

## Masini electrice

### -lab 1-

## Incertarea in gol a transformatorului electric

1. *Obiectul lucrării* . Masurarea pierderilor si a curentului de mers in gol. Determinarea parametrilor de functionare in gol a transformatorului electric monofazat. In scopul clarificarii fenomenelor din transformator si a scoaterii in evidenta a aspectelor practice din cadrul teoriei transformatorului.

Acest regim se realizeaza cand la bornele infasurarii secundare nu este conectat nici un consumator, adica impedanta de sarcina este infinita. In acest caz  $I_2=0$  si  $I_1=I_{10}$ . Diagrama de fazori si schema echivalenta corespunzatoare acestui regim sunt date in figura 1.1 .

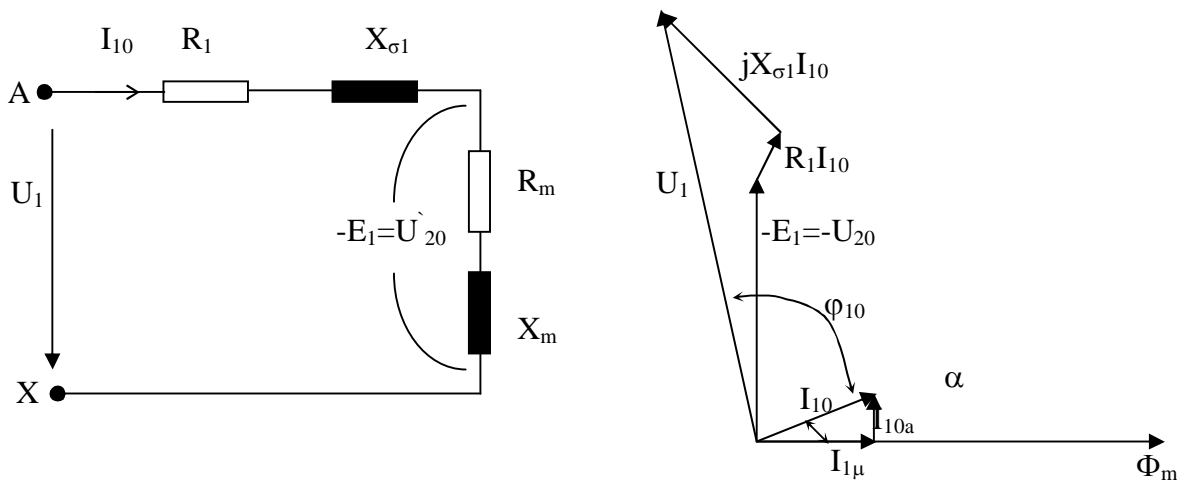


Figura 1.1 Schema echivalenta si diagrama de fazori la functionarea in gol a transformatorului

### 2. Schema de montaj.

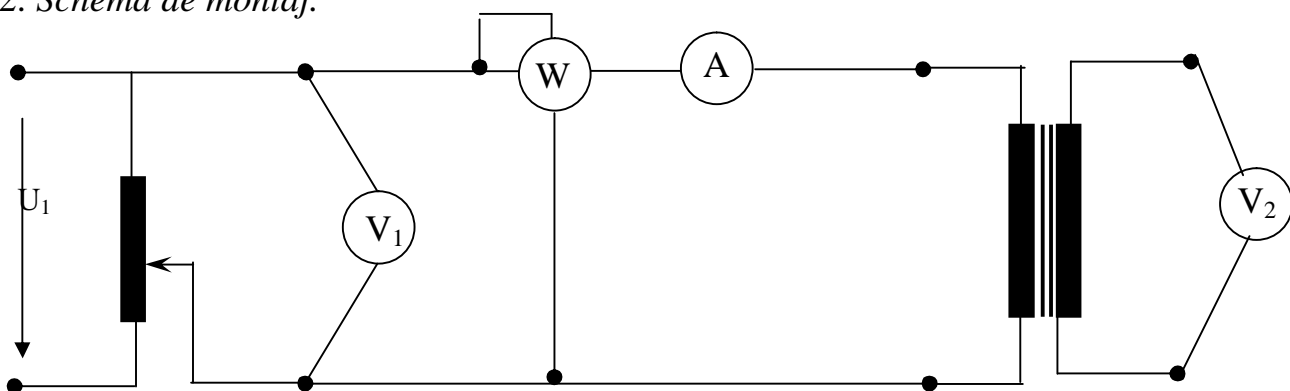


Figura 1.2 Schema de montaj la functionarea in gol a transformatorului

### 3. Tabelele aparatelor utilizate si al obiectului de incercat .

Denumire aparat	Fabrica constructiva	Domeniu de masura	Clasa de precizie
Voltmetru $V_1$			
Voltmetru $V_2$			
Ampermetru A			
Wattmetru W			

Denumire aparat de incercat	$S_n$ [VA]	$U_{1n}$ [V]	$U_{2n}$ [V]	$I_{1n}$ [A]	$I_{2n}$ [A]	Fabrica constructiva
Transformator monofazat	1600	220	380	7.27	4.21	

### 4. Modul de desfasurare a lucrarii

In schema din figura 1.2 tensiunea  $U_1$  din primar se masoara cu voltmetrul  $V_1$ , curentul cu ampermetrul A si puterea cu wattmetrul W, iar in secundar , tensiunea cu voltmetrul  $V_2$  . Frecventa retelei de alimentare se considera constanta si egala cu valoarea pentru care a fost construit transformatorul. Transformatorul se alimenteaza cu o tensiune  $U_1$  variabila intre zero si  $1,15 U_{1N}$ , iar masuratorile care se fac se trec intr-un table, pe baza carora se construiesc curbele  $I_{10} = f(U_1)$ ,  $P_{10} = f(U_1)$  si  $\cos \varphi_{10} = f(U_1)$  .

### 5. Marimi masurate si marimi calculate

$U_1$ [V]	$U_2$ [V]	$I_{10}$ [mA]	$\cos\varphi$	$\sin\varphi$	$i_{10}$	$i_{10}$ [%]	$P_{10}$ [W]	$Z_{10}$ [ $\Omega$ ]	$R_{10}$ [ $\Omega$ ]	$X_{10}$ [ $\Omega$ ]
40	64	105	0.58	0.81	0.0144	1.44	2.45	380.9	220.9	308.5
50	84	115	0.82	0.57	0.0158	1.58	4.75	434.7	356.5	247.8
60	101	126	0.63	0.77	0.0173	1.73	4.775	476.2	299.9	366.7
70	117	145	0.61	0.79	0.0199	1.99	6.225	482.7	294.5	381.4
80	133	160	0.587	0.809	0.022	2.2	7.525	500	293.5	404.5
90	151	170	0.588	0.808	0.023	2.3	9	529.4	427.8	311.3
100	167	185	0.579	0.815	0.025	2.5	10.725	540.5	313.5	440.6
110	183	200	0.567	0.823	0.027	2.7	12.475	550	311.8	452.6
120	201	210	0.57	0.82	0.028	2.8	14.475	571.4	325.7	468.5
130	215	220	0.54	0.84	0.0302	3.02	15.6	590.9	319.1	496.4
140	233	245	0.51	0.86	0.0337	3.37	17.6	571.4	291.4	491.4
150	249	270	0.5	0.866	0.0371	3.71	20.4	555.5	277.8	481.1
160	266	310	0.45	0.893	0.0426	4.26	22.8	516.1	232.3	460.9
170	283	340	0.42	0.907	0.0467	4.67	24.6	500	210	453.5
180	299	390	0.39	0.920	0.0536	5.36	27.6	461.5	180.1	424.6
190	316	430	0.36	0.932	0.0591	5.91	30.2	441.9	154.1	411.8
200	334	500	0.33	0.943	0.0687	6.87	33.6	400	132	377.2
210	351	560	0.31	0.95	0.077	7.7	36.6	375	116.3	356.3
220	368	630	0.28	0.96	0.0866	8.66	40	349.2	97.77	335.2
230	385	735	0.26	0.965	0.1011	10.11	44	312.9	81.35	301.9
240	400	820	0.23	0.973	0.1127	11.27	47	292.7	67.31	284.8

### 6. Exemple de calcul

$$\cos \varphi = \frac{P}{U_1 \cdot I_0} \Rightarrow \cos \varphi = \frac{2,45}{40 \cdot 105 \cdot 10^{-3}} = 0,85$$

$$i_0 = \frac{I_0}{I_{1n}} = \frac{105 \cdot 10^{-3}}{7,27} = 0,0144 \Rightarrow i_0 \% = 1,44$$

$$\left\{ \begin{array}{l} P_{10} = (R_1 + R_m) I_{10}^2 \\ R_1 + R_m = R_{10} \end{array} \right\} \Rightarrow P_{10} = R_{10} I_{10}^2 \Rightarrow R_{10} = \frac{P_{10}}{I_{10}^2}$$

$$Z_{10} = \frac{U_1}{I_{10}}$$

$$R_{10} = Z_{10} \cdot \cos \varphi$$

$$X_{10} = \sqrt{Z_{10}^2 - R_{10}^2}$$

$$X_{10} = Z_{10} \cdot \sin \varphi$$

$$Z_{10} = \frac{U_1}{I_{10}} \Rightarrow Z_{10} = \frac{40}{105 \cdot 10^{-3}} = 380,95 \Omega$$

$$R_{10} = Z_{10} \cdot \cos \varphi \Rightarrow R_{10} = 380,95 \cdot 0,58 = 220,951 \Omega$$

$$X_{10} = Z_{10} \cdot \sin \varphi \Rightarrow X_{10} = 380,95 \cdot 0,81 = 308,56\Omega$$

## 7. Concluzii

### *Masini electrice* *-lab 2-* *Inercarea in scurtcircuit a transformatorului electric*

1. *Obiectul lucrării* .Determinarea parametrilor de functionare in scurtcircuit a transformatorului electric monofazat. Regimul de functionare in scurtcircuit este caracterizat prin  $U_2 = 0$  si se obtine cand bornele secundarului transformatorului se conecteaza in scurtcircuit, valoarea impedantei circuitului de sarcina fiind  $Z = 0$ . In acest caz , alimentarea infasurarii primare se face cu o tensiune variabila  $U_{1k}$  si mult mai mica decat tensiunea nominala  $U_{1N}$  . In cazul cand bornele infasurarii secundare sunt scurtcircuitate, iar infasurarea primara este alimentata la tensiunea nominala, regimul de scurtcircuit reprezinta un *regim de avarie* caracterizat prin curenti foarte mari. De aceea infasurarea primara se alimenteaza de la o sursa de tensiune reglabila astfel incat curentii prin infasurari sa nu depaseasca 10 - 20 % peste curentii nominali, ceea ce constituie scurtcircuitul de proba. Schema echivalenta si diagrama de fazori a transformatorului in regim de scurtcircuit este data in figura 2.1 .

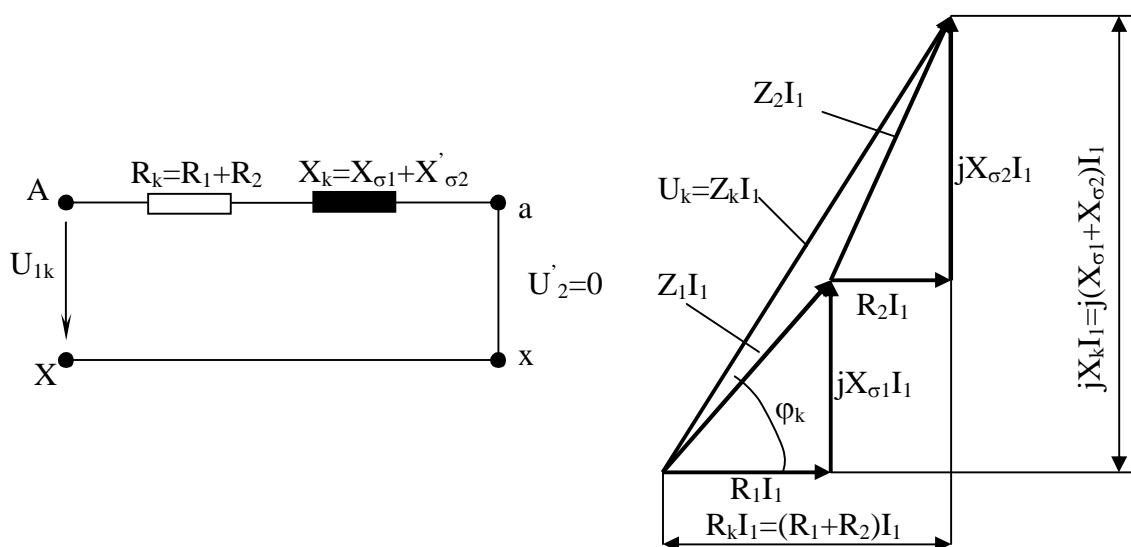


Figura 2.1 Schema echivalenta si diagrama de fazori la functionarea in scurtcircuit a transformatorului monofazat

## 2. Schema de montaj.

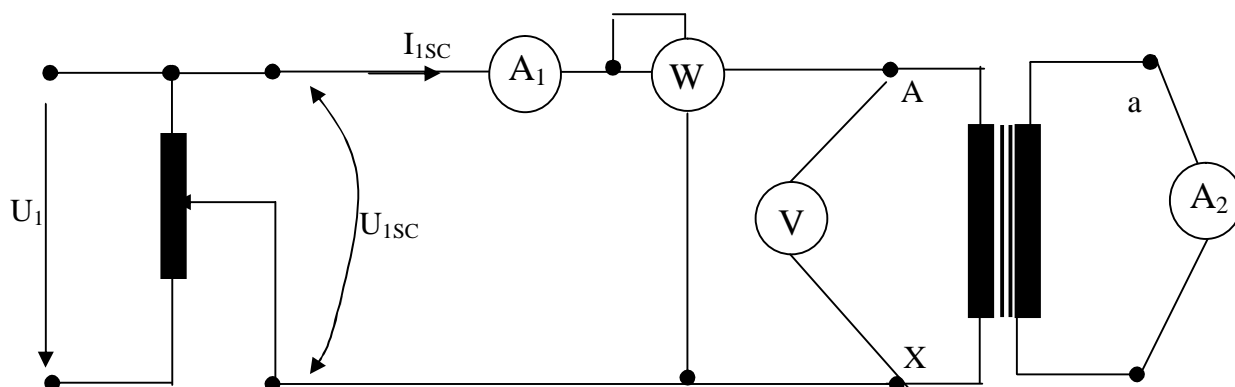


Figura 2.2 Schema de montaj la functionarea in scurtcircuit a transformatorului electric monofazat

## 3. Tabelele aparatelor utilizate si al obiectului de incercat.

Denumire aparat	Fabrica constructiva	Domeniu de masura	Clasa de precizie
Voltmetru V			
Ampermetrul $A_1$			
Ampermetru $A_2$			
Wattmetru W			

Denumire aparat de incercat	$S_n$ [VA]	$U_{1n}$ [V]	$U_{2n}$ [V]	$I_{1n}$ [A]	$I_{2n}$ [A]	Fabrica constructiva
Transformator monofazat	1600	380	220	4.21	7.27	

#### 4. Modul de desfasurare al lucrării.

Transformatorul se alimenteaza la retea prin intermediul unui autotransformator pentru a avea posibilitatea reglării tensiunii in primar ca in secundar sa nu avem un curet de scurtcircuit mare, astfel evitand distrugerea transformatorului.

