea intensității curentului peste valoarea reglată I_R , condiția de acționare fiind $I > I_R$. Elementul sensibil al releelor de curent electromagnetice este un electromagnet format din circuitul magnetic 1, pe care este amplasată o bobină de curent 2 (număr mic de spire de diametru corespunzător intensității nominale) prevăzută cu priză mediană. Armătura 3 a electromagnetului este o lamelă feromagnetică în formă de Z și care se poate roti în întrefier în jurul axului lagărului 4. Pe acest ax este fixat dispozitivul de reglare a valorii prescrise a curentului I_R și care este format dintr-un resort spiral 5, axul 6, scara gradată 7, butonul de reglare 8. Elementul de comparație este format din acest dispozitiv și armătura mobilă 4 la nivelul căreia se

manifestă un cuplu electromagnetic activ M_a proporțional cu variațiile semnalului de intrare I , respectiv un cuplu rezistent M_r general prin tensionarea resortului spiral 5. Releul acționează dacă este îndeplinită condiția:

$$M_a = k_i \cdot (N \cdot I)^2 \geq k_m \cdot I_R = M_R$$

Aceste rele sunt prevăzute cu un contact normal deschis ND sau cu un contact cu pol comun, normal deschis - normal închis $ND-C-NI$ (starea normală a contactelor corespunde bobinei nealimentate) și care este acționat, la deplasarea armăturii mobile, prin intermediul piesei electroizolante 9. Pentru extinderea domeniului de utilizare se utilizează eclisa 10 care în funcție de poziția de montaj permite utilizarea întregii înfășurări ($I_n/2$) sau numai a unei jumătăți (I_n).

Caracteristica timp-curent a releelor electromagnetice de curent (fig. 2) este practic independentă de curent după ce sa depășit pragul de acționare (scăderea timpului de acționare față de valoarea de acționare este de maxim 20 % pentru $3 \cdot I_n$). Timpul propriu de acționare este de $t_a = 0,05 \dots 0,1$ s în funcție de curentul nominal $I_n = 0,05 \dots 200$ A iar factorul de revenire arc valorii, $k_r > 0,85$.



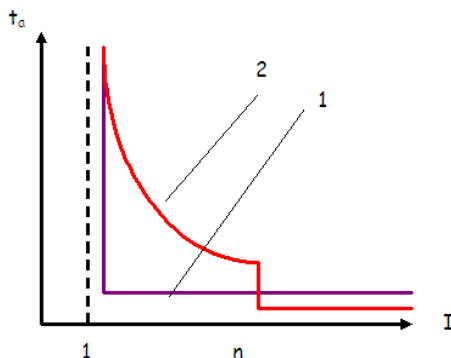


Fig. 2 - Caracteristici de protecție timp-curent ale releelor de curent

Relee de tensiune

Releele electromagnetice de tensiune se construiesc fie de tip maximal (variantele *RT-3*, *RT-3S*), cu acționare la valori ale tensiunii $U > U_R$, fie de tip minimal (variantele *RT-4*, *RT-4S*), care acționează la valori ale tensiunii $U < U_R$, U_R fiind tensiunea reglată.

Releele maximale de tensiune au un contact normal deschis, iar cele minimale au un contact normal închis, care se deschide atunci când este îndeplinită condiția de funcționare normală $U \geq U_n$, și se închide atunci când tensiunea scade sub valoarea reglată $U_R = 0,8...0,9 U_n$, semnalizându-se o situație anormală de funcționare.

Releele de tensiune *RT-3S*, *RT-4S* au bobina de tensiune alimentată în curent continuu, tensiunea aplicată bobinei este obținută prin redresarea tensiunii alternative de intrare, pe această cale obținându-se atenuarea vibrațiilor armăturii mobile a electromagnetului.

Pentru valori mari ale tensiunii de intrare (linii electrice, motoare de *m.t.*) releele de tensiune se conectează prin intermediul transformatoarelor de tensiune, cu tensiunea secundară standardizată de 100V (figura 3).

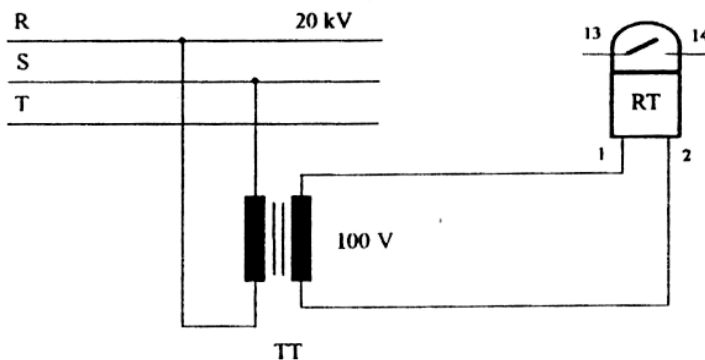


Fig. 3 - Conectarea releelor de tensiune prin intermediul TT

B. Verificarea releelor electromagnetice de curent RC2

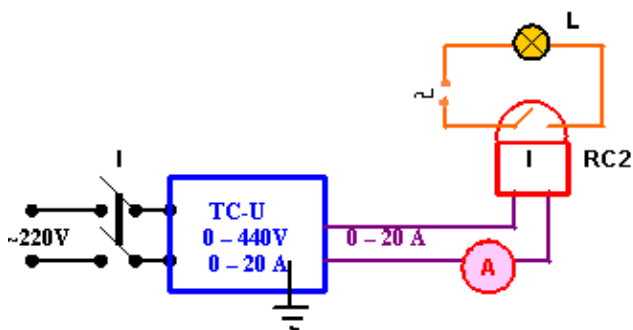
1. Scopul lucrării:

În cadrul lucrării se vor determina:

a) curenții de acționare și de revenire;

b) factorul de revenire al releului: $k_{rev} = \frac{I_{rev}}{I_a}$

c) erorile releului: $\varepsilon\% = \frac{I_{rel} - I_a}{I_{rel}} 100$



2. Nomenclatorul aparatelor:

TC-U – trusă de curent și tensiune 0 – 440 V, 0 – 20 A;

RC2 – releu maximal de curent;

A – ampermetru de curent alternativ ales în funcție de domeniu de acționare al releului;

I – întreruptor bipolar cu pârghie;

L – lampă;

Sursă de c. a. monofazat.

3. Modul de experimentare:

Se manevrează cursorul trusei în sensul creșterii curentului de acționare. Se notează valorile de acționare, când lampa se aprinde și se manevrează cursorul în sens descrescător notându-se valorile de revenire, când lampa se stinge. Se notează, de asemenea și valorile înscrise pe scara de reglaj a releului.

Se vor executa câte șase măsurători corespunzătoare reglajelor făcute pe scara releului. Se repetă aceleași măsurători pentru diferite moduri de conexiuni ale bobinajelor (serie, paralel), schimbând eclisa.

C. Verificarea releelor electromagnetice de tensiune RT4

1. Noțiuni generale

Un releu este format dintr-un element de lucru (bobina) supus acțiunii mărimii de intrare care la o anumită valoare determină schimbarea stării de funcționare a acesteia și un grup de contacte prin care se stabilește mărimea de ieșire.

Un releu de tensiune are două caracteristici esențiale: valoarea de acționare U_a și valoarea de revenire U_{rev} , fiecare din aceste valori fiind diferite pentru diferite valori înscrise pe scala aparatului.

2. Scopul lucrării:

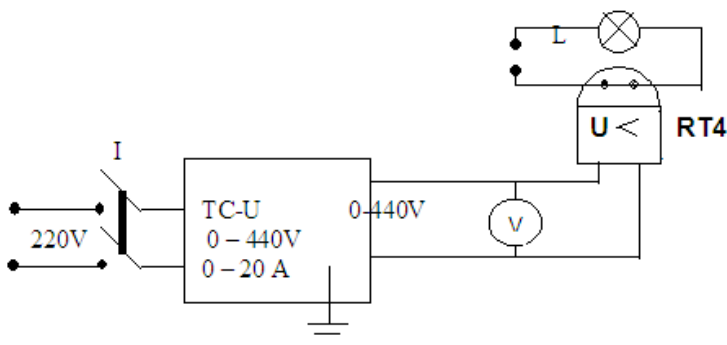
În cadrul lucrării se vor determina:

- tensiunile de acționare și de revenire;
- factorul de revenire al releului: $k_{rev} = \frac{U_{rev}}{U_a}$

$$\varepsilon_u \% = \frac{U_{rel} - U_a}{U_{rel}} 100$$

- erorile releului;

3. Schema de montaj:



4. Nomenclatorul aparatelor:

TC-U – trusă de curent și tensiune 0 – 440V, 0 – 20A;
 RT4 – releu de minimă tensiune;

- V – voltmetru de curent alternativ, ales în funcție de domeniul de acționare al releului;
 - I – întreruptor bipolar cu pârghie;
 - L – lampă;
- Sursă de c. a. monofazat.

5. Modul de experimentare:

Se manevrează cursorul trusei în sensul scăderii tensiunii. Se notează valorile de acționare, când lampa se aprinde și se manevrează cursorul în sens crescător notându-se valorile de revenire, când lampa se stinge. Se notează , de asemenea și valorile înscrise pe scara de reglaj a releului.

Se vor executa câte șase măsurători corespunzătoare reglajelor făcute pe scara releului. Se repetă aceleași măsurători pentru diferite moduri de conexiuni ale bobinajelor (serie, paralel), schimbând eclisa.

6. Tabel cu rezultate:

Nr. crt.	U_a (V)	U_{rev} (V)	U_{rel} (V)	k_{rev}	ε_U %
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
6.					

