

MATERIALE SPECIFICE UTILIZATE PENTRU REALIZAREA CIRCUITELOR PRIMARE

1. GENERALITĂȚI. SCOPUL LUCRĂRII

Circuitele primare (principale) sunt circuitele parcurse de energia electrică pe traseul de la producător către consumator. Elementele componente ale circuitelor primare sunt: întrerupătoarele, separatoarele, bobinele de reactanță, barele colectoare, siguranțele fuzibile, transformatoarele de măsură. Pentru ansamblarea acestora în instalațiile electroenergetice (centrale, stații, posturi de transformare) se utilizează materiale specifice: izolatoare, bare, cleme, conducte, armături etc.

Lucrarea de față are drept scop familiarizarea viitorului inginer electroenergetician cu principalele materiale utilizate pentru realizarea circuitelor primare, cu caracteristicile constructive și funcționale, cu modul de alegere și utilizare a acestora.

2. IZOLATOARE

2.1. Generalități

Izolatoarele, cunoscute și sub denumirea de dielectric, sunt materiale astfel concepute încât să reziste circulației de sarcină electrice. Folosite în instalațiile electrice, aceste echipamente au rolul de a susține sau separa conductoarele electrice împiedicând trecerea curentului (prin ele însăși) fără a fi străbătute de curent. Printre materialele folosite la fabricarea izolatoarelor se numără și sticla, hârtia sau teflon. Chiar dacă au rezistivitate redusă mai pot fi folosite și materiale precum polimerii și materialele plastice utilizate în special la joasă și medie tensiune (sute sau chiar mii de volți).



Fig. 1. Izolator de sticlă pentru LEA de IT



Fig. 2. Izolator ceramic 10 kV

Izolatoarele sunt necesare în cazul liniilor electrice aeriene, în punctele în care conductoare sunt susținute de stâlpi, precum și la intrarea (traversarea) unei clădiri sau a echipamentelor electrice (transformatoare sau întrerupătoare pentru izolarea conductoarelor de carcasa acestora).

Izolatoarele folosite în instalațiile electroenergetice pot fi grupate în următoarele categorii de utilizare:

- ✖ izolatoare suport pentru stații și aparataj tip interior;
- ✖ izolatoare suport pentru stații și aparataj tip exterior;
- ✖ izolatoare de trecere pentru stații;
- ✖ izolatoarele pentru aparate, mașini electrice;
- ✖ izolatoare pentru linii electrice aeriene;
- ✖ izolatoare pentru aparataj divers de joasă tensiune.

Izolatoarele din grupele amintite se fabrică din porțelan și se execută pentru tensiunile nominale sub 1KV și peste 1 KV până la 110 KV inclusiv, pentru tensiunile mai mari folosindu-se mai multe elemente de 110 KV.

2.2. Materiale constructive

Izolatoarele utilizate la tensiuni înalte sunt fabricate din sticlă, porțelan și materiale compozite. Izolatoare de porțelan sunt realizate din argilă, cuarț, alumină sau felspat și acoperit de un strat fin smalț cu rolul de a îndepărta apa (pentru a nu permite infiltrarea apei). Izolatoarele de porțelan cu un conținut ridicat de alumină sunt utilizate în punctele cu rezistență mecanică mare. Rezistența dielectrică a porțelanului este de 4–10 kV/mm.

Sticla are o rezistență dielectrică mai mare, dar în cazul izolatoarelor de sticlă apare fenomenul de condensare, iar forma iregulată a acestora este greu de obținut fără solicitări interne. Mulți producători au renunțat, din aceste considerente, la fabricarea izolatoarelor din sticlă în favoarea celor de porțelan.

În ultimii ani, se folosesc tot mai des izolatoare din materiale compozite. Acestea sunt alcătuite dintr-un miez alcătuit din fibre de plastic ramforsat învelit în straturi de silcon sau EPDM, rezistent la intemperii (condițiile meteo).

Aceste izolatoare compozite prezintă o serie de avantaje printre care:

- costul redus;
- greutate mai mică;
- capacitatea hidrofobă excelentă.

Aceste trei caracteristici le transformă în tipul de izolator ideal pentru a funcționa în zonele cu grad ridicat de poluare. Prezintă însă și un dezavantaj faptul că nu sunt rezistente pe termen lung (durata de viață mai scurtă) precum cele din sticlă sau porțelan.



Fig. 3. Izolator de înaltă tensiune în cursul fabricării, înainte de stratul final de smalț

Clasificarea materialelor compozite :

O prima clasificare a materialelor compozite ține seama de particularitățile geometrice ale materialului complementar și modul de orientare a acestuia în matrice :

- • materiale compozite durificate cu fibre;
- • materiale compozite durificate cu particule (prin dispersie);
- • materiale compozite obținute prin laminare (stratificate).

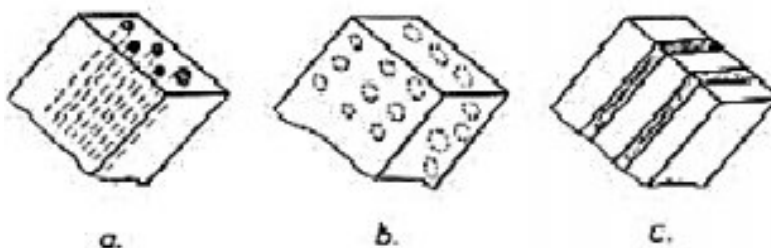


Fig. 4. Materiale compozite :

a – armate cu fibra; b - dispersie; c – stratificate

Materialele compozite armate cu fibre au caracteristici foarte bune de rezistență, rigiditate și raport rezistență - densitate. Comportamentul mecanic al unui asemenea compozit depinde de :

- proprietățile fiecărui component;
- proporția dintre componente;
- forma și orientarea fibrelor în raport cu direcția de sollicitare;
- rezistența mecanică a interfetei matrice-fibra.

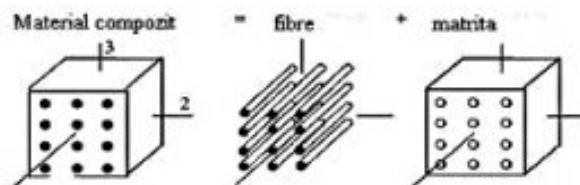


Fig. 5. Material compozit armat cu fibre

Materialele compozite cu fibre sunt :

- stratificate
- nestratificate
- cu fibre continue – unidirecționale și multidirecționale;
- cu fibre discontinue – orientate și neorientate.

Materiale compozite stratificate

Materialele compozite stratificate sunt obtinute prin aplicarea, la suprafata materialelor de baza, a unui strat din alt material. Aplicarea acestui strat din alt material cu proprietati diferite de cele ale materialului de baza se realizeaza cel mai des prin turnare, sudare sau laminare.

Principalul avantaj al acestor materiale este de ordin economic si de ordin calitativ, deoarece prin utilizarea lor se economisesc importante cantitati de materiale scumpe sau deficitare, imbunatatindu-se, in acelasi timp, calitatile produselor si marindu-se durata lor de functionare in conditiile unor performante ridicate.

xemple :

- duraluminiu, cu rezistenta ridicata la rupere, placat cu aluminiu pur, cu rezistenta ridicata la coroziune;
- oteluri carbon ieftine placate cu oteluri de scule cu duritate ridicata si rezistenta la uzare sau cu oteluri inoxidabile rezistente la coroziune;
- placute din oxid de aluminiu placate cu nitrura de titan (folosite pentru partile active ale sculelor aschietoare).

În afara de materialele compozite bicomponente, se folosesc si compozite tricomponente (tip “sandwich”). De exemplu, pentru impiedicarea difuziunii carbonului dintr-un otel in altul, se poate interpune prin placare un strat de nichel, care nu permite difuziunea prin el a carbonului.

Tot un material “sandwich” este cel alcatuit din doua placi subtiri din metal (de exemplu aluminiu, titan sau otel), intre care se gaseste o structura tip fagure (panou fagure) din material mai dur (duraluminiu sau aliaj de titan), rezultand un material compozit deosebit de rezistent si rigid.

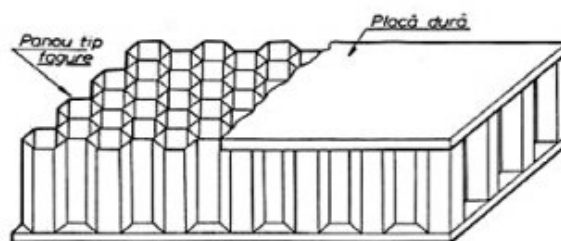


Fig. 6. Secțiune transversală material compozit

Avarierea unui izolator se produce datorită unei supratensiuni și poate avea loc în două moduri distincte și anume:

- *Tensiunea de străpungere* este tensiunea care străbate izolator și conduce la fenomenul de conducție în interiorul acestuia. Căldură rezultată în urmă formării arcului de străpungere afectează izolator de manieră ireparabilă;
- *Tensiunea de conturare* este cea tensiune care face ca aerul din jurul sau de-a lungul izolatorului să devină conductor conducând la formarea unui arc de conturare, la exterior, în lungul izolatorului. Izolatoarele sunt astfel fabricate încât pot suporta tensiunea de conturare fără a fi avariate.

Majoritatea izolatoarelor sunt fabricate să rezistă la o tensiune de conturare mai mică decât cea de străpungere astfel încât străpungerea să apară în urma conturării pentru a evita avarierea.

Praful, poluarea, depunerile de sare și apă pe suprafața izolatoarelor de înaltă tensiune pot conduce la formarea unei căi conductoare în lungul acestora provocând curenți de scurgere și fenomenul de conturare. Tensiunea de conturare este cu 50 % mai mică atunci când izolatorul este ud. Forma izolatoarelor de înaltă tensiune de uz extern este altfel concepută pentru a maximiza lungimea căii conductoare de la un capăt la altul, cunoscută și sub denumirea de linie de fugă. Scopul este de a minimiza efectele conturării și a curenților de scurgere. Pentru a obține această suprafață ondulată (linia de fugă), izolatorul este realizat prin suprapunerea de discuri concentrice. Astfel suprafața dintre discuri rămâne uscată și în cazul intemperiilor. Linia de fugă minimă este de 20–25 mm/kV; această valoare este mai ridicată în zonele poluate.



Fig. 7. Izolatoare de suspensie cu capă

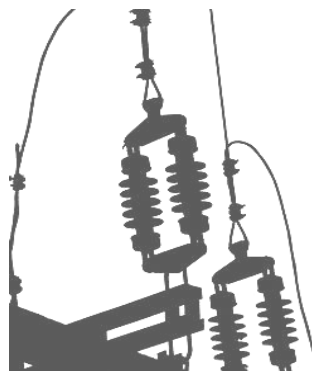


Fig. 8. Izolatoare ceramice - LEA 275 kV

Izolatoare de suspensie cu capă

Liniiile de înaltă tensiune folosesc izolatoare de de suspensie cu capă. Conductoarele sunt suspendate cu ajutorul unor izolatoare „șir” alcătuite din discuri de sticlă identice atașate unul de celălalt prin intermediul unor urechi de prinderi cu șurub. Avantajul acestui model de izolator că pot fi construite pentru diferite niveluri de tensiune prin adăugarea (adaptarea) numărului de discuri. În acest mod se asigură și o protecție a izolatorului astfel încât dacă unul din discuri se strică, poate fi înlocuit, fără a afecta întreg izolatorul.

Fiecare unitate este realizat din ceramică sau sticlă și prevăzută la unul din capete cu un capac de metal și la celălalt cu un șurub. Depistarea defectelor este facilă având în vedere faptul că sticla este tratată termic și astfel în momentul în care este străbătută de arcul electric se va sfărâma, defectul devenind vizibil. Cu toate acestea rezistența mecanică rămâne neschimbată și izolatorul rămâne întreg.

Din punct de vedere constructiv discurile izolatorului au 25 cm în diametru și 15 cm lungime. Pot suporta o sarcină de 80 – 120 kN și o tensiune de conturare de 72 kV. Tensiunea nominală de funcționare este 10 – 12 kV. Totuși trebuie ținut cont de faptul că tensiunea de conturare a întregului șir (a izolatorului) este mai mică decât suma suportată de fiecare disc în parte. Acest fapt se datorează distribuție neuniforme a câmpului electric prin șir, fiind mai puternic în zona discului aflat cel mai aproape de conductor, loc în care va apare mai întâi tensiunea de conturare.

Metal grading rings are sometimes added around the lowest disk, to reduce the electric field across that disk and improve flashover voltage.

Număr de discuri/izolator în funcție de tensiunea liniei												
Tensiunea liniei kV	34,5	46	69	92	115	138	161	196	230	287	345	360
Discuri	3	4	5	7	8	9	11	13	15	19	22	23

Caracteristici tehnice

Izolatoarele electrice, în calitate de materiale electroizolante, trebuie să prezinte o serie de caracteristici tehnice specifice, cum sunt: rigiditatea dielectrică, linie de fugă specifică, rezistivitate de volum și suprafață, coeficient minim de pierderi dielectrice, rezistență mecanică, electromecanică, termică, etc. Pe fiecare izolator cu tensiunea peste 1 KV se marchează într-un loc vizibil pe suprafața exterioară glazurată următoarele: marca de fabrică, tensiunea nominală în KV, data fabricației.

Forma constructivă, dimensiunile și greutatea izolatoarelor din principalele categorii de utilizare se indică în continuare.

Izolatoarele suport servesc la susținerea barelor și la izolarea lor față de alte părți ale instalației. Rezistența la compresiune a izolatoarelor suport este funcție de materialul

folosit și de procedeul utilizat pentru fabricarea lor: 4500-7000 Kg/cm² pentru cele din porțelan tare vitrifiat prelucrat prin strunjire, extrudare sau turnare, 8000-9000Kg/cm² pentru izolatoarele din steatit vitrifiat prelucrat prin strunjire, extrudare, presare sau injecție și de 2000-2500Kg/cm² pentru cele din cordierit (termoceramit) prelucrat după aceleași procedee.

În figura 9.a, 9.b, 9.c și tabelul 1 se prezintă 3 tipuri de izolatoare suport pentru stații și aparataj, de interior, de exterior, de medie tensiune cu armare exterioră. În fig. 9.d, 9.e, 9.f, 9.g și în tabelul 1' se prezintă izolatoare din aceeași categorie, dar cu armare interioară.

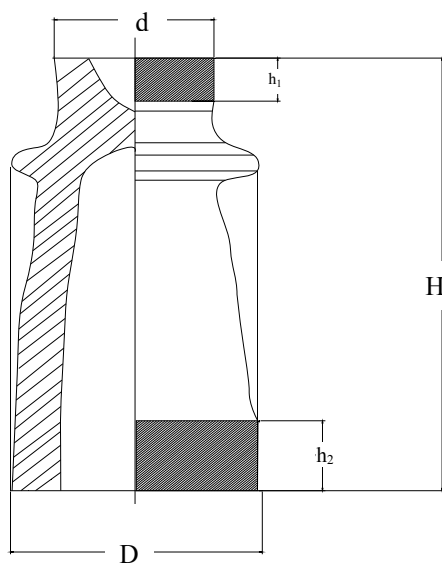


Fig. 9. a

armare exterioră

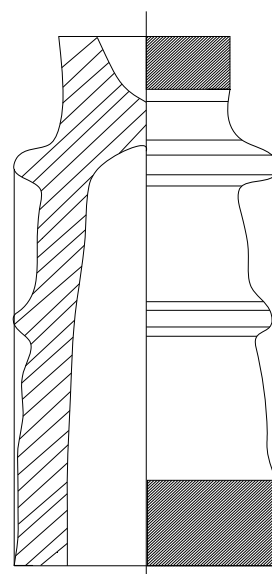


Fig. 9. b

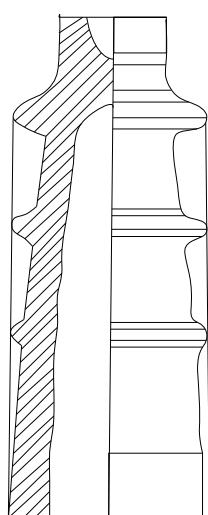


Fig. 9. c. armare exterioră

armare interioară

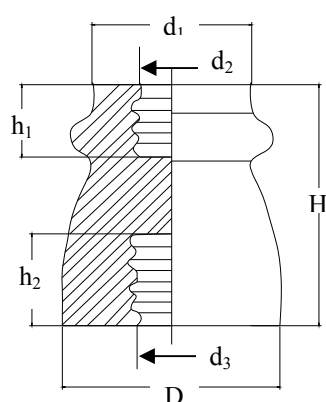


Fig. 9. d

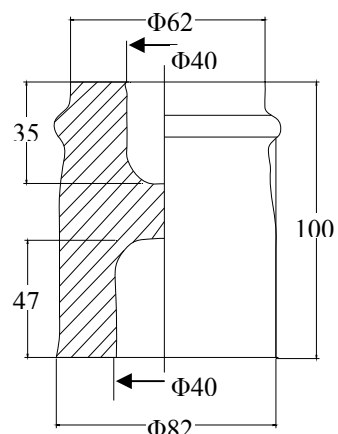


Fig. 9. e

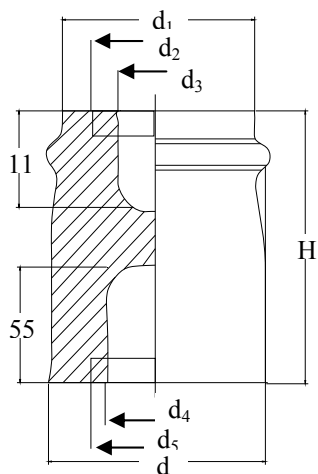


Fig. 9. f

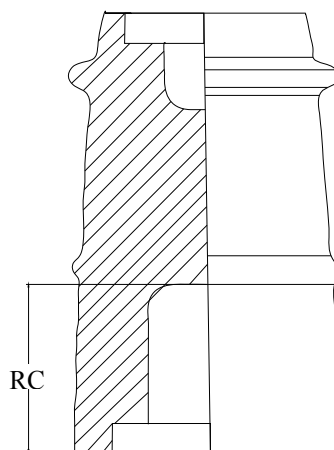


Fig. 9.g

armare interioară

Fig. 9. Izolatoare tip suport

Tab. 1. Nivel tensiuni, simboluri, dimensiuni șigabarit pentru izolatoare suport

Fig.	Simbol		Tensiunea nominală [kV]	Dimensiuni (mm)					Kg/buc.
				H	h1	h2	D	d	
1a	Ie-3.75	20	1	79	20	14	63	47	0.4
		45	3	117	23		73		0.6
		60	6	146	26	15	83	50	1.1
		75	10	171			88		1.4
1b		125	20	235	30	17	98	59	2.35
1c		195	35	365	40	22	115	70	5.1
1a	Ie-7.5	20	1	88	23	19	80	60	9.0
		45	3	127	28		90		9.0
		60	6	160	31	22	100	65	1.55
		75	10	190	35	23	105		1.8
1b		125	20	255	40	24	120	75	3.25
1c		195	35	375	45	25	143		6.6
1a	Ie-12.5	75	10	197	42	23	130	80	3.1
1b			125	20	258		46		145

Simbol	Tensiunea nominală (kV)	Fig.	Dimensiuni (mm)							Kg/buc.
			H	h1	h2	D	d1	d2	d3	
SAI 1	1	1d	70	30	30	72	60	38	38	0.38
SAIC 6	6	1c	-	-	-	-	-	-	-	0.75
SBI 6		1e	100	40	40	115	98	50	50	1.8
SCI 6						130	108			2.06

Simbol	Tensiunea nominală (KV)	Fig.	Dimensiuni (mm)							Kg/buc
			H	d	d1	d2	d3	d4	d5	
Ii-0.75-75	10	1f	121-6	89	71	28	38	55	62	1.3
Ii-3.75-125	20	1f	207-8	109			45		77	3.1
Ii-7.5-75	10	1f	127-6	108	93	36	55	73	72	2.0
Ii-7.5-125	20	1f	207-8	123					87	4.1
Ii-12.5-7.5	10	1f	127-6	131	113	45	62	93	92	2.85
Ii-12.5-125	20	1f	207-8	136					97	5.2

În figura 10.a, 10.b și tabelul 2 sunt prezentate izolatoare suport pentru stații, tip coloană, de înaltă tensiune, de exterior.

Tab.2. Nivel tensiuni, simboluri, dimensiuni și gabarit pentru izolatoare suport tip coloană

SIMBOL	U _n [KV]	Fig.	Dimensiuni in mm								Linia de fugă	Kg/buc
			H	h1	h	D	D ₁	d	d ₁	d ₂		
25-C8-200/5	35	2a	537	498	67	190		180	160	9	720	28
66-C8-350/13	66		871	835	80	220		226	200	11	1840	52.7
110-C8-450/9	110		1203	1167	95	250	270	240	214		1725	65.2
110-C8-550/14	110										2650	72.3
132-C8-650/19	132		1516	1480							3570	88.3

Simbol	U_n [KV]	Fig.	Dimensiuni (mm)				Linia de fugă	Kg/buc.
			H	H ₁	h	D		
220-C8-1050/18×2	220	2b.	2669	1334.5	1290	260	2526×2	118.8
220-C8-1050/20×2			2889	1444.5	1400	280	3245×2	135.8

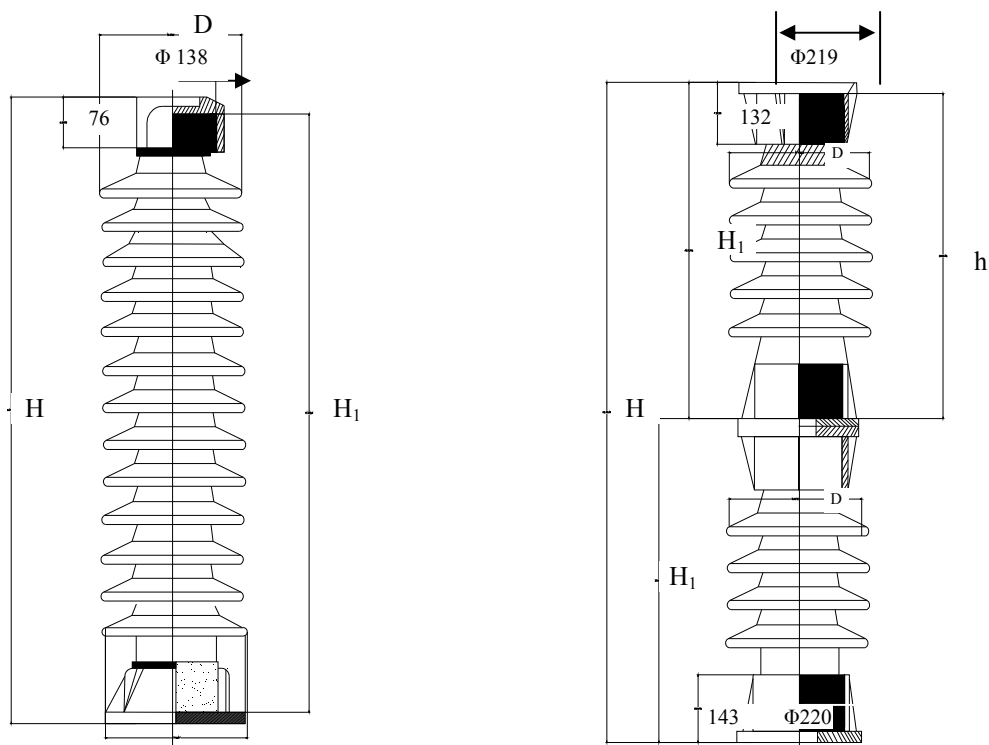


Fig.10. Izolatoare suport tip coloană pentru stații de exterior, ÎT

Izolatoarele de trecere se utilizează la traversările între încăperi (interior-interior) sau între o încăpere și exterior (interior-exterior).

Izolatoarele de trecere sunt tubulare, deosebindu-se între ele prin dimensiuni și numărul de nervuri, acestea fiind în funcție de tensiunea nominală a izolatorului. Prin interiorul corpului izolatorului trece bara conductoare de curent ce se fixează pe capetele izolatorului cu două flanșe metalice. Izolatoarele de trecere pot avea și tijă proprie de curent, înglobată în interior. În această situație bara este întreruptă în dreptul izolatorului de trecere și îmbinată cu tijă. Izolatorul de trecere se prinde de peretele despărțitor cu ajutorul unei flanșe metalice fixată la mijlocul său.

În figura 11.a, 11.b, 11.c și în tabelul 3 sunt prezentate izolatoare de trecere pentru stații, tip interior-interior, de medie tensiune.

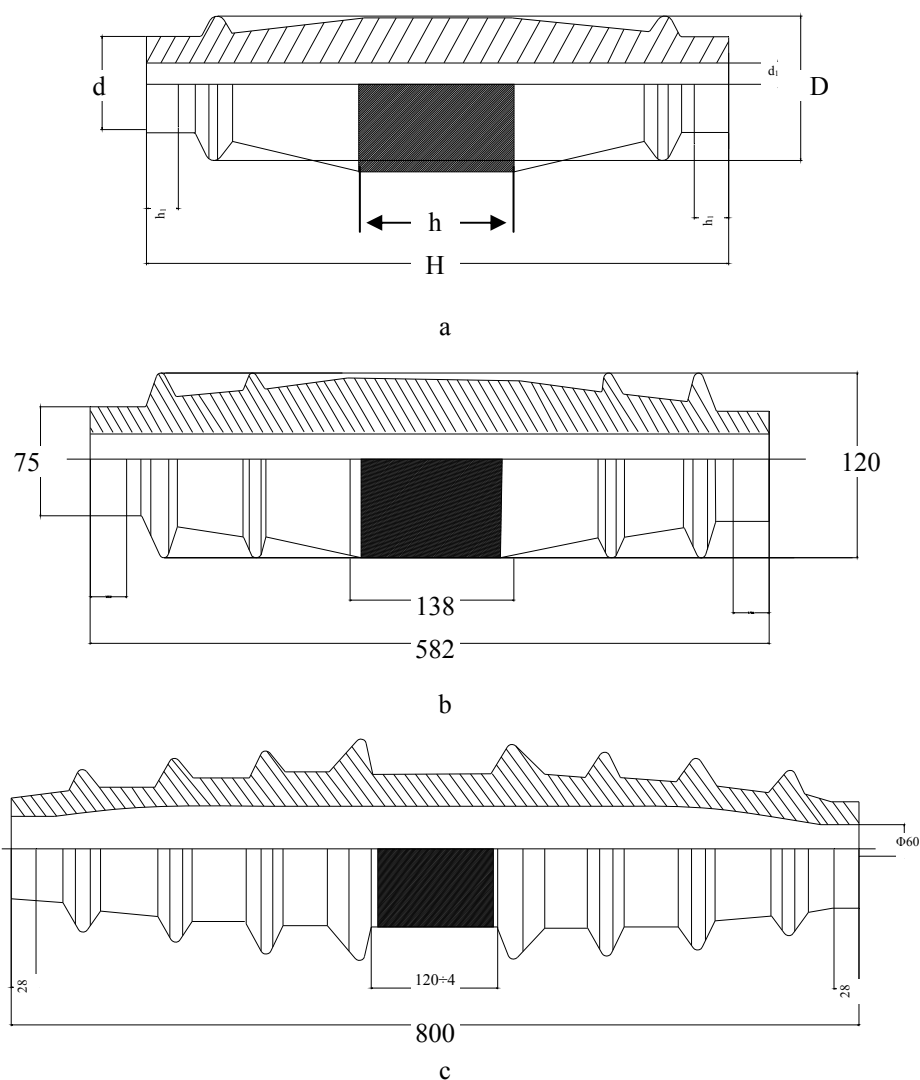
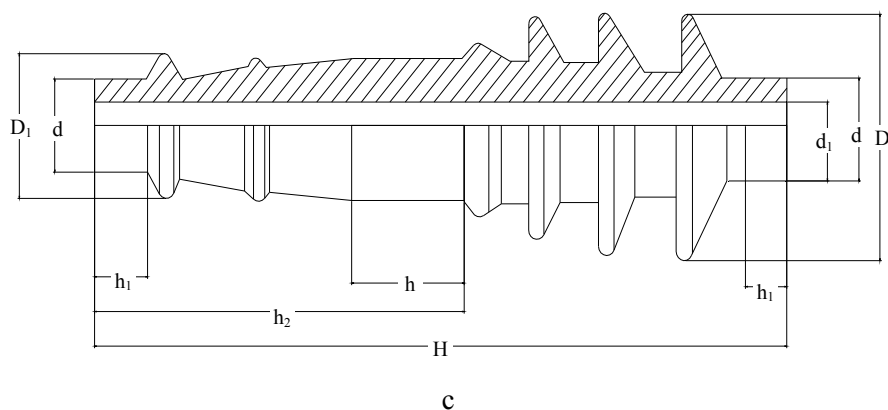
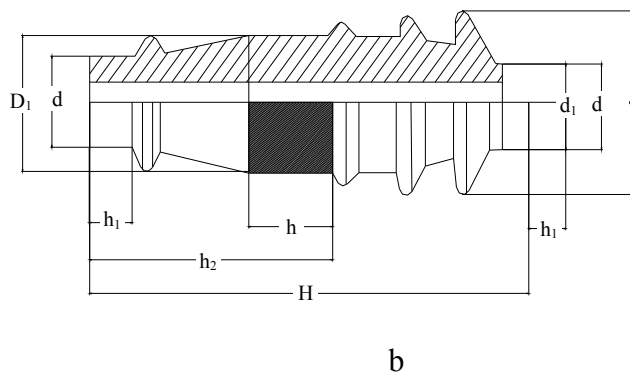
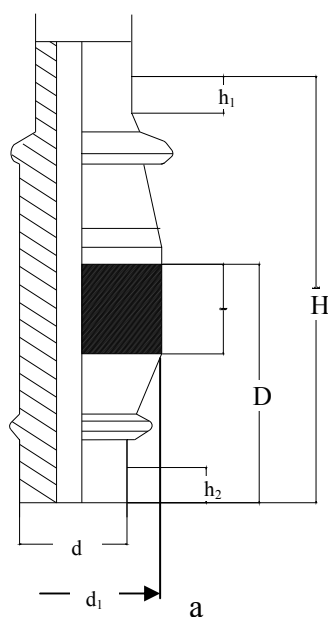


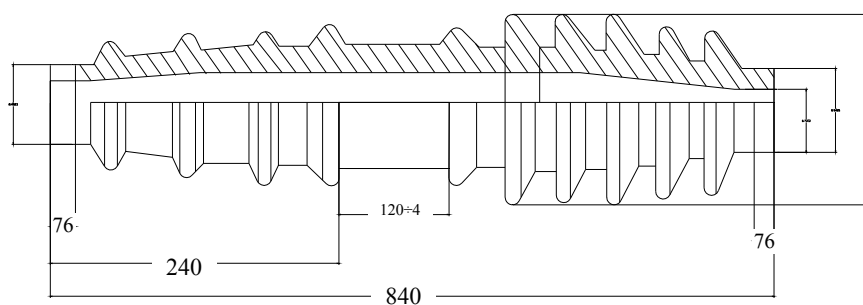
Fig.11. Izolatoare de trecere de tip interior - interior

Tab. 3. Nivel tensiuni, simboluri, dimensiuni și gabarit pentru izolatoare de trecere interio -interior

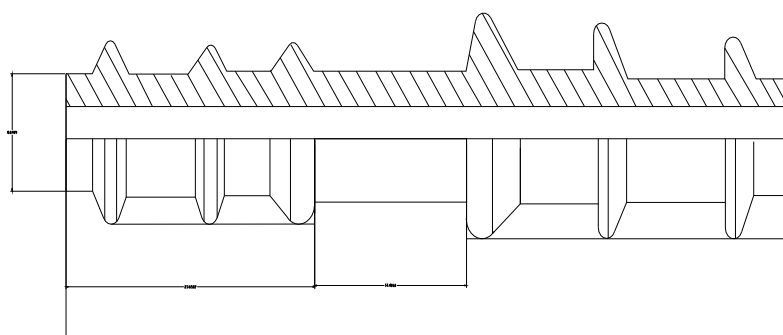
Simbol	Tensiunea nominală [KV]	Fig.	Dimensiuni (mm)								Kg/buc
			H	h	h1	h2	D	D1	d	d1	
FB-1	1	4a.	230	64	20	127	108	80	60	36	1.88
FB-3	3	4b.	282	68		157	120	90		30	2.9
FB-6	6		350	64	23	212	140	98	65	36	4.2
FB-10	10		436	90	26	244	150	105			6.3
FB-15	15		500		28	273	175	112			8.2
FB-20	20	4c.	568		30	385	200	120	75	40	11.6
FB-35	35	4d.	-	-	-	-	-	-	-	-	25
FB-20/400	20	4e.	-	-	-	-	-	-	-	-	9.3

În figura 12.a, 12.b, 12.c, 12.d, 13.e și tabelul 4 se prezintă izolatoare de trecere pentru stații, tip interior-exterior, de medie tensiune.





d



e

Fig. 12. Izolatoare de trecere tip interior - exterior

Tab. 4. Nivel tensiuni, simboluri, dimensiuni și gabarit pentru izolatoare de trecere interio -exterior

Simbol	Tens. nom. [KV]	Fig.	Dimensiune (mm)								Kg/buc.
			H	h	h1	h2	D	D1	d	d1	
TBe 1	1	4a.	230	64	20	127	100	80	60	36	1.88
TBe 3	3	4b.	282	60		157	120	90		30	2.9
TBe 6	6		350	64	23	212	140	98	65	36	4.6
TBe 10	10		436	90	26	244	150	105			6.3
TBe 15	15		500		20	273	175	112			8.2
TBe 20	20	4c.	568		30	385	200	120	75	40	11.6
TBe 35	35	4d.	-	-	-	-	-	-	-	-	25
TBe 20/400	20	4e.	-	-	-	-	-	-	-	-	9.3

În figura 13.a, 13.b, 13.c, 13.d, 13.e și tabelul 5 sunt prezentate izolatoare de trecere tip interior pentru bare, de medie tensiune.