Tensiunea de alimentare a transformatorului  $U_{1k}$  se masoara cu voltmetrul  $V$ , curentii prin cele doua infasurai cu ampermetrele  $A_1$  si  $A_2$ , iar cu wattmetrul  $W$  se masoara puterea absorbita de transformator la scurtcircuit  $P_k$ .

Cu rezultatele obtinute se formeaza un tabel si se traseaza caracteristicile la functionarea in scurtcircuit  $I_{1k} = f(U_{1k})$ ,  $P_k = f(U_{1k})$  si  $\cos\varphi = f(U_{1k})$ , caracteristici a caror alura este reprezentata in figura 2.3.

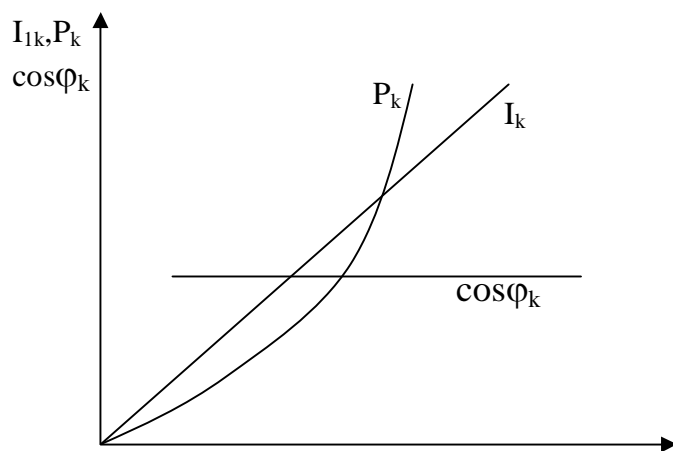


Figura 2.3 Forma caracteristicilor de functionare in scurtcircuit a transformatorului.

5. Tabel cu marimi masurate si marimi calculate.

$I_{1k}$ [A]	$U_{1k}$ [V]	$P_k$ [W]	$I_{2k}$ [A]	$\cos\varphi$	$i_{k1}$ [%]	$i_{k2}$ [%]	$u_k$ [%]
0.5	1	1	0.9	0.5	11.87	12.37	7.6
1	2.7	1.5	1.7	0.55	23.75	23.38	2.5
1.5	3.9	5	2.55	0.59	35.62	35.07	2.39
2	5.3	7	3.4	0.66	47.5	46.76	2.22
2.5	6.6	12.5	4.2	0.75	59.38	57.77	1.94
3	8	19.5	5	0.81	71.25	68.77	1.77
3.5	9.4	23	5.9	0.89	83.13	81.15	1.60
4	10.7	41	6.6	0.95	95.01	90.78	1.53
4.21	11.4	50.5	7.27	0.98	100	100	1.21

6. Exemple de calcul.

$$i_{k1} = \frac{I_{1k}}{I_{1n}} \Rightarrow i_{k1} = \frac{0,5}{4,21} = 0,1187 = 11,87\%$$

$$i_{k2} = \frac{I_{2k}}{I_{2n}} \Rightarrow i_{k2} = \frac{0,9}{7,27} = 0,1237 = 12,37\%$$

$$\cos \varphi = \frac{P_k}{U_{1k} \cdot I_{1k}} \Rightarrow \cos \varphi = \frac{1,5}{2,7 \cdot 1} = 0,55$$

$$u_{ka} = \frac{P_k}{S_N} \cdot 100 = \frac{8}{1600} \cdot 100 = 0,5\%$$

$$P_k = \frac{P_k}{I_{1k}^2} = \frac{19,5}{3^2} = 2,16\Omega$$

$$Z_k = \frac{R_k}{\cos \varphi_k} = \frac{2,16}{0,81} = 2,67$$

$$X_k = \sqrt{Z_k^2 - R_k^2} = \sqrt{7,1289 - 4,6656} = 1,56$$

$$U_{kr} = X_k \cdot I_{1N} = 1,56 \cdot 4,21 = 6,56$$

$$u_{kr} = \frac{U_{kr}}{U_{1N}} \cdot 100 = \frac{6,56}{380} \cdot 100 = 1,7\%$$

$$u_k = \sqrt{u_{kr}^2 + u_{ka}^2} = \sqrt{0,5^2 + 1,7^2} = 1,77\%$$

7. Concluzii.

**Masini electrice**  
**-lab 3-**  
**Masurarea rezistentelor infasurarilor**

*1. Obiectul lucrării.* Aceasta incercare defineste calitatea unui transformator si de aceea reprezinta o proba individuala. Comparatia dintre rezistentele indicate in fisa de calcul si cele masurate permite :

- controlul calitatii cuprului sau aluminului privind rezistivitatea si sectiunea, impuse ;
- verificarea calitatii sudurilor sau lipiturilor la conexiuni ;
- verificarea calitatii contactelor de la comutatorul de reglaj al tensiunii ;
- depistarea intreruperilor sau scurtcircuitelor in conductoarele bobinelor .

*2. Schema de montaj.*

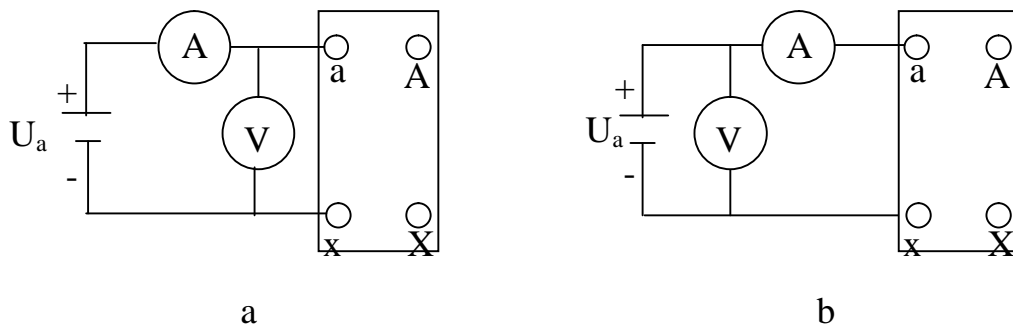


Figura 3.1 Schema pentru masurarea rezistentei infasurarilor prin metoda ampermetrului si voltmetrului pentru :a-rezistente de valori mici; b- rezistente de valori mari



### 3. Tabele cu aparate utilizate si al obiectului de masurat.

Denumire aparat	Fabrica constructiva	Domeniu de masura	Clasa de precizie
Voltmetru V			
Ampermetrul A			

Denumire aparat de incercat	$S_n$ [VA]	$U_{1n}$ [V]	$U_{2n}$ [V]	Fabrica constructiva
Transformator monofazat	400	220	19	

### 4. Modul de desfasurare a lucrarii.

Transformatorul se alimenteaza in curent continuu, de preferinta de la o sursa care sa aiba curentul bine redresat sau cel mai bine de la un element galvanic (baterie), pentru a nu avea nici o componenta alternativa, ca in masuratori sa nu intervina impedante parazite. La transformatoarele care au infasurari cu prize de reglaj, rezistenta se va masura pe toate prizele, urmarind variatia rezistentei de la o priza la alta pentru sesizarea eventualelor defecte.

Inainte de masurare si in timpul masurarii este necesar ca temperatura sa fie aceeași la toate nivelele si sa fie determinata cat mai exact, incercarea executandu-se cu transformatorul in stare practic rece. Pentru realizarea egalizarii temperaturii trebuie ca transformatorul sa fie scos de sub tensiune pe o perioada de minim 3-10 ore, in functie de puterea transformatorului.

Reazistenta infasurarilor in curent continuu se poate determina prin :

- metoda voltmetru - ampermetru;
- metoda puntii.

In aceasta lucrare se va folosii metoda *voltmetru - ampermetru*.

*Metoda voltmetru ampermetru.* Este cea mai folosita datorita simplitatii ei. Se bazeaza pe legea lui Ohm.

$$R_x = \frac{U}{I} [\Omega]$$

- unde: - U - caderea de tensiune masurata la bornele infasurarii in regim stabilizat, in V;  
 - I - curentul prin infasurare in regim stabilizat, in A;  
 -  $R_x$ - rezistenta ce trebuie determinata.

Dezavantajul principal al metodei consta in faptul ca citirea aparatelor nu se poate face decat dupa perioada tranzitorie initiala.

In cazul masurarii rezistentelor de valoare mica (de ordinul ohmilor sau sub un ohm), consumul voltmetrului devine neglijabil si este mai precisa masurarea in schema aval (figura 3.1,a). Valoarea rezistententei masurate  $R_x$ , se obtine cu relatia:

$$R_x = \frac{U}{I - \frac{U}{R_v}} [\Omega]$$

unde

: U-tensiunea citita la voltmetru, in V; I-curentul citit la ampermetru in A  $R_v$ - rezistenta interna a milivoltmetrului in ohmi.

In cazul rezistentelor de valoare mare nu se mai poate neglija consumul voltmetrului si, devenind neglijabila rezistenta ampermetrului se impune schema amonte (figura 3.1,b).

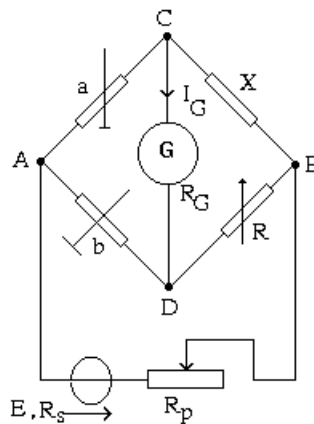
#### 5. Tabel cu marimi masurate si marimi calculate la montajul aval .

Montaj in	U[V]	I[A]	$R_v$ [k $\Omega$ ]	$I_v$ [mA]	$R_x$ [ $\Omega$ ]
Primar	6.20	2.5	20	0.31	2.483
Secundar	0.69	3	20	0.0345	0.23

Unde : U-tensiunea masurata la voltmetrul V ; I-curentul masurat prin ampermetrul A ;  $R_v$ - rezistenta interna a voltmetrului ;  $I_v$ -curentul prin voltmetru ;  $R_x$ -rezistenta infasurarii respective.

## Puntea simplă (Wheatstone) în regim echilibrat

Schema electrică de principiu este prezentată în Fig.1.



**Fig.1.** Puntea simplă (Wheatstone).

a,b - rezistențe braț de punte (1,10,100,1000) $\Omega$ ;

R - rezistență decadică

10 x(0,1+1+10+100+1000) $\Omega$ ;

X - rezistența de măsurat ;

$R_G$  - rezistența galvanometrului;

$R_S$  - rezistența internă a sursei;

E - t.e.m. a sursei;

Principiul metodei de măsurare a rezistenței necunoscute X constă în echilibrarea punții prin variația rezistenței R, momentul echilibrului fiind pus în evidență prin faptul că galvanometrul indică  $I_G = 0$ .

Creșterea exactității măsurării rezistenței electrice cu metoda de punte Wheatstone se poate face utilizând metoda de substituție (Fig.2). Se fac două măsurători succesive:

- prima etapă - se măsoară rezistența necunoscută și se obține:

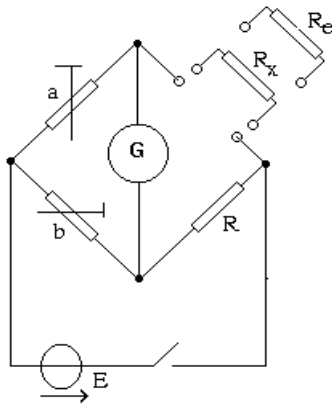
$$R_X = \frac{a}{b} R_1 = kR_1$$

- a doua etapă - se măsoară cu aceeași raport o rezistență de precizie cunoscută:

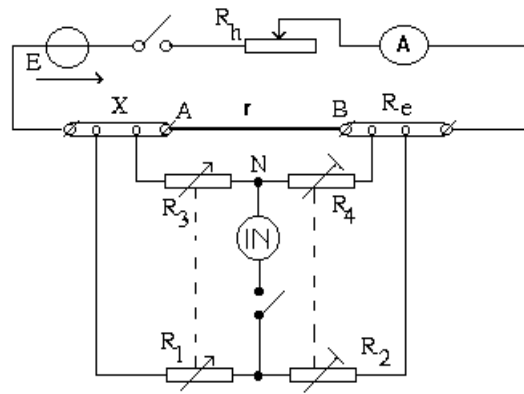
$$R_e = \frac{a}{b} R_2 = kR_2$$

Rezultă valoarea rezistenței :

$$R_X = R_e \frac{R_1}{R_2}$$



**Fig.2.** Metoda de punte cu substituție.



**Fig. 3.** Puntea dublă.

### Puntea dublă (Thomson)

Puntea simplă nu se poate utiliza la măsurarea rezistențelor mici, pentru că la conectarea în punte, se înscriază cu  $R_x$  rezistențe parazite (de contact și de conexiuni) ce pot fi de același ordin de mărime cu rezistența măsurată. Pentru a ieși de sub influența rezistențelor parazite Thomson a imaginat rezistența cu patru borne. Schema punții duble este prezentată în Fig.3, fiind separate circuitul de măsurare a curentului și cel de măsurare a căderii de tensiune. Principiul metodei constă în alegerea valorilor  $R_2$  și  $R_4$  și variația rezistențelor  $R_1$  și  $R_3$  până la aducerea la echilibru a punții.