FIȘA DE DOCUMENTARE NR. 2

RELEE TERMICE

Releele termice sunt aparate de protecție care întrerup un circuit electric de comandă la depășirea unei anumite valori a curentului electric. Aceste aparate sunt utilizate pentru protecția motoarelor electrice împotriva suprasarcinilor.

Releele termice nu acționează imediat ce valoarea curentului crește, ci după o anumită perioadă de timp, care este invers proporțională cu curentul; cu cât valoarea curentului este mai mare, cu atât intervalul de timp este mai mic.

Standardele în vigoare impun următoarele condiții releelor termice:

- să nu declanșeze în timp de două ore la un curent egal cu $1,05 I_{motor}$
- să declanșeze în timp de două ore la un curent egal cu $1,2 I_{motor}$
- să declanșeze la un curent egal cu $6 I_{motor}$ într-un timp mai mare de două secunde

Construcția releelor termice se bazează pe utilizarea termobimetalelor sub forma lamelară. Elementele componente ale unui releu termic sunt prezentate în figura 4.

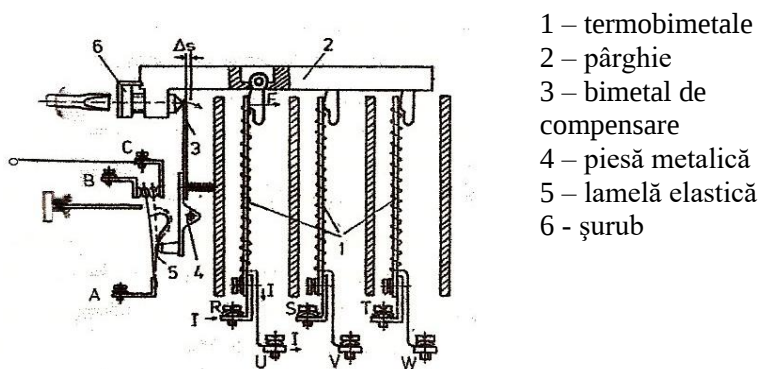


Fig. 4. - Elementele componente ale unui releu termic

Funcționarea unui releu termic: curentul de intensitate $I > I_n$, care încălzește lamelele bimetalului, produce dilatarea acestora și deplasarea tijei electroizolante, care determină la rândul ei schimbarea stării contactelor electrice. Astfel, contactul normal închis al releului se deschide, întrerupând circuitul electric de comandă.

Caracteristica de protecție trebuie să satisfacă următoarele condiții:

Curent de lucru în multipli ai curentului nominal al releului	Timp de declanșare	Starea bimetalului	Observații
1,05	$t > 2h$	din stare rece	
1,2	$t < 2 h$	din stare caldă	
1,5	$t < 2 \text{ min}$	din stare caldă	Nu e impusă de STAS. E necesară totuși pentru motoare
6,0	$t > 2 \text{ sec}$	din stare rece	Pornire normală
6,0	$t > 5 \text{ sec}$	din stare rece	Pornire grea

FIȘA DE DOCUMENTARE NR. 3

DEFECTELE RELEULUI TERMIC

Nr. crt.	Defectul	Cauze	Mod de verificare	Mod de remediere
1.	Arderea bimetalului sau a rezistenței încălzitoare	Scurtcircuit între spirele electromagnetului protejat și nefuncționarea mecanismului de declanșare	Se măsoară curentul absorbit de motor și se verifică funcționarea mecanismului de declanșare	Introducerea protecției prin siguranțe fuzibile Rebobinarea motorului Înlocuirea conductoarelor defecte
		Scurtcircuit între conductoarele ce leagă întreruptorul de electromotorul protejat	Se verifică rezistența de izolație cu ajutorul megohmmetrului	Repararea mecanismului de declanșare a releului termic
2.	Bimetalul nu se încălzește	Capetele bimetalului nu fac contact cu bornele	Se verifică cu puntea contactul dintre bimetal și borne	Strângerea șuruburilor de legătură între borne
		Rezistența încălzitoare întreruptă	Se verifică cu puntea continuitatea rezistenței	Se înlocuiește rezistența încălzitoare
		Transformatorul de alimentare defect	Se verifică cu un ampermetru alimentarea bimetalului	Repararea transformatorului i reductor de curent
3.	Bimetalul se încălzește puternic	Șuntul montat în paralel cu bimetalul ars sau întrerupt	Se verifică continuitatea șuntului	Se înlocuiește șuntul cu altul cu aceleași caracteristici

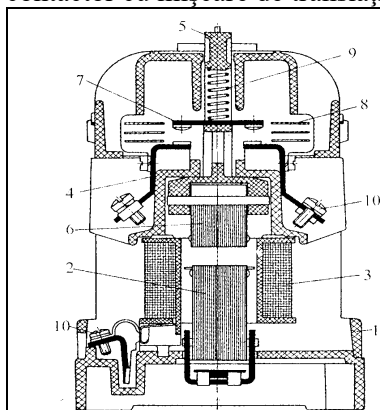
		Transformatorul debitează un curent mai mare decât cel nominal	Se verifică cu ampermetrul curentul debitat de transformator	Se repară transformatorul de curent
4.	Bimetalul rămâne îndoit	Bimetalul a fost parcurs timp îndelungat de un curent mai mare decât cel nominal	Se verifică funcționarea releului de curent într-o instalație specială prevăzută cu reglaj de curent	Se înlocuiește bimetalul cu altul cu aceleași dimensiuni și caracteristici
5.	Bimetalul se încălzește prea puțin	Șuntul nu face un contact prea bun cu bimetalul	Se măsoară temperatura ambiantă	Se cositorește locul de contact între șunt și bimetal
		Temperatura ambiantă prea scăzută și releul nu are compensator	Se înlocuiește releul cu unul cu compensator	Se reface reglajul pentru temperatura ambiantă corespunzătoare
6.	Bimetalul declanșează intempestiv	Temperatura ambiantă este prea mare și releul nu are compensator	Se măsoară temperatura ambiantă Se înlocuiește releul cu unul cu compensator	Se reface reglajul pentru temperatura ambiantă corespunzătoare

FIȘA DE DOCUMENTARE NR. 4

CONTACTORUL ELECTROMAGNETIC

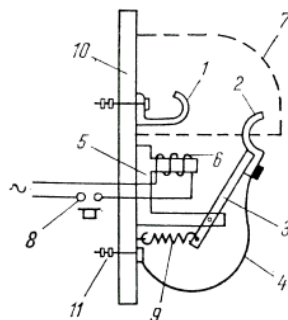
Contactorul este un aparat cu acționare mecanică, electromagnetică sau pneumatică, cu o singură poziție stabilă, capabil să stabilească, să suporte și să întrerupă curenții dintr-un circuit în condiții normale de exploatare, inclusiv în condiții de suprasarcină. Deosebirea între contactor și ruptor este că la contactor contactele sunt normal-deschise, iar la ruptor normal-închise.

În cazul contactoarelor electromagnetice, deplasarea contactelor mobile se realizează datorită unui electromagnet de acționare care poate avea mișcare de translație, rotație sau combinată a armăturii mobile și poate fi de curent alternativ sau continuu. Părțile componente ale unui contactor cu mișcare de translație se pot observa în figura 5.



5.a) Contactor cu mișcare de translație

1 – corp; 2 – armătură fixă; 3 – bobină; 4 – contact fix; 5 – echipaj mobil; 6 – armătură mobilă; 7 – puntea contactelor mobile; 8 – cameră de stingere cu grătar metalic; 9 – resort pentru contacte; 10 – borne



5.b) Contactor cu mișcare de rotație

1 – contact fix; 2 – contact mobil; 3 – armătură mobilă; 4 – conexiune flexibilă; 5 – armătură fixă electromagnet de acționare; 6 – bobină electromagnet; 7 – cameră de stingere; 8 – buton comandă; 9 – resort; 10- placă suport

Elementele componente ale unui contactor sunt:

- circuitul principal de curent (borne de racord la circuitul exterior, contacte fixe și contacte mobile);
- circuitul de comandă (bobina electromagnetului de acționare, contactele de autoreținere și bobina de comandă);
- circuitele auxiliare (contactele de blocare, semnalizare);
- dispozitivele de stingere a arcului electric (camere de stingere, bobine de suflaj magnetic).

Alegerea contactoarelor

Contactoarele electromagnetice sunt clasificate internațional (CEI 158/1) după *categoria de utilizare*.

Fiecărei categorii de utilizare îi corespund condiții tehnice prin care se stabilește sarcina comutată (recomandarea CEI 947 – 4 – 1/1990). Condițiile tehnice precizează valoarea curentului întrerupt I_e (de suprasarcină) față de curentul nominal I_n , durata relativă de trecere a curentului, precum și numărul de comutări pe oră. În acest sens, se disting opt categorii de utilizare notate AC–1÷8.

Fiecărei categorii de utilizare i se definesc condiții de conectare și deconectare corespunzătoare și anume:

- *Curent întrerupt de contactor* (I_e) - funcție de categoria de utilizare;
- *Curent termic al contactorului* (I_{th}) - reprezintă valoarea efectivă a curentului suportat de aparat timp de 8h fără ca încălzirea cailor de curent să depășească limita admisă;
- *Curent temporar admis* – reprezintă valoarea maximă a curentului suportat de calea de curent a contactorului timp de 1s - 10min fără ca încălzirea cailor de curent să depășească limita admisă;
- *Puterea de închidere* – curentul (valoare efectivă) pe care contactorul poate să-l închidă fără a apare sudarea contactelor;
- *Puterea de rupere* – valoarea curentului întrerupt de contactor fără a produce uzura exagerată a contactelor (arcul să nu distrugă contactele);
- *Puterea nominală* – pentru pornirea motoarelor – reprezintă puterea unui motor alimentat de contactor la tensiunea nominală;
- *Tensiunea nominală* (U_e) – reprezintă valoarea efectivă a tensiunii dintre căile de curent.