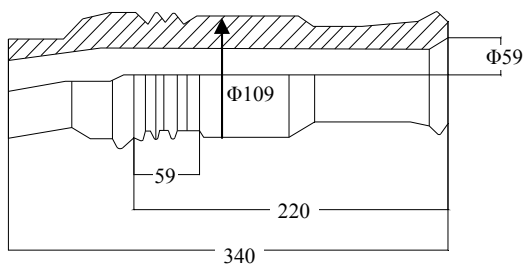


Fig. 13. a

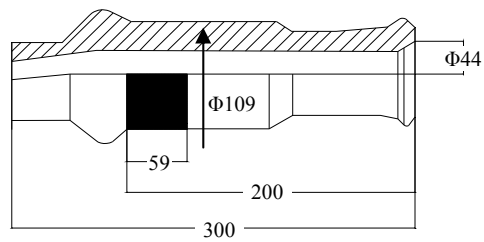


Fig. 13. b

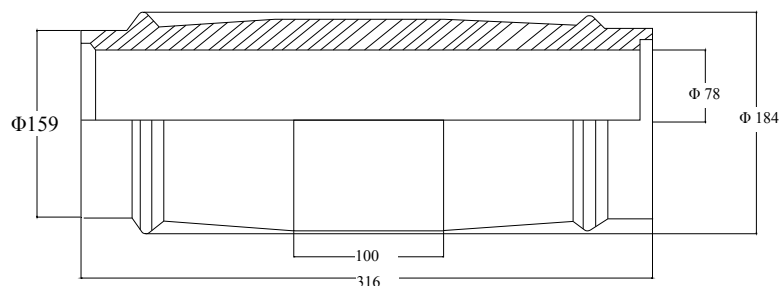


Fig. 13. c

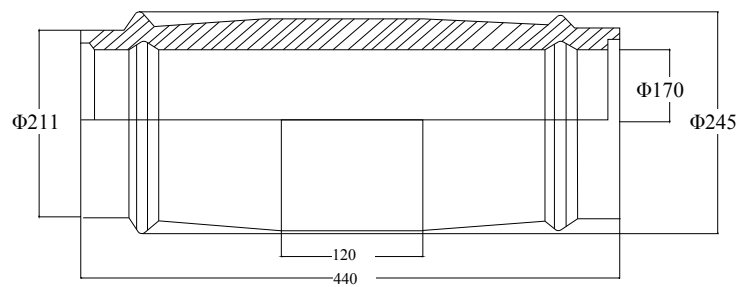


Fig. 13. d

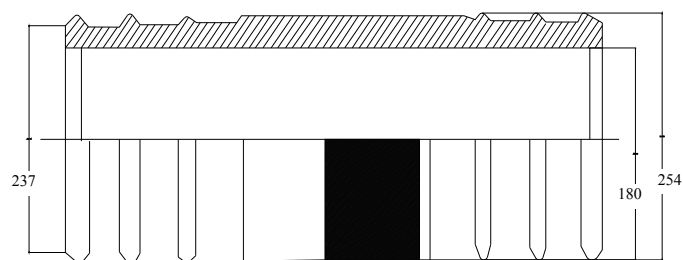


Fig. 13. e

Fig. 13. Izolatoare, de medie tensiune

Tab. 5. Nivel tensiuni, simboluri, dimensiuni și gabarit pentru izolatoare de trecere tip interior pentru bare

Simbol	Tensiunea nominală [KV]	Fig.	Kg./buc.
PB-10	10	5a	3.85
PB-6	6	5b	2.5
TI-10	10	5c	8.1
ATF-10/4000	10	5d	20.5
TD-10/6000	10	5e	30.0

În figura 14.a, 14.b, 14.c și tabelul 6 sunt prezentate izolatoare de trecere pentru transformatoarele de curent. Alte trei tipuri de izolatoare, din aceeași categorie, se prezintă în figura 14.d, 14.e, 14.f și tabelul 6'.

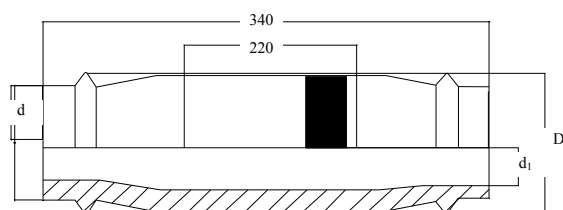


Fig. 14. a

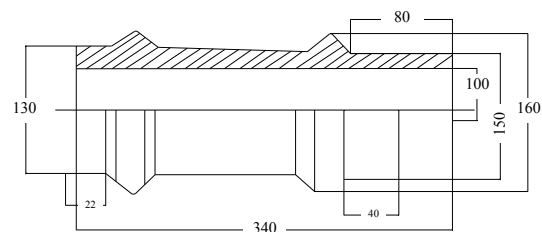


Fig. 14. b

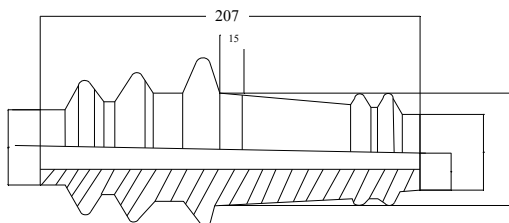


Fig. 14. c

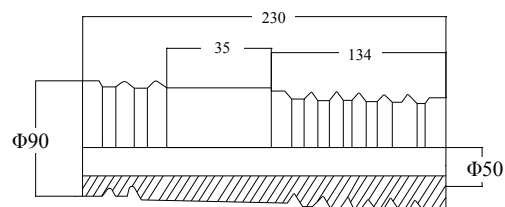


Fig. 14. d

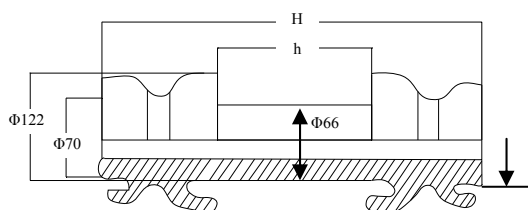


Fig. 14. e

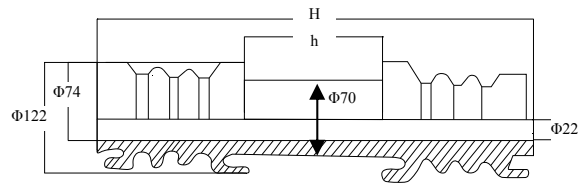


Fig. 14. f

Fig. 14. Izolatoare de trecere pentru transformatoare de curent (TC)

Tab. 6. Nivel tensiuni, simboluri, dimensiuni și gabarit pentru izolatoare de trecere pentru TC

Simbol	Tensiunea nominală [KV]	Fig.	Dimensiuni (mm)			Kg./buc.
			D	d	D1	
ITSD 10 II	10	6a.	230	192	152	19.5
ITSD 10 I	10	6a.	175	140	100	14.2
CTIU 15	15	6b.	-	-	-	4.2
CTIUC 6	6	6c.	-	-	-	1.3

Simbol	Tensiunea nominală [KV]	Fig.	Dimensiuni (mm)				Kg./buc.
			H	h	D	D	
TISU 15	15	6d.	-	-	-	-	2.1
ITI/ II	10	6e.	390	164	-	-	3.95
ITI	10	6e.	451	205	-	-	1.25
ITC/ I	15	6f.	511	165	-	-	4.25
ITC/ II	15	6f.	536	190	-	-	4.5

În figura 15.a, 15.b, 15.c, 15.d și în tabelul 7 sunt prezentate izolatoarele de trecere pentru transformatoarele de tensiune, folosite la 6 si 10 KV.

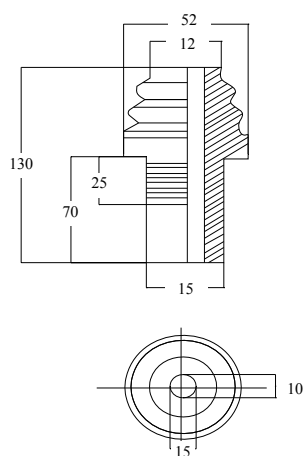


Fig. 15.a

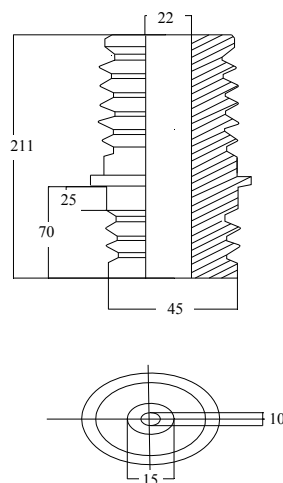


Fig. 15. b

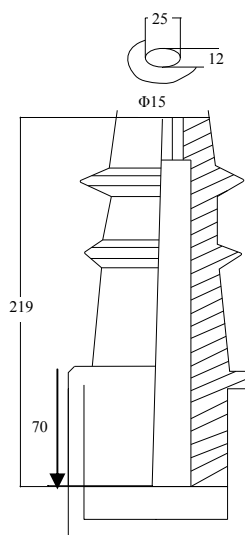


Fig. 15. c

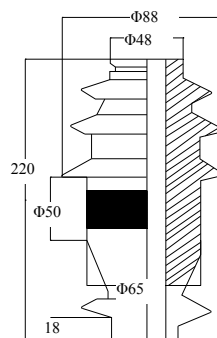


Fig. 15. d

Fig. 15. Izolatoarele de trecere pentru transformatoarele de tensiune (TT)

Tab. 7. Nivel tensiuni, simboluri, dimensiuni și gabarit pentru izolatoare de trecere pentru TT

Simbol	Tensiunea nominală [KV]	Fig.	Kg/buc.
TTMU 6	6	7a.	0.346
TTMU 15	15	7b.	1.45
TTMU 15	15	7b.	1.45
IT-15	15	7c.	1.65
ITC 6	6	7d.	1.4

În figura 16.a, 16.b, 16.c, 16.d, 16.e, 16.f și tabelul 8 se prezintă izolatoare carcasă pentru transformatoare de măsură de înaltă tensiune

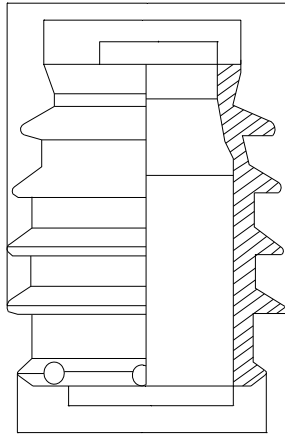


Fig. 16. a

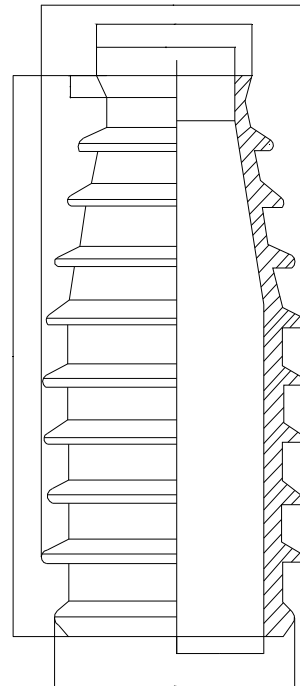


Fig. 16. b

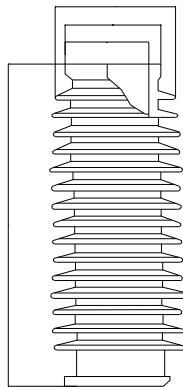


Fig. 16. c

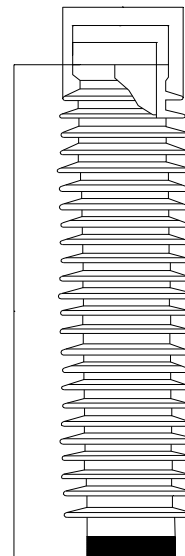


Fig. 16. d

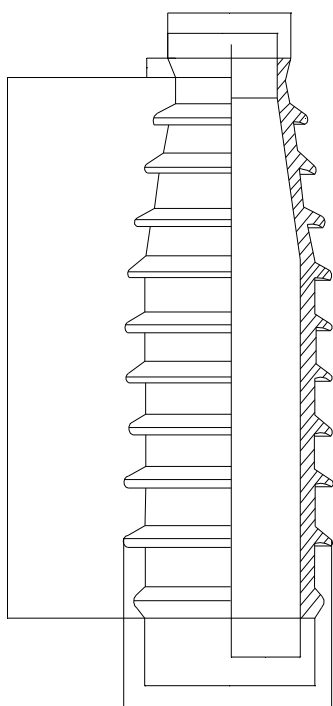


Fig. 16. e

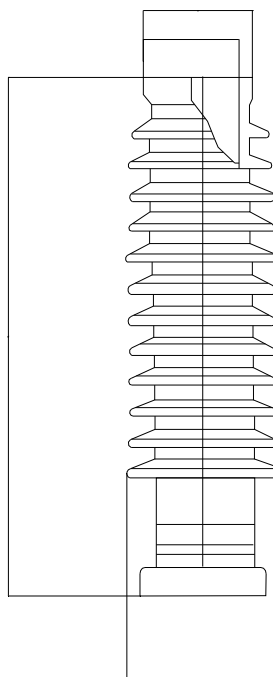


Fig. 16. f

Fig. 16. Izolatoare carcasă pentru transformatoare de măsură (TM) de înaltă tensiune

Tab. 8. Nivel tensiuni, simboluri, dimensiuni și gabarit pentru izolatoare carcasă pentru TM

Simbol	Tensiunea nominală [KV]	Fig.	Nr. aripi	H [mm]	Linia de fugă	Kg/buc.
ICTEU-35	35	8a	-	-	800	57
ITE-110	110	8b	-	-	2140	192
ICESU- TEMU-110	110	8c	-	-	2780	280
TECU-110-220-400	110	8d	-	-	3360	145
CESI-66	66	8e	15	850	1900	35
CESI-110	110	8fe	23	1202	2780	48
CES-110	110	8f	-	-	2780	51

3. ARMĂTURI

Există două categorii de armături: pentru izolatoare și tip suport pentru bare colectoare.

Armăturile pentru izolatoare sunt piese metalice care se montează la capetele acestora (cu ajutorul unui liant) și realizează legătura bară-izolator suport. Ele pot fi folosite pentru izolatoare suport (fig. 17) sau pentru izolatoare de trecere (fig. 18).

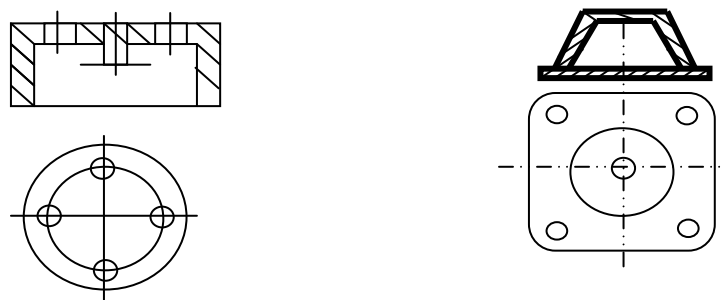


Fig.17. a) capac pentru izolator suport de interior;
b) soclu pătrat pentru izolator suport de interior

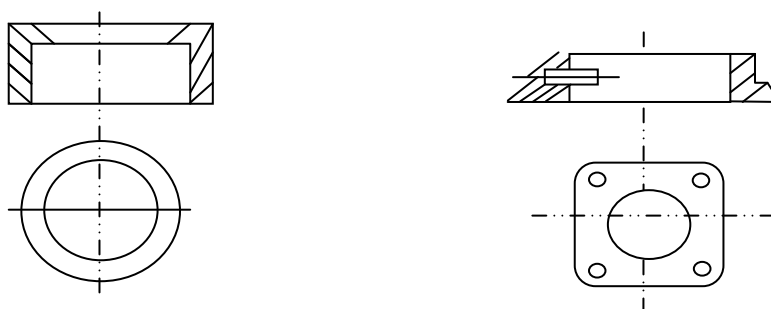


Fig.18. a) capac pentru tija unui izolator de trecere; b) flanșă pătrată pentru izolator de trecere

Armăturile suport pentru bare colectoare sunt folosite la fixarea barelor pe izolatoarele suport. În timpul funcționării, barele se încălzesc și se dilată. Pentru a evita deformarea barelor și solicitarea în suport, armăturile trebuie să permită deplasarea longitudinală a barelor. Deoarece armăturile formează un circuit electric închis, cu secțiunea perpendiculară pe bară, pentru a micșora curenții care iau naștere în armătură, aceasta nu trebuie să formeze un circuit magnetic închis.

Diferite tipuri de armături suport pentru bare sunt prezentate în fig. 19.

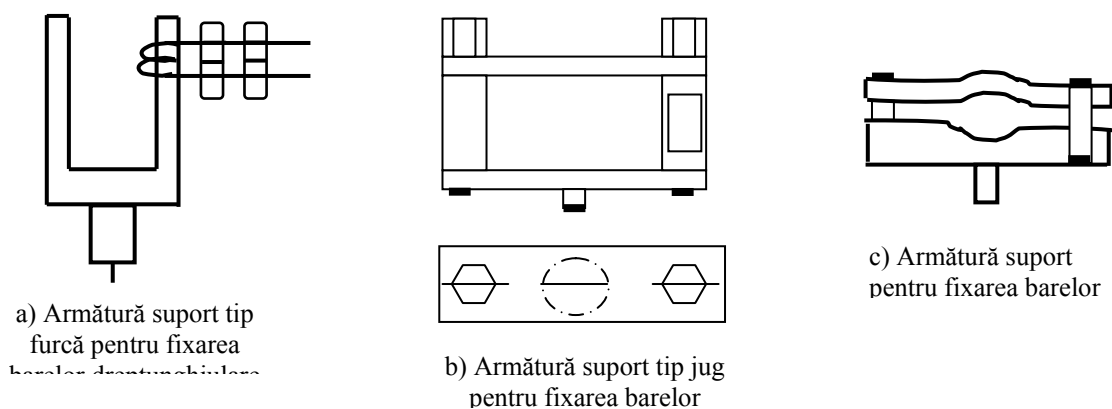


Fig. 19. Modele de armături a), b), c)

4. CLEME

Clemele sunt piese metalice care se folosesc pentru îmbinarea și întinderea barelor sau pentru realizarea derivațiilor. Ele se pot împărți în două categorii:

- pentru bare rotunde din cupru (concentrice);
- pentru conductoare funie.

Diferite tipuri constructive se prezintă în figura 20.

Clemele concentrice de cupru pot fi de legătură (pentru legarea barelor în lung sau în unghi drept), de derivație (pentru legătura în derivație a barelor de cupru cu diametrul egal sau mai mic decât al barei principale), papuc (pentru legarea în lung sau unghi drept a barelor rotunde la aparate) și de susținere (pentru legarea unei bare la un bolț, un orificiu filetat sau pentru izolatoare).

Clemele pentru izolatoare funie din stațiile exterioare pot fi: pentru legare aeriană (drepte sau în derivație) a conductoarelor între ele, pentru legarea la borne plate sau filetate, de legătură la bornele rotunde nefiletate sau cu con pentru întinderea barelor colectoare.

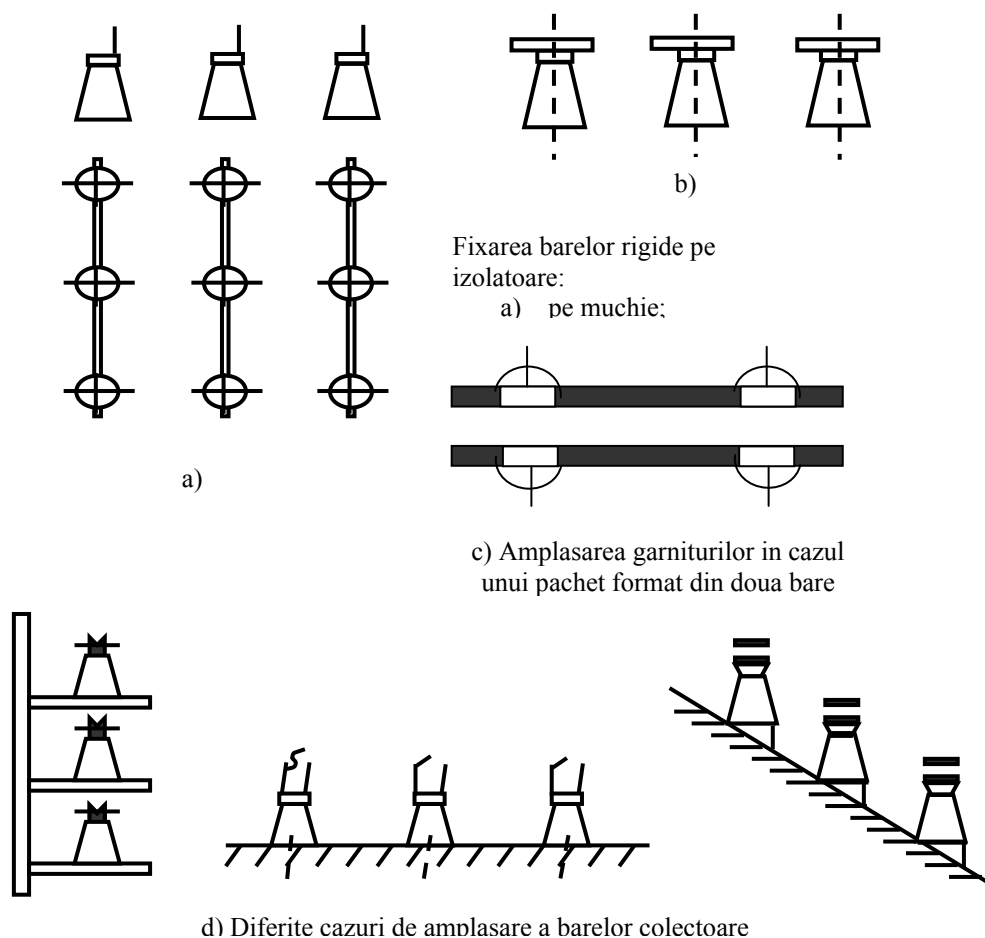


Fig.20. Cleme – amplasare și fixare

5. BARE COLECTOARE

Barele colectoare sunt confecționate din cupru, aluminiu și mai rar, din oțel. Barele colectoare pot fi rigide sau flexibile. Barele rigide se utilizează în special în instalațiile de distribuție interioare și pot avea secțiuni dreptunghiulară, circulară sau inelară. Barele dreptunghiulare se folosesc la tensiuni joase și medii (0.4 - 24KV). La tensiuni de 35 KV sau mai mari nu se folosesc bare dreptunghiulare din cauza efectului corona; se utilizează bare circulare. La tensiuni înalte din cauza diametrului mare necesar prevenirii apariției efectului corona, pentru a nu avea consum exagerat de materiale, barele se confecționează de forma tubulară.

Barele flexibile sunt folosite în instalațiile exterioare și sunt confecționate din conductoare funie de oțel-aluminiu, ca și la liniile electrice aeriene.

În fig.21 se prezintă câteva din modurile de fixare și amplasare a barelor colectoare.

Îmbinarea barelor trebuie realizată cu foarte multă grijă pentru a obține contacte cât mai perfecte. În exploatare este necesară supravegherea îmbinărilor deoarece ele constituie puncte slabe sau chiar focare de avarii.

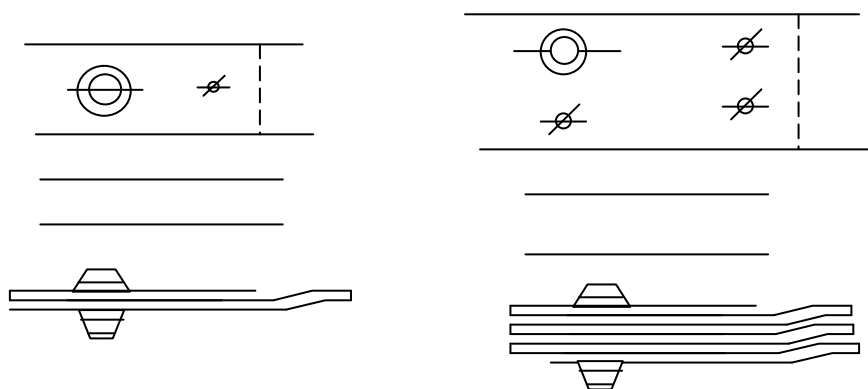
La scurtcircuite apar forțe mari ce tind să desfacă îmbinările barelor, micșorând forțele de strângere și crescând astfel rezistența de contact.

Îmbinarea barelor se poate realiza între bare dreptunghiulare sau circulare (tubulare). Îmbinarea barelor dreptunghiulare se poate executa în mai multe moduri:

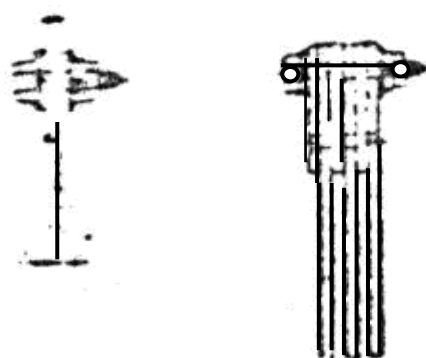
- prin suprapunere și strângere cu buloane traversante;
- prin suprapunere și strângere cu piese de strângere ;
- cap la cap cu piese de strângere și buloane traversante;
- prin sudură.

Câteva din aceste metode se prezintă în figura 21.

Îmbinarea barelor rotunde se realizează cu ajutorul clemelor concentrice (fig. 22) de diferite tipuri. Se folosește un manșon filetat la capete (1) sub care se așează niște bușe conice despicate (2), ce îmbracă barele rotunde (3).



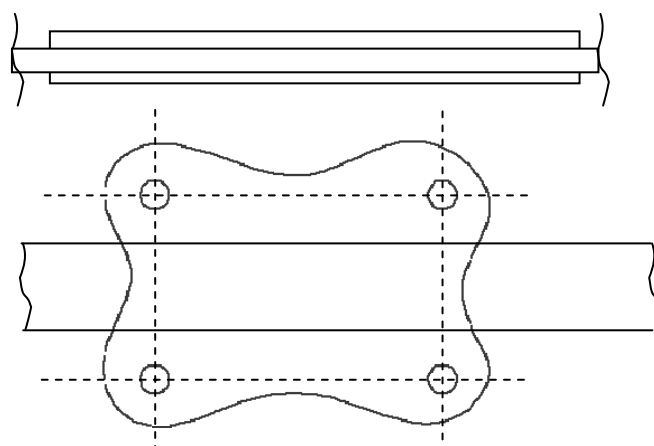
a) îmbinarea în prelungire prin suprapunere și strângere cu buloane traversante.



b) îmbinarea în derivație prin suprapunere și strângere cu buloane traversante.



c) Îmbinarea cu eclise și buloane traversante



d) Îmbinarea prin suprapunere și strângere cu piese de strângere

Fig. 21 Îmbinare și fixarea barelor colectoare

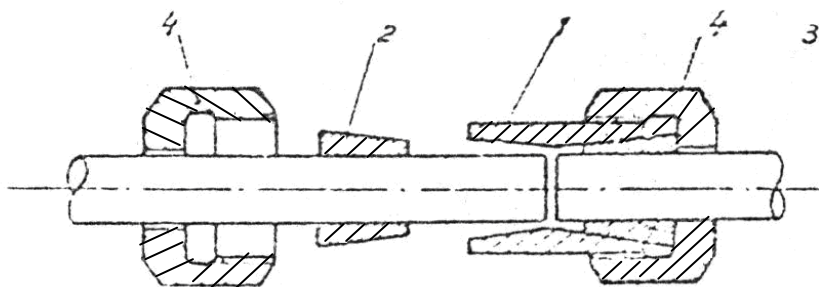


Fig.22. Îmbinarea barelor rotunde cu cleme

6. MODUL DE DESFĂȘURARE AL LUCRĂRII

În laborator, studenții au la dispoziție cataloage și prospecte ale firmelor furnizoare de materiale specifice realizării circuitelor primare, planșe cu desene ale unor echipamente de înaltă tensiune la realizarea cărora s-au folosit aceste materiale, în care se indică principalele caracteristici tehnice ale acestora, precum și un stand cu materiale și echipamente diverse: izolatoare, cleme, armături, bare, separatoare de medie tensiune, transformatoare de curent și tensiune de diverse tipuri, descărcătoare cu rezistență variabilă, elemente constructive ale unor tipuri de întrerupătoare.

- Se vor studia materiale specifice folosite la executarea circuitelor electrice primare, existente în laborator: forma, dimensiunile lor, caracteristici tehnice, poziția de montaj, modul de întreținere sau de reparare, etc.
- Folosind cataloagele și planșele din laborator, studenții vor fi puși în situația de a alege pentru un circuit primar cu caracteristici date diverse materiale și echipamente.
- Folosind, de asemenea, cataloagele, prospectele și planșele din laborator, precum și cunoștințele de la alte discipline, studenții vor trebui să identifice diferite materiale și echipamente din stand.
- Practic, se vor executa câteva lucrări:
 - a) Montarea și demontarea unor izolatoare suport pentru bare;
 - b) Montarea și demontarea barelor dreptunghiulare folosind armătură tip jug;
 - c) Executarea derivațiilor de la bare la aparate folosind izolatoare suport și armăturile necesare;
 - d) Montarea și demontarea pachetelor de bare.

CIRCUITE SECUNDARE

Materiale și echipamente specifice

1. Generalități

Circuitele secundare se mai numesc și circuite de comandă-control.

Circuitele de comandă sunt acele circuite care servesc la acționarea de la fața locului sau de la distanță a diverselor mecanisme aparținând aparatelor de conectare și reglare.

Circuitele de control sunt acele circuite care deservesc instalațiile de protecție, automatizare, măsurare, semnalizare și blocaj.

Instalațiile de comandă-control trebuie să îndeplinească următoarele funcțiuni:

- a) Comanda centralizată sau locală a instalațiilor deservite;
- b) Controlul stării și comportării echipamentelor și instalațiilor energetice;
- c) Protecția echipamentelor și a instalațiilor împotriva avariilor și regimurilor periculoase;
- d) Asigurarea calității energiei livrate;
- e) Mărirea gradului de siguranță în funcționare și a disponibilității instalațiilor și echipamentelor energetice;
- f) Asigurarea automatizărilor de separare în zone a sistemului energetic în caz de avarii grave;
- g) Asigurarea conducerii centralelor termoelectrice atât în regim de funcționare interconectată cât și în regim insular, cu consumatorii de pe platformă și pe serviciile proprii- pentru centralele de condensare și de termoficare.

2. Realizarea legăturilor electrice ale circuitelor secundare

Conductoarele utilizate la realizarea legăturilor electrice ale circuitelor secundare sunt numai din cupru.

Prin excepție, se admite folosirea celor din aluminiu cu secțiunea de minim 10mm^2 . Se interzice racordarea conductoarelor din Al la cleme de șir sau în alt fel de racordare care nu asigură rezistența mecanică a legăturii în exploatare.

Conductoarele izolate din Cu trebuie să aibă următoarele secțiuni, respectiv diametre minime:

- a) În circuitele funcționând la tensiuni până la 60 V inclusiv, 0,5 mm diametru (mai puțin circuitele racordate la secundarele transformatoarelor de curent, în care secțiunea minimă va fi de $1,5\text{mm}^2$).
- b) În circuitele funcționând la tensiuni mai mari de 60 V, $1,5\text{mm}^2$ (mai puțin circuitele de semnalizare la care se admit secțiuni minime de 1mm^2).
- c) La legăturile aparatelor în execuție miniaturizată care nu permit din motive constructive secțiunea de $1,5\text{mm}^2$, respectiv 1mm^2 , se admite secțiunea minimă de $0,8\text{mm}^2$ în următoarele condiții:
 - legăturile la borne se fac prin lipire;
 - clemele de șir corespund secțiunii minime de $0,8\text{mm}^2$.

3. Materiale și echipamente specifice folosite pentru realizarea circuitelor secundare ale centralelor și stațiilor

Aparatele și echipamentele folosite pentru realizarea circuitelor secundare au rolul de a realiza funcțiile de conectare, comandă, semnalizare și măsurare conform schemelor electrice ale instalației respective, iar cu ajutorul materialelor electrice se realizează funcțiile de legătură între diferitele aparate și funcțiile de izolare.

În circuitele secundare ale centralelor și stațiilor se utilizează o mare diversitate de aparate și materiale.

Se prezintă în continuare o clasificare a acestora insistându-se îndeosebi asupra acelor care au o complexitate mai mare, folosite aproape în exclusivitate în circuitele secundare ale centralelor și stațiilor electrice și a căror cunoaștere este absolut necesară pentru înțelegerea schemelor, și deci a funcționării instalațiilor electroenergetice.

3.1 Aparat de conectare manuală

3.1.1. Înteruptoarele cu pârghie sunt aparate electrice care servesc la conectarea și deconectarea de la rețea a circuitelor de lumină și forță.

Închiderea și deschiderea circuitului se realizează prin intermediul unui contact mobil în formă de braț de pârghie.

Contactele sunt de tip elastic, realizate din alamă și argintate.

Acest tip de aparate se execută în două variante constructive: protejate în carcasă de bachelită și neprotejate.

Ele se realizează pentru curenți diferiți (25,63,200,350,600,1000A) în variante monopolare, bipolare sau tripolare, cu cuțite de întrerupere bruscă sau fără (v. fig. 1).