### 6.Exemple de calcul.

Pentru primar

$$I_v = \frac{U}{R_v} \Rightarrow I_v = \frac{6,20}{20000} = 0,00031A = 0,31mA$$

$$I_{R_x} = I - I_v = 2,5 - 0,00031 = 2,49969A$$

$$R_x = \frac{U}{I_{R_x}} = \frac{6,20}{2,49969} = 2,4803\Omega$$

Pentru secundar

$$I_v = \frac{U}{R_v} \Rightarrow I_v = \frac{0,69}{20000} = 0,0000345A = 0,0345mA$$

$$I_{R_x} = I - I_v = 3 - 0,0000345 = 2,9999655A$$

$$R_x = \frac{U}{I_{R_x}} = \frac{0,69}{2,9999655} = 0,23\Omega$$

### 7.Concluzii.

**Masini electrice**  
**-lab 4-**  
***Inercarea la sarcina a transformatorului electric;***  
***Elemente de calcul a randamentului.***

1. *Obiectul lucrării.* Determinarea randamentului  $\eta$ , a factorului de incarcare  $\beta$ , a variatiei tensiunii  $\Delta u_2$ , si a curentului de sarcina  $I_2$ . Acest regim se realizeaza atunci cand primarul este alimentat de la tensiunea  $U_1=U_{1N}=ct.$ , iar impedanta de sarcina  $Z' \neq 0$ , adica  $0 < Z' < \infty$ . In aceste conditii intereseaza cum variaza curentii  $I_1$  si  $I_2$  si tensiunea  $U_2$ , la sarcina  $Z'$  variabila.

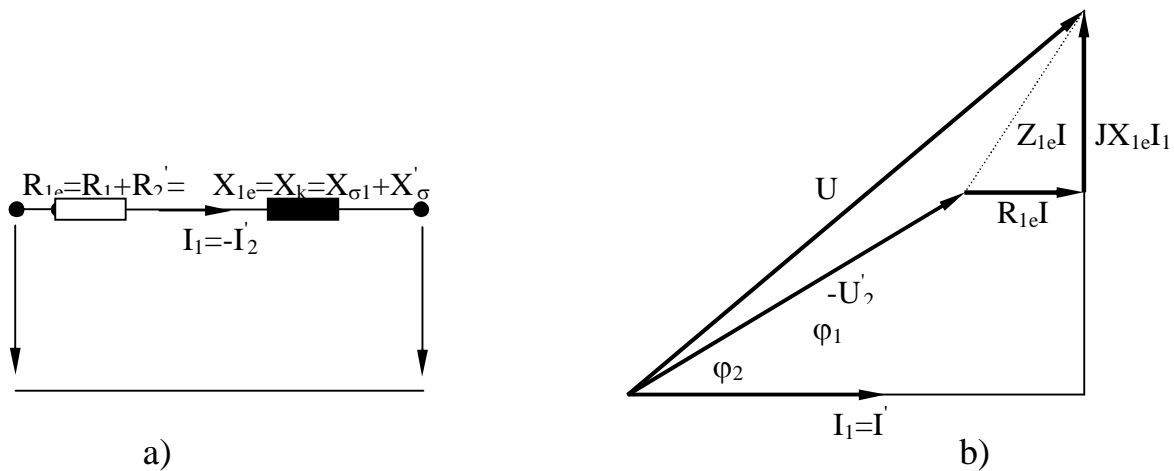


Figura 4.1 Schema echivalenta simplificata (schema Kapp) a transformatorului (in ipoteza  $I_{10} \sim 0$ ) (a) si diagrama de fazori simplificata (Kapp) a transformatorului (b).

2. *Schema de montaj*

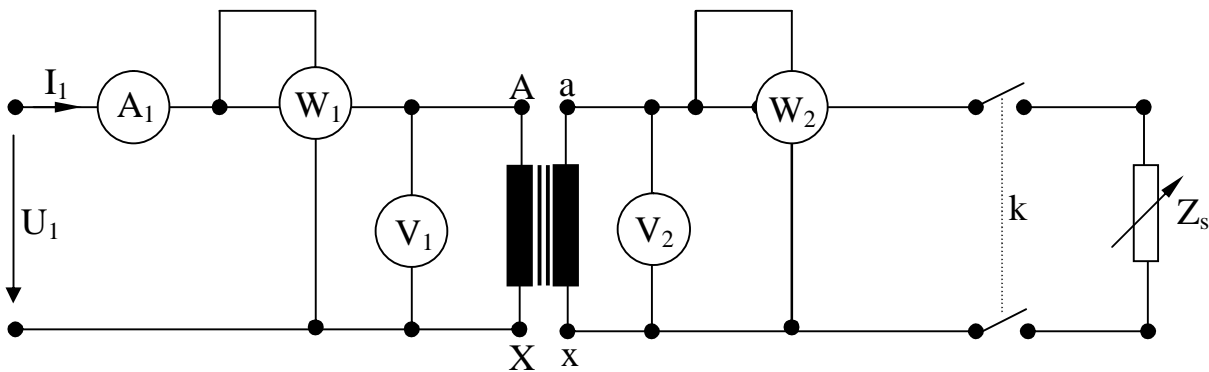


Figura 4.2 Schema de montaj la functionarea in sarcina a transformatorului electric monofazat

### 3. Tabelele aparatelor utilizate si al obiectului de incercat .

Denumire aparat	Fabrica constructiva	Domeniu de masura	Clasa de precizie
Voltmetru $V_1$			
Voltmetru $V_2$			
Ampermetru $A_1$			
Wattmetru $W_1$			
Wattmetru $W_2$			

Denumire aparat de incercat	$S_n$ [VA]	$U_{1n}$ [V]	$U_{2n}$ [V]	$I_{1n}$ [A]	$I_{2n}$ [A]	Fabrica constructiva
Transformator monofazat	1600	220	380	7.27	4.21	

### 4. Modul de desfasurarea al lucrarii.

Transformatorul se alimenteaza de la retea cu tensiunea nominala, astfel ampermetrul  $A_1$  masurand curentul  $I_1$ , wattmetrul  $W_1$  masurand puterea activa  $P_1$ , iar  $V_1$  masurand tensiunea la bornele circuitului primar . In circuitul secundar  $V_2$  va masura tensiunea  $U_2$ , iar wattmetrul  $W_2$  puterea activa in circuitul secundar.  $Z_s$  este impedanta de sarcina care poate fi de tip R, L sau C , k este un intrerupator bifazat.

Astfel cu aceste date se vor trasa graficele  $U_2=f(I_2)$ ,  $\Delta u_2=f(\beta)$ ,  $\eta=f(\beta)$ .

Dependenta  $U_2=f(I_2)$  cand  $U_1=constant$  si  $\cos\varphi_2=constant$ , reprezinta caracteristica externa a transformatorului si este reprezentata in figura 4.3 .

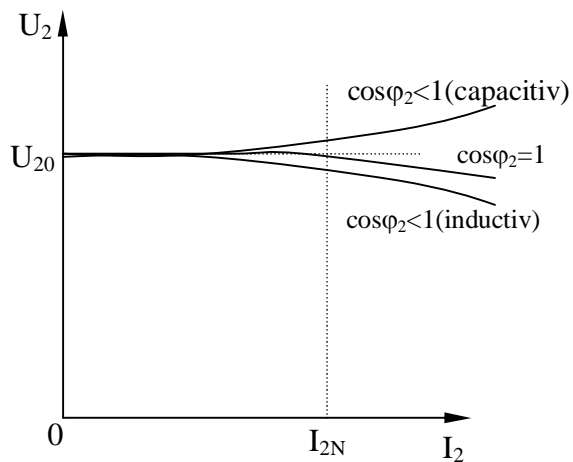


Figura 4.3 Caracteristicile externe  $U_2=f(I_2)$

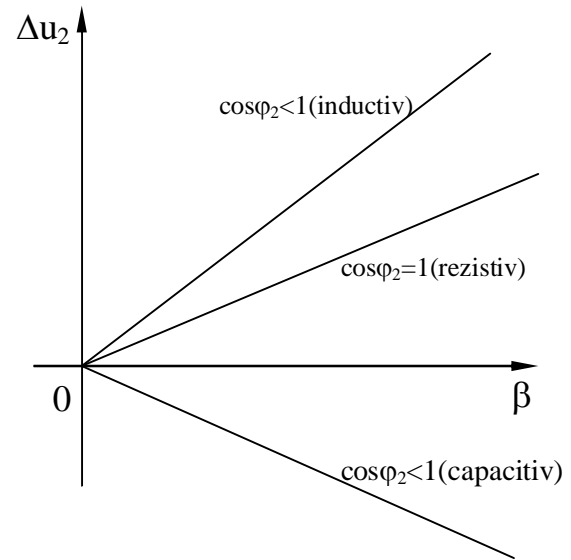


Figura 4.4 Variatia tensiunii secundare in functie de sarcina

Figura 4.4 reprezinta  $\Delta u_2=f(\beta)$ , in conditiile  $U_1 = constant$ ,  $\cos\varphi_2=constant$ . Cum se observa din figura 4.4, caderea de tensiune  $\Delta u_2$  este pozitiva (la sarcina rezistiva si inductiva), sau poate fi negativa (la sarcina capacitiva cand  $\varphi_2 < 0$ ); in cazul in care  $\Delta u_2 > 0$  tensiunea la bornele secundare ale transformatorului la functionarea in sarcina, este mai mica decat la functionarea in gol ( $U_2 < U_{20}$ ). In cazul in care  $\Delta u_2 < 0$ , tensiunea la bornele secundare ale transformatorului la functionarea in sarcina, este mai mare decat la functionarea in gol ( $U_2 > U_{20}$ ).

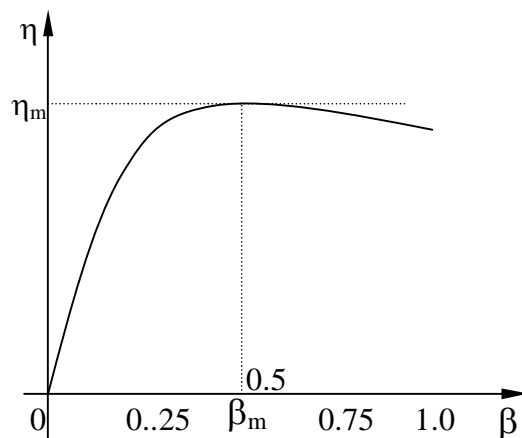


Figura 4.5 Caracteristica randamentului unui transformator

Avand pierderile in fier determinate din incercarea de functionare in gol si pierderile in infasurai determinate din incercarea de functionare in scurtcircuit pentru  $I = I_N$  (adica

pentru  $\beta = 1$ ), se poate determina caracteristica randamentului cu relatia (4.1), dand diferite valori lui  $\beta$  (deci curentului). Caracteristica randamentului pentru un transformator, este reprezentata in figura 4.

5. Tabel cu marimi masurate si marimi calculate la functionarea in sarcina a transformatorului electric monofazat.

$I_1$ [A]	$U_1$ [V]	$U_2$ [V]	$P_1$ [W]	$P_2$ [W]	$I_2$ [A]	$\beta$	$\eta_{exp}$ [%]	$\Delta u_{2exp}$	k
0.2	403	242	120	100	0.333	0.045	0.833	-0.833	0.6
0.8	402	241	240	200	1.327	0.182	0.833	-0.416	0.6025
1.3	402	240	360	320	2.117	0.299	0.888	0	0.597
1.7	402	240	440	420	2.847	0.391	0.954	0	0.597
2.2	402	239	520	520	3.703	0.509	?	0.416	0.594
2.6	401	239	640	640	4.362	0.599	?	0.416	0.596
3	401	238.5	760	740	5.05	0.694	0.973	0.625	0.594
3.45	401	238	880	840	5.817	0.799	0.954	0.833	0.593
3.9	401	237	1000	940	6.598	0.907	0.94	1.25	0.591
4.3	401	237	1080	1040	7.275	1	0.962	1.25	0.591

6. Exemple de calcul.

$$k = \frac{U_2}{U_1} \Rightarrow k = \frac{242}{403} = 0,6$$

$$k = \frac{I_1}{I_2} \Rightarrow I_2 = \frac{I_1}{k} \Rightarrow I_2 = \frac{0,2}{0,6} = 0,333A$$

$$\beta = \frac{I_2}{I_{2n}} \Rightarrow \beta = \frac{0,333}{7,272} = 0,045 = 4,5\%$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \Rightarrow \eta = \frac{100}{120} = 0,833$$

$$\Delta U_2 = \frac{U_{20} - U_2}{U_{20}} \cdot 100 \Rightarrow \Delta U_2 = \frac{240 - 242}{240} \cdot 100 = -0,833\%$$

7. Concluzii



**Masini electrice**  
**-lab 5-**  
**Determinarea grupelor de conexiuni**

*1.Obiectul lucrarii.* Lucrarea are ca scop determinarea grupei de conexiuni a unui transformator trifazat. Cele mai folosite metode experimentale de determinare a grupei de conexiuni a unui transformator sunt urmatoarele :

- metoda compensarii ;
- metoda directa (cu fazmetrul) ;
- metoda celor doua voltmetre ;
- metoda alimentarii in curent continuu.

In aceasta lucrare se va folosii metoda celor doua voltmetre.