- *Tensiunea de comandă* – reprezintă valoarea tensiunii aplicate electromagnetului;
- *Tensiunea de izolare (tensiunea de restabilire) (U_i)* – reprezintă valoarea maximă a tensiunii aplicate între contacte timp de 1 minut fără a străpunge dielectricul, $U_i \leq 1500V$;
- *Durata relativă de trecere a curentului* – (*durata conectării DC*) reprezintă raportul dintre durata de trecere a curentului și durata unui ciclu (T_c) și are valorile standardizate: 15, 25, 40 și 60%;
- *Impedanța căii de curent* la 50 Hz la valoarea curentului nominal;
- *Numărul de comutări pe oră sau frecvența comutărilor* f_c – definită de numărul de cicluri de manevră suportate de căile de curent fără distrugerea electrică a contactelor;
- *Durata de viață mecanică* - definită de numărul de cicluri de manevră suportate de căile de curent fără distrugerea mecanică a contactelor;
- Temperatura ambiantă și altitudinea.

Serviciile de funcționare ale contactoarelor sunt:

- *Serviciul de lungă durată S1* (de 8 ore) definit de curentul termic
- *Serviciul de scurtă durată S2* caracterizat printr-o durată a cuplării și una de repaus astfel încât calea de curent să ajungă la temperatura mediului ambiant. Acest serviciu este caracterizat prin valorile nominale 10, 30, 60, 90 min.
- *Serviciul intermitent periodic S3* este caracterizat prin *durata conectării* și numărul de manevre pe oră efectuate ($f_c = 1/T_c$). În acest serviciu se definește capacitatea unui contactor de a efectua cu certitudine un număr de cicluri pe oră.

La funcționarea în serviciile S2 și S3, curentul suportat de calea de curent a unui contactor poate fi mai ridicat decât curentul de la funcționarea în serviciul S1.

Încălzirea căii de curent în serviciu S3 este dependentă de durata conectării. Cunoșcând categoria de utilizare a contactorului funcție de tipul consumatorului se poate alege contactorul.

Alegerea unui contactor înseamnă:

- definirea *tensiunii nominale de utilizare* ce se alege funcție de valoarea nominală a tensiunii de linie a rețelei. Aceasta reprezintă

tensiunea dintre căile de curent și poate avea valoarea: 60, 250, 380, 500, 660, 800, 1000 Vef.

- definirea *tensiunii de comandă* ce reprezintă valoarea efectivă a tensiunii ce se aplică blocului de comandă. Valorile acestor tensiuni sunt standardizate, putând efectua comanda atât în c.a. cât și în c.c.:

24, 48, 110, 380, 500 Vc.a. și 24, 48, 60, 110, 220, 440 Vc.c.

- alegerea *curentului maxim suportat de aparat* (practic *tipul aparatului*), ceea ce implică determinarea prin calcul a curentului suportat de căile de curent, în funcție de puterea consumatorului. Funcție de valoarea acestui curent se alege valoarea curentului nominal al contactorului ce trebuie să fie superioară celei rezultate din calcul.

Curentul nominal al contactorului reprezintă valoarea efectivă a curentului suportat de aparat timp de 8h fără ca încălzirea căilor de curent să depășească limita admisă. Constructorii de aparate (inclusiv firmele românești) prin recomandările CEI produc contactoare cu următoarele valori ale curenților nominali: 10, 32, 63, 125, 250, 400 A.

Alegerea contactoarelor depinde de variabilele de intrare (tensiunea nominală a rețelei, natura curentului, frecvența) și de variabilele de ieșire (natura receptorului, puterea acestuia, randamentul, defazajul, tensiunea de alimentare, frecvența comutărilor). În funcție de acești factori se determină *caracteristicile de utilizare ale unui contactor* și anume:

- curentul nominal - I_e ;
- tensiunea nominală - U_e ;
- categoria de utilizare;
- numărul ciclurilor de manevră.

Alegerea completă a unui contactor implică precizarea următoarelor date:

- *Tipul aparatului*: numărul de poli, natura curentului, numărul de manevre
- *Curentul nominal al aparatului*: (I_{th} , I_e),
- *Tensiunea de utilizare* (U_e),
- *Tipul circuitului de comandă* și definirea *tensiunii de comandă*
- *Numărul contactelor auxiliare*: instantanee și temporizate;
- *Gradul de protecție al aparatului* (IP xx).
- *Calculul curentului întrerupt de aparat* :

- curentul nominal al motorului: $I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3}U_n \eta \cos \varphi}$
- curentul întrerupt $I_c = 6.I_n$

Numărul de conectări este de 0.1 milioane conectări fără revizie. Curentul maxim suportat de aparat trebuie să fie mai mare decât curentul întrerupt.

FIȘA DE DOCUMENTARE NR. 5 REPARAREA TRANSFORMATOARELOR

Principalele defecte și modul de recunoaștere a acestora la transformatoarele de putere

Tipul defectului	Modul de recunoaștere a defectului	Cauze posibile
Scurtcircuitarea locală a tolelor de oțel	Lucrează releul de gaze	Îmbătrânirea lacului izolant al tolelor, deteriorarea tolelor
Scurtcircuit între spire	Funcționează protecțiile: de gaze, diferențială, maximală (dacă aceasta este instalată pe partea alimentării)	Deteriorarea izolației între spire datorită îmbătrânirii în urma uzurii normale sau a suprasarcinilor de durată sau a insuficienței răcirii. Descoperirea înfășurărilor în urma coborârii nivelului de ulei. Poziția necorespunzătoare a înfășurărilor.
Întreruperi în înfășurări	Funcționează protecția de gaze din cauza arcului care apare în punctul de întrerupere	Distrugerea capetelor de ieșire. Lipirea interioară necorespunzătoare a conductorului. Topirea unei părți din spire din cauza scurtcircuitului în înfășurare.
Străpungerea (punerea la masă)	Funcționează protecția de gaze, iar la	Defectarea izolației principale datorită

	transformatoarele cu neutrul legat la pământ și protecția diferențială	îmbătrânirii sau existenței fisurilor; umezirea uleiului. Scăderea nivelului de ulei din cuvă. Umiditate și murdărie în ulei. Supratensiuni care au condus la străpungerea izolației.
Scurtcircuit între înfășurările fazelor	Funcționează protecțiile: de gaze, diferențială și maximală. Aruncarea uleiului prin expandor	Aceleași cauze ca în cazul precedent; în plus: scurtcircuit la borne sau la comutatorul de prize.
Topirea suprafețelor contactelor la comutatoarele de ploturi	Funcționează protecțiile: de gaze, diferențială și maximală	Defecte de montaj (apăsare insuficientă a contactelor și elasticitate insuficientă a resoartelor de presare). Supraîncălziri datorită curenților de scurtcircuit din zonă.
Defectarea izolației între tole.	Semnalizează protecția de gaze, miros specific pătrunzător	Deteriorarea izolației buloanelor de strângere, a izolației între tole; deteriorarea sau lipsa garniturilor la jug.

Repararea transformatoarelor se realizează numai după retragerea lor din exploatare, pe baza foii de manevră, de către personalul de exploatare al stației sau postului respectiv. Procesul tehnologic cuprinde următoarele faze:

- izolarea electrică a transformatorului de restul instalației;
- desfacerea legăturilor electrice la borne;
- deplasarea transformatorului la atelierul de reparații;
- demontarea transformatorului;
- repararea părților componente defecte (miez, înfășurări);
- remontarea transformatorului;
- încercări;
- reinstalarea transformatorului în boxă sau celulă;
- refacerea legăturilor la instalația electrică;

- ridicarea izolării;
- cuplarea la rețea prin executarea operațiilor indicate în foaia de manevră.

1. Demontarea transformatorului

Aceasta cuprinde operațiile descrise pe scurt în cele ce urmează:

- Evacuarea uleiului parțial sau total într-un vas pregătit, curat și uscat, prin robinetul de golire de la partea inferioară.
- Deșurubarea și desfacerea legăturilor electrice se va realiza începând cu capacul cuvei, apoi legăturile la izolatoarele de trecere. Dacă buloanele nu pot fi deșurubate din cauza ruginii se ung cu petrol lampant. Se refac filetele defecte, iar piesele defecte se înlocuiesc cu altele noi.
- Demontarea subansamblurilor începe cu demontarea izolatoarelor, și continuă cu expandorul. Se demontează conservatorul de ulei prin detașarea lui pe flanșa conductei de ulei, apoi de piesele de care este fixat și cu un cablu cu inele de ridicare se ridică de pe capacul cuvei. Se ferește de deteriorări sticla indicatorului de nivel de ulei. Releul de gaze și termometrul cu rezistență sau termosemnalizatorul sunt demontate imediat după evacuarea uleiului.
- Decuvarea reprezintă scoaterea părții active din interiorul cuvei și deasupra unei tăvi se așează pe traverse de cale ferată. Acest proces se realizează lin, cu ajutorul macaralei.
- Demontarea părții active începe cu prizele și comutatorul de ploturi care vor trebui în prealabil numerotate prin etichete. Se dezlipesc lipiturile cu lampa de lipit (cele cu cositor) și cu dalta și ciocanul (cele realizate cu aliaj tare).

Se demontează grinzile jugului, se despachetează jugul superior, și se depresează înfășurările deșurubându-se buloanele de presare. Se deșurubează buloanele de strângere a jugului superior și grinzile respective, se leagă cu funii grinzile și se scot buloanele de strângere. Se ridică grinzile jugului scoțându-le de pe tiranții verticali. Se despachetează jugurile scoțând câte 2-3 tole simultan din două părți. Muncitorii vor așeza lângă ei pe schelă tolele despachetate.