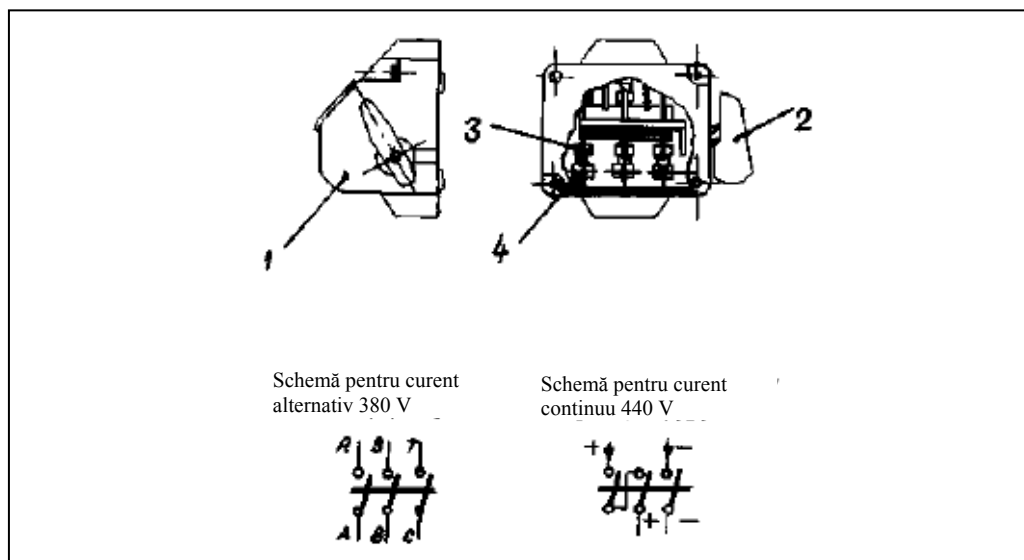


Fig.1 Întreruptor cu pârghie tripolar de 25A

1 – carcasă de bachelită; 2 – manetă de acționare; 3 – contacte; 4 - borne

Aceste aparate au capacitatea de rupere egală cu cel mult curentul nominal. Se pot utiliza atât în curent alternativ, cât și în curent continuu; în acest din urmă caz, două căi de curent se leagă în serie. Se montează aparatele pe panouri, ziduri sau construcții metalice.

Înteruptoarele cu pârghie de curenți mai mari se execută pentru montaj în dulapuri de aparate, fiind în construcție neprotejată.

Acționarea lor se execută cu o manetă de acționare montată pe peretele lateral al dulapului. Construcția unui astfel de aparat este arătată în figura 2.

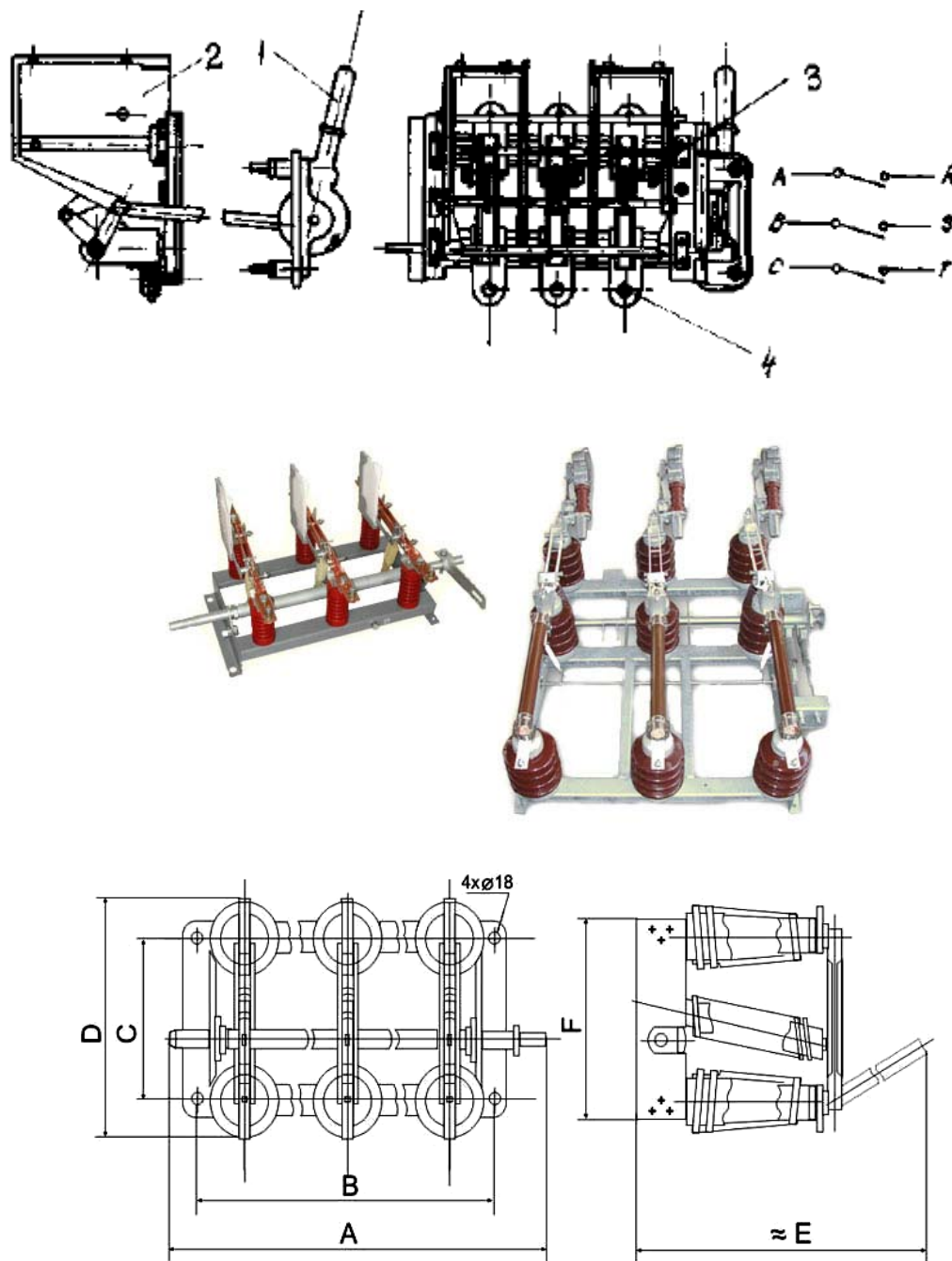


Fig. 2. Întrerupător pârghie

1. maneta de acționare; 2. camera de stingere; 3. contacte; 4. borne

Aparatul se montează în poziție verticală, legătura cu maneta de acționare din exterior realizându-se prin intermediul unei tije. Pentru ușurarea stingerii arcului electric, aparatul este prevăzut cu camere de stingere, realizate din azbociment .

Se execută pentru curenți nominali de 200, 350, 600 și 1000 A.

3.1.2. Întrepruptoarele și comutatoarele pachet sunt aparate de conectare de joasă tensiune cu acționare manuală, care se caracterizează prin aceea că ansamblul aparatului se obține prin asamblarea pe un ax comun a unui număr variabil de elemente de construcție similară, fiecare element cuprinzând o cale de curent. Se obține astfel un pachet de elemente, comandat simultan de aceeași manetă.

Maneta de acționare realizează rotirea axului care poartă contactele mobile prin intermediul unui mecanism de sacadare, care face ca mișcarea contactelor să se realizeze brusc, independent de viteza de rotire a manetei.

Elementele aparatului sunt executate din bachelită, sub formă de discuri, și poartă două contacte fixe, legătura între acestea realizându-se prin intermediul unei punți.

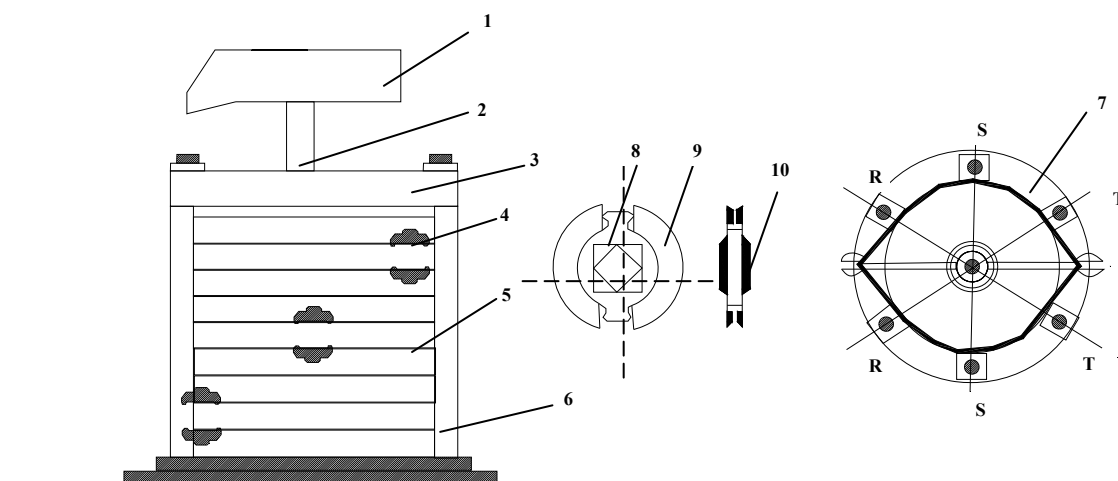
Stingerea arcului electric se realizează într-o cameră închisă realizată între două discuri izolante.

Construcția unui astfel de aparat este prezentată în figura 3.

Acest tip de aparate sunt caracterizate prin aceea că, la un gabarit mic, permit întreruperea unor curenți relativ mari.

Acest tip de întreruptor este larg folosit în instalațiile electrice, la circuitele electrice ale mașinilor-unelte, la panouri și pupitre de comandă, etc., datorită gabaritului redus și al performanțelor pe care le are.

Întrepruptoarele pachet se execută pentru curenți de 10, 25 și 63 A, tensiune 380 V c.a. sau 220 V c.c. Pe același principiu ca și întreruptoarele pachet, se construiesc comutatoarele pachet, la care numărul de elemente este însă mai mare, și pot realiza un număr mare de scheme de comutare, prin poziționarea corespunzătoare a elementelor și contactelor.



1 – manetă; 2 – ax; 3 – mecanism de sacadare; 4 – borne; 5 – disc izolant; 6 – tiranți de fixare; 7 – placă de fixare; 8 – contacte mobile; 9 – izolație; 10 – distanțator.

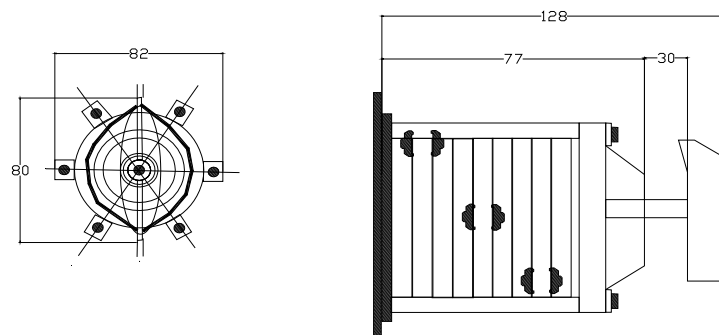


Fig.3 Comutator pachet de 25A

3.1.3 Înteruptoare si comutatoare cu came se aseamănă constructiv cu întreruptoarele pachet, fiind realizate tot prin suprapunerea unui număr variabil de elemente identice, manevrate de un ax comun. Deosebirea față de cele precedente este următoarea:

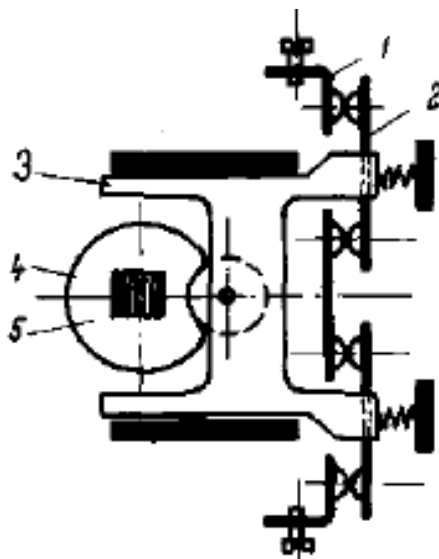
- la întrerupătoarele pachet, contactele mobile se rotesc odată cu axul de acționare, în timp ce contactele fixe sunt așezate pe un cerc periferic; închiderea și deschiderea se realizează între contacte cu frecare tip furcă;
- la cele cu came contactele mobile execută mișcări de translație, închiderea și deschiderea circuitelor realizându-se cu ajutorul unor contacte de presiune punctiforme, fără frecare.

Comutatoarele cu came se clasifică după curentul nominal (16,40,63 A), după numărul de poziții ferme și cu revenire ale sistemului de sacadare și după schema electrică (v. fig.4).

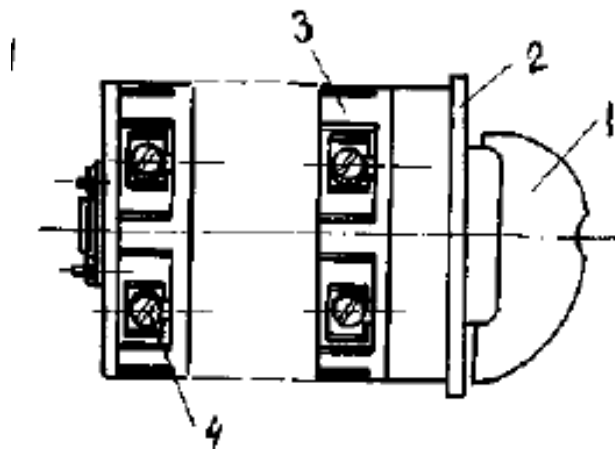
Viteza de deschidere a contactelor la acest tip de aparate depinde de viteza de acționare a operatorului. Aparatele sunt prevăzute cu o placă frontală din material plastic transparent, sub care se introduce o placă de marcaj, și un miner de acționare.

Comutatoarele se realizează cu mai multe poziții, care pot fi ferme (reținute) și cu revenire (nereținute).

Se fabrică comutatoare având curenții nominali de 16, 40 și 63 A și tensiunea 380 V c.a. (440 V c.c. și 500 V c.a. pentru cele de 16 A), putând avea până la unsprezece etaje a câte două rânduri de contacte (căi de curent) și maximum opt poziții.



1 – contact fix; 2 – punți de contact mobile; 3 – glisieră; 4 – camă; 5 – ax.



1- manetă; 2 – placă frontală; 3 – etaj; 4 – bornă.

Fig.4. Dimensiuni de gabarit și montaj ale comutatorului cu came

Modele de comutatoare



Schema	In (A)	Nivele	Marcaj	Cod catalog
Q10 Pornirea si oprirea motoarelor electrice Pornirea si oprirea tensiunii la consumatori	20	2	LW26-20Q	492201
	25	2	LW26-25Q	492251
	32	2	LW26-32Q	492321
	63	2	LW26-63Q	492631
	125	2	LW26-125Q	492951
	160	2	LW26-160Q	492961



Schema	In (A)	Nivele	Marcaj	Cod catalog
N11 Trei pozitii - 2 start si 1 stop; schimbare de sens	20	3	LW26-20N	492202
	25	3	LW26-25N	492252
	32	3	LW26-32N	492322
	63	3	LW26-63N	492632
	125	3	LW26-125N	492952
	160	3	LW26-160N	492962



Schema	In (A)	Nivele	Marcaj	Cod catalog
H5881/3 - 85 pentru cuplarea infasurarilor transformatorului	32	3	LW26-32H 5881/3	492324
	63	3	LW26-63H 5881/3	492634

3.1.4. Prize, fișe, cuple

Sunt aparate electrice de joasă tensiune, utilizate pentru racordarea la rețea a unor consumatori mobili. Prizele și fișele industriale se execută bipolare sau tripolare, putând fi cu sau fără contacte de protecție. Cele tripolare se execută întotdeauna cu contact de protecție. Contactul de protecție se leagă la conductorul de nul de protecție al instalației sau direct la centura de pământ. Piciorul de contact al fișei destinat legării utilajului la pământ este mai lung, astfel că la introducerea fișei în priză legătura de protecție se stabilește în avans față de legătura la rețea.

Construcția este astfel realizată încât introducerea fișei nu este posibilă decât în poziție corectă. Din punct de vedere constructiv, prizele bipolare se execută pentru montaj îngropat (sub tencuială, intenc) sau aparent (pe tencuială), în carcase din bachelită, mase plastice, silumin, fontă. Pot fi realizate de asemenea în diferite variante de protecție, după destinație.

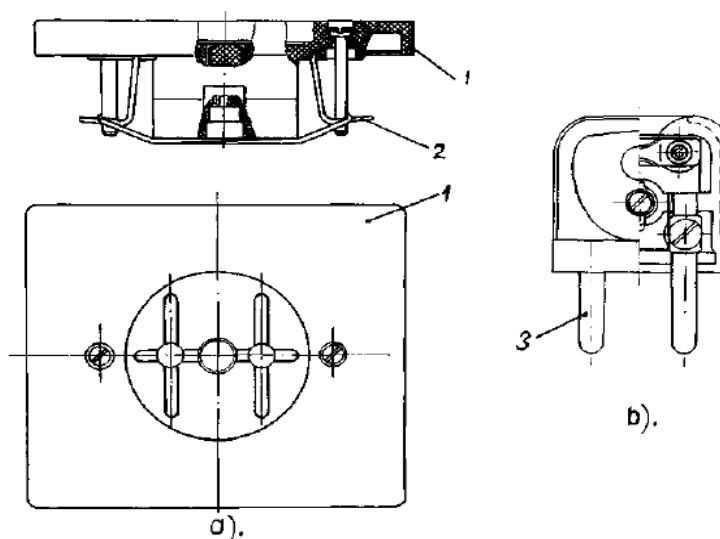
În figura 5 este prezentată construcția unei prize bipolare pentru montaj îngropat și a unei fișe, având curentul nominal de 10 A și tensiunea 250 V, cu utilizare generală în instalațiile electrice interioare.

Prizele și fișele bipolare se execută pentru curenți nominali de 6 și 10 A.

Prizele și fișele tripolare se execută în format plat sau rotund în carcasă de bachelită sau metalică, pentru curenți nominali de 10, 16, 25, 63 și 100 A.

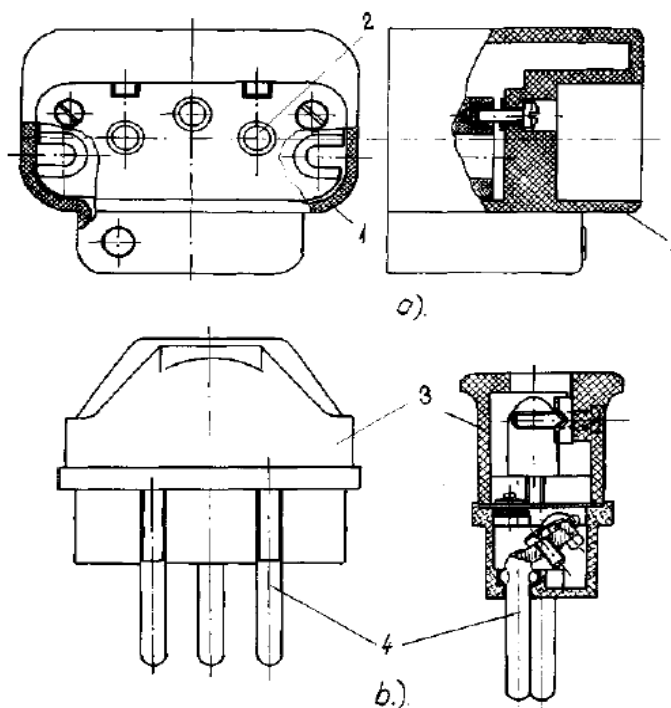
Construcția unei prize și fișe tripolare de 10 A, în carcasă de bachelită plată este arătată în figura 1.7., iar în figura 1.8., este prezentată construcția unei prize și fișe în carcasă de siluminiu,

format rotund, de 25 A și 36 V, utilizată în instalații electrice unde se cere un grad ridicat de protecție (ansamblul prezentat are gradul de protecție IP 431). Contactele utilizate la prize și fișe sunt executate din alamă, sunt de tip elastic, cu arcuire proprie sau prevăzute cu resoarte. Durata de conectare este de 100 % , iar capacitatea de rupere la scoaterea fișei este de 1,25 IN (IN = curentul nominal). Cuplele sunt prize mobile, care se montează la capătul unui cablu de alimentare, având același rol ca și prizele fixe. Pentru utilizări speciale (în tracțiune electrică, mine, etc.) se realizează prize și fișe cu contacte multiple, mai mare decât trei (13, 18, 37, etc.).



a – priză; b – fișă; 1 – capac; 2 – gheare de fixare; 3 – contactul fișei.

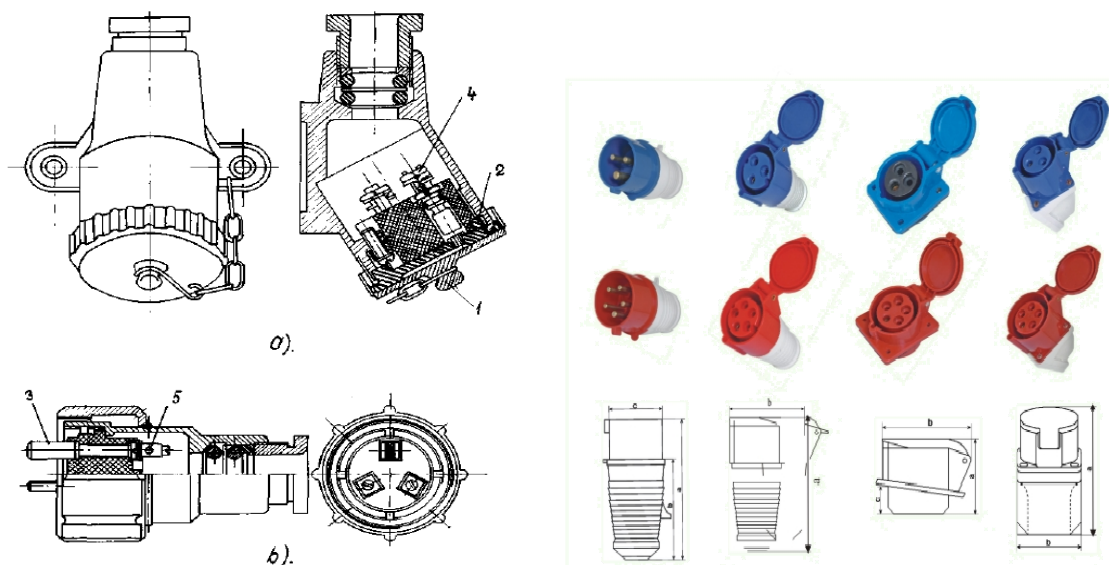
Fig. 5. Priza și fisa bipolară



a – priză; b – fișă;

1 – corpul prizei; 2 – contactul prizei; 3 – corpul fișei; 4 – contactul fișei.

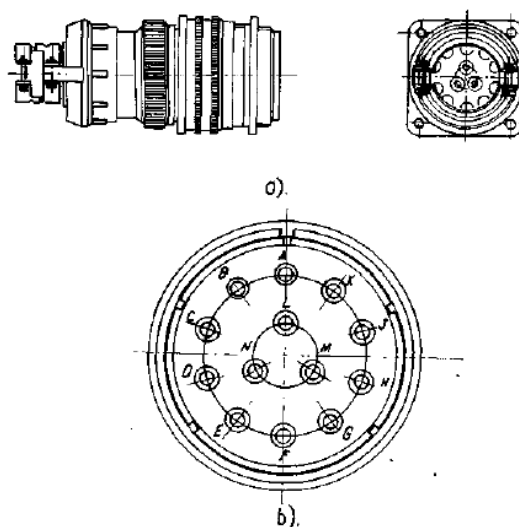
Fig.6. Priza și fișa tripolară



a – priză; b – fișă; 1 – capac; 2 – garnitură; 3 – contact; 4 – bornă priză; 5 – bornă fișă

Fig.7. Priza și fișa tripolară

În figura 8 este prezentată construcția unei prize și fișe cu 13 contacte, utilizată în curent continuu, având curentul nominal 6 A și tensiunea 175 V. Priza se montează într-o decupare a panoului, iar fișa la capătul cablului de racord.



a – priză și fișă cuplate; b – marcarea bornelor

Fig.8. Priza și fișa cu contacte multiple

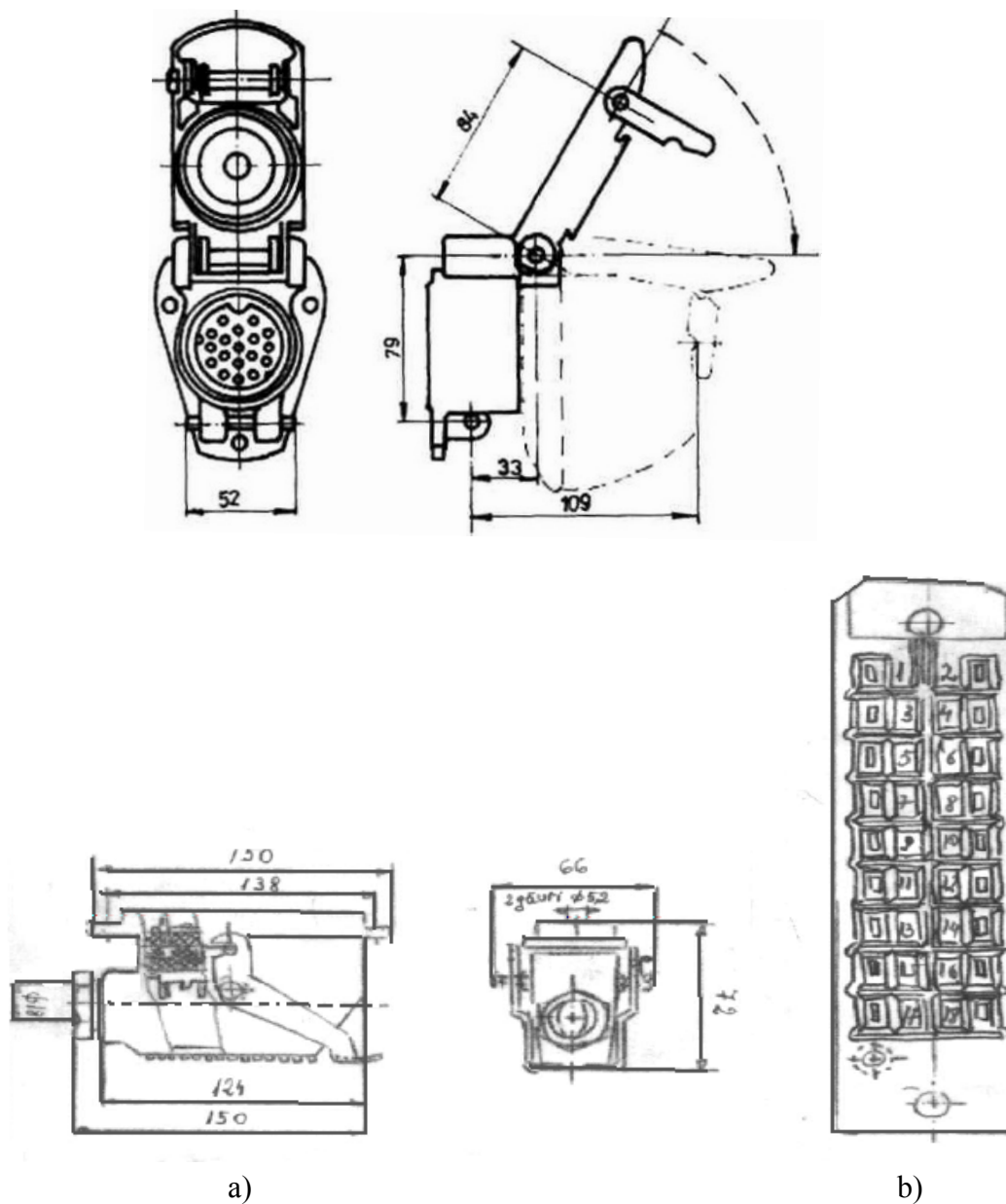


Fig. 9. Priză și fișă cu 18 contacte: a) cote de gabarit; b) marcarea bornelor.

3.2. Aparate de protecție

3.2.1. Siguranța fuzibilă este un aparat de comutație, care are rolul de a întrerupe circuitul în care este montată prin fuziunea unui element calibrat, când curentul care parcurge circuitul depășește o anumită valoare pe o anumită durată.

Construcția siguranțelor fuzibile este simplă și robustă, constituind cel mai simplu, sigur și eficace sistem de protecție împotriva curenților de suprasarcină și scurtcircuit, având cea mai mică stabilitate termică din circuit.

Siguranța fuzibilă este un declanșator termic nereglabil; topirea ei și întreruperea circuitului se realizează la o anumită valoare a curentului, care pentru o siguranță dată nu poate fi modificată. După funcționare, elementul fuzibil iese din uz, și trebuie înlocuit; prețul redus justifică economic utilizarea lor.

Procesul de deconectare (ardere) al unei siguranțe fuzibile cuprinde următoarele faze distincte:

- încălzirea fuzibilului până la temperatura de topire;
- topirea și vaporizarea elementului fuzibil;
- apariția arcului electric după străpungerea spațiului dintre contactele siguranței;
- stingerea arcului (deconectarea circuitului).

Siguranțele fuzibile de joasă tensiune pot fi clasificate în următoarele categorii:

- siguranțe fuzibile cu mare putere de rupere (M.P.R.), utilizate în instalații electrice industriale, având curenții nominali între 63 A și 630 A la tensiuni până la 1000 V;
- siguranțe fuzibile unipolare cu filet, utilizate în instalații electrice industriale și casnice, având curenții nominali între 6 A și 100 A, la tensiuni până la 1000 V.
- siguranțe miniatură, utilizate în aparatele electrice de mică putere (aparate de radio, televizoare, etc.), având curenții nominali între 0,1 A și 10 A, la tensiuni până la 550 V.

Caracteristicile și parametrii principali ai siguranțelor fuzibile

Proprietățile și performanțele siguranțelor fuzibile pot fi apreciate și comparate pe baza unor parametri și caracteristici specifice.

Parametrii principali ai siguranțelor fuzibile sunt:

- curentul nominal al soclului;
- curentul nominal al elementului fuzibil;
- curentul limită de topire al fuzibilului;
- tensiunea nominală a siguranței fuzibile;
- curentul de rupere;
- puterea de rupere.

Curentul nominal al soclului este cel mai mare curent standardizat, de valoare constantă, care poate fi suportat un timp nedeterminat, fără ca temperaturile diferitelor părți ale soclului să depășească valorile maxime admisibile. Un anumit soclu poate fi echipat de obicei cu mai multe elemente fuzibile de diferiți curenți nominali; curentul nominal al soclului este curentul nominal al celui mai mare fuzibil care poate echipa soclul respectiv.

Curentul nominal al elementului fuzibil (patron) reprezintă curentul de durată standardizat la care elementul fuzibil trebuie să funcționeze timp îndelungat, fără să se topească. Curentul nominal al fuzibilului se determină prin calibrarea sa, pe bază de încercări. Curenții nominali, atât pentru socluri cât și pentru elementele fuzibile, corespund unei scări de valori nominală stabilită prin norme, pe baza recomandărilor C.E.I.

Curentul limită de topire al fuzibilului, reprezintă acel curent până la care elementul fuzibil nu se topește un timp îndelungat, cuprins practic în cursul a una sau două ore. În unele norme se indică cel mai mare curent la care nu se produce încă topirea într-un timp dat și curentul cel mai mic la care trebuie să se producă topirea într-un timp dat. Astfel, de exemplu, la curentul nominal de 80 A și durata de încercare de două ore, curentul maxim la care nu se produce încă topirea este de 1,32 IN, iar curentul la care trebuie să se producă topirea este de 1,61 IN.

La trecerea prin elementul fuzibil a curentului limită de topire, acesta se topește, teoretic, după un timp infinit.

Tensiunea nominală a siguranței fuzibile, reprezintă valoarea tensiunii standardizate pentru care a fost construită siguranța. În exploatare, siguranța trebuie să poată funcționa corect și la o tensiune maximă $U = 1,15 U_N \text{ max}$.

Curentul de rupere (capacitatea de rupere) (I_r) reprezintă valoarea maximă a curentului de scurtcircuit, pe care îl poate rupe siguranța, în condiții de încercare prevăzute de norme, fără a se deteriora.

Puterea de rupere a siguranței fuzibile se determină cu relația:

$$\underline{P_r = \sqrt{3} \cdot U_N \cdot I_r}$$

3.2.2. Construcția siguranțelor fuzibile

Siguranțele cu mare putere de rupere (M.P.R.) se compun din următoarele elemente: soclul siguranței, elementul înlocuitor (patronul fuzibil) și mânerul de manevră.

În figura 3.4. sunt prezentate elementele care compun o astfel de siguranță. Soclul siguranței (a) este realizat dintr-o piesă de bază 1, confecționată din ceramică, pe care sunt montate furcile 2, în care se introduce patronul. Contactul este asigurat datorită arcurilor 3 care realizează strângerea terminalelor patronului în furcă. Legăturile în circuit se asigură prin intermediul șuruburilor de borne.