*2.Schema de montaj.*

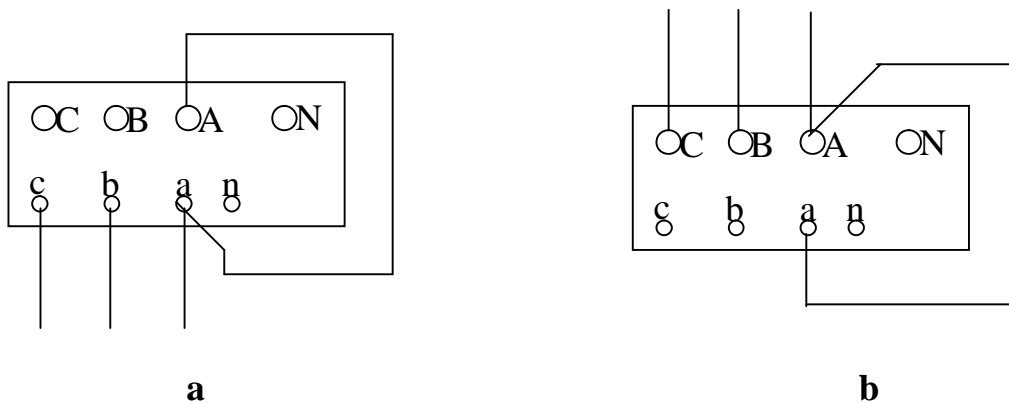


Figura 5.1 Schema de legaturi pentru determinarea grupei de conexiuni alimentand transformatorul trifazat pe J.T. (a), respectiv pe I.T. (b)

*3.Tabele cu aparate utilizate si al obiectului de incercat*

Denumire aparat	Fabrica constructiva	Domeniu de masura	Clasa de precizie
Voltmetru $V_1$			
Voltmetru $V_2$			

Denumire aparat de incercat	$S_n$ [VA]	$U_{1n}$ [V]	$U_{2n}$ [V]	$I_{1n}$ [A]	$I_{2n}$ [A]	Fabrica constructiva
Transformator monofazat	1600	220	380	7.27	4.21	

#### 4. Modul de desfasurare al lucrarii.

Pentru verificarea grupei de conexiuni prin metoda *metoda celor doua voltmetre* se conecteaza impreuna bornele a si A, iar transformatorul se alimenteaza in gol pe oricare din cele doua infasurari (figura 5.1).

Se masura mai intai tensiunile de faza si cele de linie, iar dupa aceea se va masura succesiv tensiunea la bornele A-b, A-c, B-b, C-b, B-c si C-c. Dupa aceea, pe hartie milimetrica cu ajutorul datelor masurate se va determina grupa de conexiuni corespunzatoare transformatorului incercat.

#### 5. Tabel cu date masurate.

*In cazul 1*

$U_{A0}=U_{B0}==U_{C0}$	$U_{AB}=U_{BC}==U_{CA}$	$U_{Ac}$	$U_{Bb}$	$U_{Bc}$	$U_{Ab}$	$U_{Cc}$	$U_{Cb}$
238	405	37.5	440	420	37.3	445	427

*In cazul 2*

$U_{A0}=U_{B0}==U_{C0}$	$U_{AB}=U_{BC}==U_{CA}$	$U_{Ac}$	$U_{Bb}$	$U_{Bc}$	$U_{Ab}$	$U_{Cc}$	$U_{Cb}$
238	405	37	366	384	37	369	386

#### 6. Concluzi.

***Masini electrice***  
***-lab 1'-***  
***Instructaj de protectia muncii la executarea***  
***lucrarilor de laborator***

---

***Masuri de tehnica securitatii muncii in laboratoarele cu profil electric***

*Generalitati*

*a)Accidente electrice*

Faptul ca in instalatiile electrice pericolul de electrocutare nu este semnalat prin simturi ne obliga sa luam masuri riguroase de prevenire.

Din practica s-a constatat ca in instalatiile de joasa tensiune sub 1000 V, numarul de accidente prin electrocutare este mult mai mare decat in instalatiile de tensiuni inalte, datorita nerespectarii regulilor de tehnica securitatii muncii, considerandu-se in mod gresit tensiunea sub 1000 V mai putin periculoasa.

Efectele patologice ale trecerii curentului electric prin organele vii poarta numele de electrocutare. Efectele produse de electrocutari sunt electrotraumatismele si socurile electrice. In categoria electrotraumatismelor se incadreaza o serie de accidente care produc de obicei vatamari externe :

- arsura electrica, este un traumatism produs de actiunea curentului electric. Acest accident poate avea loc si in cazul conectorilor gresite a unor intreruptoare sau in cazul inlocuirii unor sigurante fara a se fi remediat scurtcircuitul din retea ;
- semnele electrice, apar la locul de contact al conductorului electric cu pielea sub forma de leziuni, umflaturi sau pete ;
- electrometalizarea este un traumatism electric produs prin acoperirea unei parti din suprafata pielii cu o pelicula metalica provenita din metalul volatilizat prin caldura arcului electric ;
- vatamarea ochilor prin lumina puternica a arcului electric, care produce orbirea temporara sau slabirea definitiva a vederii ;
- vatamarea prin cadere aparuta ca urmare a contractiilor muschilor involuntare produse in cazul electrocutarii .

*b)Actiunea curentului electric asupra corpului omenesc.*

Curentul electric strabatand corpul omenesc actioneaza asupra centrilor nervosi si asupra muschilor inimii, putand provoca in cazuri grave stop respirator, stop cardiac si moartea prin electrocutare. Electrocutarea se poate produce atunci cand omul atinge simultan doua puncte care au intre ele o diferenta de potential mai mare de 40 V.

Gravitatea unui accident produs prin electrocutare depinde prin urmatorii factori :

- starea pielii si zona de contact ;

- suprafata si presiunea de contact ;
- marimea, felul si durata de aplicare a tensiunii electrice ;
- frecventa tensiunii electrice ;
- traseul cai de circuit prin corpul accidentatului .

**Curentii nepericulosi** mai mici decat 50 mA in curent continuu ; mai mici de 10 mA in curent alternativ.

**Curenti periculosi** : 50 - 90 mA in curent continuu ; 10 - 50 mA in curent alternativ.

**Curenti letali** : mai mare de 90 mA in curent continuu ; mai mare de 50 mA in curent alternativ.

### *Masuri de protectie personala in laboratoarele de profil electric*

Reguli de protectia muncii :

- nu se vor atige cu mana partile aflate sub tensiune (la tablourile de distributie sau la instalatiile aflate sub tensiune) ;
- nu se va lucra cu mainile ude ;
- la realizarea montajelor se vor respecta schemele de lucru indicate, punerea sub tensiune a montajului se face numai dupa verificarea acestuia de catre conducatorul de lucrare ;
- executarea conexiunii montajului se va face cu atentie pentru a se evita desfacerea lor accidentala in timpul lucrului sub tensiune ;
- nu se va efectua nici un fel de modificari asupra montajului atata timp cat acesta se afla sub tensiune.

### *Masuri de prim ajutor in caz de electrocutare*

- rapiditatea in interventie si in aplicarea primului ajutor ;
- degajarea accidentatului ;
- respiratie artificiala.

## *Masini electrice*

### *-lab 2'-*

## *Constructia transformatorului electric*

Definitie: **Transformatorul electric** este un aparat static cu doua sau mai multe infasurari cuplate magnetic, cu ajutorul caruia se schimba valorile marimilor electrice ale puterilor in curent alternativ (tensiune si curentul ) frecventa ramanand constanta.

Functionarea transformatorului are la baza fenomenul de inductie electromanetica. Pentru realizarea unui cuplaj magnetic cat mai strans, infasurarile sunt asezate pe miez feromagnetic . La frecvente mai mari de 10 kHz transformatorul se realizeaza fara miez magnetic.

**Transformatorul trifazat** se realizeaza ca o unitate separata, avand miezul feromagnetic de o constructie proprie . La puteri foarte mari, transformatorul trifazat este construit din trei transformatoare monofazat, ale caror infasurari primare sunt legate in stea (Y) sau in triunghi (D).

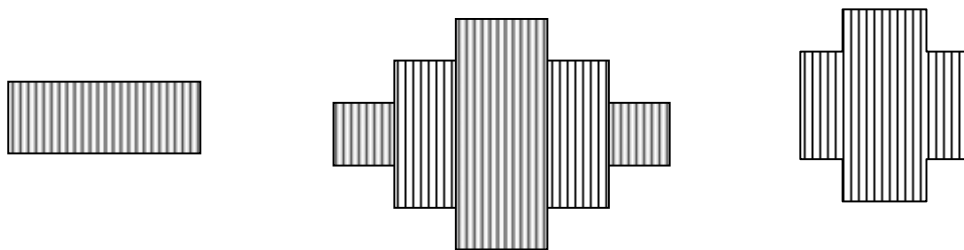
Cele mai importante elemnte constructive ale transformatoarelor sunt :

- miezul feromagnetic ;
- infasurarile ;
- schela ;
- constructia metalica ;
- accesoriile.

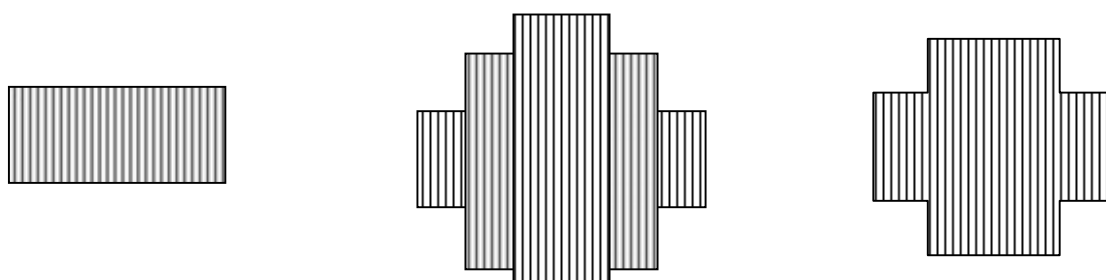
a) Miezul feromagnetic denumit in unele lucrari prescurtat miezul magnetic, reprezina calea de inchidere a fluxului magnetic principal al transformatorului, flux produs de solenatia de magnetizare a infasurarii primare care se alimenteaza de la o tensiune alternativa.

Miezul feromagnetic se construiește din 0.35 mm grosime taiate din tabla silicioasa puternic aliata, laminata la cald sau texturata, tolele sunt izolate intre ele cu hartie, lac sau oxizi ceramici (carlit). Miezul feromagnetic este format din coloane si juguri, pe coloane se aseaza infasurarile. Deoarece infasurarile se executa in afara miezului si ulterior se monteaza pe coloanele transformatorului ; miezul feromagnetic se construiește dindoua parti separabile, sau se executa din tole cu jug separabil.

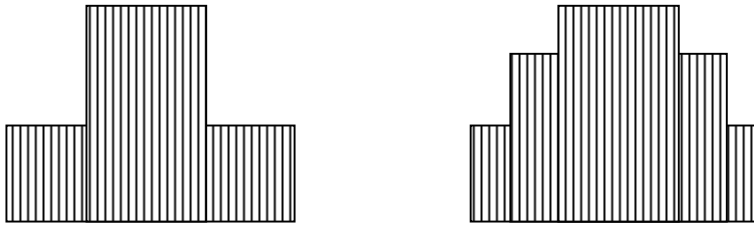
Forme ale sectiunii miezului



Forme ale sectiuni coloanei

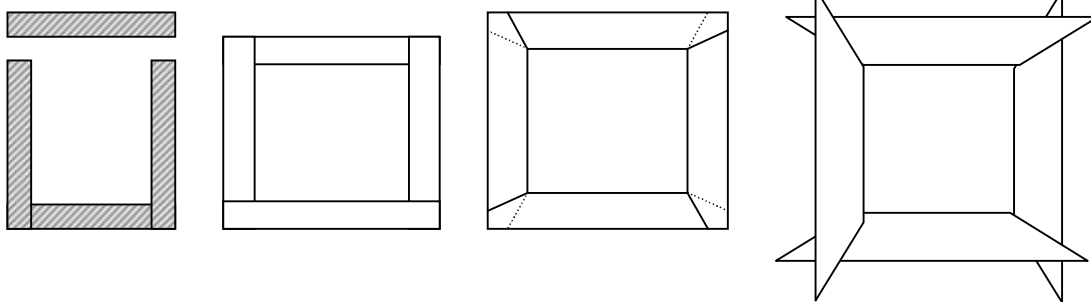


## Forme ale sectiunii jugurilor



- la transformatoarele de puteri (mai mici 1kVA) sectiunea miezului este patrata sau dreptunghiulara ;
- la transformatoarele de puteri mari (mai mari sau egale 1kVA), miezul feromagnetic are sectiunea realizata cu doua sau mai multe trepte pentru a spori factorul de umplere al sectiunii transversale a bobinei.

Jugul este realizat de asemenea in trepte, de sectiune corespunzatoare, pentru a asigura inchiderea fluxului in directia axiala de la o treapta a coloanei la treapta corespunzatoare a jugului evitandu-se astfel inchiderea campului transversala pe pachetul de tole, ceea ce ar avea ca urmare aparitia unor pierderi suplimentare in zona de bobinare a jugului cu coloane.

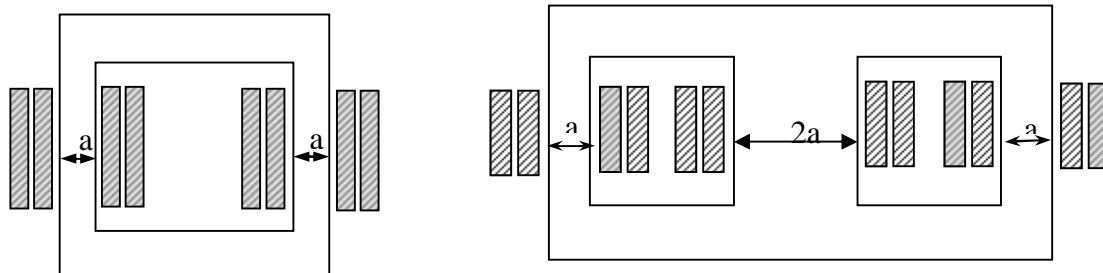


Imbinarea miezurilor

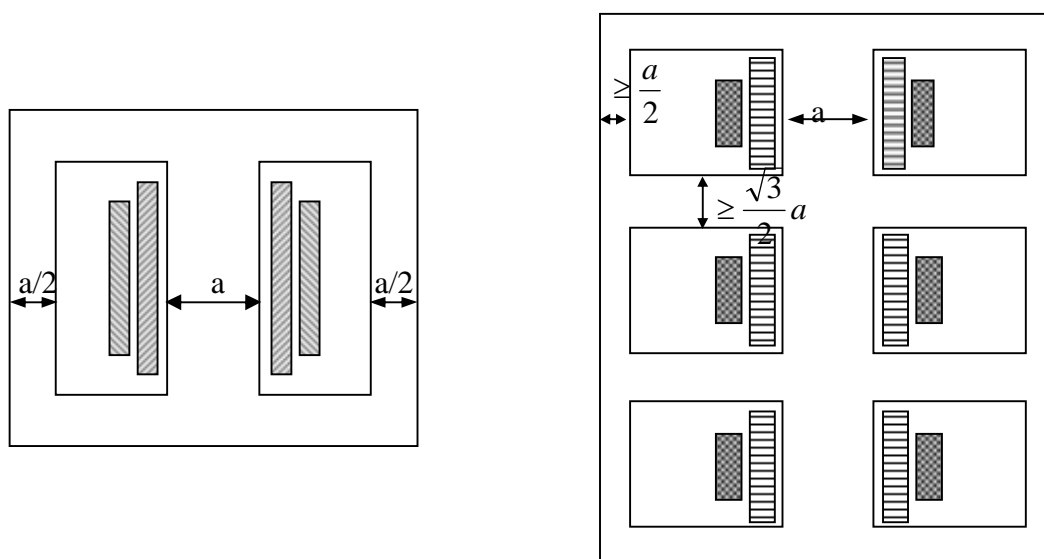
- jug suprapus ;
- jug intretesut cu coloana la unghi de  $90^{\circ}$  ;
- jug intretesut cu coloana la unghi de  $30^{\circ}/60^{\circ}$  ;
- jug intretesut cu coloana la unghi de  $95^{\circ}$ .