Pentru scoaterea înfășurărilor se folosesc niște gheare așezate în cruce. Acestea se prind de înfășurarea respectivă și cu ajutorul unei macarale se ridică cu o funie strict vertical, după care se depozitează pe două grinzi pe pardoseală.

- Demontarea radiatoarelor se realizează dacă sunt detașabile după demontarea părții active. Se închid robinetele, se deșurubează piulițele flanșelor, se deplasează radiatoarele de pe prezoane, se așează pe podea.

2. Repararea miezului magnetic

Se realizează un control minuțios al stării tolelor și a izolației lor. Izolația de lac defecte cade la despachetare, iar cea din hârtie se sfărâmă. Dacă nu se constată urme de scurtcircuite locale, se reface jugul superior și se supune la încercări:

- *măsurarea pierderilor în gol* folosindu-se o înfășurare de control, care să asigure magnetizarea completă a miezului. Se alimentează la 380/220V și se măsoară P_0 (pierderile în gol). Apoi se scurtcircuitează tolele marginale ale miezului, pe suprafața exterioară cu un conductor și se măsoară din nou P_0 . Dacă starea izolației este satisfăcătoare, trebuie ca:

$$\frac{P_0 - P_0}{P_0} 100 \leq 1...2\%$$

- *măsurarea tensiunii tolele marginale și pachetele miezului magnetic* (fig. 6) înfășurarea de control fiind sub tensiune. Lipsa unei tensiuni între pachete indică o regiune în care există tola scurtcircuitată. Locul de defect se stabilește la demontarea pachetelor de tole.

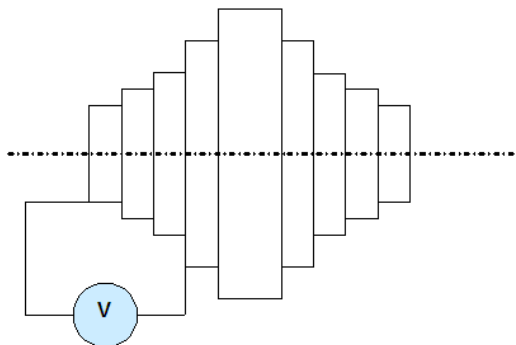


Fig. 6 - Schema de măsurare a tensiunii pe pachetele miezului magnetic.

- *măsurarea rezistenței în c.c. a izolației între tolele diferitelor pachete*, conform fig. 7. Fixându-se un curent de 2-2,5A, se determină rezistența diferitelor pachete cu relațiile:

$$R_1 = \frac{U_1}{I}; R_2 = \frac{U_2}{I}; R_3 = \frac{U_3}{I}$$

Rezistențele trebuie să fie aproximativ egale, pentru pachetele simetrice. Se calculează apoi rezistența specifică a izolației între tolele fiecărui pachet cu relația:

$$\rho_0 = \frac{R}{nF} = 50-60 \, \Omega/cm^2 \text{ unde:}$$

R – rezistența măsurată;

F – aria tolei, cm^2 ;

n – numărul de tole în pachet.

Dacă starea este necorespunzătoare se reface izolația.

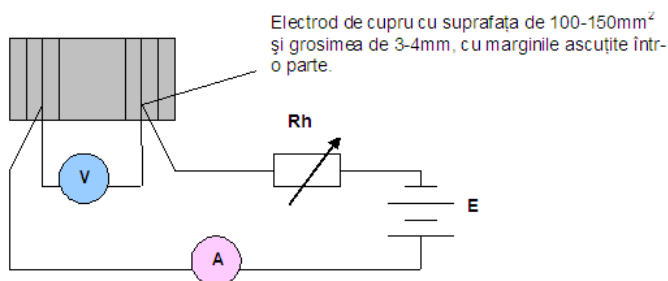


Fig. 7 - Schema de măsurare a rezistenței în c.c. a pachetelor separate ale miezului

3. Repararea înfășurărilor

Înfășurările sunt cele mai afectate părți ale transformatorului, fiind supuse la deteriorări ale conductorului, desfaceri de pe bobină, contacte între spire, întreruperi, alterarea izolației.

Repararea înfășurărilor presupune:

- Scoaterea izolației de pe conductor, după care se îndreaptă cu un ciocan din lemn și se șterg cu cârpe. Dacă conductorul este ecruisat și izolația se curăță greu se recoc în cuptoare la $550-600^\circ C$. Dacă se constată goluri, crăpături, ele se taie și conductorul se lipește cu cleștele electric.

- Reizolarea conductorului se face manual sau cu mașini de izolat. Pentru izolare se utilizează hârtie de cablu cu grosimea de 0,05 mm, iar la ultimul strat hârtie cu grosimea de 0,12mm. Productivitatea izolării în cazul folosirii mașinilor este de 6-8 ori mai mare. În cazul izolării manuale, lucrătorul șterge conductorul cu o cârpă curată, ia ruloul și începe să izoleze așezând mai întâi primul strat. „jumătate acoperit”, parcurgând tot tronsonul (distanța între două tambure), iar apoi cel de-al doilea strat ș.a.m.d.

- Este necesar să se așeze izolația cât mai strâns, tot timpul netezind-o și întinzând hârtia cu mâna, astfel încât să nu se formeze goluri. Când tronsonul este complet izolat acesta se înfășoară pe tambur, așezând strâns o spiră lângă alta.

- Rebobinarea înfășurărilor în cazul bobinelor cilindrice în două straturi se execută pe șabloane sau direct pe cilindrul de pertinax, care constituie izolația față de miezul transformatorului, în acest ultim caz cilindrul fixându-se pe șablonul de bobinare. De prima spiră se fixează pana egalizatoare de carton preșpan, prin bandajare cu bandă de bumbac. Se verifică calitatea izolației în timpul bobinării, refăcându-se cea deteriorată. Consolidarea spirelor se face cu fâșie de bandă groasă de bumbac, care face o spiră peste prima spiră. După așezarea primului strat de spire se așează distanțoarele longitudinale pentru realizarea canalelor de răcire.

- După bobinare urmează uscarea, presarea definitivă, impregnarea și coacerea, operații care se efectuează în cuptoare cu vid, speciale. Înainte de coborârea în cuvă se curăță minuțios, se șterge cu o cârpă uscată. Uscarea se realizează la temperatura de 100-120°C, timp de 6-12 ore. Apoi se scoate se răcește la 70°C, se presează până la dimensiunea dorită și se impregnează cu lac într-o baie. Apoi se introduce din nou în cuvă pentru coacere timp de 8 ore.

- Remontarea înfășurărilor pe miezul magnetic se realizează după verificarea în prealabil a lor; se realizează cu ajutorul macaralei, cea de joasă să fie montată imediat lângă coloană și cea de înaltă la exterior.

4. Remontarea transformatorului

După asamblarea părții active sunt pregătite pentru montare cuva, conservatorul, expandorul, radiatoarele, capacul, bornele, comutatorul, instrumentele de măsură, robinetele etc.

Asamblarea constă în:

- montarea conservatorului și expandorului;
- instalarea garniturilor de etanșare;
- montarea radiatoarelor, robinetelor, roților;
- ridicarea părții active și coborârea ei în cuvă;
- instalarea capacului;
- umplerea transformatorului cu ulei și verificarea etanșeității garniturilor;
- vopsirea exterioară a transformatorului.

FIȘA DE DOCUMENTARE NR. 6

PROBE ȘI ÎNCERCĂRI ALE TRANSFORMATOARELOR ELECTRICE

Principalele probe și verificări ale transformatoarelor de putere care au ca scop verificarea calității reparației sunt:

- Măsurarea rezistenței de izolație a înfășurărilor și a coeficientului de absorbție R_{60}/R_{15} ;
 - Verificarea raportului de transformare;
 - Verificarea grupe de conexiuni a înfășurărilor;
 - Verificarea rigidității dielectrice a izolației la frecvență industrială;
 - Încercarea la scurtcircuit;
 - Încercarea la mers în gol;
 - Măsurarea rezistenței înfășurărilor în curent continuu;
 - Măsurarea unghiului de pierderi dielectrice $\tan \delta$ a înfășurărilor și bornelor (izolatoarelor de trecere);
 - Determinarea raportului C_2/C_{20} .
- **Măsurarea rezistenței de izolație a înfășurărilor și a coeficientului de absorbție R_{60}/R_{15}**

Se măsoară:

- cu megohmmetrul de 1000V la înfășurările de joasă tensiune;
- cu megohmmetrul de 2500V la înfășurările de înaltă tensiune.

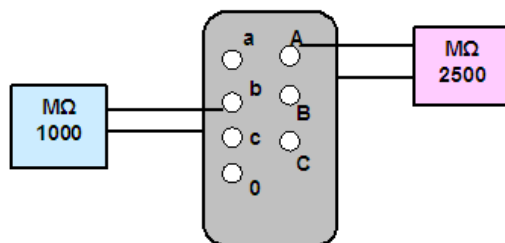


Fig. 8 - Montaj pentru măsurarea rezistenței de izolație a înfășurărilor transformatorului.

Rezistența de izolație se măsoară între fiecare înfășurare și masă și între înfășurări (figura 8). Indicațiile megohmmetrului se citesc după 15 și 60s. Raportul acestor citiri R_{60}/R_{15} se numește coeficient de absorbție, fiind unul dintre criteriile de stabilire a gradului de umiditate a înfășurărilor. Valorile măsurătorilor se compară cu cele indicate de întreprinderea constructoare. Coeficientul de absorbție trebuie să fie $R_{60}/R_{15} \geq 1,3$.