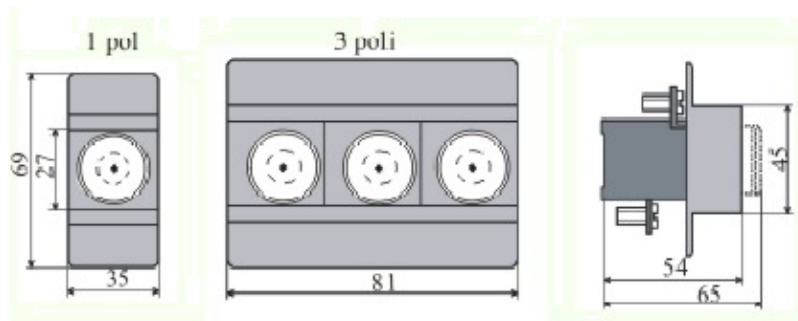


Siguranțe fuzibile de joasă tensiune

Siguranțe fuzibile

- cu capacitate mică de rupere (fig.10);
- cu capacitate medie de rupere:
 - cu filet (fig. 11);

-

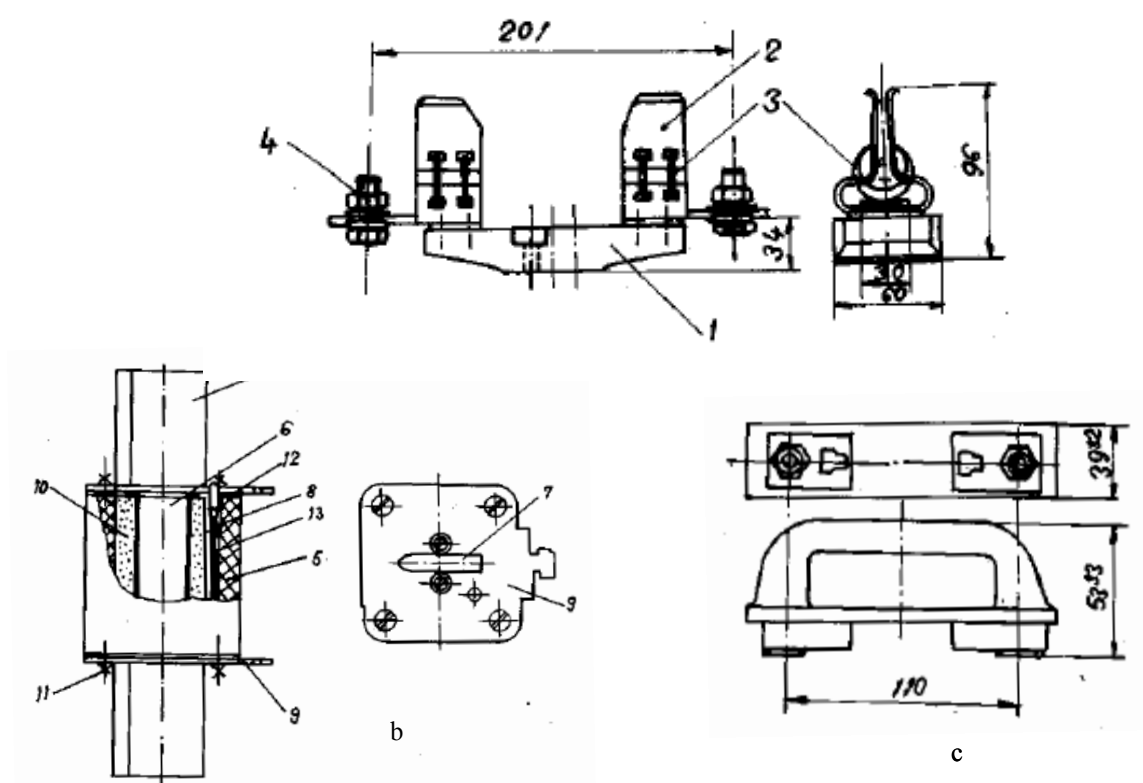
[illegible]

a) b)

Codul	In A	Dimensiunile , mm													
		D	Dm	a	b	c	d	e	f	g	h	i	t	u	v
2031	25	E27	34	41	73	46	M5	46	28	0.3	13	—	8	4	8
2041	60	E33	45	51	87	48	M6	56	32	0.3	13	23	8	5	15

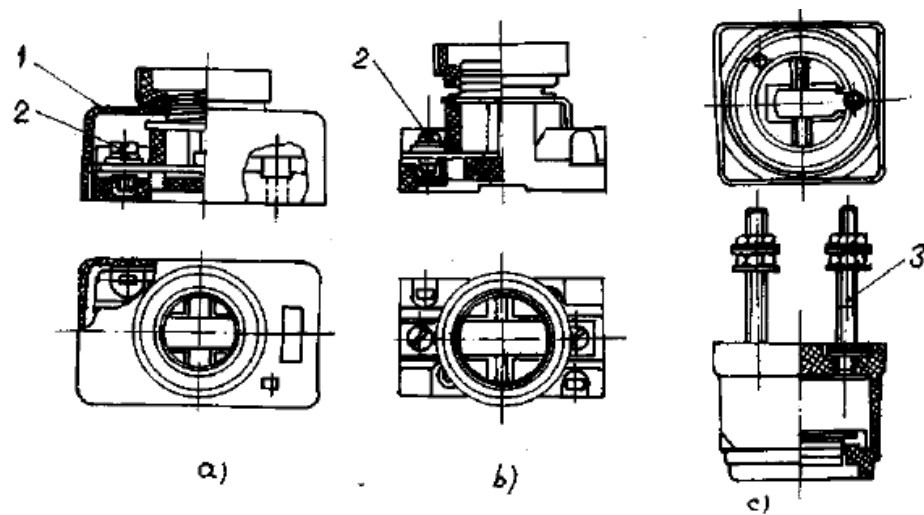
a – soclu pentru siguranța tip LF 25A; b – patron fuzibil

Fig. 11. Siguranțe cu capacitate medie de rupere :



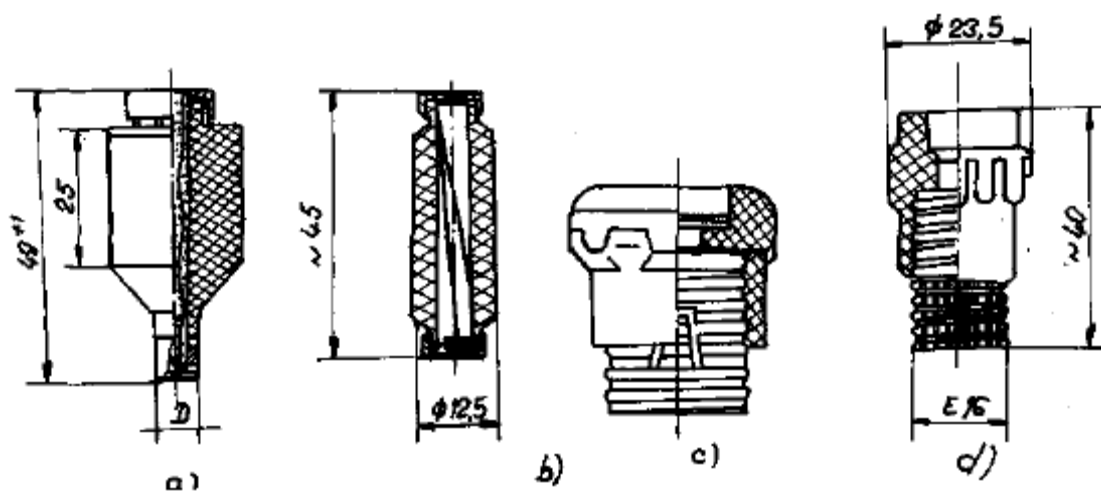
a – soclu; b – patron fuzibil; c – mâner de manevră; 1 – piesă de bază; 2 – furcă; 3 – arc;
4 - șurub de bornă; 5 – corp; 6 – element fuzibil; 7 – cuțit de contact; 8 – semnalizator;
9 – capac; 10 – nisip; 11 - șurub; 12 – garnitură; 13 – fir de semnalizare

Fig. 12 Siguranțe cu mare putere de rupere: a) fuzibil siguranță MPR-315A; b) soclu siguranță MPR 315A; c) mâner pentru siguranțe fuzibile MPR 315 și 630A.



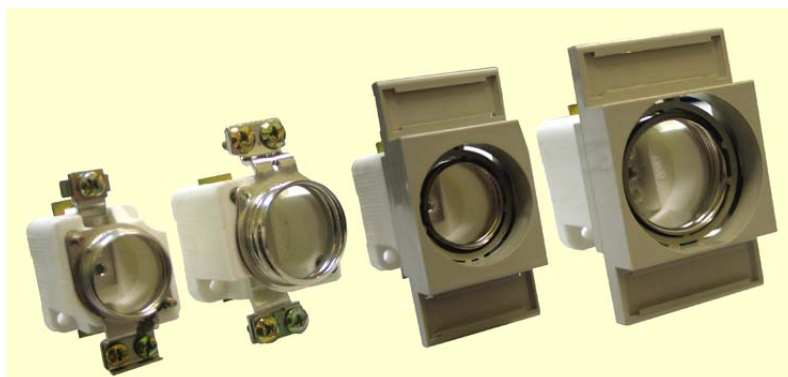
a – soclu LF; b – soclu mignon Lfi; c – soclu LS; 1 – capac de protecție;
2 – borne; 3 - șuruburi de borne și de fixare

Fig.13. Socluri pentru siguranțe fuzibile unipolare



a – patron fuzibil pentru siguranțe LF, Lfi, LS; b – patron fuzibil pentru siguranțe mignon;
c – capac pentru siguranțe LF, Lfi, LS ; d – capac pentru siguranțe mignon;

Fig.14. Capac pentru siguranțe fuzibile unipolare





Socuri al siguranțelor (NT-0, 00, I, II, III)



3.2.2 Înteruptoare automate

- ✖ tip USOL pentru curenți nominali de 100, 250, 500 și 800 A;
- ✖ tip OROMAX pentru curenți de 1000, 1600, 2000, 2500 și 4000 A.

3.3 Aparate pentru acționări și semnalizări

3.3.1. Butoane

Se utilizează o mare diversitate de butoane de comandă: cu placă frontală, cu patru contacte, tip ciupercă, cu reținere sau fără, cu lampă inclusă, butoane duble, butoane de sonerie, pentru iluminat, etc.

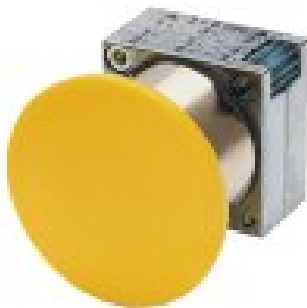
În figura 15 se prezintă trei tipuri de butoane de comandă.



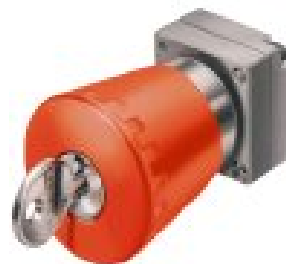
Butoane de comanda cu diametre de
montaj de 16 si 22 mm



Butoane de comanda iluminate



Butoane ciuperca



Buton pentru oprire de urgenta

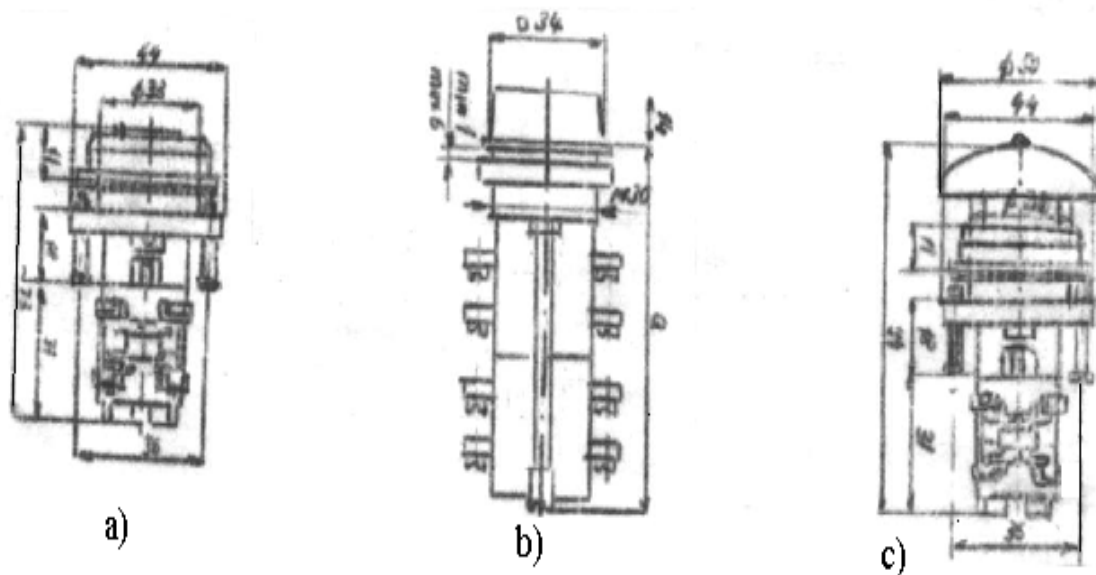


Fig. 15. a) buton de comandă; b) buton pătrat de comandă; c) buton ciupercă.

3.3.2 Chei de comandă

Pot fi de tip pachet sau cu came. Cheile de comandă cu șase poziții, șase etaje și lampă inclusă, în trei variante de execuție (A,B,C) se utilizează curent în schemele de comandă-control ale întreruptoarelor și separatoarelor (v. fig. 16).

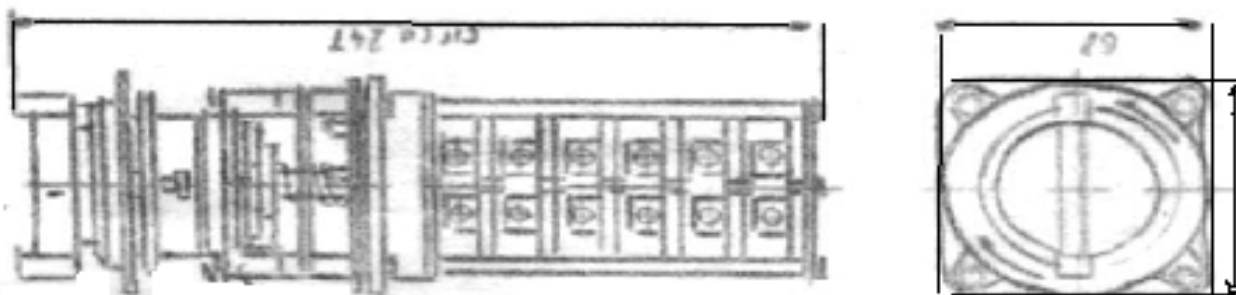
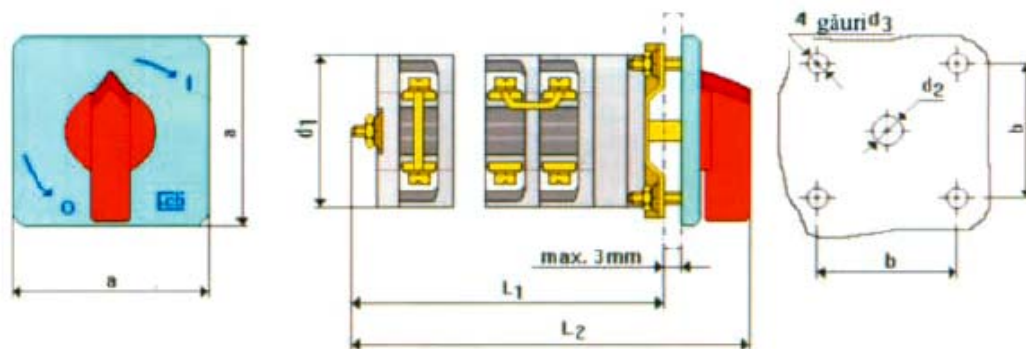
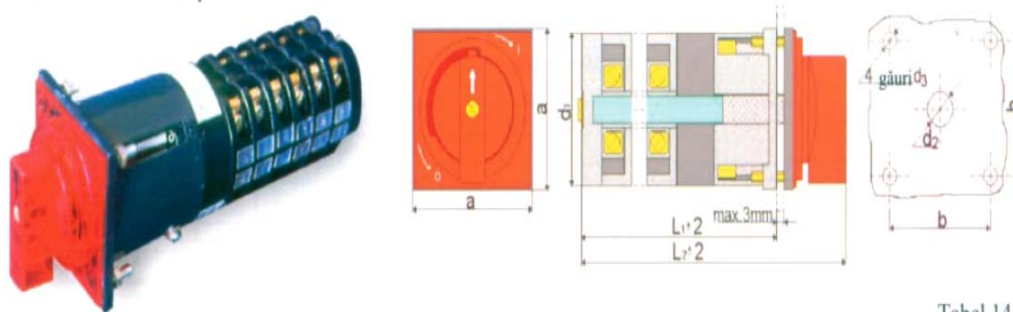


Fig. 16. Cheia de comandă cu lampă inclusă.

Chei de comandă fără și cu lămpi de semnalizare



Chei de comandă fără lămpi de semnalizare



Tabel 14

Cheie de comandă cu lampă de semnalizare

Pozițiile cheii de comandă:

- pregătit pentru aclanșare;
- comandă de anclanșare;
- anclanșat;
- pregătit de declanșare;
- comandă de declanșare;
- declanșat.

Simbolizarea poziției și a stării contactelor cheii de comandă se face ca în fig. 17 în care se dă un exemplu de circuit caracteristic de semnalizare a poziției unui întreruptor.

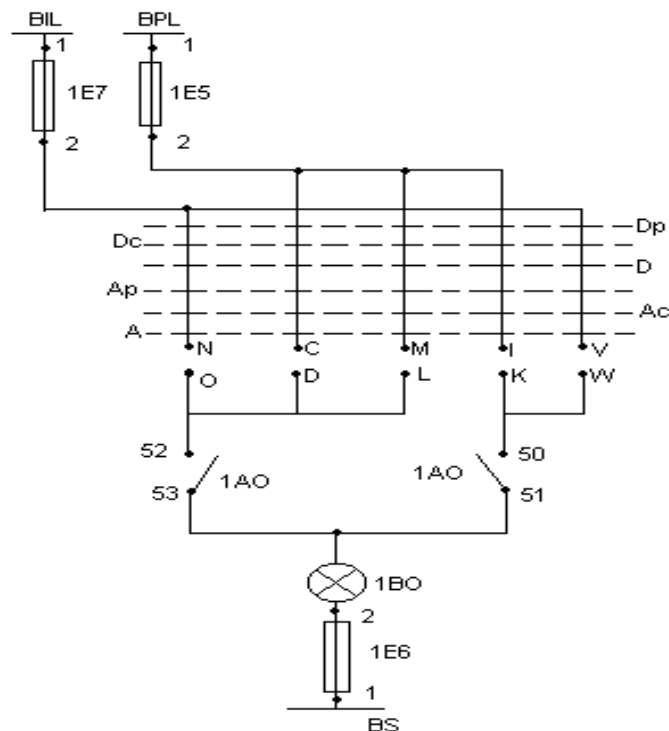


Fig.17. Circuit de semnalizare a poziției unui întreruptor

În funcție de poziția întreruptorului, conectat sau deconectat, se închide unul din blocontactele acestuia, 50-51 sau 52-53 iar lampa inclusă în mânerul cheii de comandă va lumina continuu, alimentată de la bareta de iluminat continuu (BIL) semnalizând astfel în primul caz concordanța între poziția cheii de comandă și poziția întreruptorului, iar în al doilea caz neconcordanța poziției celor două elemente.

3.3.3 Lămpi si casete de semnalizare

Se utilizează pentru semnalizarea luminoasă pe panouri și tablouri de comandă, a poziției de funcționare a aparatelor, ș.a.

Specifice circuitelor secundare ale centralelor și stațiilor sunt casetele de semnalizare și indicatoare de poziție.

În fig. 18 sunt indicate cotele de gabarit și forma constructivă a unei casete de semnalizare.

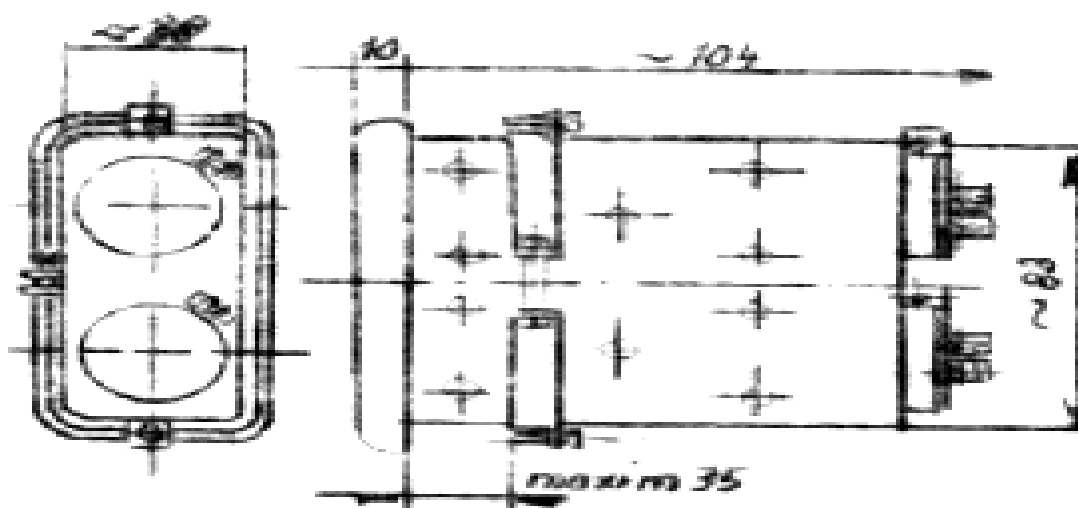


Fig.18. Casetă de semnalizare

Indicatoarele de poziție sunt formate dintr-un magnet permanent și două bobine plasate pe un suport fix. Funcție de bobina care este alimentată, un segment indicator așezat în partea frontală se rotește împreună cu magnetul permanent fixat pe axul mobil. Poziția verticală a segmentului indică poziția conectat a aparatului deservit iar cea orizontală, poziția deconectat. Pentru starea nealimentat a celor două bobine, poziția segmentului este oblică.

3.3.4 Huțe și sonerii de semnalizare

Sunt utilizate pentru semnalizarea acustică a diverselor stări anormale (sonerii, buzere) sau de avarie (hupe). În figura 19 este prezentată o hupă utilizată în camerele de comandă ale centralelor și stațiilor.

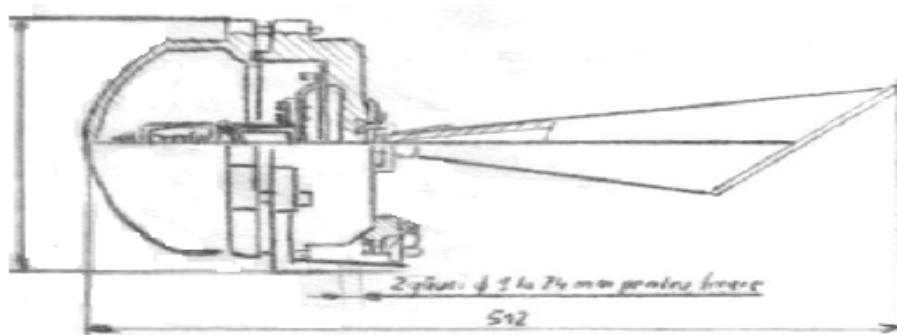


Fig.19 Hupă

Semnalizarea poziției aparatelor

Semnalizarea de poziție este necesară pentru a indica poziția întrerupătoarelor, separatoarelor, contactoarelor și a altor aparate. Semnalizarea de poziție se realizează, în general, cu ajutorul lămpilor de semnalizare sau cu diferite alte dispozitive.

Semnalizarea poziției întrerupătoarelor

În funcționarea întrerupătorului se pot distinge patru situații: anclanșat sau declanșat manual (prin intermediul cheii de comandă) și anclanșat sau declanșat automat. Schema de semnalizare trebuie să indice clar fiecare situație. În acest scop se vor folosi lămpi de semnalizare de culori diferite (de regulă culoarea roșie se folosește pentru a semnaliza poziția anclanșat, iar culoarea verde pentru a semnaliza poziția declanșat). Acestea se conectează prin intermediul bloc-contactelor întrerupătorului și contactelor de semnalizare ale cheii de comandă. La semnalizarea comutărilor manuale se folosește principiul corespondenței între poziția întrerupătorului și poziția cheii de comandă (de exemplu: dacă întrerupătorul este declanșat și cheia de comandă este pe poziția declanșat, spunem că există corespondență între poziția lor), iar la semnalizarea comutărilor automate principiul necorespondenței.

În figura următoare este prezentată o schemă de semnalizare a întrerupătorului cu ajutorul a patru lămpi, în care:

LD – lampa de semnalizare a situației declanșat manual;

LA – lampa de semnalizare a situației anclanșat manual;

1LS – lampa de semnalizarea a situației declanșat automat;

2LS – lampa de semnalizare a situației anclanșat automat (prin AAR și RAR);

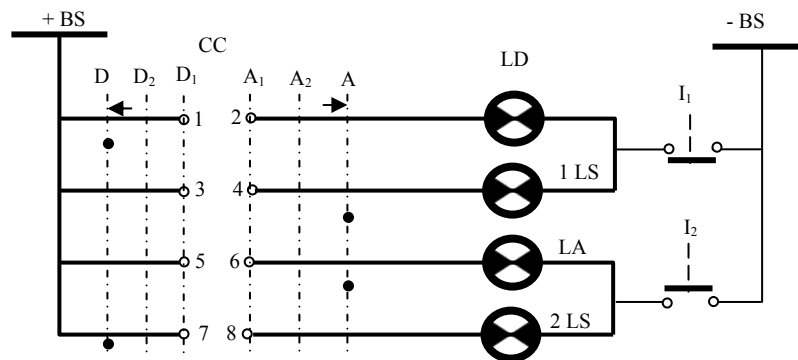


Fig.1. Semnalizarea poziției întrerupătorului cu patru lămpi

Schema funcționează astfel: dacă întrerupătorul a fost declanșat în urma unei comenzi manuale, cheia de comandă este pe poziția declanșat (D) și este închis contactul 1-2, lampa LD luminează datorită închiderii circuitului pe calea: +BS, CC 1-2, LD, I₁, -BS, celelalte lămpi fiind stinse. În situația în care are loc o anclanșare automată cheia de comandă rămâne pe poziția declanșat schimbându-se numai poziția bloc – contactelor întrerupătorului (I₁, se deschide, iar I₂, se închide); lampa 2LS se aprinde datorită închiderii circuitului pe calea: +BS, CC₇₋₈, 2LS, I₂, -BS.

Această schemă are însă dezavantajul că folosește un număr mare de lămpi și, dacă centrala ar avea multe întrerupătoare, ar fi dificilă orientarea personalului de exploatare. Pentru reducerea numărului

de lămpi se folosește plusul intermitent (un semnal sub formă de impulsuri) ceea ce permite folosirea a două lămpi sau chiar a unei singure lămpi. În acest caz situațiile de corespondență vor fi semnalizate cu lumină continuă iar cele de necorespondență cu lumină intermitentă. În figura de mai jos este prezentată o schemă de semnalizare ce funcționează cu doar două lămpi, după cum urmează:

- A. situații de corespondență (lumină continuă)
 - 1. declanșare manuală: $LD = CC_{1-2} I_1$
 - 2. anclanșare manuală: $LA = CC_{5-6} I_2$
- B. situații de necorespondență (cu lumină intermitentă)
 - 1. declanșare automată: $LD = CC_{3-4} I_1$
 - 2. anclanșare automată: $LA = CC_{7-8} I_2$

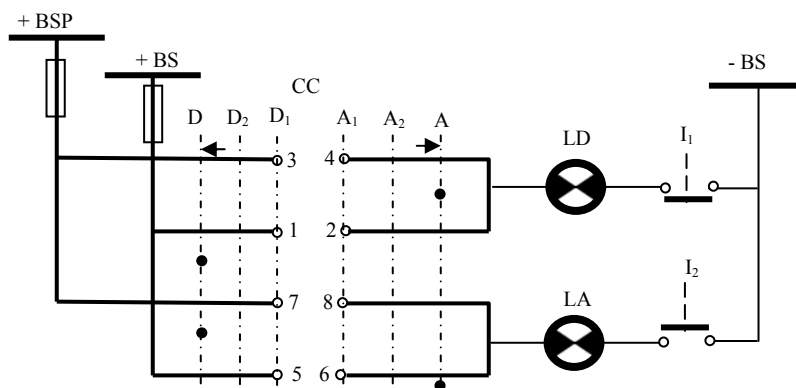


Fig.2. Semnalizarea poziție întrerupătorului cu două lămpi

În situația în care se folosește o singură lampă de semnalizare aceasta este montată în mânerul cheii de comandă. Starea în care se află întrerupătorul se deduce după poziția mânerului cheii de comandă și felul cum luminează lampa L. Astfel, dacă cheia este pe poziția anclanșat (verticală), iar lampa arde cu lumină continuă (situație de corespondență) înseamnă că întrerupătorul este anclanșat manual, etc.

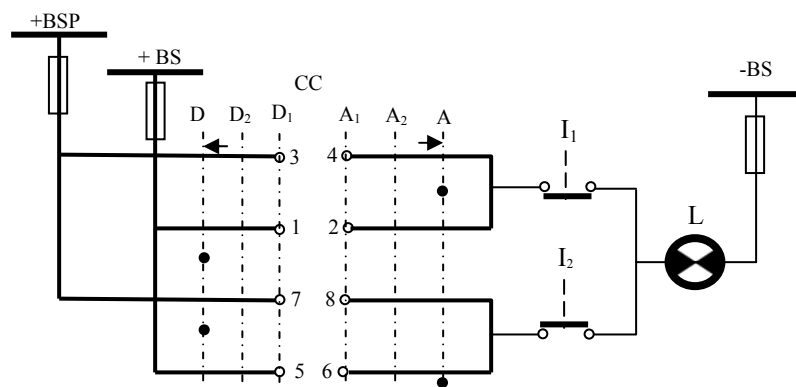


Fig.3. Semnalizarea poziției întrerupătorului cu o lampă inclusă în mânerul cheii de comandă

Semnalizare de poziție a separatoarelor

Poziția separatoarelor poate fi semnalizată cu ajutorul lămpilor (asemănător ca la întrerupător) sau, pentru a nu crea confuzii, cu ajutorul indicatoarelor de poziție (IP). În figura 4 este indicat un mod de legare a indicatorului de poziție. Alimentarea celor două bobine ale indicatorului de poziție se face prin bloc-contactele separatorului (S_1 , S_2); în funcție de bobina care se va afla sub tensiune indicatorul se va afla pe o poziție orizontală sau verticală.

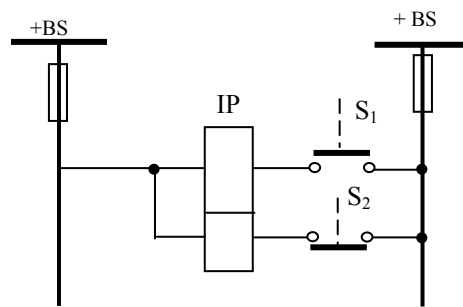


Fig.4. Semnalizarea poziției separatorului cu indicator de poziție

Semnalizarea de avarie

Circuitele de semnalizare de avarie au rolul de a indica personalului de exploatare avariile ce au condus la o declanșare sau anclășare intempestivă a unui întrerupător. Semnalizarea de avarie trebuie să se facă acustic (pentru a atrage atenție personalului asupra apariției unei avarii) și luminos (pentru individualizarea circuitului defect). Semnalizarea acustică se face pe principiul necorespondenței, iar semnalizarea acustică este comună pentru toate circuitele și se realizează pe baza aceluiași principiu.

2.1. Semnalizarea acustică de avarie cu întrerupere locală

În schemele realizate pe acest principiu (fig.3.5.) toate circuitele de necorespondență sunt racordate la o bară comună de semnalizare de avarie (BSAv) de la care se face alimentarea hupei. Funcționarea hupei este descrisă de ecuația:

$$H = 1I * 1cc_{17-19} * 1cc_{1-3} * U * 2I * 2cc_{17-19} * 2cc_{1-3} U...$$

Pentru întreruperea semnalului sonor este necesar să se aducă cheia de comandă pe poziția de corespondență (D), când se întrerupe circuitul de alimentare a barei de semnalizare de avarie. Această schemă are dezavantajul că o dată cu semnalul acustic dispare și semnalul luminos (în schema de semnalizare a întrerupătorului (fig.2., fig 3.) – lampa respectivă încetează să mai pâlpâie).

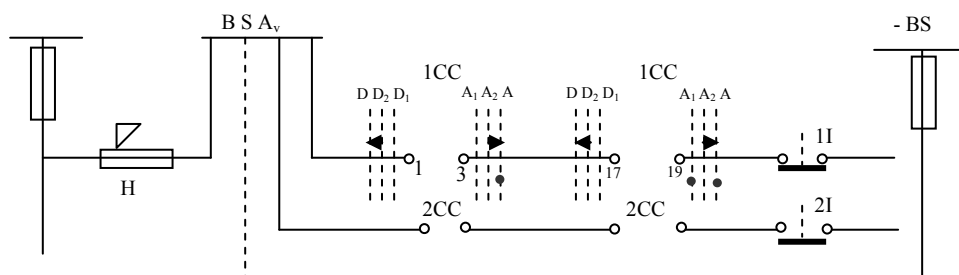


Fig.5. Semnalizarea de avarie cu întrerupere locală

2.2. Semnalizarea acustică de avarie cu întrerupere centrală

În acest caz (fig.6.) pentru întreruperea semnalului acustic nu se mai acționează asupra cheii de comandă respective (deci se păstrează circuitul de necorespondență), ci se închide butonul de întrerupere centrală BtIC care va excita releul RI. Acesta își închide contactul de autoreținere RI₂ și deschide contactul RI₁ prin care întrerupe hupa.