Tipuri de miez

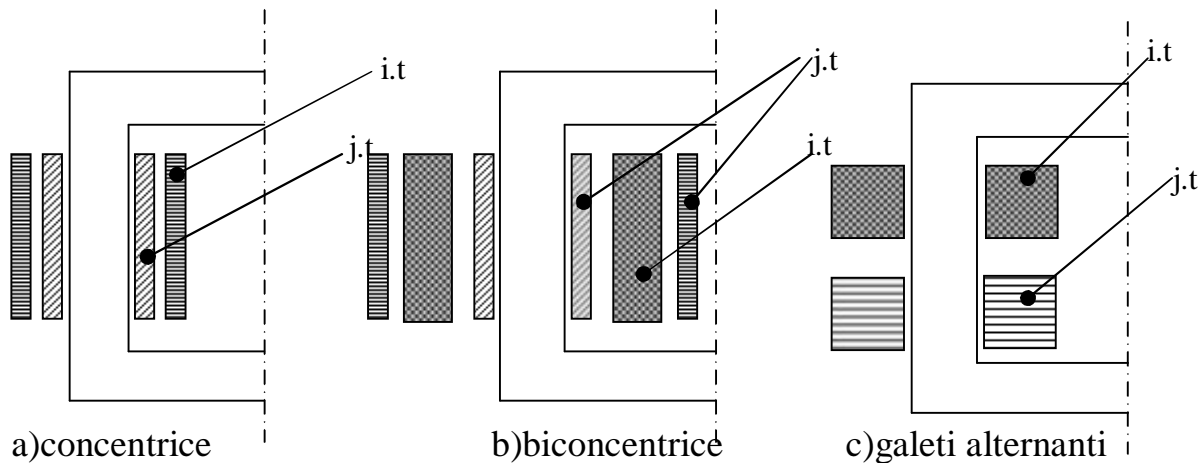
- in coloane



- in manta



## Tipuri constructive ale infasurarilor



Miezurile feromagnetice ale transformatoarelor se pot clasifica dupa mai multe criterii.

Dupa forma constructiva a coloanei se deosebesc :

- miezuri cu sectiunea dreptunghiulara sau patrata ;
- miezuri cu sectiunea in trepte urmarindu-se inscrierea sectiunii coloanei intr-un cerc, astfel incat coeficientul de umplere cu fier al cercului sa fie cat mai mare.

Dupa modul de racire al miezului exista :

- miezuri compacte - fara canale ;
- miezuri divizate - cu canale folosite la transformatoarele mari, prin canale circuland uleiul de racire.

Dupa forma tolei utilizate se intalnesc :

- miezuri impachetate din tole simple ;
- miezuri impachetate din tole profil ;
- miezuri magnetice spiralizate ;

Dupa numarul de coloane se deosebesc :

- miezuri cu doua coloane ;
- miezuri cu trei coloane ;
- miezuri cu cinci coloane, intalnite, de regula, la transformatorul trifazat in manta ;
- miezuri in manta.

Dupa felul strangerii miezului se intalnesc :

- miezuri cu strangere mecanica (cu buloane, cu tije etc) ;
- miezuri lipite (cu lac de incleiere).

Infasarile se clasifica in doua tipuri pincipale:

- infasarile concentrice - bobinele de inalta respectiv joasa tensiune cu inaltimi aproximativ egale, infasurarea de inalta tensiune avand in mod obisnuit, diametrul mai mare, deoarece este asezata pe cea de joasa tensiune, iar infasurarea de joasa tensiune, diametrul mai mic asezata in imediata apropiere a coloanei miezului feromagnetic ;



- infasurari alternante - diametrele bobinelor de inalta respectiv joasa tensiune sunt egale, in schimb pe inaltimea coloanei transformatorului, bobinele de inalta alterneaza cu cele de joasa.

Dupa forma constructiva bobinele pot fi :

- cilindrice ;
- stratificate ;
- in galeti ;
- continue ;
- spiralate .

### Construirea schelei

Prin schela se intelege ansamblul constructiei care indeplineste urmatoarele roluri :

- strangerea jugurilor miezului magnetic ;
- consolidarea axiala a infasurarilor ;
- consolidarea conexiunilor dintre infasurari ; a celor ale comutatorului dereglaj si de la izolatoarele de trecere ;
- ridicarea intregii parti decuvabile a transformatorului.

Schela unui transformator cuprinde :

- profiluri de otel (denumite console) pentru strangerea jugurilor ;
- profiluri de otel cu sectiune mai mica, care servesc la sprijinirea partii decuvabile de fundul cuvei (in partea inferioara) si la adaptarea tirantilor de suspensie (in partea superioara) ;
- tirantii fixati intre console, care servesc la strangerea axiala a infasurarilor ;
- tirantii de suspensie care servesc la fixarea schelei de capac si la ridicarea partii decuvabile.

Aceasta constructie a schelei este adaptata in general la transformatoarele cu putere pana la 5000 kVA.

La puteri mai mari se foloseste un alt sistem constructiv, in care transformatorul se reazema pe fundul cuvei.

Constructia metalica se executa numai pentru transformatoarele cu racire in ulei si se refera la cuva, capac si conservator.

### Accesoriile transformatoarelor

Cele mai importante accesorii ale transformatoarelor sunt :

- izolatoarele de trecere ;
- releul de gaze ;
- supapa de siguranta ;
- indicatoarele de temperatura ;
- comutatorul de reglare a tensiunii ;
- filtrul de aer.

### Clasificarea transformatoarelor

Dupa modelul de utilizare :

- a) transformatoare de putere ;
- b) autotransformatoare ;

- c) transformatoare de masura ;
- d) transformatoare de putere cu caracteristici speciale ;
- e) transformatoare de putere mica .

Dupa modul de racire :

- a) uscate (cu racire in aer) ;
- b) cu racire in ulei ;

Dupa numarul de faze :

- a) monofazate ;
- b) polifazate.

## *Masini electrice*

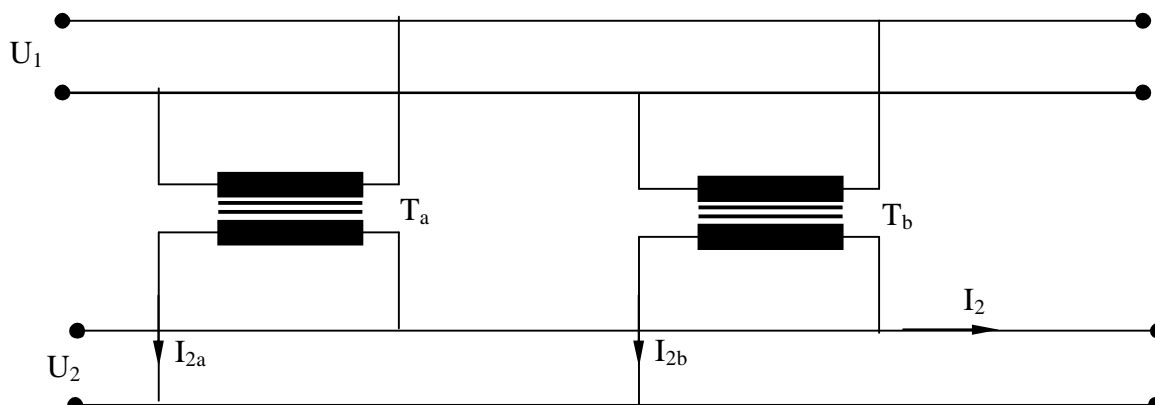
### *-lab 6-*

### *Conectarea si functionarea in paralel*

#### *1.Obiectul lucrarii.*

Lucrarea are ca obiect determinarea functionarii in paralel a doua transformatoare monofazate

Doua transformatoare functioneaza in paralel in cazul in care au bornele legate la aceeasi retea de alimentare, iar bornele secundare sunt legate la o retea receptoare ca in figura 1.



In exploatarea sistemului energetic intervine necesitatea functionarii transformatoarelor trifazate in paralel in urmatoarele situatii :

- pentru a scoate din functiune un transformator in scopul reviziei si al inlocuirii cu un altul, fara a intrerupe consumatorul, este necesar sa se conecteze in paralel doua transformatoare pentru ca ulterior sa fie deconectate de la retea transformatorul in cauza.
- in cazul in care dezvoltarea unui consumator duce la cresterea puterii solicitate, mai mare decat puterea nominala a transformatorului, se procedeaza la inlocuirea transformatorului cu un altul de putere mai mare , fie se monteaza in paralel cu acesta, un alt transformator si functioneaza impreuna in paralel transformatoare care au acelasi numar de faze.

Pentru ca mai multe transformatoare sa functioneze in paralel normal, trebuie satisfacute urmatoarele cerinte :

- la functionarea in paralel in gol curentii prin infasurarile secundare sa fie nuli, ca in cazul functionarii lor separate ; pierderile provocate de curentii de circulatie incalzesc infasurarile , scade randamentul si limiteaza capacitatea de incalzire a transformatorului la o putere mai redusa decat cea nominala ;
- la functionarea in sarcina fiecare transformator sa se incarece cu o putere proportionala cu puterea nominala, iar curentii de sarcina ai tuturor transformatoarelor sa fie in faza, in acest fel curentul dat prin circuitul receptor, pierderile in infasurarile transformatorului sunt minime .

Pentru a se realiza prima conditie trebuie ca tensiunile electromotoare induse in infasurarile transformatorului sa fie egale si in faza . In acest scop este necesara fie satisfacuta urmatoarele conditii :

- Tensiunile nominale primare ale transformatorului sa fie egale ;
- Transformatoarele sa faca parte din aceeasi grupa de conexiuni ;
- Transformatoarele conectate in paralel sa aiba acelasi raport de transformare ;
- Curentii de functionare in gol sa produca caderi de tensiune egale si in faza infasurarii primare.

Pentru realizarea celei de-a doua conditii, este necesar sa fie satisfacuta urmatoarele conditii :

- Tensiunile de scurtcircuit nominale ale transformatoarelor sa fie egale in modul si in faza, adica sa aiba si componentele active si cele reactive egale :

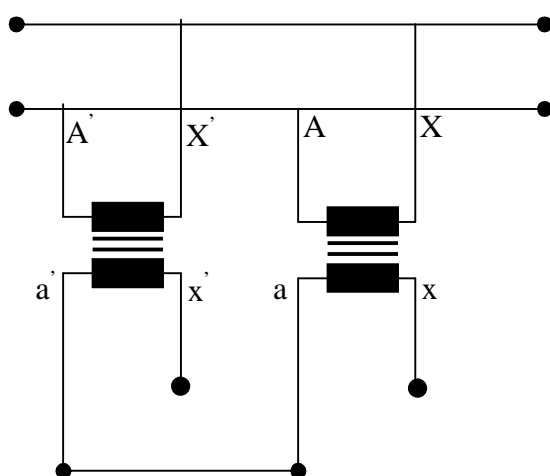
$$u_{ka\alpha} = u_{ka\beta} \text{ si } u_{kr\alpha} = u_{kr\beta} ;$$

- Unghiul intern de scurtcircuit  $\varphi_{sc}$  al transformatoarelor sa fie acelasi.

$$\varphi_{sc} = \arctg X_{sc}/R_{sc}$$

Prin norme, sunt permise anumite abateri si functionarea transformatoarelor in paralel este permisa numai in anumite limite. Astfel, pentru raportul de transformare  $\pm 0.5\%$ , iar pentru tensiunea de scurtcircuit  $\pm 10\%$ . Abaterile caderilor de tensiune produse de curentul de mers in gol, precum si abaterile unghiurilor interne nu sunt standardizate.

## 2.Schema de montaj



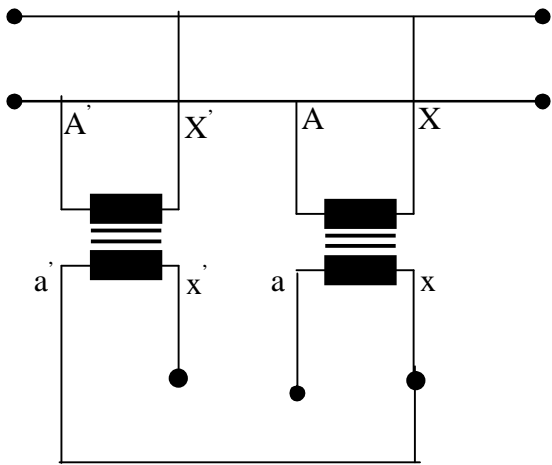
$U_{AX} = 230 \text{ V}$  (tensiunea primara din primul transformator)

$U_{AX'} = 230 \text{ V}$  (tensiunea primara din al doilea transformator)

$U_{ax} = 21 \text{ V}$  (I transformator, tensiunea secundara)

$U_{a'x'} = 21 \text{ V}$  (II transformator, tensiunea secundara)

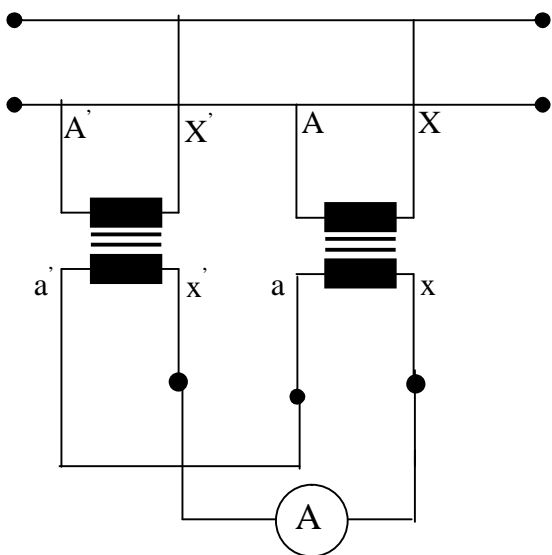
$U_{xx'} = 0 \Rightarrow$  se pot conecta in paralel .