Momentul efectuării probei:

- la PIF (punerea în funcțiune);
- în cadrul reviziilor tehnice RT, reparațiilor curente RC și a reparațiilor capitale RK;
- la schimbarea uleiului;
- la transformatoarele aflate în stare operativă “rezervă rece” o dată la 2 ani.

➤ Verificarea raportului de transformare

Se face pe toate fazele și pe toate prizele transformatorului. Pe partea de înaltă tensiune, unde nu se poate măsura tensiunea de fază (conexiunea de regulă este triunghi), se face măsurarea tensiunii între faze ($U_1 = \sqrt{3}U_f$). Raportul de transformare nu trebuie să difere de cel indicat de întreprinderea constructoare cu 0,5%.

Raportul de transformare se determină cu ajutorul montajului din figura 9 și valoarea sa se obține făcând raportul dintre tensiunea fazei din primar și cea din secundar (măsurată la bornele omoloage), la mersul în gol al transformatorului, trecând comutatorul de prize prin toate pozițiile sale.

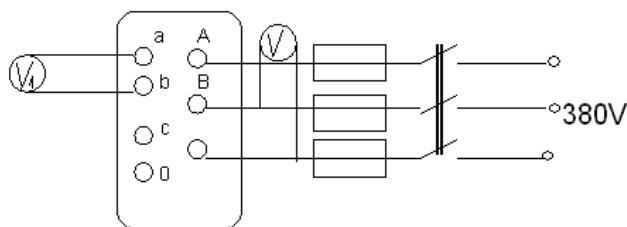


Fig. 9 - Montaj pentru determinarea raportului de transformare

Momentul efectuării probei:

- la PIF (punerea în funcțiune);
- intervenții la înfășurări și la conexiuni;
- la modificarea conexiunilor sau a raportului de transformare pe placa de conexiuni exterioară sau interioară;
- după RK în atelier.

➤ **Verificarea rigidității dielectrice a izolației transformatorului.**

Această încercare are drept scop verificarea izolației unei înfășurări față de masă sau față de alte înfășurări și a izolației între spire și părțile unei aceleiași înfășurări. Proba se efectuează după trecerea a cel puțin trei ore de la umplerea cu ulei a transformatorului.

Verificarea rigidității dielectrice a izolației se face în două feluri:

- cu tensiune aplicată;
- cu tensiune indusă.

În figura 10 se prezintă prima metodă, fiind cea mai utilizată pentru transformatoarele de putere din dotarea consumatorilor. Tensiunea de încercare se aplică în modul următor: se aplică brusc 50 % din valoarea tensiunii de încercare, apoi treptat, până se atinge valoarea tensiunii de încercare; aceasta se menține un minut, apoi se scade treptat până la zero.

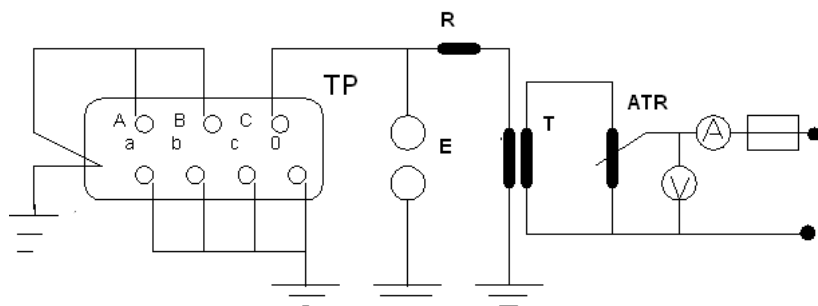


Fig. 10 - Montaj pentru verificarea rigidității dielectrice a transformatorului prin metoda tensiunii aplicate: TP – transformatorul de încercat; T – transformatorul ridicător; ATR – autotransformator reglabil; E – eclator; R – rezistență de protecție.

Transformatorul se consideră bun, dacă în timpul probelor nu se produc conturnări sau străpungeri, care se manifestă atât prin zgomote caracteristice, cât și prin oscilarea pronunțată a acelor aparatelor de măsură.

➤ Încercarea la scurtcircuit

Se face cu scopul de a verifica tensiunea procentuală de scurtcircuit $u_k\%$ și pierderile în scurtcircuit P_k . Montajul este cel indicat în figura 10. Tensiunea aplicată se crește treptat, până când indicațiile ampermetrelor ating valoarea curentului nominal. În acest moment se citesc: tensiunea de scurtcircuit U_k în V și P_k în W (prin metoda celor două wattmetre). Valorile măsurărilor se compară cu cele înscrise în fișa tehnică a transformatorului.

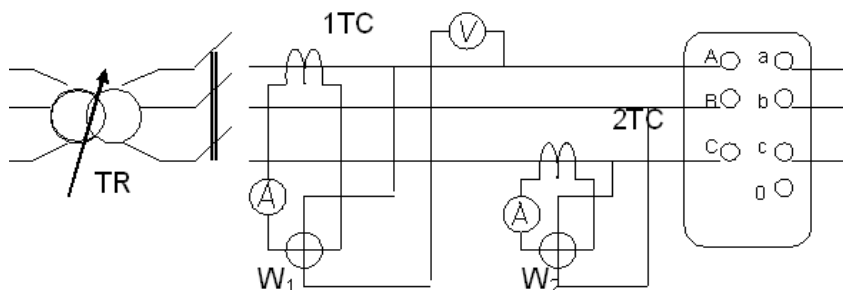


Fig. 11- Montaj pentru încercarea la scurtcircuit a transformatorului trifazat

Montajul din figura 11 conține un transformator trifazat reglabil TR, două ampermetre A_1 și A_2 , două wattmetre W_1 și W_2 a căror bobine de curent sunt alimentate din secundarele a două transformatoare de curent 1TC și 2TC, un voltmetru pentru a determina tensiunea de scurtcircuit și transformatorul verificat T.

Momentul efectuării probei:

- la PIF (punerea în funcțiune) în lipsa buletinului de fabrică;
- după RK în atelier care presupune demontarea înfășurărilor sau intervenții la miezul magnetic.

➤ Încercarea la mers în gol

Încercarea la mers în gol se face cu scopul de a determina curentul procentual de mers în gol $i_0\%$ și pierderile de putere la mers în gol P_0 , în W.

Montajul cuprinde trei ampermetre, două wattmetre a căror bobine de curent sunt alimentate din secundarele transformatoarelor de curent 1TC și 2TC și transformatorul de încercat T.

Se aplică tensiunea nominală pe partea de joasă tensiune, bornele de înaltă fiind în gol (la un potențial ridicat și deci încercarea se face cu respectarea NTS pentru instalația sub tensiune periculoasă).

Se citește valoarea curentului $I_0 = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3}$ - media aritmetică

a indicațiilor celor trei ampermetre și valoarea puterii P_0 prin metoda celor două wattmetre.

Se calculează curentul de mers în gol în procente $i_0\%$. Valorile se compară cu cele din fișa tehnică a transformatorului.

➤ **Măsurarea unghiului de pierderi dielectrice $\text{tg}\delta$ a înfășurărilor și bornelor (izolatoarelor de trecere)**

Această măsurare (figura 12) se efectuează cu puntea Schering, punte care, având tensiunea de 10 kV, se utilizează numai pe partea de înaltă tensiune a transformatorului.

Tangenta unghiului de pierderi servește drept criteriu pentru stabilirea gradului de umiditate a înfășurărilor. Aceasta nu trebuie să depășească cu mai mult de 30% valoarea dată de întreprinderea constructoare.

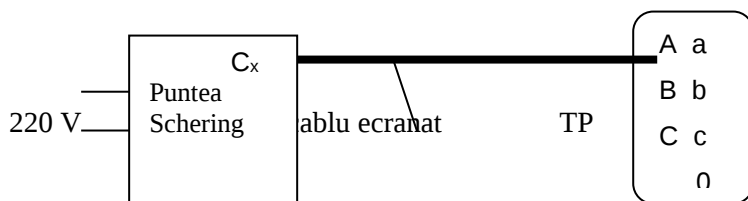


Fig. 12 - Montaj pentru determinarea $\text{tg}\delta$ la transformatorul de putere

➤ **Determinarea raportului C_2/C_{20} .**

Un alt criteriu pentru aprecierea umidității înfășurărilor îl constituie și raportul capacităților la frecvențele de 2 și 50 Hz.

Măsurarea se face cu dispozitivul pentru controlul umidității, conform instrucțiunilor de folosire a acestuia. Înainte de măsurarea raportului C_2/C_{20} , trebuie să se măsoare rezistența de izolație a înfășurării transformatorului, deoarece la valori reduse ale acesteia dispozitivul dă erori inacceptabile.