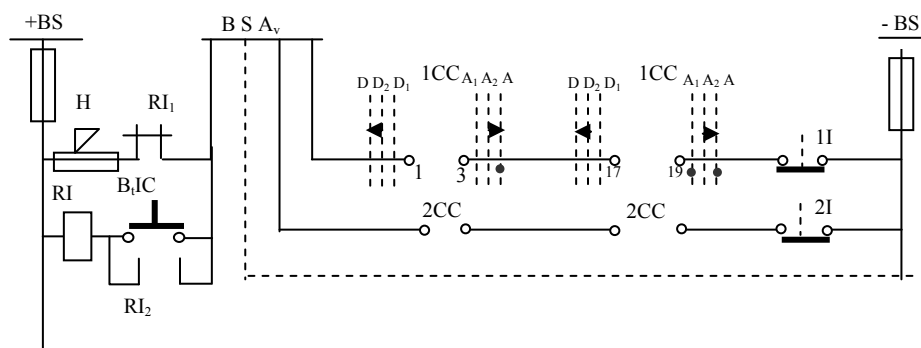


Fig.6. Semnalizarea de avarie cu întrerupere centrală

3. Semnalizarea de prevenire

În funcționarea unei instalații electrice pot apare regimuri anormale, când nu se impune declanșarea (scoaterea de sub tensiune). Apariția acestor regimuri precum și tipul și locul unde s-au produs trebuie cunoscute de personalul de exploatare pentru ca acesta să poată lua măsurile ce se impun pentru revenirea la normal. Ca urmare și în acest caz este necesară prezența a două semnale – acustic, pentru a atrage atenția asupra apariției unui regim anormal și luminos pentru a se putea depista locul din instalație unde s-a produs și tipul său.

4. Semnalizarea de comandă

Acest tip de circuite servește la transmiterea prin anumite semnale a unui număr limitat de comenzi între personalul situat în două părți ale instalațiilor (de exemplu între camera de comandă și sala mașinilor). Aceste comenzi sunt codificate pentru a putea fi identificate de cel cărui i se adresează.

Semnalizarea poziției întrerupătorului se face cu o singură lampă inclusă în mânerul cheii de comandă, iar semnalizarea poziției separatorului cu un indicator de poziție. În figura 3.7. este prezentată schema de principiu desfășurată pentru circuitele de semnalizare.

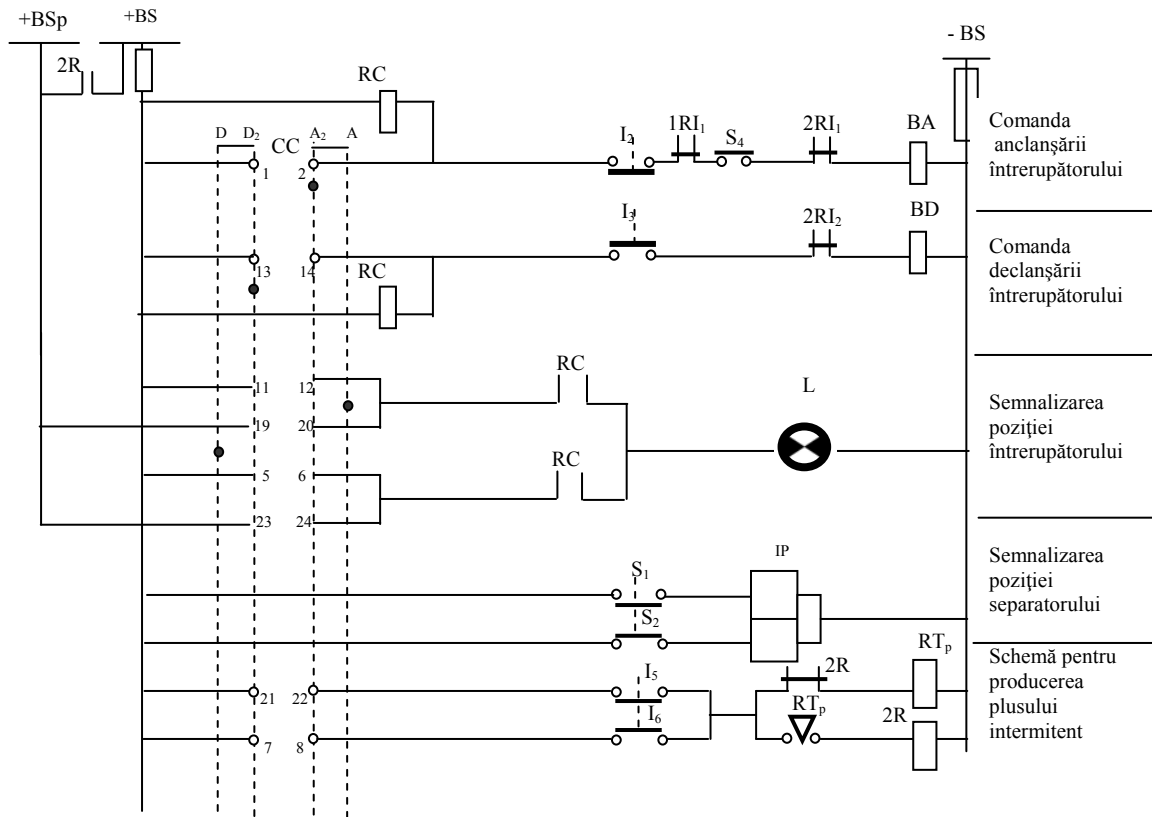


Fig.7. Schemă de principiu a circuitelor de semnalizare

În circuitul lămpii de semnalizare, în locul bloc – contactelor întrerupătorului, se află contactele a două relee de control a circuitului de anclanșare (RCA) respectiv de declanșare (RCD). Presupunem întrerupătorul declanșat prin cheie; va fi închis bloc – contactul I_2 și releul RCA va fi excitat pe calea - + BS, RCA, I_2 , $1RI_1$, S_4 , $2RI_1$, BA, -BS. Se va închide contactul RCA din circuitul lămpii L și această va lumina continuu (+BS, cc₅₋₆, RCA, L, -BS). Dacă pe circuitul de anclanșare apare o întrerupere releul RCA se dezexcită, se deschide contactul normal deschis RCA din circuitul lămpii L și aceasta se stinge. Se remarcă faptul că bobina releului RCA este în serie cu bobina de anclanșare BA, care este și ea sub tensiune. Pentru ca BA să nu producă o anclanșare nedorită, rezistența bobinei RCA trebuie să fie relativ mare astfel încât pe ea să se producă o cădere de tensiune suficient de mare pentru ca tensiunea aplicată lui BA să nu-i producă acționarea. Când se

dă o comandă de anclanșare, se închide cc_{1-2} care șuntează bobina RCA, pe BA aplicându-se o tensiune mare, suficientă pentru ca aceasta să acționeze.

Schema folosește o cheie de comandă cu patru poziții din care două sunt stabile (una orizontală și alta verticală). Pozițiile instabile se obține în ambele situații (orizontal sau vertical) prin tragerea mânerului cheii: revenirea se face automat.

Modelul este prevăzut și cu o schemă pentru producerea plusului intermitent; această intră în funcție numai când există o situație de necorespondență. Schema este realizată cu două relee, din care unul este cu temporizare la închidere. Funcționarea ei este următoarea: presupunem o declanșare automată; cheia de comandă va fi pe poziția anclanșat (cc_{21-22} închis), iar întrerupătorul declanșat (I_5 închis); în felul acesta este alimentată schema ce produce plusul intermitent. Bobina releului temporizat RTP primește tensiune prin contactul normal închis $2R_1$. ca urmare se va comanda închiderea temporizată a contactului RTP. Când aceasta se închide se excită bobina releului $2R$ care va comanda închiderea instantanee a lui $2R_2$ și deschiderea lui $2R_1$. prin contactul $2R_2$ închis este transmis un impuls la bare de plus intermitent BSP. Dacă se deschide $2R_1$ este dezexcitat și RTP care-și deschide contactul RTP dezexcitându-l pe $2R$. Se va deschide $2R_2$ întrerupând impulsul la BSP și se închide $2R_1$ excitându-l din nou pe RTP. În continuare ciclul se repetă.

3.3.5 Conectoare și cleme de șir

Specifice circuitelor secundare sunt clemele de șir. Acestea se execută pentru diferite secțiuni de conductoare. Se folosesc pentru conexiune mecanică și electrică.

3.3.6 Relee

Releele pot fi electromagnetice, termice, electronice, de gaze.

Releele intermediare se utilizează pentru multiplicarea de contacte și în scheme unde nu este necesară o putere de rupere mare.

Releele de timp se pot comanda mecanic, de un motor sincron sau electronic.

Releele de semnalizare indică optic, printr-o clapetă și electric prin contacte, starea circuitului pe care îl controlează.

Releele de protecție se construiesc numai pentru c.a. în variantele: RC-2, releu maximal de curent, RT-3, releu maximal de tensiune, RT-4, releu minimal de tensiune.

Se descriu în continuare câteva tipuri de relee specifice circuitelor secundare de comandă-control ale centralelor și stațiilor electrice.

3.3.6.1 Releul intermediar RI-10

Schema electrică se indică în fig.20. Releele au 4CND+4CNI cu pol comun. Prinderea de panou se face prin intermediul unei prize speciale.

Există trei variante constructive:

- RI-10A fără semnalizare;
- RI-10B cu semnalizarea pozitiei;

- RI-10C cu semnalizarea funcționării.

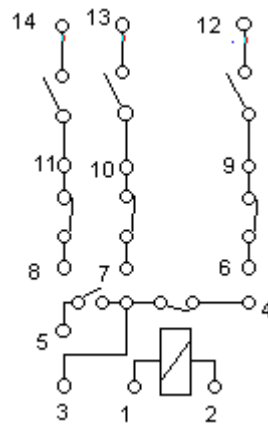


Fig.20 Schema electrică a releului RI-10

3.3.6.2 Releul de timp Rtpa-5

Temporizarea se face cu un mecanism de ceasornic. Schema electrică se prezintă în fig. 21.

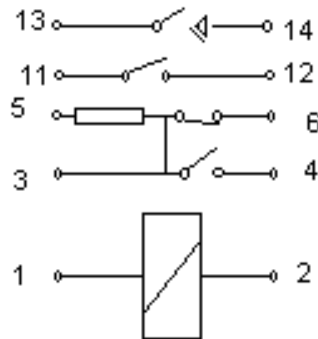


Fig.21. Schema electrică a releului RTPA-5

Releul este prevăzut cu mai multe contacte :

- contactul 11-12 este contactul final, temporizat, cu reglaj continuu;
- contactul NI 3-6 și ND 3-4 sînt contacte instantanee;

În tabelul 1 se prezintă caracteristicile releului Rtpa-5:

Tabelul 1

=====

Nr.	Tipul releului	Rtpa-5	
		U_n (V)	$R(\Omega)$
L1. Tensiunea nomin. a bobinei U_n (V)		24	20
			48
			60
			110
			450
Rezistența ohmică a bobinei $R(\Omega)$		220	1750
2. Abateri admisibile la etalonarea scalei de reglaj, în gama (sec):		0,06 s	0,1.....1,3 s
		0,12 s	0,25...3,5 s
		0,25 s	0,5.....9,0 s
		0,80 s	2.....20 s
3. Curentul de conectare (A)		c.c.	5
		c.a.	5
4. Curentul de deconectare (A)		c.c.	0,5
		c.a.	2
5. Tensiunea minimă de acționare	0,75 U_n		

3.3.6.3 Relee de semnalizare tip RSE

Releul de semnalizare RSE-B1 lucrează la apariția mărimii controlate, iar releul RSE-B2 lucrează la dispariția mărimii. În fig.22 este prezentată schema electrică a acestui releu iar în tabelul 2 sunt indicate pozițiile clapetei de semnalizare în funcție de starea electromagnetului de acționare.

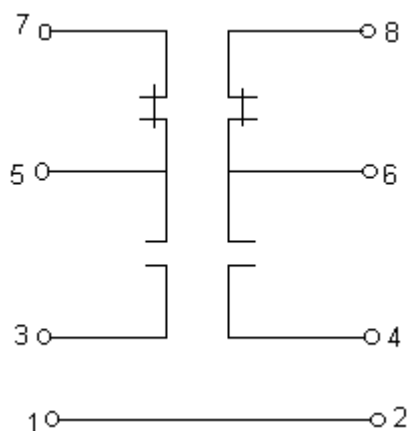
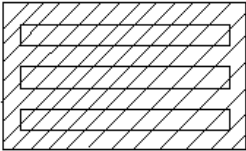
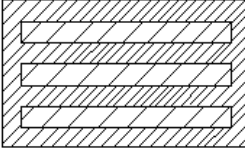
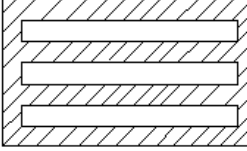


Fig.22.Schema electrică a releului de semnalizare tip RSE

Tabelul 2

Poziția clapetei		Intermediară	Căzută	Ridicată
				
Starea bobinei	RSE- B1	Neexcitată	Excitată	Excitata
	RSE- B2	Excitată	Neexcitată	Neexcitată

3.3.6.4 Releul de pîlpîire RP-7a

Releul de pîlpîire este destinat alimentării cu impulsuri electrice a baretei de pîlpîire (BPL) din centrale și stații electrice cu scopul de a sesiza neconcordanța între poziția cheii de comandă și poziția aparatului comandat.

În fig.23 este prezentată schema de principiu a releului de pîlpîire RP-7a:

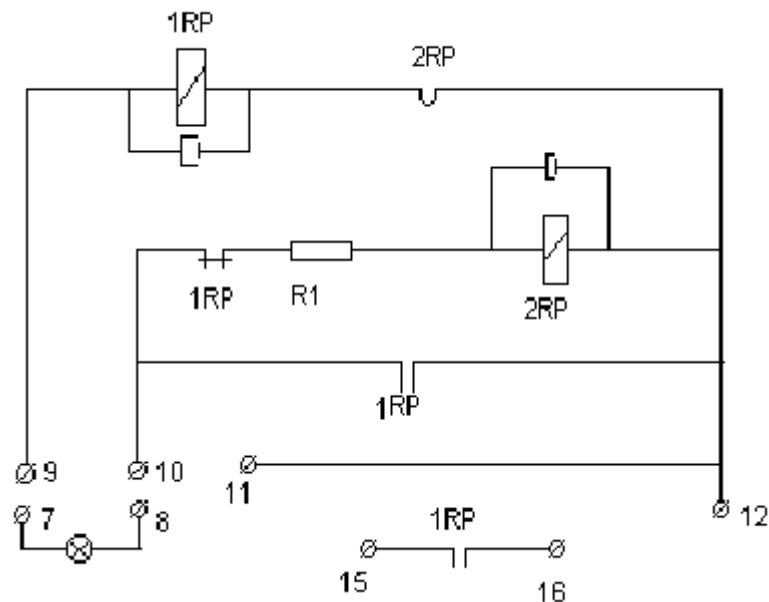


Fig.23 Schema de principiu a releului de pîlpîire RP-7a.

Alimentarea se face la bornele 9, cu minus și la 11, cu plus. Plusul intermitent apare numai la conectarea sarcinii.

Funcționarea releului de pâlpâire se bazează pe acționarea în contratimp a două relee intermediare temporizate. Releele intermediare sunt conectate astfel încât contactele unuia închid sau deschid circuitul de alimentare a bobinei celuilalt releu.

Releul de pâlpâire poate fi alimentat atât în c.c cât și în c.a., în ultimul caz fiind prevăzut cu o diodă de redresare.

Caracteristicile tehnice ale releului de pâlpâire RP-7a:

- tensiunea de alimentare în c.c.: 110 V; 220 V;
- tensiunea de alimentare în c.a.: 110 V; 220 V; 50 Hz;
- sarcina în varianta 110V: 1-10 becuri de 15 W;
 în varianta 220V: 1-10 becuri de 25W;
- frecvența de pâlpâire: 1.5-2.5 impulsuri pe secundă.

3.3.6.5 Releul de semnalizare prin impulsuri RSI-6

Releul de semnalizare prin impulsuri este folosit în instalațiile electrice ale centralelor și stațiilor, și anume, în circuitele secundare de semnalizare.

El permite temporizarea semnalizării prin includerea în schema de funcționare a unui releu de timp.

Releul se execută în două variante constructive și se compune dintr-un transformator nesaturat prevăzut cu un întrefier și un releu polarizat .

La închiderea contactului unui releu de semnalizare, prin primarul transformatorului nesaturat trece un curent variabil, sub formă de impuls, care se transmite și în secundar și mai departe la înfășurarea de acționare a releului polarizat care-și comută contactele.

În fig.24 este prezentată schema electrică de principiu a releului de semnalizare RSI-6.

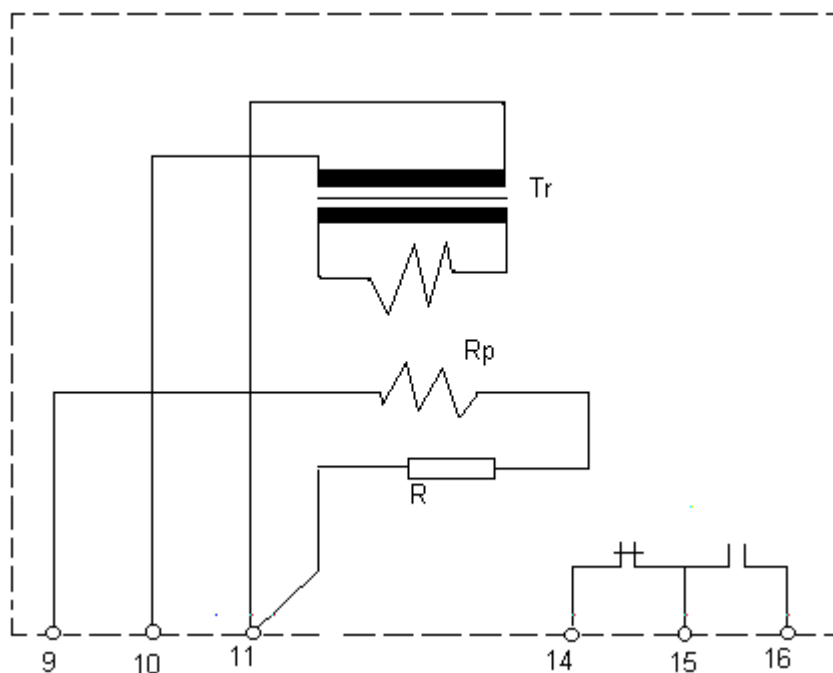


Fig.24. Schema electrică de principiu a releului RSI-6

4. Modul de desfășurare al lucrării

- În laborator există un stand cu diverse materiale și echipamente specifice circuitelor secundare ale centralelor și stațiilor electrice. Folosind referatul de laborator și cataloagele puse la dispoziție în timpul sedinței de laborator, studenții vor putea identifica o gamă largă de astfel de materiale și echipamente din punct de vedere constructiv, al caracteristicilor functionale, de montaj, etc.

- Se va studia din punct de vedere constructiv, al schemei electrice, al modului de montare și fixare pe panou, releul intermediar de tip RI-10. Se va ridica diagrama contactelor cu bobina alimentată și fără alimentare.

- Se va studia modul de realizare al releului RTpa-5: construcția mecanismului de temporizare, prinderea și fixarea pe panou, schema electrică. Se va pune în funcțiune releul RTpa-5 și se va determina timpul de acțiune pentru diferite valori reglate de temporizare.

- Se va examina schema proprie a releului RP-7a. Se vor identifica valorile componentelor electrice pasive din care este alcătuit releul de pîlpîire .

Se va alimenta releul și, cu sarcina conectată (lămpi de semnalizare) se va examina modul de funcționare.

- Se va studia releul de semnalizare prin impulsuri RSI-6 din punct de vedere constructiv, al schemei electrice și de conexiuni la soclu. Se va pune sub tensiune releul urmărind modul în care acesta funcționează.

Toate releele vor fi examinate prin demontare și montare. Observațiile se vor trece în caietele de laborator împreună cu schemele electrice și de conectare în instalații.

Lucrarea nr.3

STUDIUL COMPORTĂRII BOBINELOR DE REACTANȚĂ ÎN REGIM NORMAL ȘI DE DEFECT

1. Aspecte generale

În instalațiile de distribuție de medie tensiune, curenții de scurtcircuit pot atinge valori foarte mari, în special în cazul alimentării liniilor electrice în cablu, deoarece acestea au reactanța de circa patru ori mai mică decât a liniilor electrice aeriene. Limitarea curenților de scurtcircuit se poate realiza și prin utilizarea unor reactanțe artificiale (bobine de reactanță - BR), amplasate între sursă și locul de defect.

Pentru introducerea în circuit a unor BR se face calculul tehnico-economic în două variante: o variantă fără BR, cu puteri de scurtcircuit mari, aparate cu performanțe ridicate, secțiuni mari ale cablurilor de distribuție, dar cu consum propriu tehnologic redus și o a doua variantă, cu BR cu puteri de scurtcircuit mai mici, aparate cu performanțe mai reduse și mai ieftine, secțiuni mai mici ale cablurilor, dar cu consum propriu tehnologic mai mare. Se alege varianta mai ieftină.

2. Elemente constructive ale BR

BR se construiesc fără miez de oțel, pentru menținerea inductanței constante și evitarea saturației în regim de scurtcircuit. În țara noastră se construiesc BR în beton, de tip interior, pentru tensiuni de 6, 10 și 15 KV și curenți între 100 și 2000 A, cu reactanțe relative de 3, 4, 5, 6, 7, 10, 2x8 și 2x10 %. Bobinajul se execută din conductoare flexibile, multifilare, din Al sau Cu, izolate obișnuit cu banda din bumbac, în straturi orizontale, impregnate cu lac și uscate în vid, realizându-se una sau mai multe căi de curent, în construcție monofazată. Distanța între spire, printre care circulă natural aerul de răcire, este păstrată cu ajutorul unor coloane de beton.

Bobinele monofazice sunt așezate pe izolatoare suport și au borne de racordare. Dacă cele trei bobine au masa sub 3000 kg., se montează pe verticală (fig. 3.1) iar dacă nu, se montează pe orizontală. La montarea suprapusă a bobinelor monofazice, bobina din mijloc se execută cu înfășurarea în sens invers pentru a se reduce eforturile electrodinamice.

BR pot fi simple sau duble, ultimele numindu-se și secționare, și au la mijlocul înfășurării o priză la care, în mod obișnuit, se leagă sursa, iar la capete se racordează consumatorii.

3. Scheme cu BR

BR simple pot fi de bare și de linie. BR de bare se conectează între secțiile de bare (fig. 3.2,a,b,c) și limitează curentul de scurtcircuit al întregii instalații, iar BR de linie se conectează în serie pe linie și limitează curentul de scurtcircuit pe linie (linii) menținând și nivelul de tensiune necesar în amonte (fig. 3.2, d, e, f, g, h).

BR montate între secțiile de bare (fig. 3.2 a), se numesc BR de secție și limitează curenții de scurtcircuit din rețea (k_1), de pe barele colectoare (k_2) și în circuitul generatorului (k_3). În regim normal de funcționare, în cazul în care consumul pe secții este echilibrat de puterile injectate, circulația de putere între secții este redusă și pierderile pe BR sunt mici.

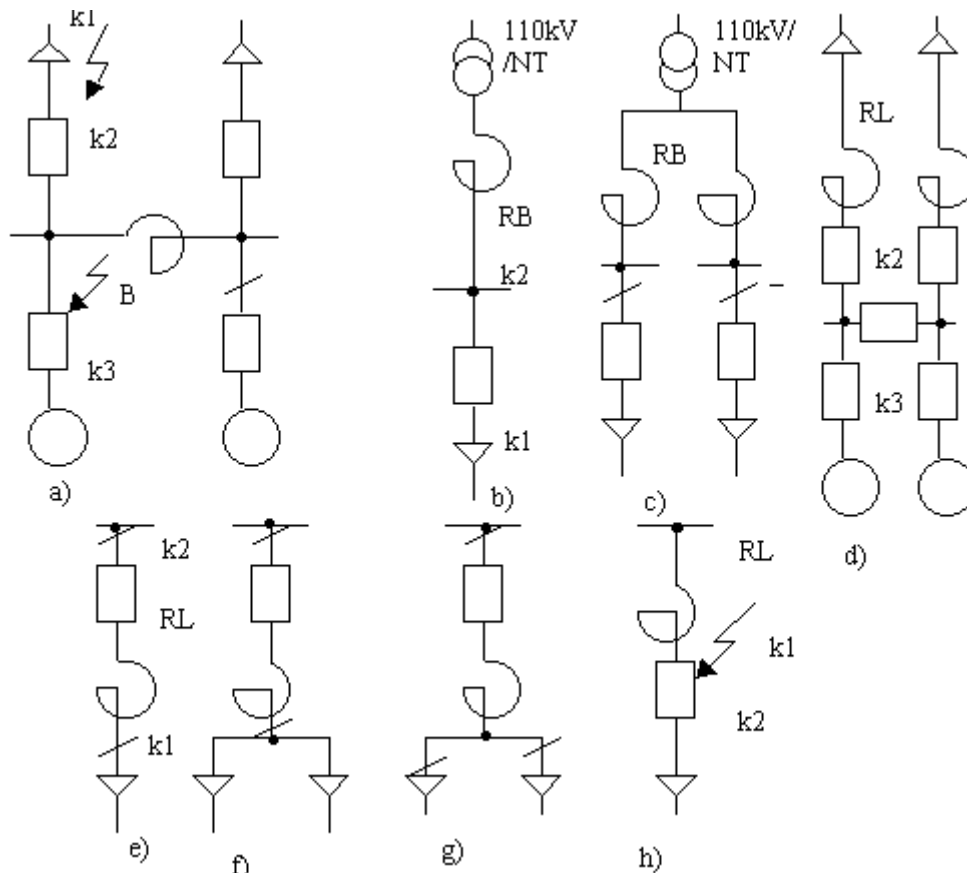


Fig. 3.2 Scheme cu bobine de reactanță

BR se montează în serie cu transformatoarele de putere, fig. b și limitează curenții de defect în rețea (k_1) și pe bare (k_2). În fig. 3.2 c, BR dublă este montată în regimul de trecere .

În fig. 3.2 d, e, f, g, h limitează numai curenții de defect de pe linie și se montează în aval de intreruptor și acesta va fi solicitat mai puțin.

4. Caracteristici electrice ale BR

4.1 Bobina de reactanță simplă

Parametrii principali sunt:

- U_n , tensiunea nominala;
- I_n , curentul nominal;
- $X_r \%$, reactanța procentuală nominală;
- $U_f \%$, pierderea relativă de tensiune.

$X_r \%$ se calculează cu relația:

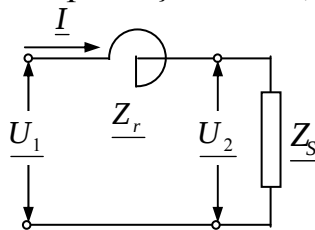
$$X_r \% = \frac{X_r}{X_n} 100 = \frac{X_r}{\frac{U_n}{\sqrt{3}I_n}} 100 = \frac{X_r I_n \sqrt{3}}{U_n} 100 = \frac{\Delta U_f \sqrt{3}}{U_n},$$

unde:

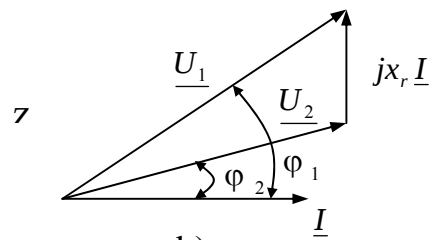
$X_r = L_r \omega [\Omega]$, este reactanța unei faze a BR și depinde de caracteristicile sale constructive.

Se consideră diagrama fazorială din fig. 3.3, în care:

- $\underline{U}_1$: tensiunea de fază la borna spre sursă;
- $\underline{U}_2$: tensiunea de fază la borna spre consumator;
- φ_1 : defazajul între $\underline{U}_1$ și curentul de sarcina $\underline{I}$;
- φ_2 : defazajul între $\underline{U}_2$ și $\underline{I}$;
- $\underline{Z}_r$: impedanța BR;
- $\underline{Z}_s$: impedanța sarcinii;



a)



b)

Fig.3.3 a) schema BR simple în regim serie cu o sarcină; b) diagrama fazorială

Din fig. 3.3 rezultă :

$$U_1 = (Z_s + Z_r)I \text{ și}$$

$$U_2 = Z_s I \text{ iar}$$

$$\varphi_1 = \arctg \frac{X_s + X_r}{R_s + R_r}$$

$$\varphi_2 = \arctg \frac{X_s}{R_s}$$

Deoarece $X_r \gg R_r$, rezultă $\varphi_1 < \varphi_2$.

$$\Delta U_f = U_1 - U_2 = AD \approx AC = X_r I \sin \varphi_2$$

Căderea de tensiune pe BR depinde de X_r și φ_2 .

În regim normal de funcționare φ_2 are valori relativ mici și ΔU_f este mai mic, iar în regim de defect $\varphi_2 \approx \pi/2$ și deci $\Delta U_{fk} \approx X_f I_K$.

Aceste dezavantaje au impus și alte soluții printre care sunt: utilizarea BR secționate, asocierea BR simple cu limitatoare de curent (fig. 3.4), etc. Folosirea BR simple asociate cu limitatoare de curent (LC) se bazează pe caracteristicile de funcționare ale LC care sunt formate dintr-o capsă explozivă și un amorsor care este sensibil nu la valoarea curentului ci la panta de creștere a acestuia și are un timp de întrerupere foarte mic. Amorsorul introdus în circuit îl va întrerupe (fig. 3.4 a) sau îl va secționa longitudinal (fig. 3.4 b) înainte de apariția curentului de șoc. Dacă LC este asociat cu o BR simplă (fig. 3.4 c), în regim normal de funcționare aceasta este șuntată, iar la apariția unui șoc de curent, cartușul emițătorului va exploda, introducând în circuit BR.

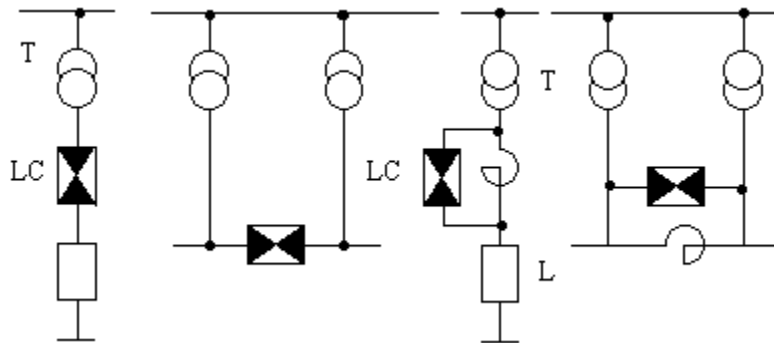


Fig. 3.4 Asocierea BR cu limitatoare de curent

4.2 Bobina de reactanță dublă (secționată)

Pentru reducerea căderilor de tensiune și a pierderilor de putere și energie în regim normal de funcționare, comparativ cu cazul utilizării unei BR simple, se folosesc BR duble (secționate).

Existența cuplajului magnetic între cele două semibobine duce, în afara avantajelor menționate, și la păstrarea calității de limitare a curenților de defect. În funcție de regimul de funcționare (valoarea și sensul curenților prin ramurile BRD) variază substanțial reactanța echivalentă a BRD.

Se deosebesc următoarele regimuri de funcționare ale BRD: o singură ramură conectată (fig. 3.5 a); regimul de trecere (fig. 3.5 b) care este cel mai folosit; regimul longitudinal (fig. 3.5 c) și regim combinat (fig. 3.5 d).

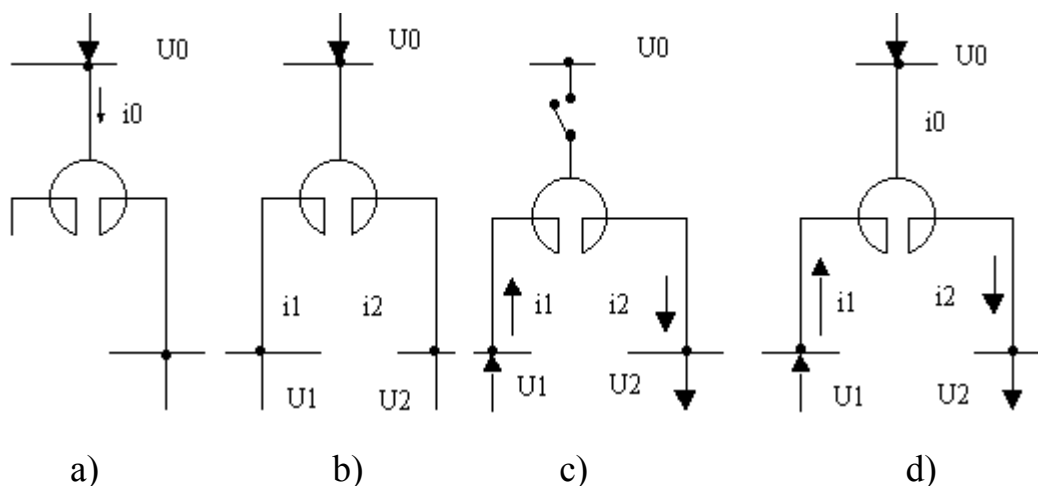


Fig. 3.5 Regimuri de funcționare ale bobinei de reactanță

Se consideră o BRD în regimul de trecere, alimentând două circuite simetrice, independente (fig. 3.6).