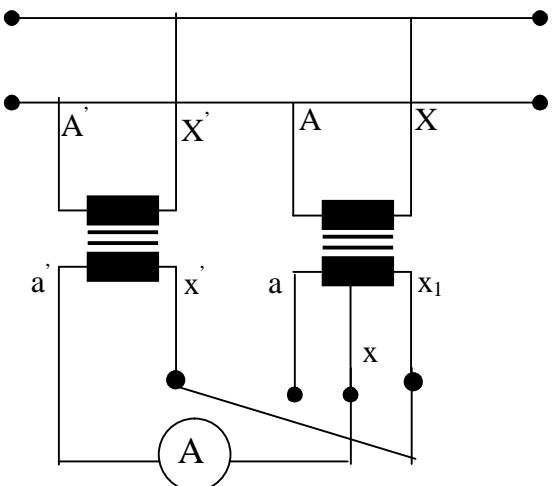
$$U_{a'x'} = 21V$$

$$U_{ax} = 21V$$

$U_{x'a} = 42V \Rightarrow$  nu se pot conecta bornele a cu x' .



$\Rightarrow$  Conectate x cu x'  $\Rightarrow I = 0$



Conectarea transformatoarelor are loc cu raport de transformare diferit

- curentul de circulatie  $I = 0,01 A$

$$U_{a'x'} = 31V$$

$$U_{ax1} = 36V$$

## Abateri

Intrucat in productia curenta din cauza toleranțelor de executie, apar abateri de la valorile de calcul ale raportului de transformare ai ale tensiunii de scurtcircuit STAS 1703/1 - 80 admite abateri pentru rapoartele de transformare in limitele  $\pm 0.5\%$  din raportul de transformare garantat, pentru tensiuni de scurtcircuit abaterile  $\pm 10\%$  din  $u_{kN}$  iar defazajul maxim dintre tensiunea de scurtcircuit sa nu depaseasca  $15^\circ$ .

Odata stabilite aceste abateri, reiese ca pentru o functionare normala, sa nu se cupleze in paralel transformatoare ale caror puteri nominale se gasesc intr-un raport mai mare de 5.

## *Masini electrice*

### *-lab 7-*

## *Coordonarea izolatiei principale - masurarea distantelor de izolatie*

Valorile distanțelor de izolație necesare, în funcție de tensiunile nominale ale înfășurărilor transformatoarelor în ulei și uscate, sunt indicate în tabelul 1.

a) Distanțele de izolare pentru transformatoarele în ulei, în cm.

Tabelul 1

(a) <sup>*</sup> $U_N$ (în ) [kV]	(b) <sup>*</sup> $U_{inc}$ [kV]	JT față de miez <sup>**</sup>			Înf față de jug <sup>**</sup>	Între JT și IT		Între IT și IT (între bobinele de IT vecine)		
		$a_{mj}$	$g_{mj}$	$S_{jc}$	$S_4, S_{jm}, S_{im}$	$a_{ji}$	$g_{ji}$	$a_{ii}$	$g_{ii}$	$S_c$
1	5	0,3÷0,4	0,3	-	2	-	-	-	-	-
3	16	0,6	0,3	0,8	2	0,6	0,3	0,6	-	1
6	22	0,6	0,3	1	2,2	0,8	0,3	0,7	-	1,2
10	28	0,6	0,3	1	2,5	0,8	0,3	0,8	0,3	1,5
20	50	0,8	0,4	2	3	1,2	0,4	1	0,4	2
35	80	1,4	0,6	4	6	1,8	0,6	1,6	0,5	4,5
60	140	1,8	0,8	8,5	11,5	3,4	0,8	1,8	0,8	9
110	185	2,0	1,0	12	15	4,0	1	2,0	1,0	12,5

\*(a) În STAS 1703/3-80, în loc de  $U_N$  se prevede  $U_m$  (tensiunea cea mai ridicată a înfășurării –valoare eficace)

(b) Pentru  $U_m$  și  $U_{inc}$  – vezi tabelul de la încercarea cu tensiune aplicată.

\*\* Distanțele față de masa miezului se determină pentru fiecare înfășurare, în funcție de tensiunea nominală  $U_N$ , a acestuia. Exemplu :  $a_{mj}$ ,  $S_{jm}$  – pentru  $U_{Nj}$ ,  $S_{im}$  – pentru  $U_{Ni}$ .

Distanțele între înfășurări ( $a_{ji}$  și  $a_{ij}$ ) se determină pentru tensiunea înaltă  $U_{Ni}$ .

(1) Distanța  $S_4$  servește la dimensionarea cuvei.

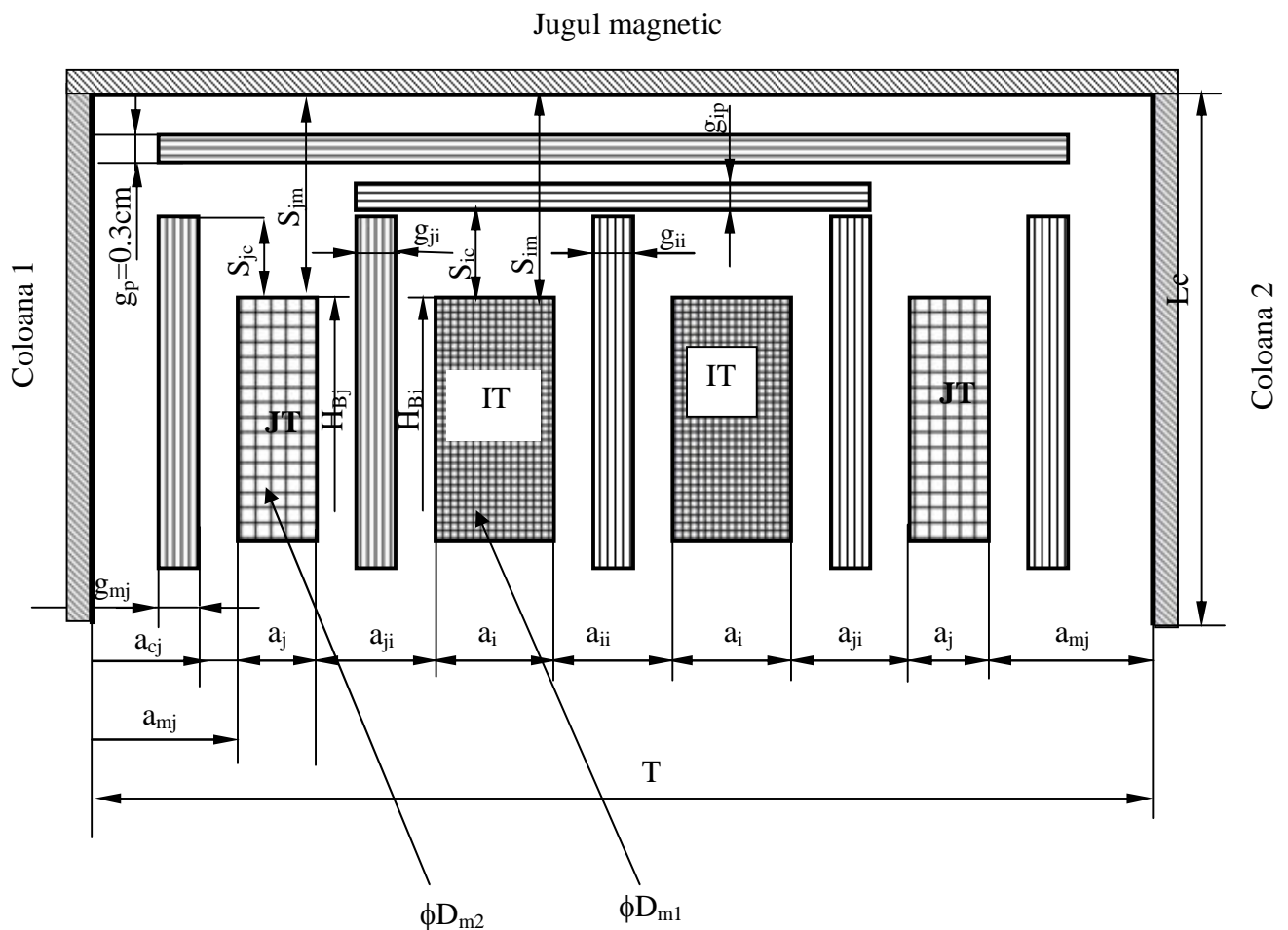
**Observație: Toate distanțele sunt indicate din punct de vedere al izolării. Pentru scoaterea bornelor și pentru ecranele de protecție se măresc distanțele respective c spațiul necesar acestora.**

(b) Distanțele de izolare pentru transformatoarele uscate, în cm.

**Notă:** 1) Limita maximă a distanței  $a_{mj}$ , este indicată din punct de vedere al răcirii.

2) Distanțele  $a_{ji}$  și  $a_{ij}$  din tabel sunt considerate minime din punct de vedere al izolării și nu sub aspectul circulației de răcire.

3) Când înfășurarea de JT este spiralată, la  $U_N=1kV$  se ia  $a_{mj} \geq 2$  cm, iar  $g_{mj} = 0,4$  mm.



Distanțele de izolare la transformatorul de inalta tensiune

Tabelul 2

$U_N(\hat{\text{inf}})$ [kV]	$U_{\text{inc}}$ [kV]	JT față de miez			Înf față de jug	Între JT și IT		Între IT și IT (între bobinele de IT vecine)		
		$a_{mj}$	$g_{mj}$	$S_{jc}$	$S_4, S_{jm}, S_{im}$	$a_{ji}$	$g_{ji}$	$a_{ii}$	$g_{ii}$	$S_c$
1	3	1÷2	-	-	1,5	1,0	-	1	-	-
3	10	1÷2	-	-	2,0	1,5	-	1,0	-	-
6	20	1÷2	0,3	4,5	5,5	2,5	0,3	2,5	0,4	4,5
10	28	1÷2	0,4	7,0	8,0	3,5	0,4	4	0,6	7,0
15	38	1÷2	0,5	10	11,0	3,8	0,5	4,5	1	10
20	50	1÷2	0,5	12	13,0	4	0,5	4,5	1	12

Tabelul 2 – Dimensiunile radiale ale conductoarelor profilate utilizate la realizarea înfășurărilor cilindrice și stratificate pentru ca factorul  $k_r$  de majorare a pierderilor în curent alternativ la 50 Hz, în aceste conductoare, să nu depășească anumite valori admisibile (dimensiunile conductoarelor în mm).

Număru l de straturi al înf.	Înfășurări de cupru $K_r$ mai mic ca:				Înfășurări de aluminiu $K_r$ mai mic ca:			
	1,05	1,10	1,15	1,20	1,05	1,10	1,15	1,20
1	10,0	11,8	12,5	13,2	11,6	13,5	15,6	16,8
2	7,1	8,0	8,5	9,5	8,6	10,0	10,8	11,6
3	5,6	6,3	7,1	7,5	6,4	8,0	9,3	10,0
4	4,75	5,6	6,3	7,1	5,9	6,9	8,0	8,6
5	4,0	5,0	5,6	6,0	5,1	6,4	6,9	7,4
6	3,75	4,75	5,0	5,6	4,7	5,9	6,4	6,9
7	3,55	4,25	4,75	5,0	4,4	5,5	6,0	6,5
8	3,35	4,0	4,5	4,75	4,1	5,1	5,5	6,0
9	3,15	3,75	4,25	4,5	3,8	4,7	4,5,1	5,5
10	3,0	3,55	4,0	4,25	3,8	4,4	5,1	5,5

### *Masini electrice*

#### *-lab 8-*

### *Determinarea rezistenței și a coeficientului de absorbție*

Măsuarea rezistenței de izolație a înfășurărilor transformatorului  $R_{iz60}$  și a coeficientului de absorbție  $K_s = R_{iz60}/R_{iz15}$ , se execută conform STAS 1703/7-80 și a

instrucțiunilor de exploatare. Aceste măsurători se fac înainte de determinarea tangentei  $\delta$  și a capacității înfășurărilor, precum și înainte și după proba cu tensiune mărită.

Pentru a putea face o comparație cu valorile măsurate anterior, se recomandă folosirea aceluiași tip de megohmetru și anume având tensiunea de : - 1000 V, pentru înfășurări până la 10 kV inclusiv

- 2500 V, pentru înfășurări peste 10 kV inclusiv

Se rotește uniform manivela megohmetrului cu viteza de aproximativ 120 rot/min timp de 60s, notându-se indicațiile aparatului la 15s ( $R_{iz15}$ ) și la 60s ( $R_{iz60}$ ). Măsurătorile se vor executa la o temperatură a izolației apropiată de cea indicată în buletinul fabricii constructoare; abaterea maximă pentru transformatoarele de peste 10 M VA este de  $\pm 5^\circ\text{C}$ .

La transformatoarele sub 10 MVA, coeficientul  $K_1$ , de variație a rezistenței de izolație în funcție de diferența de temperatură  $\Delta t = t_2 - t$  în  $^\circ\text{C}$ , dintre cea indicată în buletinul fabricii constructoare  $R_{iz60}(t_2)$  și cea care ar fi rezultat în fabrică la temperatura  $t_1$ , de la punerea în funcțiune  $R_{iz60}(t_1)$  este dat în tabelul 1.

Pentru transformatoarele noi, la punerea în funcțiune se face la altă temperatură  $t_1$ , diferită de cea indicată în buletinul fabricii constructoare  $t_2$ , atunci, în scopul comparării valorilor obținute la măsurare cu cele din buletin, este necesară mai întâi recalcularea valorii din fabrică la temperatura  $t$ , care se face astfel:

a) dacă  $t_2 > t_1 \Rightarrow R_{iz60}(t_1) = K \cdot R_{iz60}(t_2)$ ;

b) dacă  $t_2 < t_1 \Rightarrow R_{iz60}(t_1) = \frac{1}{K} \cdot R_{iz60}(t_2)$

Valoarea măsurată deci, se compară cu cea recalculată.