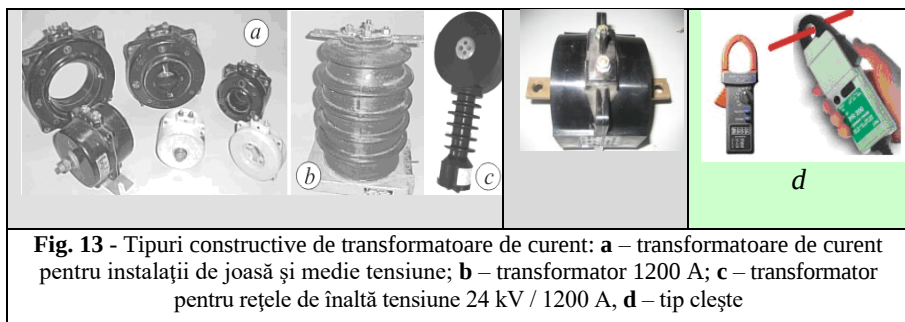
1. Izolatori IT 2. Izolator nul IT 3. Izolatori JT 4. Conservator de ulei 5. Comutator de reglaj sub sarcină 6. Mecanism de acționare pentru comutator 7. Supapă de presiune 8. Filtru de aer deshidrant cu silicagel 9. Radiator	10. Suporți pentru cric 11. Robinet de filtrare și golire 12. Cofret de comandă 13. Cărucior (roți) 14. Ventilatoare 15. Indicator de temperatură a înfășurării 16. Indicator de temperatură a uleiului 17. Releu Buchholz 18. Suporți pentru cric

FIȘA DE DOCUMENTARE NR. 7

TRANSFORMATORUL DE CURENT

Transformatoarele de curent fac parte din categoria transformatoarelor de măsură și îndeplinesc următoarele funcții în instalațiile electroenergetice:

- reduc curenții la valori convenabile alimentării aparatelor de măsurat, releelor de protecție și dispozitivelor de automatizare: 5A sau 1A;
- izolează galvanic aparatele de măsură, releele de protecție și dispozitivele de automatizare față de tensiunea înaltă din circuitele primare și au secundarul legat la pământ, protejând personalul de exploatare față de instalațiile de înaltă tensiune;
- prin anumite scheme de conexiuni se pot depista anumite tipuri de defecte (de exemplu prin conectarea în paralel a înfășurărilor secundare ale transformatoarelor de curent de pe cele trei faze se obține componenta homopolară de curent care evidențiază o punere la pământ a unei faze).



Mărimi caracteristice

Transformatoarele de curent au următoarele mărimi caracteristice pe baza cărora sunt definite:

- a) *Tensiunea nominală*. În țara noastră se construiesc transformatoare de curent pentru: 10KV, 20, 35, 110, 220, 400KV.

b) *Curentul nominal primar* poate fi: 50, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 800, 1000, 1250, 1500, ..., 6000A.

c) *Curentul nominal secundar*. Acest parametru are valoarea standardizată de 5A pentru tensiuni de până la 110KV inclusiv și 1A pentru tensiuni nominale peste 110KV.

d) *Numărul înfășurărilor secundare* este de două, trei sau patru bobinate pe tot atâtea miezuri magnetice individuale .

e) *Raportul de transformare nominal* este raportul curenților nominali din înfășurarea primară și secundară și este dat de relația:

$$n_{TCn} = \frac{I_n}{i_n}$$

În același timp cu evidențierea raportului de transformare, se evidențiază și numărul înfășurărilor secundare. De exemplu CESU 220KV – 4x300/5 A sau CESU 220 KV – 300/5/5/5 A.

f) *Eroarea de curent* reprezintă eroarea de transformare a valorilor efective ale curenților primar și secundar, fiind dată de relația:

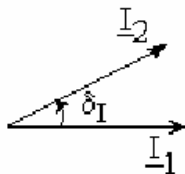
$$\varepsilon_I \% = \frac{n_{TCn} - n_{TC}}{n_{TCn}} 100$$

unde n_{TC} este raportul real de transformare.

$$S = Z_s i_n^2 (VA)$$

Eroarea de curent admisă în condiții nominale de funcționare adică la sarcină nominală, până la limita superioară a domeniului de măsurare poartă numele de clasă de precizie. Valorile standardizate ale clasei de precizie sunt: 0,1; 0,2; 0,5; 1; 3; 5; 10.

g) *Eroarea de unghi* δ_I care reprezintă defazajul dintre curentul primar și curentul secundar, sensul acestora fiind astfel ales încât acest unghi să fie nul pentru un transformator ideal; eroarea de unghi se consideră pozitivă dacă vectorul curentului secundar este defazat înainte;



h) *Coeficientul de saturație*. Valoarea maximă a raportului I/I_n pentru care transformatorul respectă limitele privind eroarea compusă se numește coeficient de saturație sau factor limită de precizie și se notează cu n :

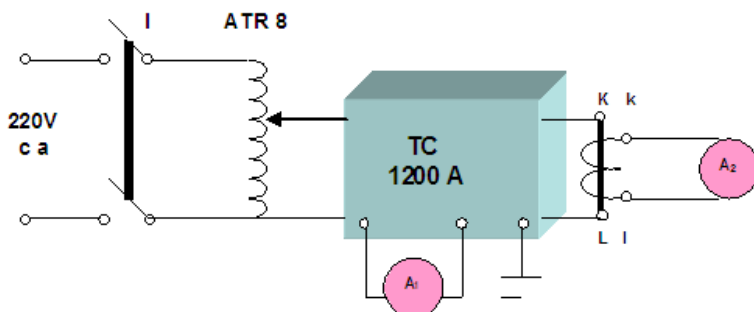
$$n = \frac{I_{\max}}{I_n} \rightarrow \varepsilon_C \leq \varepsilon_{C\max}$$

Valorile normate ale coeficienților de saturație sunt: 5, 10, 15, 20 și 30. Transformatoarele de măsură pentru protecție se realizează pentru $n=10.....30$ și clase de precizie 5P sau 10P.

FIȘA A. Determinarea erorilor transformatorului de curent

1. Schema electrică

Pentru verificarea raportului real de transformare și determinarea erorilor, se va folosi următoarea schemă de montaj:



2. Nomenclator aparate:

- sursă de curent alternativ monofazat 220V;
- I – întrerupător bipolar cu pârghie;
- ATR8 – autotransformator monofazat;
- TC – 1200A – trusă de curent cu domeniul maxim 1200A;
- A_1 , A_2 – ampermetre cu domeniul $0 \div 6A$;
- transformatorul de curent verificat.

3. Mod de experimentare:

Se realizează montajul și manevrând cursorul autotransformatorului se aplică trei curenți de sarcină transformatorului de curent: $0,5I_{1n}$, I_{1n} , $1,2I_{1n}$. Se citește de fiecare dată intensitatea curentului secundar la ampermetrul A_2 .

Raportul de transformare nominal al unui transformator de curent este raportul curenților nominali din înfășurarea primară și cea secundară, este înscris pe plăcuța acestuia și este dat de relația:

$$k_{TCn} = \frac{I_{1n}}{I_{2n}}$$

Raportul real de transformare se poate determina cu relația:

$$k_{TC} = \frac{I_{1n}}{I_2}$$

unde I_2 este curentul real care circulă prin înfășurarea secundară a transformatorului de curent când primarul este parcurs de curentul nominal. Eroarea de raport (eroarea de curent) se calculează cu relația:

$$\varepsilon_1 \% = \frac{k_{TCn} - k_{TC}}{k_{TCn}} 100$$

În funcție de valoarea acestei erori, se poate determina destinația transformatorului de curent. Astfel, dacă:

- eroarea este de ordinul $\pm 0,1\%$ - transformatorul de curent este etalon;
- eroarea este de ordinul $\pm 0,2 - \pm 0,5\%$, el va alimenta aparate de măsură;
- eroarea este cuprinsă în intervalul $\pm 0,5 - \pm 1\%$, el va alimenta aparate de tablou;
- eroarea este peste $\pm 1\%$ transformatorul de curent va fi destinat alimentării protecțiilor prin relee.

4. Tabel cu date:

	$I_1(A)$	$I_2(A)$	k_{TCn}	k_{TC}	$\varepsilon_1(\%)$
$0,5I_{1n}$					
I_{1n}					
$1,2I_{1n}$					

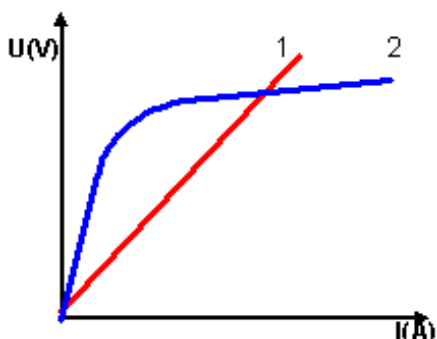
5. Concluzii:

Se formulează concluzii privind destinația transformatorului de curent.

FIȘA B. Trasarea curbei de magnetizare a transformatorului de curent

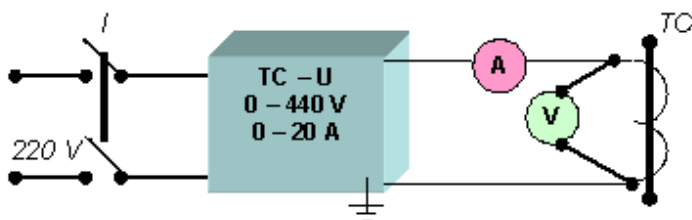
1. Noțiuni generale

Curba de magnetizare a miezului magnetic a unui transformator de curent sau caracteristica Volt-Ampere dă informații despre starea miezului magnetic. Dacă miezul este scurtcircuitat, se obține o dreaptă (1) transformatorul comportându-se ca un consumator rezistiv. În plus, se obțin informații despre starea înfășurării secundare: dacă ea este întreruptă, curentul nu va crește.



2. Scopul lucrării: trasarea experimentală a curbei de primă magnetizare a miezului magnetic a unui transformator de curent.

3. Schema de montaj:



4. Aparate necesare:

- sursa de curent alternativ monofazat 220V;

- întreruptor bipolar;
- TC-U – trusa de curent și tensiune cu domeniile indicate (se poate folosi un autotransformator ATR8);
- A - ampermetru cu domeniul 0-6-30A;
- V - voltmetru cu domeniu adecvat;
- transformatorul de curent verificat.