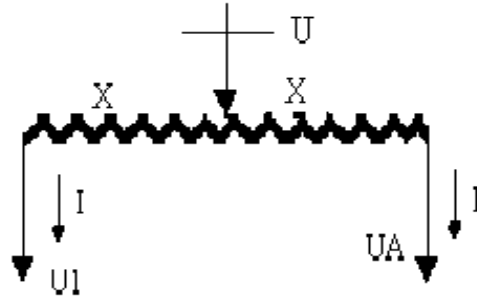


Fig. 3.6 BRD în regimul de trecere

În regimul normal de funcționare se poate exprima căderea de tensiune pe ramurile bobinei cu relația:

$$U = \frac{1}{2}(xI - f_c xI) = \frac{1}{2}xI(1 - f_c) = \frac{1}{2}x_{echiv}$$

- $x_{echiv} = x(1-f_c)$ este reactanța echivalentă a unei ramuri în regim simetric de încărcare a bobinei;
- x este reactanța proprie a unei ramuri ;
- f este factorul de cuplaj magnetic.

Rezultă, în regim normal de funcționare, $x_{echiv} = x$. În regim longitudinal, $x_{echiv} = 2x + 2f_c x = 2x(1 + f_c)$.

Revenind la regimul de trecere, la un scurtcircuit pe una din ramuri (fig.3.7) curentul pe ramura avariata (I_k) devine mult mai mare decât cel de pe ramura sănătoasă, iar căderea de tensiune pe ramura avariata devine $U_k = xI_k - x \phi_o I_1 \approx xI_k$.

Reactanța echivalentă a ramurii avariate devine:

$$X_k = x > x_{echiv} = x(1-f_c)$$

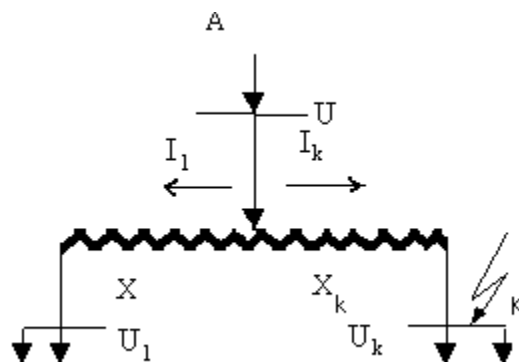


Fig. 3.7 BRD în regimul de trecere cu defect (k) pe una din ramuri

Deci, prin prisma efectului de limitare a curentului de scurtcircuit, o BRD este cu atât mai bună cu cât factorul de cuplaj este mai mare. Nu se poate realiza f_c oricât de mare din cauza apariției fenomenului de supratensiune a ramurii sănătoase :

$$U_1 = U - \sqrt{3xI_1 + \sqrt{3xf_c I_k}} \Rightarrow \frac{U_1}{U} = 1 + \frac{\sqrt{3x}}{U} (f_c I_k) \gg 1$$

Supratensiunea ramurii sănătoase poate deci depăși valoarea tensiunii sursei de alimentare și este cu atât mai mare cu cât f_c este mai mare și cu cât I_k/I_1 este mai mare. Pe de altă parte, supratensiunea determină o creștere a curentului reactiv al sarcinii cu efect autoregulator al tensiunii pe ramura sănătoasă. Concluzia importantă pentru practică, este că pe ramura neavariată să fie menținut un curent de sarcină. Deasemenea, ca rezultat al condițiilor antagoniste factorii de cuplaj au valori practice între 0.3-0,5.

4.3 Consumul de putere reactivă al BR

Consumul de putere negativă în BR diferă funcție de tipul bobinei și de modul de conectare în circuit.

Pentru analiza consumului de putere se consideră trei cazuri (fig.3.8).

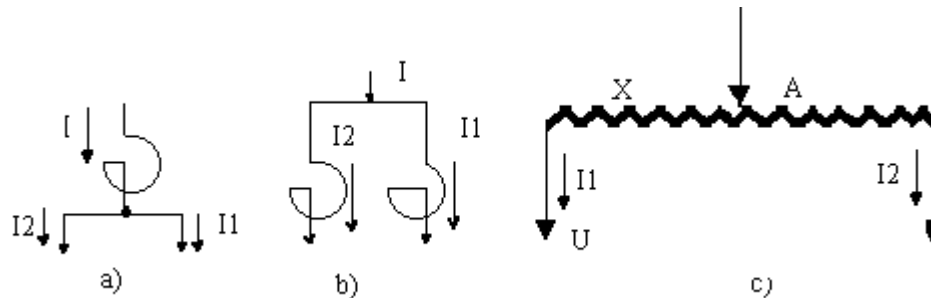


Fig. 3.8 Variante de scheme luate în considerare pentru analiza consumului de putere reactivă

Corespunzător celor trei cazuri, se pot scrie următoarelor relații:

$$Q_a = 3I^2x = 3x(I_1 + I_2)$$

$$Q_b = 3I_1^2x + 3I_2^2x = 3x(I_1^2 + I_2^2)$$

$$Q_c = 3(1 + f_c)x(I_1^2 + I_2^2) - 3I^2xf_c$$

Dacă se notează $I_1 = aI$ și $I_2 = (1-a)I$, rezultă:

$$Q_a = 3xI^2;$$

$$Q_b = 3xI^2 [a^2 + (1-a)^2];$$

$$Q_c = 3xI^2 \{ (1 + f_c)[a^2 + (1-a)^2] - f_c \}.$$

Dependența puterilor reactive Q_a , Q_b și Q_c funcție de a este redată în fig.3.9.

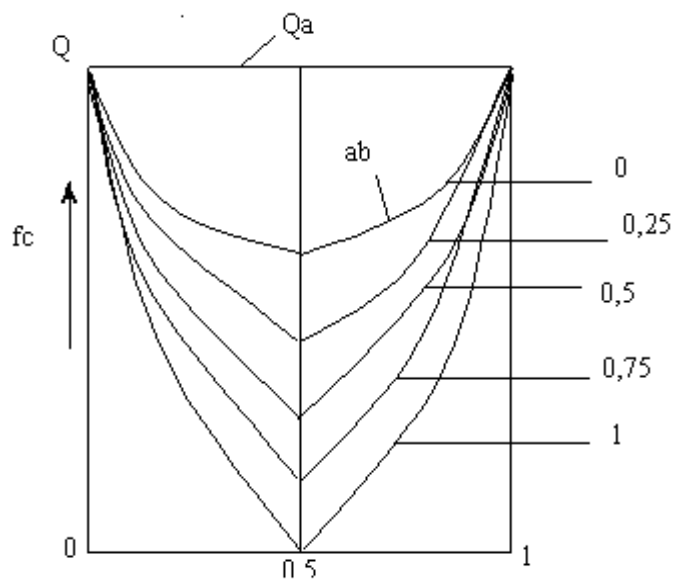


Fig. 3.9 Consumul de putere reactivă în BR

5. Modul de desfășurare al lucrării

Pentru studiul comportării BRS se execută un montaj folosind trei reactanțe reglabile x_S , x_{BR} , x_{L+C} (trei autotransformatoare ATR-8), un set de condensatoare ($x_{capacitiv}$), o reactanță, o bobină cu miez cu întrefier reglabil (x_{var}), două voltmetre de c.a o – 250 V, un ampermetru de 5A și un $\cos \varphi$ - metru.

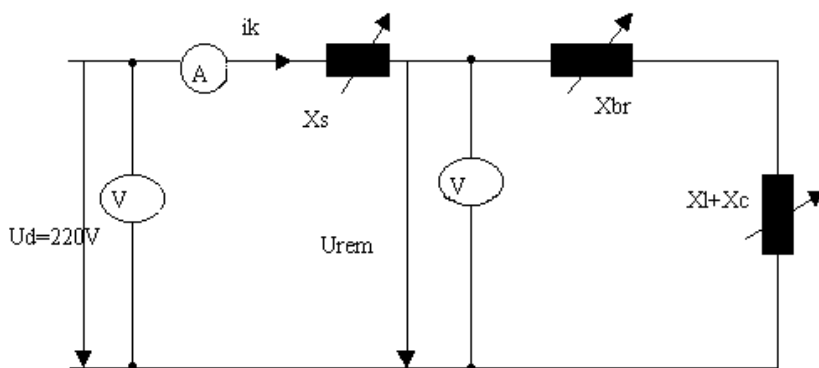
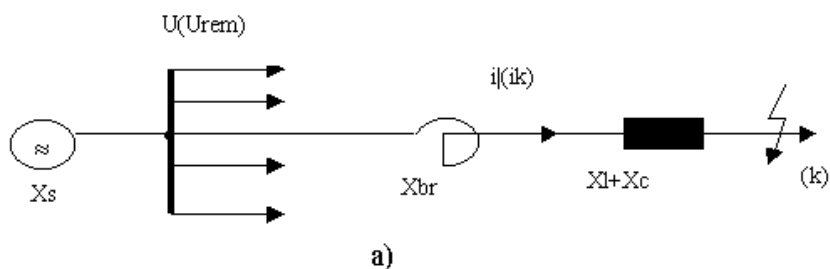


Fig. 3.10 Schema instalației reale și a modelului fizic din laborator pentru studiul BRS

Se realizează montajul din fig. 3.10b care modelează scurtcircuitul din fig. 3.10a în care :

- x_S : reactanța internă a generatorului ;
- x_{L+C} : reactanța liniei electrice și a consumatorului

a) Se determină curentul de defect (I_k) și a tensiunii remanente pe barele stației (U_{rem}) în funcție de x_{BR} și de x_S . Rezultatele se trec în tabele de tipul:

U_{REM}					
I_k					
x_{BR}	20%	15%	10%	5%	0%
	div. 240	div. 180	div. 120	div. 60	div. 0
x_S					

Tabele similare pentru $x_S = 15\%$, $x_S = 10\%$.

b) Se trasează grafic $I_k = (x_{BR})$ și $U_{REM} = f(x_{BR})$ pentru cele trei valori ale reactanței x_S . se interpretează rezultatele.

c) Utilizând montajul din fig.3.11, se determină dependența căderii de tensiune pe BR funcție de factorul de putere al sarcinii.

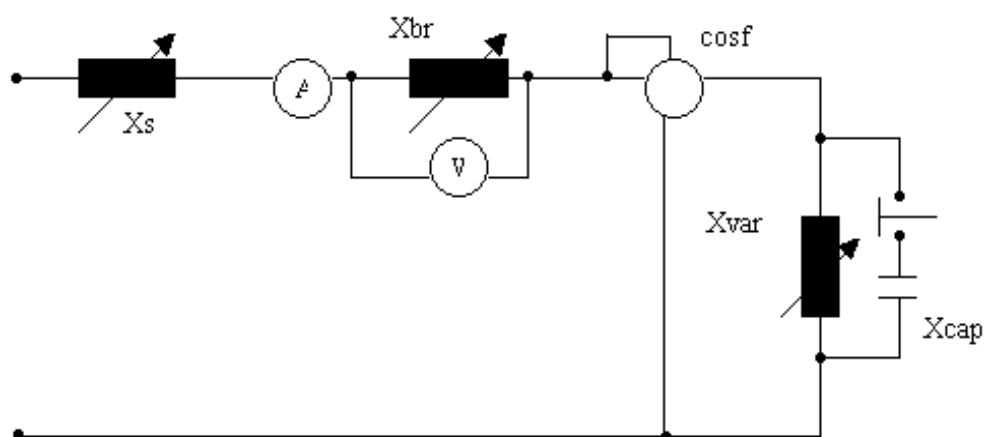


Fig. 3.11 Montajul pentru studiul influenței factorului de putere al sarcinii asupra căderii de tensiune pe bobina de reactanță

Pentru studiul comportării BRD se utilizează modelul fizic existent în laborator, al unei bobinei montate în regim de trecere (fig.3.12).

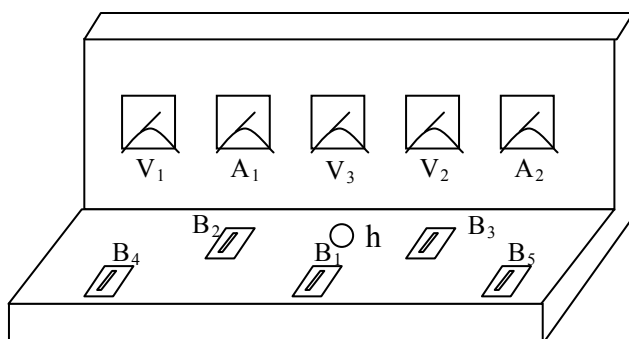


Fig. 3.12 Vedere generală a modelului fizic al unei bobine de reactanță dublă (BRD) în regim de trecere

V_3 – voltmetru ce indică tensiunea de alimentare (200V); V_1, V_2 – volmetru pentru măsurarea tensiunilor pe cele două ramuri ale bobinei; A_1, A_2 – ampermetre pentru măsurarea curenților pe ramuri; B_1 – comutator-întrerupător general; B_4, B_5 – comutatoare pentru reglajul curenților de sarcină prin modificarea prizelor bobinelor ce constituie impedanțele de sarcină; h – lampă semnalizare prezintă tensiunea de alimentare; p – pârghie pentru modificarea factorului de cuplaj magnetic al BRD.

BRD este realizată fără miez de fier, cu factor de cuplaj variabil. În funcție de conexiunile care se realizează la bornele de pe spatele panoului modelului, BRD se poate conecta și în alte regimuri de funcționare.

d) Se determină reactanța fiecărei ramuri a BRD și factorul de cuplaj (maxim și minim) folosind montajul din fig.3.13 coeficientul de cuplaj se determină cu relația:

$$f_c = U_2 / U_1$$

unde U_2 și U_1 sunt tensiunile măsurate de V_1 și V_2 .

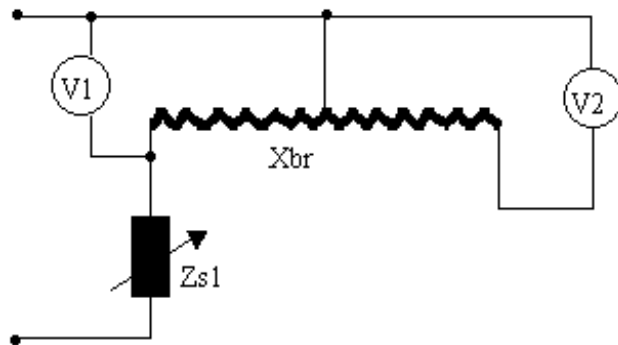


Fig. 3.13 Montajul pentru determinarea factorului de cuplaj al BRD

e) Se realizează montajul din fig.3.14.

Se trasează caracteristicile $U_2 = F(I_2, f_c)$ și $U_1 = f(I_2, f_c)$ pentru diferite valori ale curentului de pe ramura sănătoasă. Se consideră ramura avariata, ramura a doua.

Regimul de scurtcircuit, la scara modelului, se va stabili prin mișcarea impedanței de sarcină Z_{S1} .

Se va evidenția efectul autoregulator al sarcinii de pe ramura neavariată asupra tensiunii proprii.

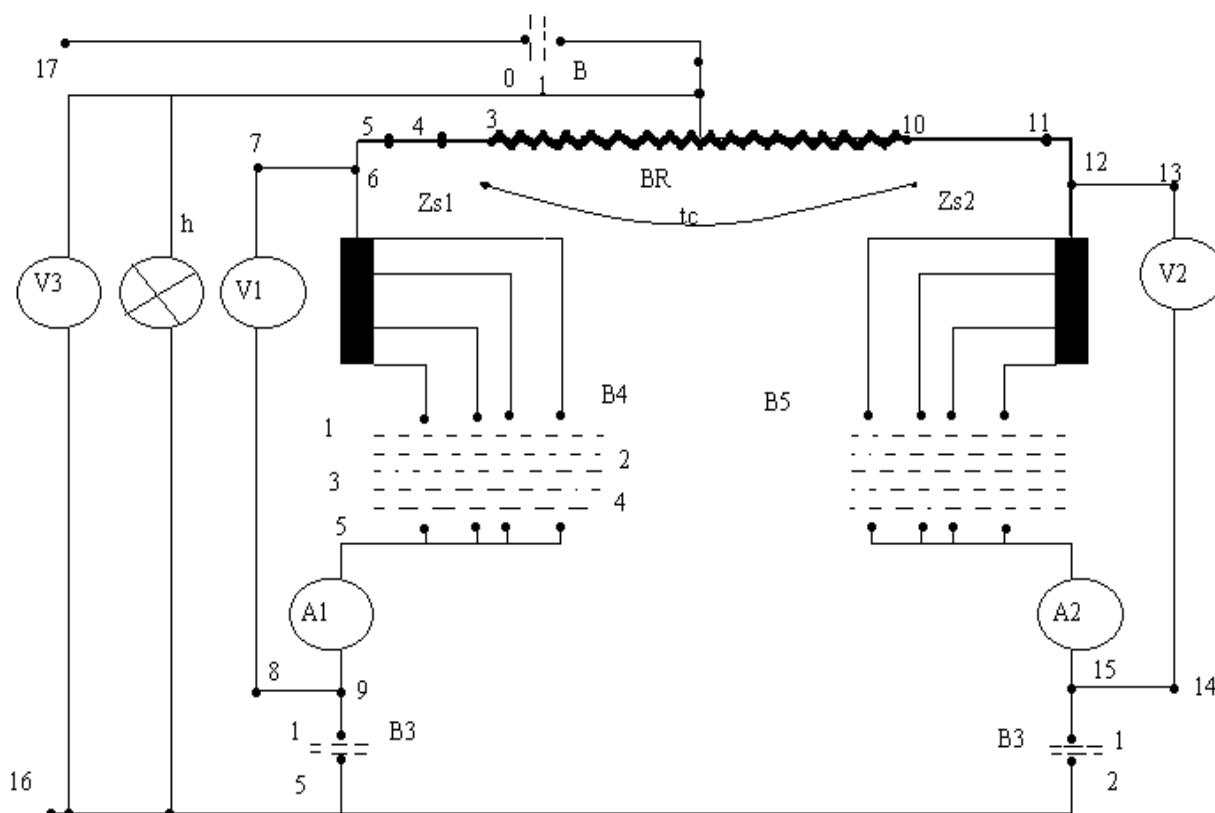


Fig. 3.14 Montajul pentru trasarea caracteristicilor $U_2 = f(I_2, f_c)$ și $U_1 = f(I_2, f_c)$

f) Se conectează, în locul impedențelor Z_{S1} și Z_{S2} , două rezistențe R_{S1} și R_{S2} , reglabile în trepte. Se conectează un varmetru pe circuitul de alimentare al bobinei. Se măsoară consumul de putere reactivă al BRD, trasându-se apoi caracteristica $Q_c = f(a, f_c)$ unde a este parametrul definit în paragraful 4.3, Q_c fiind puterea cerută de bobină.

Se interpretează rezultatele obținute.

Metode noi de măsurare a mărimilor ce caracterizează regimul nesimetric de funcționare al instalațiilor electroenergetice

1. Generalități

Un sistem energetic polifazat se spune că este simetric și echilibrat, atunci când fazele sale sunt egal și simetric încărcate, iar sistemul tensiunilor de alimentare este simetric.

Regimul real de funcționare al sistemelor electroenergetice este nesimetric și deformat: fazele sunt inegal încărcate, sistemul tensiunilor de alimentare este nesimetric, sunt prezente armonicile de curent și (sau) tensiune.

În continuare se indică modul în care se pot determina teoretic și verifica experimental mărimile ce caracterizează regimul nesimetric într-un circuit cu patru conductoare.

2. Regimul nesimetric în rețelele trifazate

Un sistem trifazat nesimetric ($\underline{V}_1, \underline{V}_2, \underline{V}_3$) se poate descompune în trei sisteme simetrice: direct, invers și homopolar, conform (1):

$$\begin{cases} \underline{V}_1 = \underline{V}_h + \underline{V}_d + \underline{V}_i \\ \underline{V}_2 = \underline{V}_h + a^2 \underline{V}_d + a \underline{V}_i \\ \underline{V}_3 = \underline{V}_h + a \underline{V}_d + a^2 \underline{V}_i \end{cases} \quad (1)$$

în care $a = i(-1/2) + j\sqrt{3}/2$ este operatorul de rotație al fazelor.

Componentele de secvență directă, inversă și homopolară se determină cu ajutorul fazorilor $\underline{V}_1, \underline{V}_2, \underline{V}_3$ cu relația (2):

$$\begin{cases} \underline{V}_h = (1/3) \times (\underline{V}_1 + \underline{V}_2 + \underline{V}_3) \\ \underline{V}_d = (1/3) \times (\underline{V}_1 + a \underline{V}_2 + a^2 \underline{V}_3) \\ \underline{V}_i = (1/3) \times (\underline{V}_1 + a^2 \underline{V}_2 + a \underline{V}_3) \end{cases} \quad (2)$$

Aceste relații sunt valabile atât pentru tensiuni cât și pentru curenți.

Considerând sistemul de tensiuni simetrice, se poate scrie:

$$\begin{cases} \underline{U}_R = \underline{U}_d \\ \underline{U}_S = a^2 \underline{U}_d \\ \underline{U}_T = a \underline{U}_d \end{cases} \quad (3)$$

Se determină în continuare puterile aparente pe cele trei faze, ținând seama de componentele simetrice ale curenților pe faze:

$$\begin{cases} \underline{S}_R = \underline{U}_R \times \underline{I}_R^* = \underline{U}_d (\underline{I}_h^* + \underline{I}_d^* + \underline{I}_i^*) = \frac{1}{3} \times (S_0 + S_d + S_i) \\ \underline{S}_S = \underline{U}_S \times \underline{I}_S^* = a^2 \underline{U}_d (\underline{I}_h^* + a \underline{I}_d^* + a^2 \underline{I}_i^*) = \frac{1}{3} \times (a^2 S_0 + S_d + a S_i) \\ \underline{S}_T = \underline{U}_T \times \underline{I}_T^* = a \underline{U}_d (\underline{I}_h^* + a^2 \underline{I}_d^* + a \underline{I}_i^*) = \frac{1}{3} \times (a S_0 + S_d + a^2 S_i) \end{cases} \quad (4)$$

unde:

$\underline{S}_d = 3 \underline{U}_d \times \underline{I}_d^*$ - puterea aparentă complexă corespunzătoare componentelor directe ale curenților dezechilibrați;

$\underline{S}_i = 3 \underline{U}_d \times \underline{I}_i^*$ - puterea aparentă complexă corespunzătoare componentelor inverse ale curenților dezechilibrați, numită puterea de disimetrie;

$\underline{S}_h = 3 \underline{U}_d \times \underline{I}_h^*$ - puterea aparentă complexă corespunzătoare componentelor homopolare ale curenților dezechilibrați, numită putere de asimetrie.

Puterea aparentă complexă totală absorbită de un consumator este egală cu suma puterilor aparente de pe cele trei faze:

$$\underline{S} = \underline{S}_R + \underline{S}_S + \underline{S}_T = \frac{1}{3} (\underline{S}_h + \underline{S}_d + \underline{S}_i) \quad (5)$$

Din relația 4 se obțin puterile aparente complexe corespunzătoare componentelor de secvență ale curenților dezechilibrați:

$$\begin{cases} \underline{S}_d = \underline{S}_R + \underline{S}_S + \underline{S}_T \\ \underline{S}_i = \underline{S}_R + a^2 \underline{S}_S + a \underline{S}_T \\ \underline{S}_0 = \underline{S}_R + a \underline{S}_S + a^2 \underline{S}_T \end{cases} \quad (6)$$

Dacă se exprima puterea aparentă complexă sub forma:

$$\underline{S} = S e^{j\varphi} = S(\cos\varphi + j\sin\varphi)$$

și se folosește relația 6, separând apoi partea reală și partea imaginară, se obțin expresiile puterilor active și reactive corespunzătoare componentelor de secvență în funcție de puterile active și reactive de pe faze:

$$(7) \quad \begin{cases} P_d = P_R + P_S + P_T \\ P_i = P_R - \frac{1}{2}(P_S + P_T) + \frac{\sqrt{3}}{2}(Q_S - Q_T) \\ P_0 = P_R - \frac{1}{2}(P_S + P_T) - \frac{\sqrt{3}}{2}(Q_S - Q_T) \end{cases}$$

$$(8) \quad \begin{cases} Q_d = Q_R + Q_S + Q_T \\ Q_i = Q_R - \frac{1}{2}(Q_S + Q_T) - \frac{\sqrt{3}}{2}(P_S - P_T) \\ Q_0 = Q_R - \frac{1}{2}(Q_S + Q_T) + \frac{\sqrt{3}}{2}(P_S - P_T) \end{cases}$$

Se obțin și cosinusurile unghiurilor φ_d , φ_i , φ_0 care reprezintă defazajele dintre tensiuni și componentele de secvență ale curenților dezechilibrați:

$$\begin{cases} \cos\varphi_d = \frac{P_d}{S_d} = \frac{P_R + P_S + P_T}{S_d} \\ \cos\varphi_i = \frac{P_i}{S_i} = \frac{P_R - \frac{1}{2}(P_S + P_T) + \frac{\sqrt{3}}{2}(Q_S - Q_T)}{S_i} \\ \cos\varphi_0 = \frac{P_0}{S_0} = \frac{P_R - \frac{1}{2}(P_S + P_T) - \frac{\sqrt{3}}{2}(Q_S - Q_T)}{S_0} \end{cases} \quad (9)$$

3. Analiza indicațiilor unui Wattmetru (contor) monofazat montat într-un circuit cu patru conductoare folosind tensiunile de fază

Un wattmetru trifazat poate fi montat în acest circuit în nouă moduri distincte; se notează indicațiile wattmetrului (contorului) conform tabelului din fig 1:

	I_R	I_S	I_T
U_{RO}	a	b	c
U_{SO}	d	e	f
U_{TO}	g	h	i

Fig.1

Puterile active pe cele trei faze sunt:

$$\begin{cases} P_R = U_R \times I_R \times \cos \varphi_R = a \\ P_S = U_S \times I_S \times \cos \varphi_S = e \\ P_T = U_T \times I_T \times \cos \varphi_T = i \end{cases} \quad (10)$$

Înlocuind aceste relații în expresiile 7 se obțin puterile active de secvență în funcție de indicațiile wattmetrului (contorului) monofazat:

$$\begin{cases} P_d = a + e + i \\ P_i = a - \frac{1}{2}(e + i) + \frac{\sqrt{3}}{2}(e \times \operatorname{tg} \varphi_S - i \times \operatorname{tg} \varphi_T) \\ P_0 = a - \frac{1}{2}(e + i) - \frac{\sqrt{3}}{2}(e \times \operatorname{tg} \varphi_S - i \times \operatorname{tg} \varphi_T) \end{cases} \quad (11)$$

Pornind de la relația:

$$\frac{d}{a} = \frac{U_S \times I_R \times \cos(\frac{2\pi}{3} - \varphi_R)}{U_R \times I_R \times \cos \varphi_R} = \frac{-\frac{1}{2} \cos \varphi_R + \frac{\sqrt{3}}{2} \sin \varphi_R}{\cos \varphi_R} = -\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} \operatorname{tg} \varphi_R$$

se obține tangenta unghiului φ_R dintre fazorul tensiunii și fazorul curentului de pe faza R, în funcție de indicațiile wattmetrului monofazat:

$$\operatorname{tg} \varphi_R = \frac{1}{\sqrt{3}} \left(\frac{2d}{a} + 1 \right)$$

Asemănător, operând numai pe una din coloanele tabelului din figura 1, se obțin expresiile tangentelor unghiurilor de defazaj de pe toate cele trei faze:

$$\begin{cases} tg\varphi_R = \frac{1}{\sqrt{3}}\left(\frac{2d}{a}+1\right) = -\frac{1}{\sqrt{3}}\left(\frac{2g}{a}+1\right) = -\frac{1}{\sqrt{3}}\frac{d-g}{d+g} \\ tg\varphi_S = \frac{1}{\sqrt{3}}\left(\frac{1}{\sqrt{3}}\left(\frac{2h}{e}+1\right)\right) = -\frac{1}{\sqrt{3}}\left(\frac{2b}{e}+1\right) = -\frac{1}{\sqrt{3}}\frac{h-b}{h+b} \\ tg\varphi_T = \frac{1}{\sqrt{3}}\left(\frac{2c}{i}+1\right) = -\frac{1}{\sqrt{3}}\left(\frac{2f}{i}+1\right) = -\frac{1}{\sqrt{3}}\frac{c-f}{c+f} \end{cases} \quad (12)$$

Conform relatiei $Q=P*tg\varphi$, relațiile (12) si (8) se obține :

$$\begin{cases} Q_d = \frac{(d+h+c)-(b+f+g)}{\sqrt{3}} \\ Q_i = \frac{(b+d+i)-(c+e+g)}{\sqrt{3}} \\ Q_h = \frac{(d+e+f)-(g+h+c)}{\sqrt{3}} \end{cases} \quad (13)$$

Dacă notăm cu $P=UId*\cos\varphi_d$; $Q=UId*\sin\varphi_d$; $p_i= Uli*\cos\varphi_i$; $q_i= Uli*\sin\varphi_i$; $p_h= UIh*\cos\varphi_h$; $q_h= UIh*\sin\varphi_h$; în care I_d ; I_i ; I_h sunt valorile efective ale componentelor simetrice ale curenților; φ_d unghiul între fazorul tensiunii și fazorul curentului de secvență directă de pe aceeași fază; φ_i unghiul dintre fazorul curentului de secvență inversă de pe faza în care curentul este maxim și fazorul tensiunii de pe aceeași fază; φ_h unghiul între fazorul curentului de secvență homopolară și fazorul tensiunii de pe faza pe care curentul este mai mare, se pot exprima cele nouă indicații ale wattmetrului sub forma:

$$\left\{ \begin{array}{l} a = P_i + P_i + P_h \\ b = -\frac{1}{2}P - \frac{\sqrt{3}}{2}Q - \frac{1}{2}P_i + \frac{\sqrt{3}}{2}q_i + P_h \\ c = -\frac{1}{2}P + \frac{\sqrt{3}}{2}Q - \frac{1}{2}P_i - \frac{\sqrt{3}}{2}q_i + P_h \\ d = -\frac{1}{2}P + \frac{\sqrt{3}}{2}Q - \frac{1}{2}P_i + \frac{\sqrt{3}}{2}q_i - \frac{1}{2}P_h + \frac{\sqrt{3}}{2}q_h \\ e = P - \frac{1}{2}P_i - \frac{\sqrt{3}}{2}q_i - \frac{1}{2}P_h + \frac{\sqrt{3}}{2}q_h \\ f = -\frac{1}{2}P - \frac{\sqrt{3}}{2}Q + P_i - \frac{1}{2}P_h + \frac{\sqrt{3}}{2}q_h \\ g = -\frac{1}{2}P - \frac{\sqrt{3}}{2}Q - \frac{1}{2}P_i - \frac{\sqrt{3}}{2}q_i - \frac{1}{2}P_h - \frac{\sqrt{3}}{2}q_h \\ h = -\frac{1}{2}P + \frac{\sqrt{3}}{2}Q + P_i - \frac{1}{2}P_h - \frac{\sqrt{3}}{2}q_h \\ i = P - \frac{1}{2}P_i + -\frac{\sqrt{3}}{2}q_i - \frac{1}{2}P_h - \frac{\sqrt{3}}{2}q_h \end{array} \right.$$

Se pot exprima, în funcție de aceste indicații:

a) *PUTEREA ACTIVĂ DE SECVENȚĂ DIRECTĂ Pd:*

$$Pd = a + e + i \quad (14)$$

b) *PUTEREA REACTIVĂ DE SECVENȚĂ DIRECTĂ Qd*

$$Q_d = \frac{(a + h + c) - (b + f + g)}{3} \quad (15)$$

c) *PUTEREA DE DISIMETRIE Si*

$$\left\{ \begin{array}{l} x = a + f + h = 3p_i \\ y = b + d + i = -\frac{3}{2}P_i + \frac{3\sqrt{3}}{2}q_i \\ z = c + e + g = -\frac{3}{2}P_i - \frac{3\sqrt{3}}{2}q_i \end{array} \right.$$

$$\begin{aligned}
c1) \quad M_1 &= x + y = \frac{3}{2}P_i + \frac{3\sqrt{3}}{2}q_i \\
M_2 &= x - y = \frac{9}{2}P_i - \frac{3\sqrt{3}}{2}P_i \\
S_i &= \sqrt{M_1^2 + \frac{1}{3}M_2^2}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
c2) \quad M_1 &= x + z = \frac{3}{2}P_i - \frac{3\sqrt{3}}{2}q_i \\
M_2 &= x - z = \frac{9}{2}P_i + \frac{3\sqrt{3}}{2}q_i \\
\sqrt{M_1^2 + \frac{1}{3}M_2^2} &= 3\sqrt{P_i^2 + q_i^2} = S_i
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
c3) \quad M_1 &= y + z = -3p_i \\
M_2 &= y - z = 3\sqrt{3}q_i \\
\sqrt{M_1^2 + \frac{1}{3}M_2^2} &= 3\sqrt{P_i^2 + q_i^2} = S_i
\end{aligned}$$

Rezultă că puterea de disimetrie se poate calcula cu relația:

$$(16) \quad S_i = \sqrt{M_1^2 + \frac{1}{3}M_2^2}, \text{ unde}$$

$$(17) \quad \begin{cases} M_1 = x + y & M_2 = x - y \\ M_1 = x + z & M_2 = x - z \\ M_1 = y + z & M_2 = y - z \end{cases}, \text{ iar}$$

$$(18) \quad \begin{cases} x = a + f + h \\ y = b + d + i \\ z = C + e + g \end{cases}$$

d)PUTEREA DE ASIMETRIE So

$$x' = a + b + c = 3P_f$$

$$y' = d + e + f = -\frac{3}{2}P_f + \frac{3\sqrt{3}}{2}q_h$$

$$z' = g + h + i = -\frac{3}{2}P_f - \frac{3\sqrt{3}}{2}q_h$$

$$\begin{aligned} d1) \quad N_1 &= x' + y' = \frac{3}{2}p_h + \frac{3\sqrt{3}}{2}q_h \\ N_2 &= x' - y' = \frac{9}{2}p_h - \frac{3\sqrt{3}}{2}q_h \\ \sqrt{N_1^2 + \frac{1}{3}N_2^2} &= 3\sqrt{P_h^2 + q_h^2} = S_0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d2) \quad N_1 &= x' + z' = \frac{3}{2}p_h - \frac{3\sqrt{3}}{2}q_h \\ N_2 &= x' - z' = \frac{9}{2}p_h + \frac{3\sqrt{3}}{2}q_h \\ \sqrt{N_1^2 + \frac{1}{3}N_2^2} &= 3\sqrt{P_h^2 + q_h^2} = S_0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d3) \quad N_1 &= y' + z' = -3p_h \\ N_2 &= y' - z' = 3\sqrt{3}q_h \\ \sqrt{N_1^2 + \frac{1}{3}N_2^2} &= 3\sqrt{P_h^2 + q_h^2} = S_0 \end{aligned}$$

Rezultă:

$$(19) \quad S_0 = \sqrt{N_1^2 + \frac{1}{3}N_2^2} \quad , \quad \text{unde}$$

$$(20) \quad \begin{cases} N_1 = x' + y' & N_2 = x' - y' \\ N_1 = x' + z' & N_2 = x' - z' \\ N_1 = y' + z' & N_2 = y' - z' \end{cases}$$

$$(21) \quad \begin{cases} x' = a + b + c \\ y' = d + e + f \\ z' = g + h + i \end{cases}$$

Cu relațiile (16) și (19) se determină puterea de disimetrie și puterea de asimetrie folosind indicațiile unui wattmetru (contor) monofazat, montat într-un circuit trifazat cu patru conductoare, în cele nouă moduri posibile.