De exemplu în buletinul de fabrică  $R_{iz60}(t_2)$  măsurată între înfășurarea de înaltă tensiune și înfășurarea de joasă tensiune pusă la masă, este 1450 M $\Omega$  la  $t_2 = 21^\circ\text{C}$ .

În timpul măsurării la punerea în funcțiune, temperatura din tabelul 1 rezultă  $K_1 = 1,13$ . Deci rezistența de izolație din buletin recalculată la  $18^\circ\text{C}$  va fi:  $R_{iz60}(t_1) = 1450 \cdot K_1 = 1450 \cdot 1,13 = 1639 \text{ M}\Omega$

Cum la punerea în funcțiune a transformatorului valoarea lui  $R_{iz60}$  (măs) nu trebuie să scadă sub 70% din valoarea de fabrică, rezultă că  $R_{iz60}$  (măs) este bună dacă se obține la măsurătoare valoarea  $R_{izmăs} \geq 0,7 \cdot 1639 = 1174 \text{ M}\Omega$ .

Dacă  $t_1$  ar fi fost mai mare decât  $t_2$  atunci în relația de mai sus,  $R_{iz60}(t_2)$  ar fi scăzut de  $K_1$  ori (în loc de înmulțire cu  $K_1$  trebuia efectuată împărțirea cu  $K_1$ ).

Ulterior în exploatare, valoarea  $R_{iz60}$  nu va scadea sub valorile minime admise indicate în tabelul 2.

Pentru înfășurările cu  $U_N \leq 500\text{V}$ , la care nu există buletine ale fabricii, valoarea minimă a rezistenței de izolație la  $20^\circ\text{C}$ , va fi de 2 M $\Omega$ .

Coeficientul de absorbție pentru transformatoarele deja aflate în exploatare, considerând o stare satisfăcătoare a izolației interne, trebuie să aibă la  $20^\circ\text{C}$  valorile:

$K_s \geq 1,2$  pentru transformatoarele cu  $U_N < 110 \text{ kV}$ .

$K_s \geq 1,3$  pentru transformatoarele cu  $U_N \geq 110 \text{ kV}$ .

Ca urmare a umezirii izolației sau a unor defecte ale acesteia, valoarea lui  $K_s$  se micșorează, apropiindu-se de 1.

Tabelul 1

$\Delta t$	1	2	3	4	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
------------	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----



[°C]																		
K <sub>1</sub>	1,04	1,04	1,13	1,17	1,22	1,5	1,84	2,25	2,75	3,4	4,15	5,1	6,2	7,5	9,2	11,2	13,9	17

Coeficientul K<sub>1</sub> de variație a rezistenței de izolație în funcție de diferența de temperatură între măsurătorile R<sub>iz60</sub> în fabrică și la punerea în funcțiune.

Valorile minime admise de rezistențele de izolație (R<sub>iz60</sub>) în MΩ, a transformatoarelor existente în exploatare la temperaturile izolației de 20°C și 50°C.

Tabelul 2

U <sub>N</sub> [kV]	R <sub>iz60</sub> [MΩ]	
	20°C	50°C
≤ 60	300	90
110÷220	600	180
400	1000	300

## *Masini electrice*

### *-lab 9-*

### *Masurarea rigiditatii dielectrice si a unghiului de pierderi dielectrice ale uleiului de transformator*

*1.Scopul lucrării:* Lucrarea are ca scop determinarea rigidității dielectrice, la frecvența industrială 50 Hz, a unei monstre de ulei de transformator precum și măsurarea unghiului de pierderi.

*2.Considerații teoretice:* rigiditatea dielectrică a materialelor caracterizează proprietatea acestora de a rezista la străpungere atunci când sunt supuse unui câmp electric.

$$E_s = U_s / d \quad \text{unde: } U_s = \text{valoarea efectivă a tensiunii de străpungere}$$

$$d = \text{distanța dintre electrozi}$$

$$E_s = \text{rigiditatea dielectrică}$$

S-au formulat diferite teorii: teoria ionizării, la lichide moleculele fiind mai apropiate decât la gaze, drumul liber ionizat este mai mic și ca urmare, rigiditatea dielectrică E<sub>str</sub> este mare decât la gaze.

În teoria pur electrică, se consideră că în procesul de străpungere, sunt determinați electronii emiși de electrozi, în urma prezenței pe suprafața lor a câmpului electric.

În urma străpungerii termice, se consideră că, datorită încălzirii lichidului la trecerea unui curent electric, se formează în lichid bule de vapori care, împinse de forțe ale câmpului de-a lungul liniilor de câmp electric formează punți gazoase între electrozi, prin ionizări, apar în primele faze, descărcări electrice în punțile gazoase, care inițiază străpungerea lichidului.

Pe baza acestor teorii se pot explica și influențele unor factori externi asupra rigidității dielectrice cum ar fi: a) influența impurităților b) influența temperaturilor c) influența presiunii d) influența distanței dintre electrozi f) influența frecvenței.

### ***Determinarea rigidității dielectrice la temperatura camerei***

*Determinarea rigidității dielectrice la temperatura camerei pentru uleiul de transformator de face conform STAS –286-73.*

Uleiul trebuie uscat înainte de încercare prin încălzire într-un vas deschis la  $11 \pm 5^\circ\text{C}$ , timp de 3 ore apoi răcit la temperatura camerei în sticle. Uleiul trebuie să umple întregul volum al sticlei; nu se admit bule de aer sub dop; trebuie încercat, fără a fi deshidratat.

4. *Modul de lucru:* Se aplică tensiunea, care se ridică uniform de la 0 până la străpungere cu o viteză de maxim 2 kV pe secundă.

### ***Determinarea rigidității dielectrice la temperatura variabilă***

Se studiază variația rigidității dielectrice a uleiului mineral în funcție de temperatură.

Menționăm: a) dependența mărimii  $U_s$  (respectiv  $E_s$ ) de temperatură a umidității uleiului.

b) în cazul în care uleiului deshidratat mărimea  $U_s$  este practic independentă de temperatură, până la valoarea acestuia la care lichidul începe să se vaporizeze când  $U_s$  scade cu temperatura

c) în cazul uleiului nedeshidrat se observă o creștere inițială a mărimii  $U_s$  cu temperatura care se datorează scăderii umidității uleiului din cauza reacțiilor chimice dintre moleculele de apă și de ulei, care micșorează numărul moleculelor de apă libere; apoi ca în cazul uleiului deshidratat, urmează o scădere a mărimii  $U_s$  datorită vaporizării uleiului.

### ***Măsurarea pierderilor dielectrice***

Pierderile dielectrice devin hotărâtoare pentru tensiunile înalte și foarte înalte, în timp ce pentru tensiunile sub 35 kV are un rol secundar, factorul esențial în acest caz fiind formarea depunerilor (la transformatoarele de distribuție din posturile de transformare).

S-a constatat că apariția pierderilor dielectrice poate să preceadă începerea formării de depuneri. Creșterea tangentei unghiului de pierderi dielectrice ( $\text{tg } \delta$ ) a uleiului este determinată atât de prezența în ulei a produselor de contaminare solubile care adesea se datoresc materialelor dizolvate care intră în construcția transformatorului cât și de prezența umidității în ulei.

Măsurarea  $\text{tg } \delta$  a uleiului are avantajul de a ajuta la depistarea înrăutățirii parametrilor uleiului mai devreme și mai bine, decât măsurarea oricărei alte caracteristici. Tangenta unghiului de pierderi dielectrice a uleiului este o măsură a pierderilor dielectrice într-un condensator, când dielectricul acestuia se compune exclusiv din uleiul considerat. Pentru determinarea  $\text{tg } \delta$ , uleiul se introduce într-o celulă specială, care se încălzește într-un vas de termostatare. Când s-a ajuns la temperatura prescrisă, acesta se menține constantă, celula fiind racordabilă la brațul punții de măsurare cu care se determină  $\text{tg } \delta$ .

**3. Prelucrarea datelor:** Mărimea  $U_s$  se calculează efectuându-se media tensiunii de străpungere, obținându-se prin  $n$  încercări succesive de stăpungere. Se calculează și dispersia mărimilor determinate.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n \bar{x}}} \cdot 100 \quad \text{în care } x_i \text{ este valoarea individuală a mărimii, iar}$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad \text{este valoarea medie obținută în cele } n \text{ încercări.}$$

**4. Date experimentale:**  $d = 1,5 \text{ mm}$ ,  $U_1 = 17 \text{ kV}$ ,  $U_2 = 25 \text{ kV}$ ,  $U_3 = 19 \text{ kV}$ ,  $U_4 = 26 \text{ kV}$ ,  $U_5 = 18 \text{ kV}$ ,  $U_6 = 24 \text{ kV}$ ,  $U_7 = 20 \text{ kV}$ ,  $U_8 = 16 \text{ kV}$ ,  $U_9 = 20 \text{ kV}$ ,  $U_{10} = 27 \text{ kV}$ ,  $U_{11} = 15 \text{ kV}$ , materialul = ulei de transformator.

Din calcule se va exclude cea mai mică și cea mai mare valoare, deci:

$$U_{10} = 27 \text{ kV}, U_{11} = 15 \text{ kV} .$$

**5. Exemplu de calcul:**

$$E_1 = \frac{U_1}{d} = \frac{17 \cdot 10^3}{1,5} = 11,33 \text{ kV/mm}$$

$$U_{s, \text{mediu}} = \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{(17 + 25 + 26 + 18 + 24 + 20 + 16 + 20) \cdot 10^3}{9} = 20,55 \text{ kV}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n \bar{x}}} \cdot 100 = \sqrt{\frac{104,2225}{9 \cdot 20,55}} \cdot 100 = 0,75\%$$

Măsurători pentru ulei de transformator regenerat cu  $\Delta t \neq \text{const.}$

Nr. det.	Materialul	Distanța dintre electrozi [mm]	$U_s$ [kV]	$U_s$ mediu [kV]	$E_s$ [kv/mm]	$\sigma$
1	ulei de transf.	1,5	17	20,55	11,33	0,75%
2			25		16,66	
3			19		12,66	
4			26		17,33	
5			18		12	
6			24		16	
7			20		13,33	
8			16		10,66	
9			20		13,33	

Măsurători pentru ulei de transformator neregenerat cu  $\Delta t = \text{const.}$

Nr. det.	Materialul	Distanța dintre electrozi [mm]	$U_s$ [kV]	$U_s$ mediu [kV]	$E_s$ [kv/mm]	$\sigma$
1	ulei de transf.	1,5	9	10	6	0,38%
2			9		6	
3			12		8	
4			10		6,66	

Măsurători pentru ulei de transformator regenerat cu  $\Delta t = \text{const.}$

Nr. det.	Materialul	Distanța dintre electrozi [mm]	$U_s$ [kV]	$U_s$ mediu [kV]	$E_s$ [kv/mm]	$\sigma$
1	ulei de transf.	1,5	15	18,71	10	0,49%
2			17		11,33	
3			17		11,33	
4			17		11,33	
5			25		16,66	
6			20		13,33	
7			20		13,33	

**Masini electrice**  
**-lab 10-**  
**Inercarea cu tensiune indusa**

Transformatoarele de putere pentru tensiunii foarte înalte ( $\geq 110$  kV), ca și unele tipuri de transformatoare pentru 35 kV se execută, în general cu izolație parțial gradată. Acest sistem de izolație presupune o tensiune de încercare pentru bobina de linie a transformatorului și o altă tensiune de încercare pentru bobina de neutru și deci este imposibilă încercarea cu tensiune aplicată. În acest caz, izolația principală a înfășurării se încearcă numai prin tensiune indusă.

Încercarea se execută diferit, în funcție de tipul izolației înfășurării și de mărimea tensiunii maxime  $U_m$ , dintre faze. Valoarea tensiunii de încercare care rezultă din valoarea de vârf împărțită la  $\sqrt{2}$ , trebuie să fie egală cu valoarea tensiunii (T.Î.). Încercarea trebuie să înceapă de la o tensiune egală cu cel mult o treime din valoarea tensiunii de încercare specificată, tensiunea fiind adusă la această valoare atât de repede cât permite măsurătoarea. Înainte de întreruperea încercării, tensiunea trebuie redusă rapid la o valoare mai mică de o treime din tensiunea de încercare.

Durata aplicării tensiunii de încercare este de 60 secunde pentru orice frecvență de încercare, mai mică sau egală cu de două ori frecvența nominală. Dacă frecvența de încercare depășește dublul frecvenței nominale, durata încercării  $t_{inc}$  trebuie să fie dată de relația:

$$t_{inc} = 120 \times \frac{\text{frecventa\_no\_min\_ala}}{\text{frecventa\_de\_incercare}} (s)$$

dar nu mai mică de 15 secunde. Frecvența ridicată este necesară pentru a nu avea curent de excitație prea mare în înfășurarea transformatorului, la tensiunea mult mărită față de regimul nominal.

**Observație:** Se stie că :  $U_1 \approx E_1 = \pi \sqrt{2} f \omega \emptyset$

În cazul în care  $U_1$  este foarte mare, ceea ce ar necesita o solenație (deci un curent de excitație) foarte mare. De aceea se preferă marimea frecvenței  $f$ .

La încercarea transformatorului cu izolație neuniformă și cu  $U_m \leq 245$  kV, tensiunile de încercare la care se supun capetele înfășurării (între fază și pământ) sunt cele din tabelul 1.

În cazul transformatoarelor monofazate, încercarea se execută, în mod normal, cu capătul neutru la pământ. (STAS 1703/3-80).

Încercarea izolației principale a transformatoarelor trifazate cu izolație gradată nu se poate executa prin alimentare trifazată deoarece, în acest caz, tensiunea de încercare dintre bornele înfășurării de Î.T. va fi de  $\sqrt{3}$  ori mai mare decât tensiunea față de părțile puse la pământ (neutrul înfășurării de Î.T. fiind legat la pământ).

Pentru un transformator trifazat, se execută trei încercări, cu tensiune de încercare monofazată, legând de fiecare dată, la pământ, diferite borne ale înfășurării. Transformatoarele trifazate cu izolația înfășurării neuniforme, cu neutrul dimensionat să reziste cel puțin o treime din tensiune de încercare, se încearcă după schema din figura 1. Cele 2 faze extreme A și C se încarcă după una din schemele 1,a și b, când fazele neîncercate se leagă împreună la pământ, iar înfășurarea de joasă tensiune se alimentează direct între două borne de linie.