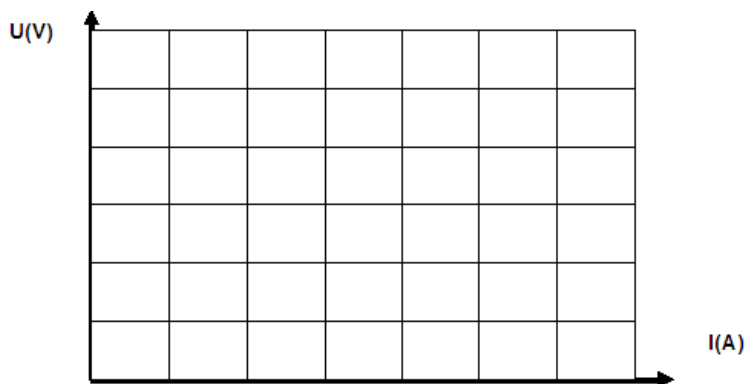
5. Modul de experimentare:

Se realizează montajul și se închide I. Se variază cursorul autotransformatorului astfel încât sa se aplice înfășurării secundare a transformatorului de curent, curenții: $0,5I_{2n}$, $1,5 I_{2n}$, $2I_{2n}$, $3I_{2n}$, $5I_{2n}$. Se citește de fiecare dată tensiunea la borne. Se trasează curba în coordonate $U=f(I)$.

6. Tabel de date:

	$0,25 I_{2n}$	$0,5 I_{2n}$	$1 I_{2n}$	$1,5 I_{2n}$	$2 I_{2n}$	$3 I_{2n}$	$5 I_{2n}$
I(A)							
U(V)							

7. Curba de magnetizare:



8. Concluzii: Se formulează concluzii privind starea miezului magnetic a transformatorului verificat.

FIȘA DE DOCUMENTARE NR. 8

MĂSURAREA ENERGIEI ELECTRICE

1. Noțiuni generale

Puterea reprezintă energia consumată în unitatea de timp. Dacă puterea rămâne constantă într-un interval de timp t_2-t_1 , se poate considera energia consumată în intervalul respectiv de timp ca fiind:

$$W = P (t_2-t_1)$$

În general, în practică, puterea nu rămâne constantă, ci variază conform curbelor de sarcină ale consumatorilor. În acest caz, s-ar putea împărți intervalul de timp t_2-t_1 , în intervale mici de timp Δt , în care să se considere că puterea rămâne constantă. În această ipoteză, energia activă consumată în intervalul t_2-t_1 se poate considera ca fiind egală cu suma energiilor active elementare consumate în intervalele Δt . Deci:

$$W = \sum_{k=1}^n P_k \Delta t_k$$

unde:

$$\sum_{k=1}^n \Delta t_k = t_2-t_1$$

În mod analog se poate defini energia reactivă ca fiind:

$$W_r = \sum_{k=1}^n Q_k \Delta t_k$$

Unitatea de măsură pentru energia activă este wattsecunda, iar pentru energia reactivă este varsecunda. În practică se folosesc multiplii wattoră și kilowattoră și respectiv: varoră și kilovaroră.

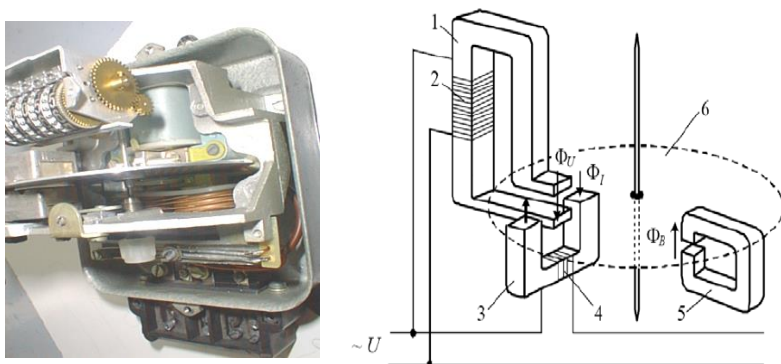
Energia electrică se măsoară cu aparate numite contoare. Contoarele sunt alcătuite dintr-un dispozitiv wattmetric al cărui cuplu activ este proporțional cu puterea și un mecanism integrator care însumează energiile elementare într-un anumit interval de timp. În funcție de mărimea măsurată, contoarele pot fi de energie activă și de energie reactivă.

În funcție de principiul de funcționare, contoarele pot fi electrodinamice, utilizate pentru măsurarea energiei în curent continuu și de inducție, utilizate pentru măsurarea energiei în curent alternativ.

➤ **Măsurarea energiei în curent alternativ monofazat. Contorul de inducție**

Pentru măsurarea energiei active în circuitele de curent alternativ se folosesc exclusive contoarele de inducție monofazate sau trifazate, după felul curentului.

Contorul de inducție reprezentat în figura 14 se compune dintr-un dispozitiv de inducție și un mecanism integrator.



a) Dispozitivul de inducție

Principiul de funcționare a dispozitivului de inducție constă în acțiunea câmpurilor magnetice create de circuite indicatoare fixe, asupra curenților pe care aceste circuite îi induc în piese conductoare mobile. Din interacțiunea dintre câmpurile magnetice și curenții induși, apare un cuplu activ care pune în mișcare piesa mobilă.

Dispozitivul de inducție folosit în contoarele de curent alternativ este realizat dintr-un disc de aluminiu care se poate roti în jurul unui ax vertical și doi electromagneți (un electromagnet de curent 3, 4 și un electromagnet de tensiune 1, 2).

Electromagnetul de curent se montează în serie cu consumatorul deci este parcurs de curentul I din circuit. El produce un flux Φ_I , care străbate de două ori fluxul în sensuri contrare.

Electromagnetul de tensiune este montat în paralel cu consumatorul, deci este alimentat cu tensiunea de la bornele consumatorului. El creează un flux Φ_U care străbate discul o singură dată. Fluxurile Φ_I și Φ_U induc curenți în disc.

Datorită interacțiunii dintre curenții induși și fluxuri, ia naștere un cuplu activ, care pune în mișcare discul. Se poate demonstra că acest cuplu activ este proporțional cu cele două fluxuri și cu sinusul unghiului de defazaj dintre ele:

$$M_a = K \Phi_I \Phi_U \sin \alpha$$

Pentru ca să se obțină un cuplu activ proporțional cu puterea activă $P = UI \cos \varphi$, unde φ este unghiul de defazaj dintre tensiune și curent, dispozitivul de inducție se realizează astfel încât fluxul Φ_I să fie proporțional cu I și aproximativ în fază cu I și fluxul Φ_U să fie proporțional cu U și defazat cu aproximativ $\pi/2$ față de U . În acest scop bobina electromagnetului de tensiune se realizează cu inductanță mare.

Ținând seama că între I și U există defazajul φ și că între Φ_U și U s-a creat un defazaj de $\pi/2$, unghiul dintre cele două fluxuri devine:

$$\alpha = \pi/2 - \varphi$$

Având în vedere cele de mai sus, se poate scrie:

$$M_a = K \Phi_I \Phi_U \sin(\pi/2 - \varphi) = K_I U I \cos \varphi = K_I P$$

Rezultă deci că se obține un cuplu activ proporțional cu puterea activă din circuit.

Cuplului activ i se opune un cuplu de frânare, realizat cu un magnet permanent 3. Când discul se rotește cu o viteză de rotație n , intersectează liniile de câmp ale magnetului permanent și iau naștere în disc curenți induși proporționali cu viteza de rotație n . Din interacțiunea acestor curenți cu fluxul creat de magnetul permanent, se obține un cuplu de frânare proporțional și el cu viteza de rotație a discului:

$$M_f = K_2 n$$

Când cuplul de frânare devine egal cu cuplul activ, discul se rotește cu viteză constantă. În acest caz:

$$M_f = M_a$$

Adică:

$$K_1 P = K_2 n$$

de unde:

$$n = \frac{K_1}{K_2} P = K_3 P$$

Relația de mai sus arată că viteza de rotație a discului este proporțională cu puterea activă.

Numărul de rotații $N = n(t_2 - t_1)$ pe care le face discul într-un interval de timp este proporțional cu suma energiilor elementare consumate în intervalul de timp respectiv, adică:

$$N = n(t_2 - t_1) = K_3 P(t_2 - t_1) = K_3 W$$

$$W = \frac{1}{K_3} N = CN$$

Constanta C se numește constanta reală a contorului. În practică se folosește frecvent inversul acestei constante:

$$C_n = \frac{1}{C} = \frac{N}{W} \left[\frac{\text{rot}}{\text{kWh}} \right]$$

C_n se numește constanta nominală a contorului și reprezintă numărul de rotații pe care le face discul pentru un consum de energie egal cu 1 kWh. De obicei, această constantă este înscrisă pe carcasa contorului. De exemplu: $C_n = 480 \text{ rot/kWh}$.

b) Mecanismul integrator

Mecanismul integrator realizat cu roți dințate conține un sistem de transmisie și un dispozitiv de înregistrare. Sistemul de transmisie este astfel alcătuit încât la un număr de rotații ale discului egal cu constanta nominală, să se transmită primei roți a dispozitivului de înregistrare o mișcare egală cu o zecime de rotație. Când această roată, care indică

unitățile, face o rotație completă, a doua roată dințată care indică zecile se va roti cu o zecime de rotație ș.a.m.d.

Conectarea contoarelor în circuit

Conectarea contoarelor în circuit se face conform aceluiași scheme ca și în cazul wattmetrelor (figura 15).

Se observă că bobina de curent se montează în serie cu rezistența de sarcină, iar bobina de tensiune se conectează în paralel pe sarcină. Ca și la wattmetru, bornele sunt polarizate, bornele din stânga considerându-se borne de intrare. Plăcuța care leagă bornele de intrare ale bobinelor de tensiune și de curent poate fi desfăcută pentru anumite măsurări și verificări.