Pierderile de putere într-o rețea trifazată cu patru conductoare se determină cu relația:

$$(22) \quad \Delta P = r \times I_R^2 + r \times I_S^2 + r \times I_T^2 + r_h \times I_h^2$$

unde r este rezistența conductorului de fază, iar r_h este rezistența conductorului de nul.

În cazul regimului simetric curenții pe faze sunt egali și egali cu componenta directă iar curentul pe nul este egal cu zero (nu există componentă inversă și homopolară).

În aceste condiții, pierderile de putere sunt:

$$(23) \quad \Delta P_{sim} = 3rI^2 = 3rI_d^2 = \frac{S_d^2}{3U_d^2}r = \frac{S_{sim}^2}{3U_f^2}r = \frac{P^2 + Q^2}{3U_f^2}r,$$

deci în regim nesimetric apar și componentele simetrice inversă și homopolară, iar pierderile de putere devin:

$$\begin{aligned} \Delta P_{nesim} &= r(I_R^2 + I_S^2 + I_T^2 + n \times I_d^2) = (S_R^2 + S_S^2 + S_T^2 + n \times S_0^2) \frac{r}{U_f^2} = \\ &= [S_d^2 + S_i^2 + (3n+1)S_0^2] \frac{r}{3U_f^2} = \frac{S_{nesim}^2}{3U_f^2}r \end{aligned} \quad (24)$$

în care: $n = r_h / r$

În determinarea relațiilor (11) și (21) s-a considerat sistemul de tensiuni simetric, caz în care se poate scrie:

$$(25) \quad \begin{cases} a + d + g = 0 \\ b + e + h = 0 \\ c + f + i = 0 \end{cases}$$

e) FACTORII DE PUTERE PE FAZE

Considerând relația $\sin\varphi=I/\sqrt{1+tg^2\alpha}$ și utilizând relațiile (12), se determină factorii de putere pe cele trei faze:

$$(26) \quad \cos\varphi_R = \frac{1}{\sqrt{1+\frac{1}{3}\left(\frac{2d}{a}+1\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1+\frac{1}{3}\left(\frac{2g}{a}+1\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1+\frac{1}{3}\left(\frac{d-g}{d+g}\right)^2}}$$

$$(27) \quad \cos\varphi_S = \frac{1}{\sqrt{1+\frac{1}{3}\left(\frac{2b}{c}+1\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1+\frac{1}{3}\left(\frac{2h}{c}+1\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1+\frac{1}{3}\left(\frac{h-b}{h+b}\right)^2}}$$

$$(28) \quad \cos\varphi_T = \frac{1}{\sqrt{1+\frac{1}{3}\left(\frac{2c}{i}+1\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1+\frac{1}{3}\left(\frac{2f}{i}+1\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1+\frac{1}{3}\left(\frac{c-f}{c+f}\right)^2}}$$

f) CURENȚII PE FAZE:

$$(29) \quad I_R = \frac{P_R}{U_R \cos\varphi_R} = \frac{a}{U_R} \sqrt{1+\frac{1}{3}\left(\frac{2d}{a}+1\right)^2}$$

$$(30) \quad I_S = \frac{P_S}{U_S \cos\varphi_S} = \frac{e}{U_S} \sqrt{1+\frac{1}{3}\left(\frac{2b}{c}+1\right)^2}$$

$$(31) \quad I_T = \frac{P_T}{U_T \cos\varphi_T} = \frac{i}{U_T} \sqrt{1+\frac{1}{3}\left(\frac{2c}{i}+1\right)^2}$$

g) CURENȚII DE SECVENȚĂ DIRECTĂ, INVERSĂ ȘI HOMOPOLARĂ

Se deduc din expresiile puterilor aparente de secvență directă, inversă și homopolară (relațiile (15), (16), (19)):

$$(32) \quad S_d = 3U_f I_d \quad I_d = S_d / 3U_f$$

$$(33) \quad S_i = 3U_f I_i \quad I_i = S_i / 3U_f$$

$$(34) \quad S_0 = 3U_f I_0 \quad I_0 = S_0 / 3U_f$$

h) UNGHIURILE DE DEFAZAJ ÎNTRE TENSIUNI ȘI COMPONENTE DE SECVENȚĂ DIRECTĂ, INVERSĂ ȘI HOMOPOLARĂ ALE CURENȚILOR

Se determină în funcție de indicațiile wattmetrului (contorului) monofazat, pornind de la expresiile puterilor active și aparente de secvență:

$$(35) \quad \cos \varphi_d = P_d / S_d = (a + e + i) / S_d$$

$$(36) \quad \cos \varphi_i = P_i / S_i = \frac{a - \frac{1}{2}(e + i) + \frac{\sqrt{3}}{2}(e \times \operatorname{tg} \varphi_s - i \times \operatorname{tg} \varphi_T)}{S_i}$$

$$(37) \quad \cos \varphi_0 = P_0 / S_0 = \frac{a - \frac{1}{2}(e + i) - \frac{\sqrt{3}}{2}(e \times \operatorname{tg} \varphi_s - i \times \operatorname{tg} \varphi_T)}{S_i}$$

Cunoscând $\cos \varphi_d$, $\cos \varphi_i$, $\cos \varphi_0$, se pot determina unghiurile de defazaj $\varphi_d, \varphi_i, \varphi_0$.

4. Descrierea instalatiei din laborator

În laborator s-a realizat o instalație a cărei schemă este prezentă în fig 2.

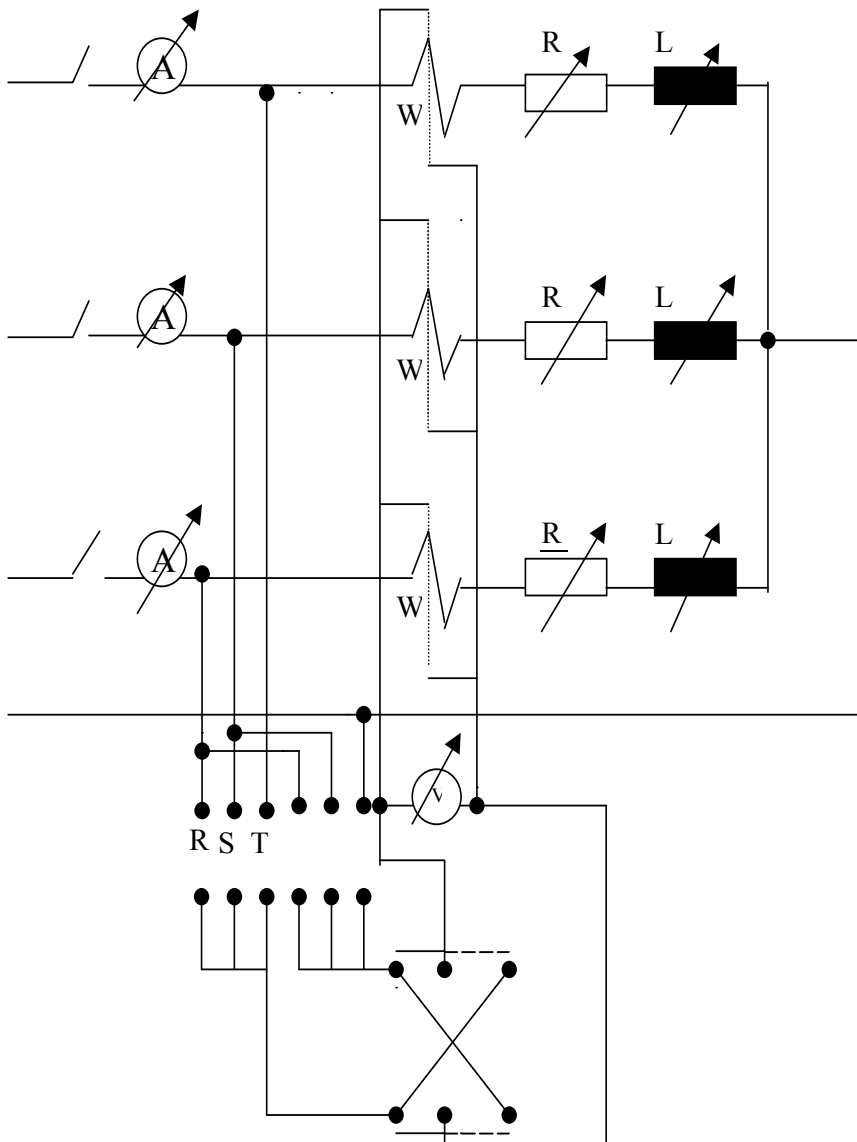


Fig. 2

Instalația se compune din:

- trei ampermetre de clasa 0.5;
- trei contactoare de energie activă, monofazată de 220V, 2.5A;
- o cheie voltmetrică;
- un voltmetru de clasa 0.5;
- trei reostate cu cursor;
- trei inductanțe reglabile;
- un comutator prin care se asigură rotirea în sens direct a discurilor contoarelor indiferent de dezechilibrul dintre curenți.

Instalația se alimentează cu tensiune trifazată 3x380V.

Cu ajutorul cheii voltmetrice se aplică succesiv tensiunile U_{R0} , U_{S0} , U_{T0} bobinelor de tensiune ale contoarelor.

Cu cheia în poziția U_{R0} se citesc (după un anumit timp) valorile a, b, c. Se trece apoi în poziția U_{S0} , citindu-se valorile d, e, f și apoi U_{T0} pentru stabilirea valorilor g, h, i, (vezi tabelul din figura 1).

5. Modul de desfășurare a lucrării

- 5.1 Se realizează montajul din figura 2;
- 5.2 Se aduce cheia în poziția R-O;
- 5.3 Se reglează reostatele de pe fiecare fază pentru a stabili un dezechilibru oarecare;
- 5.4 Se citesc indicațiile celor trei contoare;
- 5.5 Se pune sub tensiune instalația;
- 5.6 Timp de 10 min. se lasă în funcțiune instalația, contorizând energia activă consumată pe fiecare fază;
- 5.7 După 10 min. se întrerupe alimentarea cu tensiune a instalației. Se citesc exact indicațiile contoarelor;
- 5.8 Se repetă apoi operațiile descrise la punctele 5.3, 5.7 cu cheia în poziția S-o, respectiv T-o;
- 5.9 Toate datele se trec într-un tabel de forma:

Nr. crt.	Poziție cheie	Δt [ore]	WRo [Wh]	WSo [Wh]	WTo [Wh]	Ir [A]	Is [A]	It [A]	U [V]	WR1 [Wh]	WS1 [Wh]	WT1 [Wh]	
1.	R-0	1/6											a=WR1-WRo b=WS1-WSo d=WT1-WTo
2.	S-0	1/6											d=WS1-WSo e=WT1-WTo f=WR1-WRo
3.	T-0	1/6											g=WS1-WSo h=WT1-WTo i=WR1-WRo

- 5.10 Se calculează apoi mărimile următoare:

P_d - energia activă de secvență directă; relația (14);

Qd - energia reactivă de secvență directă; relația (15);
Si - energia de disimetrie; relația (16); se calculează cu cele trei relații de la punctele c1, c2, c3 și apoi se face media aritmetică ;
So - energia de asimetrie ; relația (19); se calculează cu relațiile de la punctele d1, d2, d3 și apoi se face media aritmetică;
Snec - energia de nesimetrie; se utilizează relația:

$$S_{nec} = \sqrt{S_i^2 + (3n+1)S_0^2} \quad (n=1)$$

$\delta \Delta W$ – pierderile suplimentare de energie activă datorate regimului nesimetric față de pierderile de energie activă în regimul simetric; se utilizează relațiile:

$$\delta \Delta W_{sim} = \frac{W_d^2 + Q_d^2}{W^2} r \quad \delta \Delta W_{nesim} = \frac{W_d^2 + Q_d^2 + S_i^2 + 4S_0^2}{U^2} r$$

$$\delta \Delta W = \frac{\Delta W_{nesim} - \Delta W_{sim}}{\Delta W_{sim}} - 100$$

$\cos \varphi_R, \cos \varphi_S, \cos \varphi_T$ - factorii de putere monofazați; se folosesc relațiile (26), (27), (28) calculându-se factorii de putere cu fiecare formulă și apoi valoarea medie a fiecăruia;

I_R, I_S, I_T , - curenții pe faze; se utilizează relațiile (29), (30),(31);

I_d, I_i, I_0 , - curenții de secvență directă, inversă și homopolară; se vor utiliza relațiile (32), (33), (34);

$\cos \varphi_d, \cos \varphi_i, \cos \varphi_0$, - unghiurile de defazaj între tensiuni și componentele de secvență directă, inversă și homopolară ale curenților; se vor utiliza relațiile (35), (36), (37).

6). Posibilități de aplicare a metodei în circuitele secundare de măsurare

Circulațiile de curent de diferite secvențe produc pierderi suplimentare atât în elementele de transfer cât și la consumatori. În instalațiile electrice trifazate cu patru conductoare, sarcinile dezechilibrate, datorită puterii de asimetrie (Snes) conduc la creșteri importante ale pierderilor față de cazul acelorași sarcini totale, dar echilibrate. Este deci utilă introducerea tarifării

respectiv a măsurării energiei electrice de nesimetrie. Doar cu trei wattmetre (contoare) monofazate și cu un voltmetru pot fi determinate toate mărimile ce interesează într-o instalație electrică trifazată cu patru conductoare.

Metoda poate fi aplicată în circuitele secundare de măsurare. Pentru un condensator puternic dezechilibrat, prin montarea pe panourile de masurare ale circuitelor secundare a trei wattmetre monofazate și a unui voltmetru cu cheie, se pot determina toate mărimile ce caracterizează regimul nesimetric și anume: puterea activă trifazată, puterea reactivă trifazată, puterea de asimetrie, puterea de disimetrie, curenții de secvență directă, inversă și homopolară, cât și unghiurile de defazaj dintre acestea și tensiuni, factorii de putere monofazați, curenții I pe cele trei faze și pierderile suplimentare de putere datorate nesimetriei.

În prezent, pentru determinarea unora dintre aceste mărimi se folosesc în panourile de măsurare trei ampermetre, un voltmetru cu cheie, un wattmetru trifazat, un varmetru trifazat cu un $\cos\phi$ -metru trifazat.

Aceste aparate nu sunt suficiente pentru a determina factorii de putere monofazați, puterea de disimetrie, puterea de asimetrie, pierderile suplimentare datorate nesimetriei.

VERIFICAREA TRANSFORMATOARELOR DE TENSIUNE

1. Condiții de instalare

1.1 *Tipul interior sau exterior*

Se vor alege transformatoare de tensiune (TT) de interior în cazurile în care montarea lor se face într-o clădire sau într-un adăpost. În caz contrar se vor alege TT de exterior, special construite pentru condiții de funcționare corespunzătoare.

La tensiuni foarte înalte, la care nu se fabrică decât tipuri de exterior, se admite montarea în interior a acestora.

1.2 *Caracteristicile mediului ambiant*

Domeniul de temperaturi pentru care este garantată buna funcționare a TT trebuie să corespundă temperaturilor reale în locul de montare a aparatului, determinate pe baza statistică. Conform **STAS 4323-70**, TT fabricate în țară corespund domeniului de temperaturi cuprins între -30 și 40 grade C, pentru exterior, și -5 și +40 grade C pentru interior.

2. Criterii de alegere a transformatoarelor de tensiune

2.1 *Numărul fazelor și conexiunea înfășurărilor*

Numărul fazelor și conexiunilor înfășurărilor primare se aleg în funcție de numărul de faze ale circuitului primar și de receptorele care urmează a fi alimentate. În cazul conductoarelor de legătură foarte lungi, în vederea micșorării căderilor de tensiune se pot realiza TT cu câte două înfășurări secundare legate în serie. Se dublează astfel tensiunea secundară, reducându-se corespunzător curentul.

2.2 *Frecvența nominală*

Frecvența nominală a TT trebuie să fie egală cu cea a rețelei. De asemenea, abaterile de la frecvența rețelei produse în exploatare nu trebuie să depășească limitele admise de întreprinderea constructoare, pentru care sunt garantate erorile.

2.3 *Tensiunea nominală primară și secundară*

Tensiunea primară nominală este următoarea:

$$U_{pn} = U \quad \text{sau} \quad U_{pn} = U/\sqrt{3},$$

funcție de modul de conectare al TT, unde U este tensiunea nominală a rețelei (între faze). De regulă, TT admit o creștere permanentă a tensiunii primare cu 20% peste valoarea nominală.

2.4 *Nivelul de izolație*

Tensiunile de încercare vor fi cel puțin egale cu cele prevăzute în **STAS 4323-70**. Pentru altitudini mai mari de 1000 m, se vor stabili condiții speciale, de comun acord cu întreprinderea furnizore.

2.5 Clasa de precizie

Pentru alimentarea aparatelor de măsură este necesară, de regulă, clasa de precizie 0.5.

Pot face excepție aparatele de măsură destinate exclusiv pentru evidența tehnică (nu comercială), pentru care se admite clasa 1.

Pentru alimentarea aparatelor de protecție și de autorizare sunt necesare, în general, următoarele clase de precizie:

- clasa 1, pentru relee direcționale și de distanță;
- clasa 3, pentru relee de tip voltmetric.

2.6 Puterea secundară nominală

Pentru determinarea încărcării transformatoarelor de tensiune este necesar să se cunoască puterile active și reactive consumate de fiecare aparat.

Puterea aparentă S consumată de fiecare înfășurare trebuie să satisfacă următoarea condiție:

$$S_{min} \leq S \leq S_{sn} \quad \text{unde:}$$

- S_{sn} este puterea secundară nominală a înfășurării respective;
- S_{min} este puterea minimă admisă de întreprinderea constructoare, pentru care sunt garantate erorile; conform **STAS 4323-70**, $S_{min}=0.25 S_{sn}$.

3. Verificarea transformatoarelor de tensiune

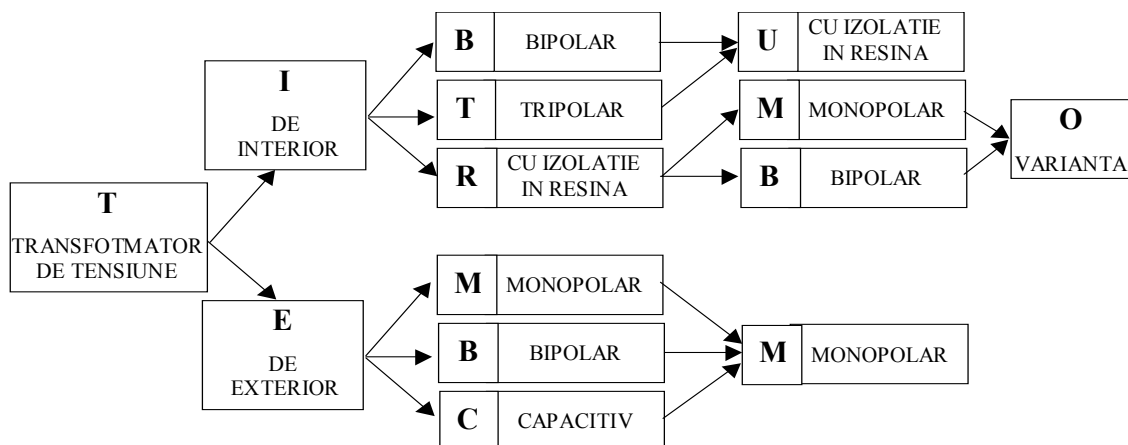
În tabelul 1 sunt prezentate principalele probe la care sunt supuse TT, precum și momentul efectuării lor. Semnificația diverselor notații din tabelul 1 sunt:

- X) Probele anuale se vor executa numai la TT la care s-a constatat o înrăutățire a izolației principale sau în cazul obținerii unor valori la limită.
- X*) Buletinele de fabrică sunt valabile la PIF, dacă nu au trecut 6 luni de la emiterea lor.
- X**) Proba este obligatorie la PIF numai pentru TT cu $U_n \leq 35\text{kV}$.

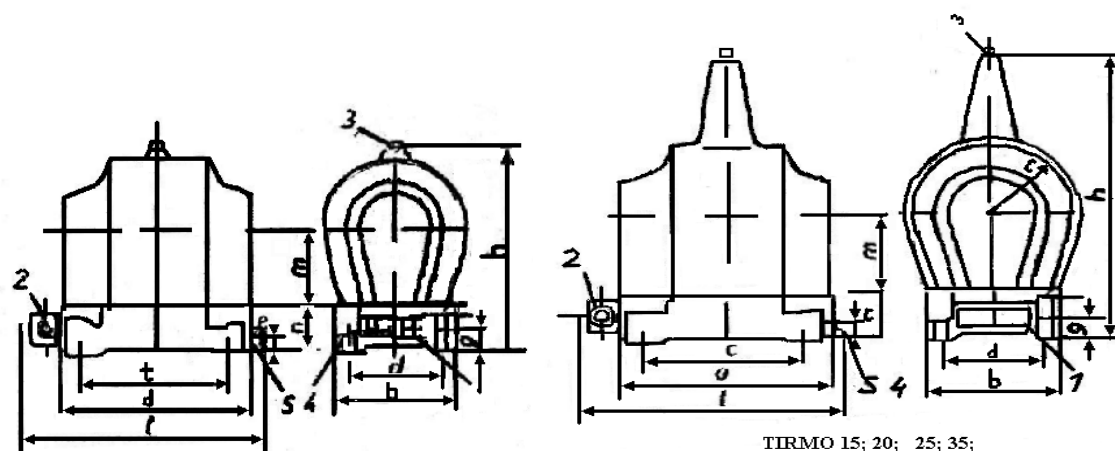
Nr crt	Denimirea probei			Momentul efectuării probei				Obsevatii; alte momente de efectuare a probei
				PIF	RT	IRR	Anual	
1	Incarcarea uleiului din cuva(control curent)	Transforma- toare de tensiune etanse	Romanesti	—	La RT dar nu mai rar de 3 ani	X	X	—
			Stra ine	—	La 2RT dar nu mai rar de 6 ani	X	X	—
				X		X	X	La 2ani
2	Masurarea rezistentei de izolati a infasurarilor			X	La RT dar nu mai rar de 3 ani	X	X	—
3	Masurarea tg δ a izolatiei principale			X	La RT dar nu mai rar de 3 ani (Transforma- toare neetanse)	X	X	Proba nu se executa la transformatoare capacitive de 110-400KV
					La 2RT dar nu mai rar de 6 ani (Transforma- toare etanse)			
4	Incarcarea cu tensiune marita a infasurarii secundare			X	—	X	—	—
5	Incarcarea cu tensiune marita a infasurarii primare			X	—	X	—	—
6	Masurarea rezistentei ohmice a infasurarii			X	—	X	—	—
7	Verificarea raportului de transformare			X	—	X	—	—
8	Verificarea polaritatii infasurarilor			—	—	X	—	—
9	Determinarea erorilor de unghi si de raport			X	—	X	—	Conform normativelor metrologice
10	Ridicarea caracteristicii de mers in gol			X	—	X	—	—
11	Massurarea sarcinii secundare			X				Modificari in circuitele de tensiune

În tabelul 2 este prezentată schema formării primei părți a simbolurilor TT.

Tabelul 2



În figura 1a, 1b, si 1c sunt prezentate trei tipuri de TT



TIP	Dimensiuni mm														Masa kg
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	M	N	P	R	
TIRMO-6-10	212	196	172	110	12	10	75	272	-	244	80	54	-	80	14.5
TIRMO-15-20	330	192	268	140	20	14	37	334	-	312	100	77	-	107	36
TIRMO-25-35	418	142	344	132	20	16	44	492	-	470	130	96	-	137	44

Fig.1a Forme constructive, dimensiuni și masa transformatoarelor de tensiune tip TIRMO-6-10-15-25-35 kV: 1- cutie de borne secundare; 2- bucă filetată pentru racord; 3- bornă primară M5; 4- gaură de fixare pentru șurub M8(M12); 5- șurub punere pământ M6(M8).

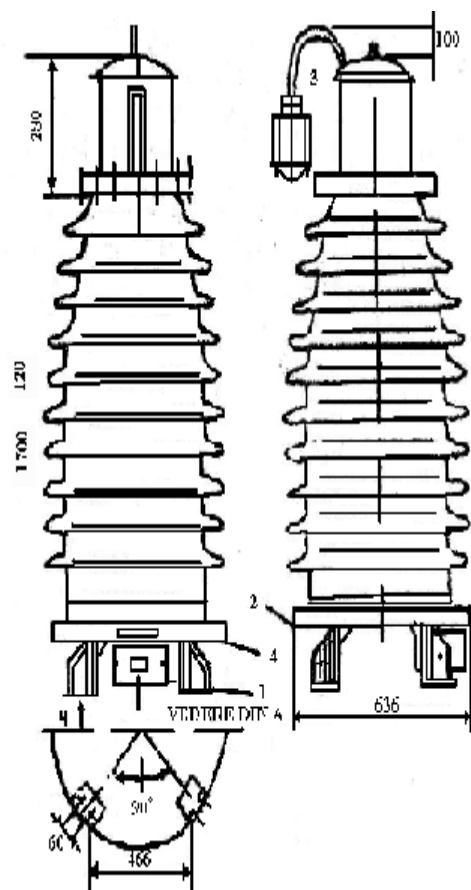


Fig 1b Formă constructivă, dimensiuni și masa TT tip TEMU-110KV , 1- cutie borne secundare; 2- clemă legare la pământ; 3- bornă primară M16; 4-eticheta

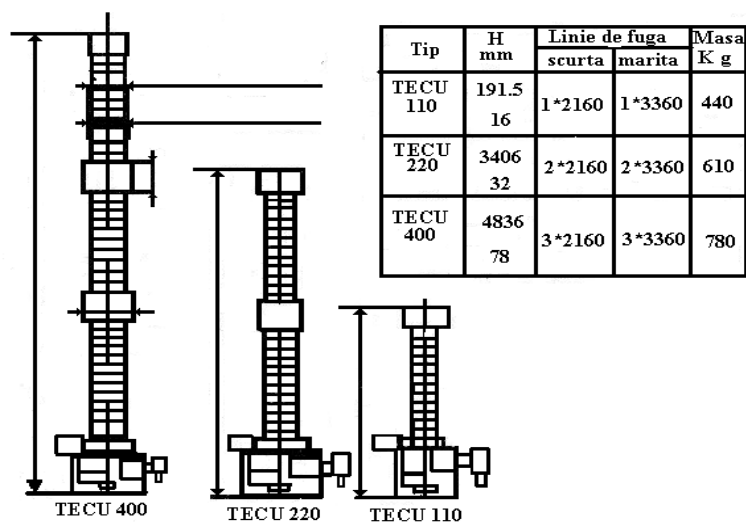
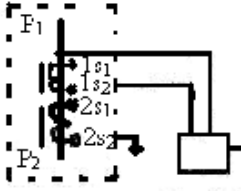
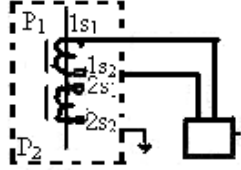
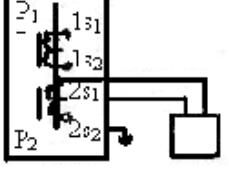
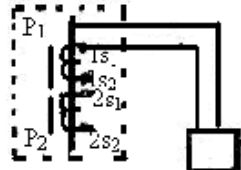
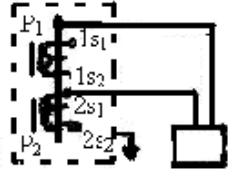
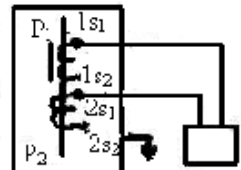


Fig 1c Forma constructivă, dimensiuni și masa TT tip TECU - 110 - 220 - 400KV

3.1 Măsurarea rezistenței de izolație a înfășurărilor

Proba se execută cu inductorul de 2500 V. În principiu rezistența de izolație se măsoară între fiecare înfășurare și corpul metalic al transformatorului, precum și între înfășurări luate două câte două, conform tabelului 3.

Nr. Crt	Modul de conectare a inductorului	Schema de montaj
1	Între înfășurarea primară și cuva transformatorului de măsură	
2	Între fiecare înfășurare secundară și cuva transformatorului de măsură	 
3	Între înfășurarea primară și fiecare înfășurare secundară	 
4	Între înfășurările secundare	

La transformatoarele de tensiune inductive monofazate care au la borna de legare la pământ a înfășurării primare inaccesibilă, precum și la transformatoarele capacitive, măsurările se execută între înfășurările secundare și corpul metalic, precum și între ele.

Rezultatele măsurărilor se compară cu cele de la PIF, nefiind tolerate față de aceste scăderi sub:

- 50% la TT cu $U_N \leq 110 \text{KV}$
- 70% la TT cu $U_N \geq 110 \text{KV}$

Dacă datele de la PIF lipsesc, în exploatare pot fi luate în considerare următoarele valori minime ale rezistenței de izolație:

- 2000 M Ω pentru înfășurarea primară
- 50 M Ω pentru înfășurarea secundară.

3.2 Măsurarea rezistenței ohmice a înfășurărilor

La transformatoarele de tensiune (TT) inductive proba se execută pentru fiecare înfășurare în parte, inclusiv cea primară. Montajul pentru determinarea rezistenței ohmice a înfășurărilor este prezentat în figura 2.

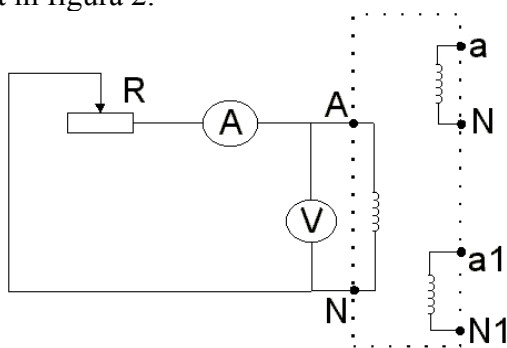


Figura 2 Măsurarea rezistenței ohmice a înfășurărilor

3.3 Verificarea polarității înfășurărilor

Proba se execută folosind montajul din figura 3 numai pentru TT inductive. Polaritatea este corectă dacă la închiderea întrerupătorului, acul milivoltmetrului mV deviază mai întâi spre dreapta și apoi revine la zero. La deschiderea întrerupătorului, acul trebuie să devină mai întâi la stânga și apoi să revină la zero.

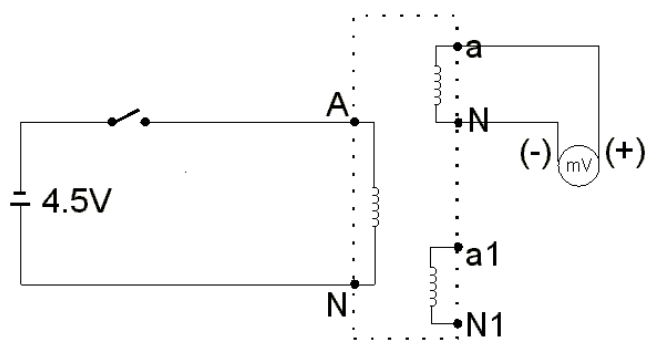


Figura 3 Verificarea polarității înfășurărilor

3.4 Verificarea raportului de transformare

Pentru TT sub 0,66 kV inclusiv, se poate utiliza metoda directă utilizând montajul din figura 4. Autotransformatorul AT, de 250V/8A debitează pe secundarul unui transformator f_{201R} care la rândul lui, aplicând o tensiune primarului transformatorului de verificare f_{201V} .