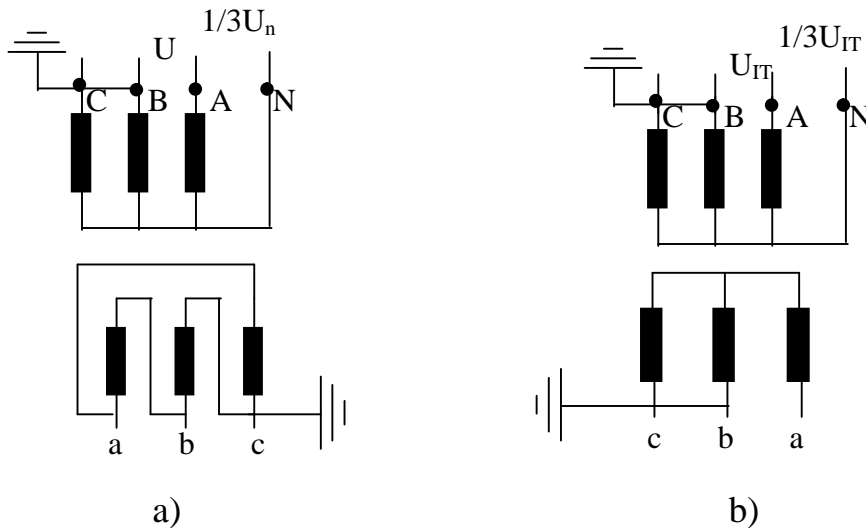
Prin alimentarea monofazată a înfășurării de joasă tensiune conectată în triunghi, fluxul și respectiv tensiune indusă în faza încercată vor fi duble și în opoziție de fază față de cele din fazele neîncercate. Față de pământ, pe borna fazei încercate se va aplica întreaga valoare a tensiunii nominalizate de încercare, iar la neutru o treime din aceasta. Faza B se încearcă după schema 1c.

La străpungerea netă a izolației de ulei și hârtie sau a intervalului de ulei, în cazul încercării izolației principale cu tensiunea indusă, de regulă, amorsează și eclatoarele de protecție (dacă sunt montate), conectate la neutrul transformatorului.

La reanclanșarea sursei de tensiune înaltă, uneori tensiune poate să fie ridicată, aproape până la tensiunea de încercare, după care se produce o nouă descărcare sau o nouă amorsare a eclatorului de protecție.

În unele cazuri însă, la reanclanșarea tensiunii și la creșterea tensiunii până la tensiune de încercare nu se străpunge din nou izolația.

Fenomenul se explică prin faptul că, după străpungerea intervalului disruptiv, produsele de descompunere a izolației sunt deplasate din canalul de arc, refăcându-se rigiditatea dielectrică a intervalului, astfel încât să reziste la tensiunea de încercare. În acest caz, este necesar ca transformatorul respectiv să fie încercat obligatoriu la impuls de tensiune.



Schema pentru încercare cu tensiune sinusoidală indusă la 50 Hz a transformatoarelor cu izolație neuniformă: a, b – încercarea fazelor extreme

Dinu Sebastian Ionut  
E.G. an III  
Subgrupa II

Universitatea "Vlahia" Targoviste  
Facultatea de Inginerie Electrica

**Masini electrice**  
**-lab 11-**  
**Incertarea cu tensiune aplicata**

Dupa verificarea starii izolatiei prin metode nedistructive pe platforma de incercare a fabricii constructoare, transformatorul este supus la o serie de incercari distructive, cu tensiune inalta sinusoidala.

- incercarea cu tensiune aplicata, cand tensiunea se aplica infasurarii de incercat a transformatorului de la o sursa exterioara ;
- incercarea cu tensiune indusa, obtinuta chiar de la transformatorul de incercat.

Instalatiile pentru producerea tensiunii sinusoidale cuprind, de obicei o sursa de alimentare cu tensiune reglabila, un transformator de incercare pentru incercarea cu tensiune aplicata si transformatoare intermediare pentru incercarea cu tensiune indusa.

Curentul de scurtcircuit pe partea de tensiune inalta, trebuie sa fie suficient pentru a produce un defect vizibil prin strapungerea izolatiei interne sau conturnarea celor externe,

iar puterea de scurtcircuit a instalatiei de incercare trebuie sa fie suficienta pentru ca sa nu se produca fenomene de autoexcitatie .

Incercarea cu tensiune aplicata trebuie sa se execute cu o tensiune alternativa monofazata, avand forma cat mai apropiata de cea sinusoidala si o frecventa convenabila, dar nu mai mica de 40 Hz.

Valoarea de varf a tensiunii de incercare impartita la  $\sqrt{2}$ , trebuie sa fie egala cu valoarea eficace a tensiunii de incercare .

Pentru transformatoarele cu izolatie uniforma, valoarea tensiunii aplicate (TA) este cea prevazuta in tabelul 1, conform STAS 1703/3-80.

La transformatoarele avand una sau mai multe infasurari cu izolatie neuniforma, tensiunile de incercare sunt determinate, atat la tensiunea aplicata cat si la cea indusa, de infasurarea pentru care valoarea  $U_m$  (tensiune cea mai ridicata a infasurarii) este cea mai ridicata.

Incercarea trebuie sa inceapa de la o tensiune egala cu cel mult o treime din tensiunea de incercare specificata, tensiune fiind adusa la valoarea impusa atat de repede cat permite masuratoarea. La sfarsitul incercarii se reduce rapid tensiunea la o valoare mai mica decat o treime din tensiunea de incercare inainte de a o intrerupe (STAS 1703/3-80).

In figura 1 este reprezentata schema de principiu a unei instalatii de incercare la frecventa industriala. In schema sunt indicate elementele de masura si de protectie. Alimentarea transformatorului de incercare se aplica transformatorului de incercat, verificandu-se izolatiile fiecarei borne a transformatorului fata de masa (fata de miez, fata de cuva, fata de schela, etc.) si izolatiile fata de celelalte bobine, legate impreuna la masa. Pentru aceasta, bornele bobinei incercate sunt legate impreuna la borna de inalta tensiune, iar bornele bobinelor neincarcate sunt conectate impreuna la borna de legare la pamant a transformatorului care, la randul ei, e conectata la pamant.

Pentru controlul si supravegherea incercarii, schema este prevazuta cu doua ampermetre, dintre care unul (A), masoara curentul din infasurarea primara a transformatorului de incercare, iar celalalt ( $A_1$ ) masoara, prin intermediul unui transformator de curent, curentul  $I_c$  din bobina secundara a transformatorului de inalta tensiune. Tensiunea de incercare se va aplica timp de 60 de secunde.

In cazul strapungerii transformatorului care se incarca, deconectarea sursei de alimentare trebuie sa se faca printr-un intreruptor automat, de actiune rapida, iar generatorul de alimentare trebuie dezexcitat printr-un automat de dezexcitare rapida. Acest lucru este necesar pentru a limita amplitudinea oscilatiilor proprii ale circuitului de inalta tensiune, iar distrugerile provocate de strapungere sa nu fie prea mari, putandu-se stabili cauzele strapungerii.

Se considera ca transformatorul a corespuns la incercarea cu tensiune aplicata daca, in timpul incercarii, nu s-au produs strapungeri sau conturnari ale izolatiei sesizate vizual, auditiv, din indicatiile aparatelor de masurat (voltmetru, ampermetru) sau din datele aparatelor de inregistrare.

Strapungerea neta, prin ulei, a izolatiei (de exemplu strapungerea izolatiei fata de jug, strapungerea sau conturnarea pieselor izolante de consolidare a conexiunilor, etc.) este insotita de un zgomot surd in cuva transformatorului, de cresterea curentului absorbit de transformatorul incercat si de actionarea declansatorului automat al statiei de inalta



tensiune. Strapungerea neta a izolatiei de ulei si hartie sau a intervalelor de ulei (de exemplu, a izolatiei dintre infasurari, a izolatiei dintre infasurari si cuva transformatorului) este insotita de un zgomot puternic, ascutit, in interiorul cuvei, de o crestere brusca a curentului absorbit si de trepidarea acului indicator al voltmetrului.

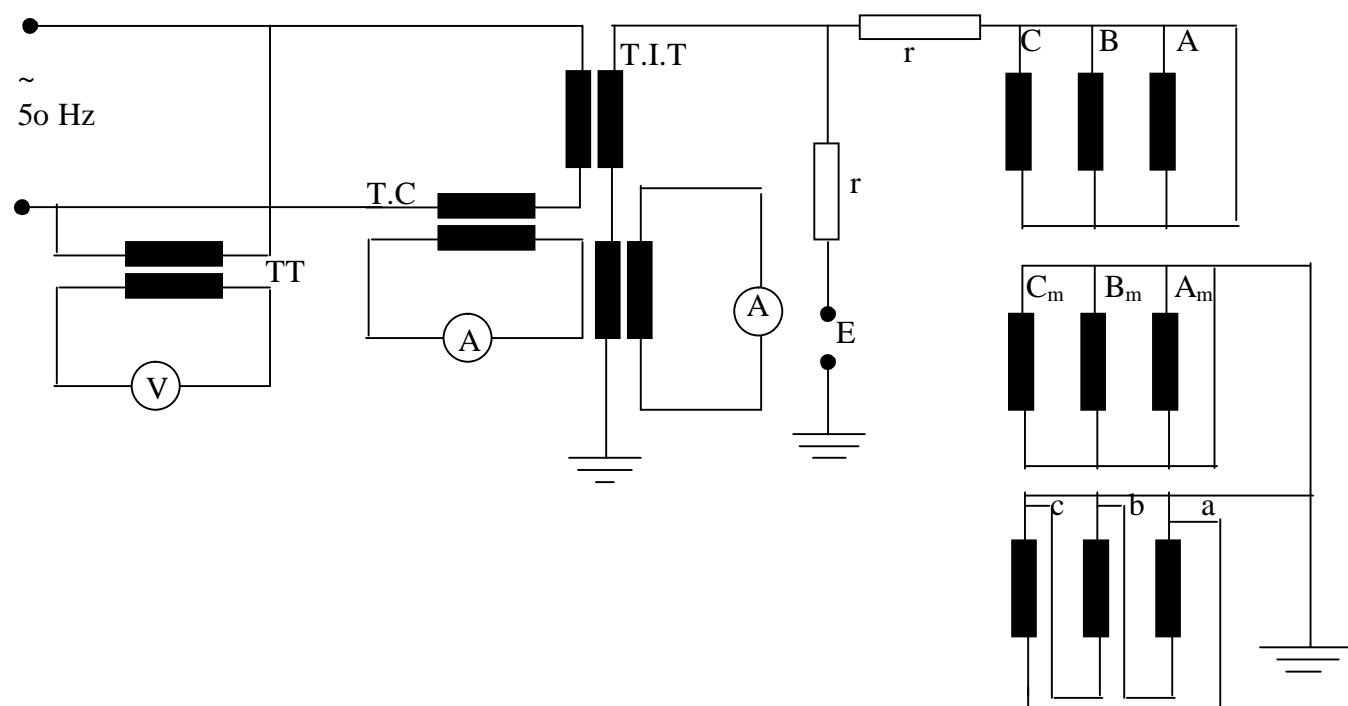


Fig.1. Schema de principiu a unei instalatii de incercare la frecventa industrială.

Elemente componente: T.I.T.-transformator de inalta tensiune  
T-transformator de incercat  
r-rezistenta de protectie  
T.C.-transformator de curent  
T.T-transformator de tensiune  
E-eclator cu sfere.

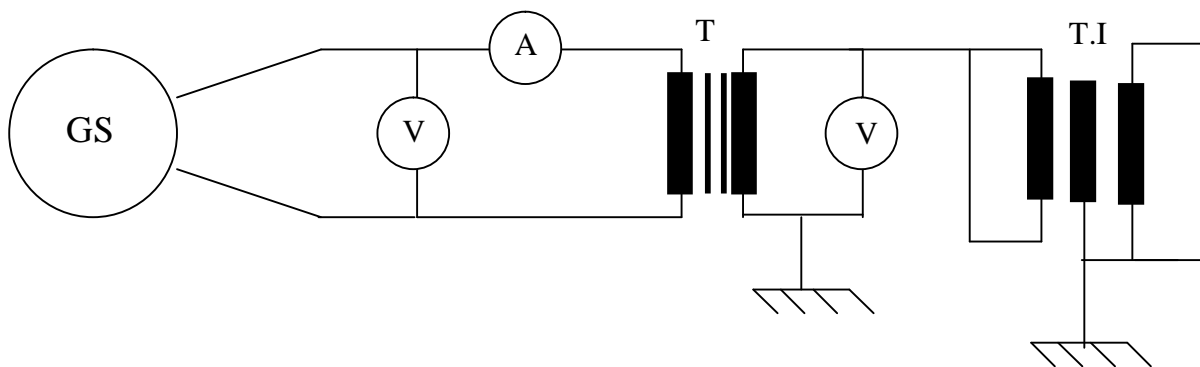
Tabelul 1

Domeniul de tensiune	Tensiunea cea mai ridicata a infasurarii, $U_m$ (valoare eficace) [Kv]	Tensiunea nominala de tinere de impuls de tensiune de trasnet (I.T.T.), unda plina sau taiata (valoare de varf) [kV]	Tensiunea nominala de tinere la impuls de tensiune de comutatie (I.T.C.) unda plina (valoare de varf) [Kv]	Tensiunea nominala de tinere pentru incercarea de scurta durata cu tensiune aplicata (T.A.) si tensiune indusa (T.I.) la frecventa industrială (valoare eficace) [kV]

A	3,6	40	-	16
	7,2	60	-	22
	12,0	75	-	28
	17,5	95	-	38
	24,0	125	-	50
	30,0	150	-	60
	42,0	195	-	80
	B	72,5	325	-
	123	450	-	185
	215	850	-	360*
C	420	1425	1050	630

- Pentru izolatoarele de trecere incercate, separat, tensiunea de incercare este de 395kV.

### *Schema de montaj*



### Elementele componente:

G.S.- generator sincron

A- ampermetru

V- voltmetru

T-transformator

T.I.- transformator de incercat.