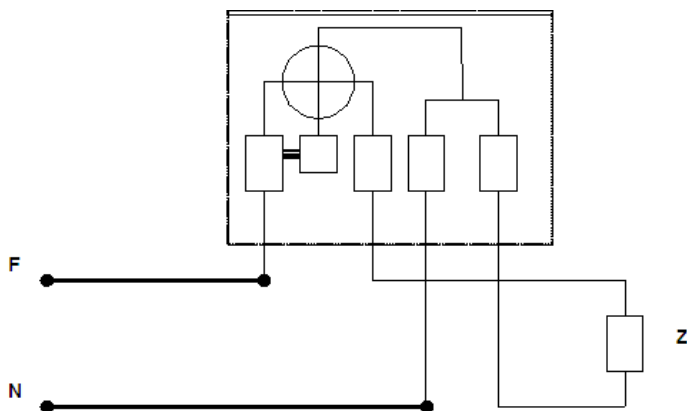


Fig. 15 - Schema de conectare în circuit a contorului monofazat

Contoarele se pot realiza până la tensiuni de ordinul 650V și curenți de 100A.

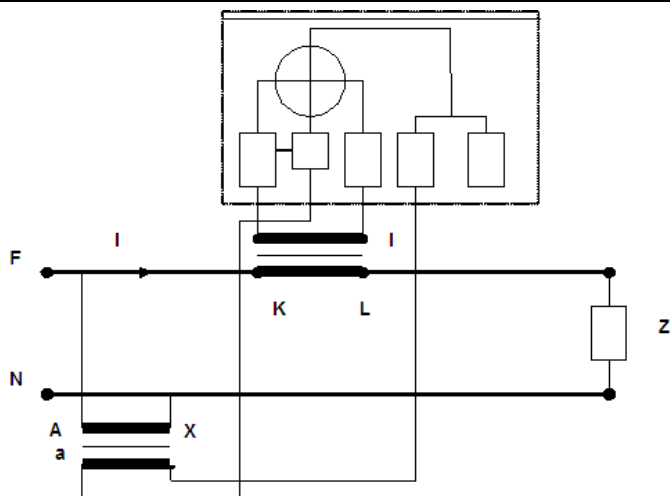


Fig. 16 - Schema de conectare în circuit a contorului monofazat prin intermediul transformatoarelor de măsură

Dacă curentul și tensiunea circuitului depășesc valorile nominale ale curentului și tensiunii contorului, acesta se montează indirect în circuit, prin intermediul transformatoarelor de măsură (figura 16), al căror raport de transformare trebuie să țină seama de calculul energiei reale. În acest caz, valorile nominale ale contorului sunt 100V și respectiv 5A, iar rapoartele de transmisie ale mecanismului integrator sunt astfel reglate încât indicația să reprezinte energia consumată în circuitul primar al transformatoarelor.

➤ **Măsurarea energiei electrice trifazate**

Distribuția energiei electrice în c.a. trifazat se poate face prin rețele cu patru sau trei fire (fără conductor neutru).

Observație: Contoarele trifazate (fig. 17) sunt construite, în general, pentru curenți până la 100A și tensiuni până la 650V. Când intensitatea, respectiv tensiunea depășesc valorile nominale ale aparatului, contoarele se montează în circuit prin intermediul transformatoarelor de măsură.

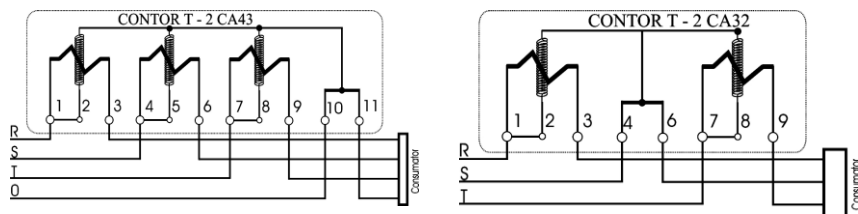


Fig. 17 - Contoare de energie activă trifazate

➤ Măsurarea energiei electrice reactive

Se realizează, ca și în cazul măsurării puterii reactive, cu ajutorul wattmetrelor, în două moduri:

- cu ajutorul contoarelor de energie activă montate în mod special, astfel încât să apară un decalaj suplimentar de 180° între curenții celor două bobine;
- cu ajutorul unor contoare speciale pentru energie reactivă numite varometre, în interiorul cărora se realizează în mod permanent acest defazaj.

FIȘA DE DOCUMENTARE NR. 9

NORME SPECIFICE DE PROTECȚIE A MUNCII ÎN LABORATORUL ELECTRIC

- La începutul efectuării montajului sau la începutul modificării acestuia se va verifica lipsa tensiunii. Se interzice atingerea bornelor și a părților metalice a întregii instalații după ce instalația a fost pusă sub tensiune;
- Nu se va modifica aranjarea aparatelor din montaj atât timp cât instalația se află sub tensiune pentru a evita atingerea părților metalice aflate sub tensiune;
- Întreruptoarele, reostatele de reglaj se vor manevra numai stând pe covoare din cauciuc;
- Se interzice lucrul cu instalații improvizate;
- Nu se pune instalația sub tensiune dacă aceasta nu a fost verificată de profesorul inginer;
- La desfacerea montajului după scoaterea de sub tensiune se desfac mai întâi conductoarele de alimentare a montajului, pentru a evita orice manevră de cuplare care ar provoca accidente;
- Siguranțele fuzibile și dispozitivele de protecție se aleg fără a le supradimensiona;
- Se va evita supraîncărcarea mașinilor sau aparatelor, care are ca efect deteriorarea izolației, arsuri și incendii;
- Montajele vor fi realizate numai cu conductoare bine izolate, legăturile vor fi bine strânse pentru a nu se desface în timpul funcționării. Se va controla starea papucilor de cablu;
- La apariția unui defect de natură electrică se va scoate imediat montajul de sub tensiune și se va anunța profesorul; înainte de punerea sub tensiune, toți elevii grupei trebuie să cunoască temeinic conținutul teoretic al lucrării, montajul și modul de lucru.

Montajele efectuate pentru diverse măsurători și verificări se vor realiza numai cu cordonuri din cupru multifilare, bine izolate și marcate la ambele capete cu tub vinilin de aceeași culoare. Ele vor fi prevăzute la capete cu papuci sau banane în perfectă stare.

Carcasele metalice ale autotransformatoarelor, ale aparatelor de măsurare sau încercare, ale truselor de curent și tensiune, vor fi racordate obligatoriu înaintea începerii probelor la priza de pământ a stației.

În timpul operației de verificare a releelor și circuitelor secundare se vor avea în vedere următoarele:

- să nu se manevreze obiecte lungi în preajma instalației sub tensiune fără să existe siguranța că nu sunt depășite limitele de apropiere pentru aceste instalații;
- în cazul verificării unor releee se vor lua măsuri de separare a acestora de restul circuitelor;
- se va avea în vedere că în funcție de modul de măsurare să se caute cheile de pe panoul frontal al trusei pentru modul respectiv: exemplu pentru curent, pentru tensiune, etc.;
- se va avea în vedere ca în timpul verificării sau măsurării, atât persoana care efectuează verificarea sau măsurarea, cât și alte persoane să nu atingă obiectul la care se efectuează verificarea sau măsurarea.

După efectuarea probelor, obiectele încercate vor fi descărcate de sarcina capacitivă acumulată, prin punere la pământ. Această recomandare se referă în special la cablurile de circuite secundare sau la alte obiecte cu capacitate mare.

Verificările sau lucrul la circuitele secundare aferente transformatoarelor de circuit, când acestea sunt sub tensiune, se vor face numai după șuntarea secundarelor și numai în circuitele care se află în aval de șunt.

Șuntarea circuitelor de curent se efectuează utilizând blocurile de încercare sau clemele special amenajate în acest scop.

Atât pentru lucrările specifice verificărilor de releee cât și de circuite secundare și pentru alte lucrări care se execută în instalații electrice, trebuie respectate toate normele de protecție a muncii specificate în „Norme de protecție a muncii pentru instalații electrice”.

BIBLIO



GRAFIE

1. Balaurescu T., ș. a. – *Îndrumar de lucrări de laborator*, EDP, București, 1972
2. Călin S., Mihoc D., Crîngu L. – *Protecția și automatizarea instalațiilor electroenergetice*, Manual pentru licee industriale și de matematică – fizică, cu profilurile de electrotehnică și matematică – electrotehnică, clasa a XII-a și școli profesionale, EDP, București
3. Hilohi S., Ghinea D., Bichir N. – *Elemente de comandă și control pentru acționări și sisteme de reglare automată*, Manual pentru clasele a XI-a și a XII-a, licee tehnologice profil tehnic, specializarea electrotehnică, EDP, București 2002
4. Iacobescu Gh., Iordănescu I. Ș. a. – *Instalații electroenergetice* – Manual pentru licee industriale și de matematică-fizică, cu profilurile de electrotehnică și de matematică-electrotehnică, clasa a XII –a și școli profesionale, EDP, București, 1985
5. Mareș F., Cociuba P., ș.a – *Modulul 2 – Tehnologii în electrotehnică*, Editura Art Grup Editorial, 2006
6. Mareș F., ș.a. – *Sinteze pentru examenul de bacalaureat*, Tehnic I, Editura Pax Aura Mundi, Galati, 2007
7. Mareș F, ș.a – *Sisteme de automatizare și Tehnici de măsurare în domeniu – Tehnici și aplicații pentru pregătirea examenului de bacalaureat TEHNIC I*, Editura PAX AURA MUNDI, 2008
8. Mira N., Neaguș C. – *Instalații electrice industriale –Întreținere și reparații*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1989

9. PE 116/1994 – *Normativ de încercări și măsurători la echipamente și instalații electrice*, Regia autonomă de Electricitate RENEL, București, 1995;
10. www.baur.at.