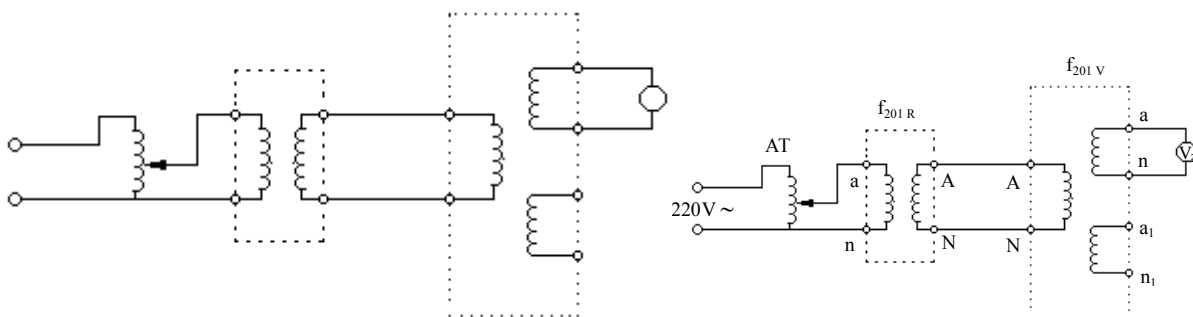


Fig 4

Măsurările se execută direct cu ajutorul voltmetrelor V1 si V2 de clasă 0.2 sau 0.5, raportul de transformare fiind dat de relația:

$$K_U = U_{V1} / U_{V2}$$

în care U_{V1} si U_{V2} sunt tensiunile măsurate în primarul, respectiv în secundarul lui f_{201V} . Proba se repetă pentru fiecare secundar în parte. Este recomandat ca măsurările să se execute pentru $0.8U_{pN}$; U_{pN} si $1.2U_{pN}$.

Pentru TT cu tensiunea primară mai mare de 0.66kV se utilizează de regulă metoda indirectă, care față de montajul precedent presupune și existența unui etalon f_{201E} . (fig. 5).

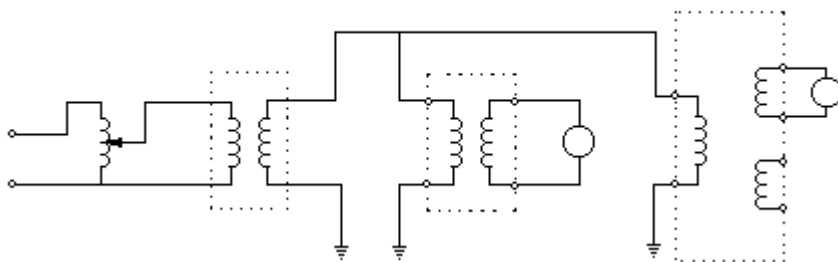


Fig 5

Măsurările se execută în secundarul TT etalon f_{201V} . Dacă raportul de transformare al TT etalon este K_{ue} , raportul de transformare al TT ce se verifică este dat de relația:

$$K_U = K_{ue} U_{V1} / U_{V2}$$

în care U_{V1} si U_{V2} reprezintă tensiunile citite la voltmetrele V1 si V2.

Ca și mai sus, proba este recomandată să se execute la aceleași valori ale tensiunii primare. Rezultatele măsurătorilor se compară cu cele din buletinul de fabrică sau cu cele de pe plăcuțele TT. Dacă apar diferențe, acestea sunt o urmare a unor scurtcircuituri între spirele înfășurării primare sau secundare, slăbirii strângerii tolelor sau a legăturilor la borne, întreruperii înfășurărilor, etc.

3.5 Ridicarea caracteristicii de mers în gol

Proba se efectuează utilizând montajul din figura 6, în care AT este un autotransformator de 250V/8A.

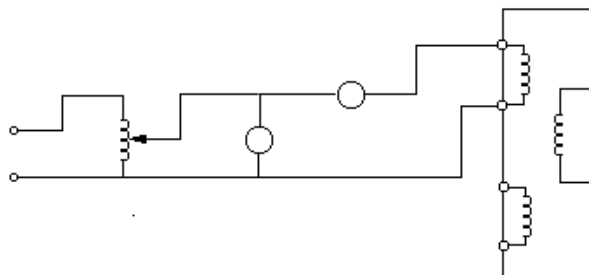


Fig 6

Se crește tensiunea în trepte, între 0 și $1.3U_{SN}$ din zece în zece sau din douăzeci în douăzeci de volți, măsurându-se de fiecare dată curentul de mers în gol. Rezultatele se trec într-un tabel. Curentul de mers în gol, pentru U_{SN} va trebui să fie egal cu cel din buletinele de fabrică sau cu cel obținut la transformatoarele similare. Proba se repetă pentru fiecare înfășurare secundară în parte. În timpul probei atât primarul cât și înfășurările secundare care nu se verifică rămân deschise. Datorită tensiunilor induse se vor respecta cu strictețe regulile de protecția muncii indicate la sfârșitul referatului.

4. Modul de desfășurare al lucrării

În laborator sunt expuse diverse tipuri de transformatoare de tensiune pentru instalații de medie tensiune. De asemenea, pe mai multe planșe sunt prezentate transformatoare de tensiune utilizate în instalații de IT. Pe această cale se pot cunoaște caracteristicile tehnico-functionale, formele și dimensiunile acestor aparate. În cadrul ședinței de lucrări, practice se vor efectua verificări ale unor tipuri de transformatoare de tensiune conform metodelor descrise în capitolul 3.

4.1 Măsurarea rezistenței de izolație

Se realizează montajele conform tabelului 3. Megaohmetru este de tipul tranzistorizat, de 2500V. Acesta se alimentează de la o sursă de tensiune continuă de 9V (firul roșu al aparatului se leagă la borna (+), iar cel verde la borna (-)). Apăsând pe ambele butoane, PORNIRE și CONTROL se verifică dacă acul indicator al $M\Omega$ -ului se stabilește în zona roșie a cadranului. Se conectează apoi cele două sonde cu care se verifică rezistența de izolație.

4.2 Măsurarea rezistenței ohmice a înfășurărilor

Se realizează montajul din figura 2. Ampermetrul și milivoltmetrul sunt de clasă de precizie 0.2 sau 0.5. Sursa de tensiune continuă trebuie să asigure o tensiune stabilizată de ordinul volților. Reostatul este de 30/5A. Se poate folosi și o punte de precizie pentru măsurarea rezistențelor, comparându-se eventual rezultatele.

4.3 Verificarea polarității bornelor

Se realizează montajul din figura 3. Tensiunea continuă de 5V se poate obține de la o baterie sau de la o sursă de tensiune continuă stabilizată. Milivoltmetrul se conectează ca în figură. Se respectă măsurările de protecție a muncii prezentate la capitolul 5.

4.4 Ridicarea caracteristicilor de mers în gol

Se realizează montajul din figura 6. Voltmetrul și ampermetrul sunt de curent alternativ de clasă de precizie 0.5. Se ridică caracteristica de mers în gol precizate în cap. 3.5. În toate figurile prezentate, marcarea bornelor s-a făcut conform STAS: cu litere mari sau notat bornele primare iar cu litere mici, bornele secundare.

5. Măsurile de protecția muncii la verificarea transformatoarelor de tensiune

5.1 Măsurile de protecția muncii la măsurarea rezistenței de izolație

Megaohmetrul este un aparat care poate debita o tensiune continuă cu valori cuprinse de regula între 500 și 5000V. În timpul probei, se va avea grijă ca atât persoana care efectuează măsurarea, cât și alte persoane, să nu atingă obiectul a cărui izolație se verifică.

Cordonele folosite trebuie să fie în perfecta stare și să aibă o rezistență de izolație de valoare cel puțin egală cu cea a domeniului maxim de măsurare.

Bananele și crocodilii folosiți trebuie să fie cu izolație sporită, iar dacă în timpul încercării acestea vor trebui ținute cu mâna, se vor folosi în mod obligatoriu mănuși dielectrice de înaltă tensiune.

5.2 Măsurile de protecția muncii la măsurarea rezistențelor ohmice

În situația în care se măsoară rezistențele ohmice ale unor înfășurări puternic inductive, se va evita atingerea părților neizolate ale acestora întrucât pot apărea supratensiuni periculoase în momentul întreruperii circuitului.

5.3 Măsurile de protecția muncii la aplicarea unor tensiuni în secundarul TT inductive

La aplicarea unor tensiuni alternative în secundarul TT inductive, se va avea în vedere ca în primarul acestora, se induce tensiuni ce pot atinge sau depăși tensiunea nominală a TT.

Pentru a evita eventualele accidente, trebuie ca în timpul probei să se folosească pentru alimentarea secundarului cordoane de lungime suficient de mari, astfel încât operatorul să se găsească la cel puțin 5-6m de transformator.

Zona din jurul TT va fi totodată îngrădită cu bandă roșie (pe care se vor monta plăcuțe avertizoare), la o distanță suficient de mare, care să excludă accidentele. Pe partea primară, vor fi deconectate legăturile care pot transmite tensiunile induse în înfășurarea de I.T.

VERIFICAREA TRANSFORMATOARELOR DE CURENT

1. ALEGEREA TRANSFORMATOARELOR DE CURENT

1.1 Conditii de instalare

1.1.1 Tipul interior sau exterior

Se vor alege TC de interior in cazurile in care montarea lor se face intr-o clădire sau un adăpost. În caz contrar se vor alege TC exterior.

La tensiuni foarte nalte ,la care nu se fabrica decât tipuri de exterior ,se admite montarea in exterior a acestora.

1.1.2 Caracteristicile mediului ambiant

Conform STAS 4324-70,TC fabricate in tara noastră corespund domeniului de temperaturi cuprins între -30°C si $+40^{\circ}\text{C}$ in interior respectiv -50°C si $+40^{\circ}\text{C}$ pentru TC montate in exterior.

1.2 Caracteristicile tehnico-funcționale

1.2.1 Numărul fazelor

In circuitele monofazate, TC se montează pe un singur conductor (faza).

In circuitele trifazate, numărul fazelor pe care se montează TC depinde de aparatele de măsură și protecție pe care acestea trebuie sa le alimenteze. În cazul instalării pe o singură fază, se alege de preferință faza S, iar în cazul instalării pe doua faze se aleg de preferita fazele R si T.

1.2.2 Frecventa nominala

Frecventa nominala a TC trebuie sa fie egala cu cea a rețelei.

1.2.3 Tensiunea nominala

Tensiunea nominala a TC va fi cel puțin egala cu cea a instalației in care se montează.

1.2.4 Nivelul de izolație

Tensiunile de încercare vor fi cel puțin egale cu cele prevăzute in STAS 4324-70.Pentru altitudini mai mari decât 1000m se vor stabili condiții specifice ,cu acordul întreprinderii furnizate.

1.2.5 Curentul primar nominal

Curentul primar nominal I_{PN} al TC va fi astfel ales, încât să fie respectate condițiile :

$$I_{nc} \leq I_{PN} ; I_{md} < 1.2 I_{PN}$$

unde :

I_{nc} este curentul primar nominal

I_{md} = curentul maxim de durata al circuitului primar.

Se va alege de preferință valoarea minima care satisface condițiile de mai sus.

1.2.6 Curentul secundar nominal

Se prevede curentul secundar nominal de 5A sau 1A, pe baza unui calcul tehnico-economic.

La stațiile de 220 KV si 400 KV se prevede de regula 1A.

1.2.7 Numărul miezurilor

În principiu se prevăd miezuri (înfășurări secundare) separate pentru alimentarea următoarelor categorii de aparate :

a)Aparate de măsură.

b)Aparate de protecție (exclusiv protecția diferențiala) si automatizare.

c)Aparate pentru protecția diferențială.

d)Dispozitive de acționare pentru curent operativ alternativ.

1.2.8 Clasa de precizie

Pentru alimentarea aparatelor de măsură indicatoare si înregistratoare montate pe tablourile de comanda este necesara pentru TC clasa de precizie 1.

Pentru alimentarea aparatelor de protecție si automatizare sunt necesare următoarele clase de precizie :

- clasa 1 pentru relee direcționale și de distanță, relee diferențiale, ș.a.
- clasa 5P pentru relee maxime de curent și pentru dispozitive de acționare cu curent operativ alternativ.
- clasa 10P pentru relee diferențiale.

1.2.9 Coeficientul de saturație

Coeficientul de saturație «n» al miezurilor pentru măsurare trebuie să fie suficient de mic pentru ca la șocurile de curent să nu fie puse în pericol aparatele de măsură. Aparatele de măsură fabricate în țara noastră suportă șocuri de curent de 10 ori curentul nominal.

1.2.10 Puterea secundară nominală

Pentru determinarea încărcării TC se vor lua în considerare sarcinile reprezentate de aparatele alimentate, de conductoarele de legătură și de contacte.

Pentru fiecare înfășurare secundară, sarcina $Z(\Omega)$, respectiv puterea aparentă consumată $S(VA)$ trebuie să satisfacă condiția :

$$Z_{smin} \leq Z \leq Z_{sn} \quad S_{smin} \leq S \leq S_{sn}$$

Z_{sn} = sarcina secundară nominală a înfășurării respective ;

S_{sn} = puterea secundară nominală a înfășurării;

Z_{smin} = sarcina minimă admisă;

S_{smin} = puterea secundară minimă corespunzătoare.

1.2.11 Stabilitatea termică

Curentul limită de stabilitate termică de 1s (I_{1t}) al TC este indicat de întreprinderea constructoare.

$$I_{1t} = K_t \cdot I_{pn}; \quad K_t = \text{coeficient de stabilitate termică}$$

TC este stabilit termic dacă

$$I_m \leq I_{1t}; \quad I_m = \text{curentul echivalent al scurtcircuitului}$$

1.2.12 Stabilitatea electrodinamică

$$I_d = \sqrt{2} K_d \cdot I_{pn}; \quad K_d = \text{coeficient de stabilitate electrodinamică};$$

I_d = curentul de stabilitate electrodinamică ;

Trebuie ca circuitul de șoc $i_s \leq I_d$ unde i_s amplitudinea curentului de scurtcircuit de șoc.

2. MARCAREA TRANSFORMATOARELOR DE CURENT

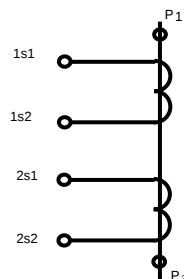


Fig.1

În cazul înfășurărilor secundare, cu cifra 1 se notează miezul cu precizia cea mai mare ; în situația aceleiași precizii, miezul cu puterea cea mai mică, iar în situația aceleiași puteri, miezul cu coeficientul de saturație cel mai mic.

În tabelul 1 este prezentată schema formării primei părți a simbolurilor transformatoarelor de curent.

În completarea celor prezentate în tabelul 1 trebuie avute în vedere următoarele :

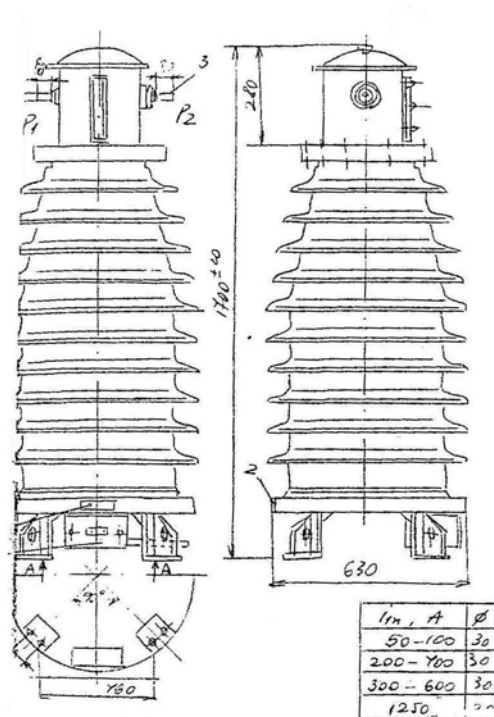


Fig.2c Forma constructivă, dimensiuni și masă transformatoarelor de curent tip CESU-110 KV :

- 1-cutia borne secundare ;
- 2-placa legare la pământ ;
- 3-borna primara ;
- 4-eticheta.

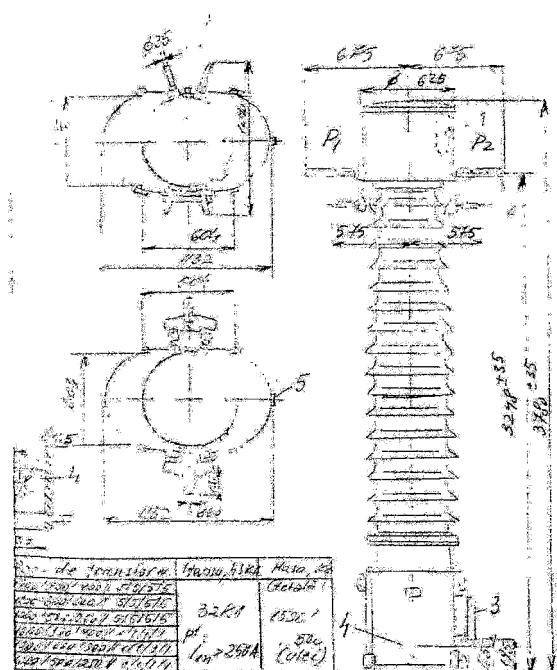


Fig.2d Forma constructiva, dimensiuni si masa transformatoarelor de curent tip CESUK-220 KV ,varianta 1

- 1-vizion nivel de ulei ;
- 2-borna primara ;
- 3-cutia borne secundare ;
- 4-borna legare la pământ ;
- 5-buson scurgere ulei.

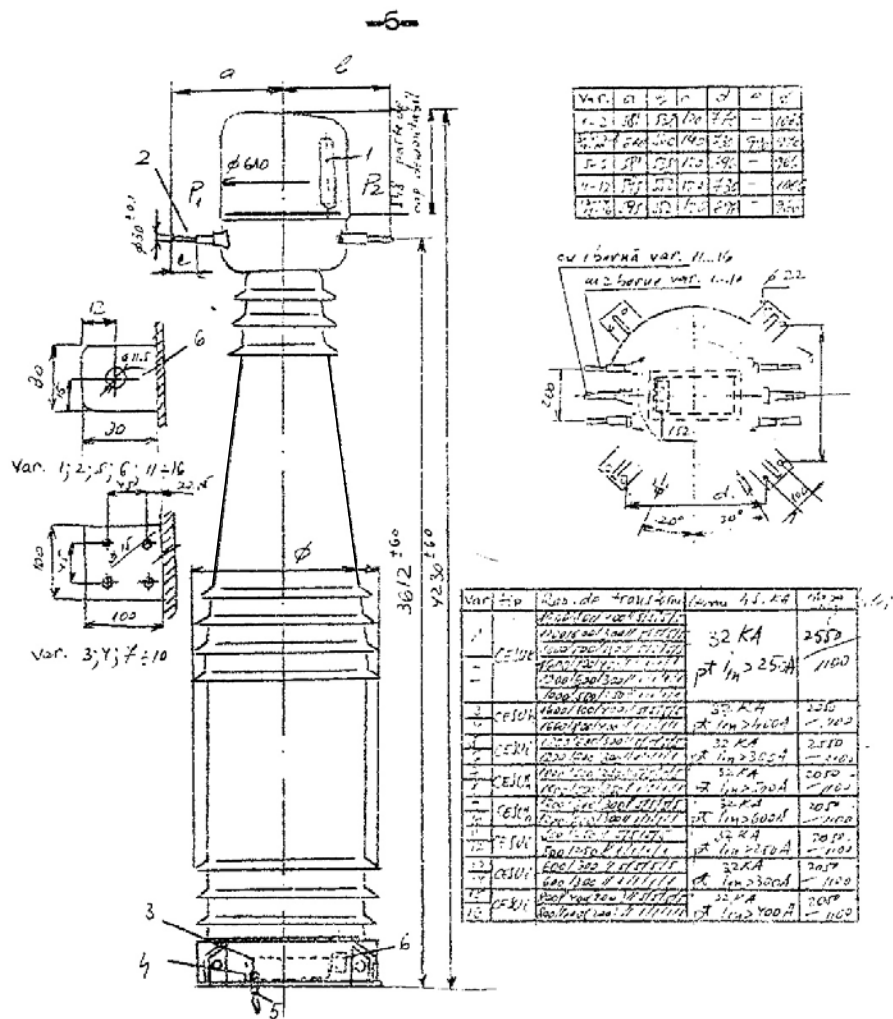


Fig. 2e Forma constructivă, dimensiuni și masa transformatoare de curent tip CESUK ;h ;I-400 KV, variantele 1....16 :
 1-vizor nivel ulei ;
 2-borna primara ;
 3-cutie borne secundare ;
 4-buson scurgere ulei ;
 5-cutie terminala ;
 6-clema de legare la pământ.

3. VERIFICAREA TRANSFORMATOARELOR DE CURENT

În tabelul 2 sunt prezentate principalele probe la care sunt supuse tranformatoarele de curent, precum și momentul efectuării lor.

Precizăm că în laborator se vor efectua numai o parte din aceste verificări și anume:

- măsurarea rezistenței de izolație a înfășurărilor;
- măsurarea rezistenței ohmice a înfășurărilor;
- verificarea polarității bornelor;
- verificarea raportului de transformare;
- ridicarea curbei volt-ampere,

restul probelor prezentându-se la alte discipline: Tehnica tensiunilor înalte, Măsurări electrice și altele.

3.1 Măsurarea rezistenței de izolație a înfășurărilor

Verificarea se execută cu ajutorul megohmetrului de 2500 V timp de un minut, respectiv indicațiile din tabelul 3. Rezultatele obținute se compară cu cele de la punere în funcțiune, nefiind tolerate față de acestea scăderi sub:

- 50% la transformatoarele de curent cu $U_N < 110\text{kV}$;
- 70% la transformatoare de curent cu $U_N > 110\text{kV}$.

Tabelul 3

Nr. Crt.	Modul de conectare a inductorului	Schema de montaj
1.	Între înfășurarea primară și cuva transformatorului de măsură.	
2.	Între fiecare înfășurare secundară și cuva transformatorului de măsurat.	
3.	Între înfășurarea primară și fiecare înfășurare secundară	
4.	Între înfășurările secundare	

În exploatare, dacă datele de la punerea în funcțiune lipsesc pot fi luate în considerare următoarele valori minime ale rezistenței de izolație:

- pentru înfășurarea primară 5000MΩ la transformatoarele de curent de 110kV – 400kV;
- 2000MΩ la transformatoarele de curent de 6kV – 35kV;
- pentru înfășurările secundare 50MΩ între înfășurări sau față de cuvă.

3.2 Măsurarea rezistenței ohmice a înfășurărilor

Verificarea se execută pentru fiecare înfășurare secundară în parte, utilizând metoda voltmetrului și ampermetrului, a punții Wheatstone sau a punții Thompson.

În laborator se va utiliza prima metodă. În figura 3 se indică montajul pentru aceasta verificare.

Fig.3 Măsurarea rezistenței ohmice a înfășurărilor transformatoarelor de curent.

3.3 Verificarea polarității bornelor

Determinarea polarității corecte este importantă pentru acele transformatoare de curent este importantă pentru acele transformatoare de curent ce alimentează circuite de măsurare (contoare, wattmetre, varmetre) sau protecții direcționale, diferențiale, de distanță etc.

În principiu, pentru această verificare pot fi utilizate mai multe metode:

- metoda curentului continuu;
- metoda wattmetrică;
- metoda adunării algebrice a curenților, ș.a.

În laborator se va utiliza prima metodă, foarte simplă, care se folosește și în practică (fig.4).

Fig.4

Practic, dacă polaritatea bornelor corespunde marării efectuate, la conectarea comutatorului la acul milivoltmetrului mV va devia spre dreapta, după care va reveni la zero. În momentul deschiderii circuitului, el va devia spre stânga, după care revine din nou la zero. Dacă polaritatea este marcată greșit, se obțin indicații inverse.

3.4 Verificarea raportului de transformare

Pentru executarea acestei verificări sunt necesare:

- autotransformatorul ATR-8;
- trusa de curenți primari TC-1200;
- transformator de curent etalon f_c , cu clasă de precizie 0,2;
- ampermetrele A_1 și A_2 de clasă 0,2-0,5.

Raportul de transformare se măsoară în mod succesiv pentru fiecare înfășurare secundară, celelalte fiind scurtcircuitate și legate la masă (fig.5).

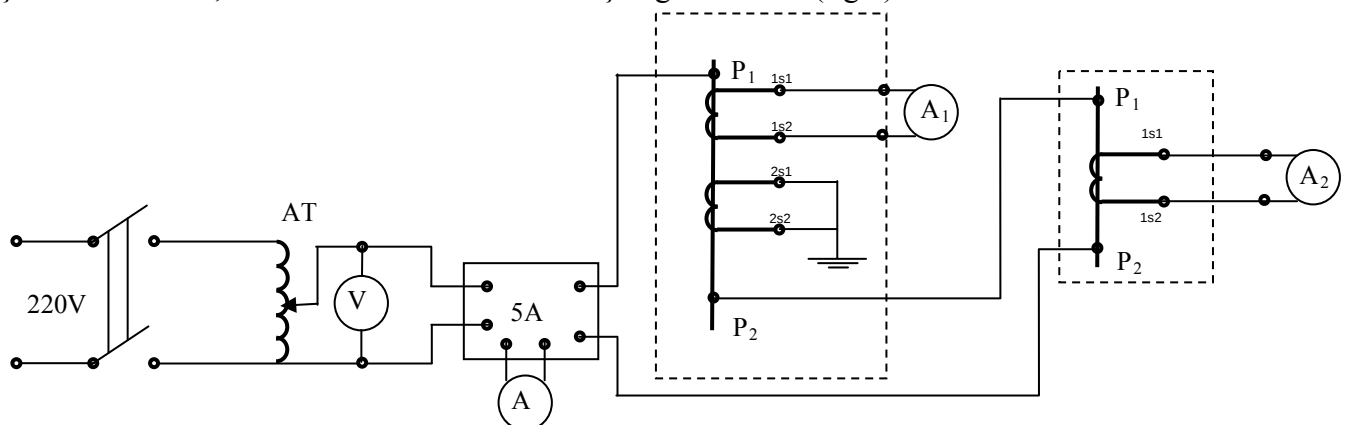


Fig.5

Se recomandă să se obțină valorile raportului de transformare
Pentru $0,1I_{PN}; 0,2I_{PN}; I_{PN}; 1,2I_{PN}$.

Raportul de transformare se determină cu relația:

$$n_{Tcv} = n_{Tce} \cdot I_{A2} / I_{A1}$$

unde:

n_{Tcv} -raportul de transformare al transformatorului ce se
verifica;

n_{Tce} -idem al transformatorului etalon;

I_{A1}, I_{A2} -curenții indicați de amperetrele A_1 si A_2

Conform normativului de încercări si măsurători la echipamente si
instalații electrice P.E. 116 al M.E.E. elaborate ICEMENERG in 1980,
daca transformatorul de curent dispune de mai multe secțiuni primare, atunci
raportul de transformare se verifica numai pentru conexiunea ce va fi utilizata
in exploatare.

Rezultatele obținute trebuie comparate cu cele din buletinul de fabrica
sau cu cele de pe placuța cu datele tehnice ale transformatorului respectiv.
Rezultatele diferite de cele nominale pot evidenția scurtcircuite între spirele
înfășurării secundare ,borne sau legături slăbite ,defecte de fabricație, etc.

3.5 Ridicarea curbei volt-ampere

Pentru ridicarea curbei volt-ampere se utilizează montajul din figura 6.

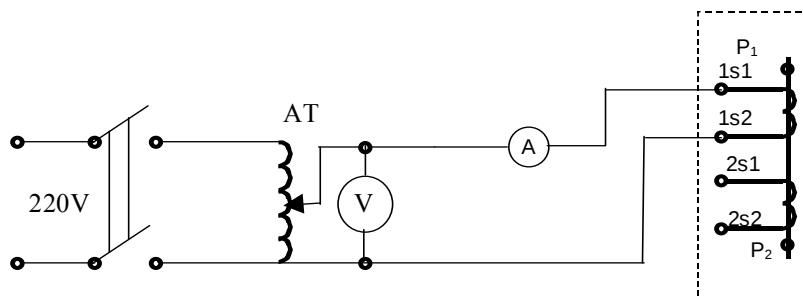


Fig.6

Verificarea se executa pentru fiecare înfășurare în parte.

Atât înfășurarea primara cit si înfășurările secundare care nu se verifică rămân deconectate față
de restul circuitelor .Se ridica practic curba $U_2=f(I_2)$ prin
creșterea curentului până la 1,5 maximum $2I_{SN}$ citindu-se pentru diverse valori ale sale, tensiunile
corespunzătoare.

La un secundar de 5A,aceste valori pot fi 0,3;0,6;1;2;3;... etc.
citirile se fac in mod succesiv numai la creșterea curentului, fără a reveni la zero. Curba obținuta
trebuie sa fie asemănătoare ca forma cu curba 1din figura 7. In cazul in care se obține o dreapta 2,
transformatorul de curent este
necorespunzător.

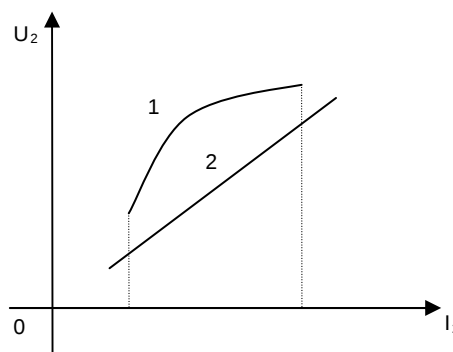


Fig.7

La transformatoarele de curent de 220 si 440 kV, datorită impedanței mari a înfășurărilor secundare, utilizarea autotransformatoarelor obișnuite de 250V/8A nu permite de regula ridicarea curentului până la valoarea necesară

obținerii curbei. În această situație poate fi utilizat montajul din figura 8, în care f_{201} este un transformator ridicător cu raportul 220/2200V sau asemănător.

Se recomandă însă ca tensiunea aplicată secundarului să nu depășească de regula 1300-1500V, chiar dacă curentul nu atinge în secundar, 1A.

Acest lucru este necesar pentru a nu se solicita în mod suplimentar izolația dintre spirele înfășurărilor secundare.

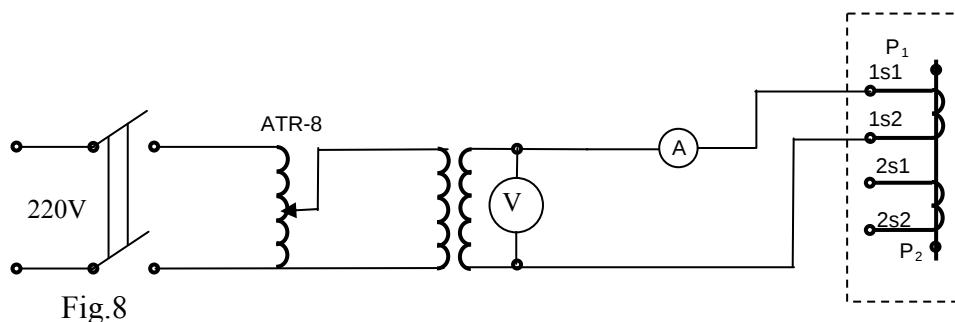


Fig.8

4. MODUL DE DESFĂȘURARE AL LUCRĂRII

-În laborator sunt diverse tipuri de transformatoare de curent utilizate în instalații de joasă și medie tensiune. De asemenea, există planșe în care se prezintă transformatoare de curent pentru instalații de înaltă tensiune: dimensiuni, caracteristici tehnico-funcționale etc.

Pe această bază și folosind și referatul de laborator studenții pot cunoaște aproape întreaga gamă de transformatoare de curent utilizată în electroenergetică și care se produce în țară la întreprinderea Electroputere-Craiova.

-În cadrul ședinței de lucrări practice se vor efectua verificări ale transformatoarelor de curent de diferite tipuri, de joasă și medie tensiune, conform metodelor descrise la capitolul 3.

4.1 Măsurarea rezistenței de izolație

Se realizează montajele, succesiv, conform tabelului 3. Megohmetrul este de tipul tranzistorizat. De la o sursă de c.c. se alimentează megohmetrul cu o tensiune de 9V (firul roșu la + și cel verde la -). Se face întâi verificarea funcționării megohmetrului apăsând pe cele două butoane, PORNIRE și CONTROL. Acul aparatului trebuie să fie în zona marcată cu roșu pe cadranul aparatului. Se conectează apoi la cele două borne ale aparatului sondele cu care se verifică rezistența de izolație. Valoarea acesteia trebuie să fie conform celor specificate în capitolul 3.1.

4.2 Măsurarea rezistenței ohmice a înfășurărilor

Se realizează montajul din figura 3. Sursa de tensiune continuă E este o baterie electrică tip R20 de 1,5V sau se poate folosi o sursă de tensiune continuă, stabilizată de cca. 1V. Rezistența reglabilă este un reostat cu cursor de 30Ω/5A. Ampermetrul și milivoltmetrul sunt aparate de c.c. de clasă 0,2. Rezistența înfășurării se mai poate determina și cu o punte care poate măsura cu precizie rezistențe de ordinul ohmilor și fracțiunilor de ohmi.

4.3 Verificarea polarității bornelor

Se realizează montajul din figura 4.

E=sursa de tensiune continuă de cca.1V(baterie R20 sau sursa de tensiune stabilizată);

mV= milivoltmetru de curent continuu de clasa 0,2.

Verificarea se face conform metodologiei de la capitolul 3.3.

4.4 Verificarea raportului de transformare

Se realizează montajul din figura 5 folosind aparatele specificate la capitolul 3.4.

Conexiunile trusei de curent se realizează conform schemei de pe capacul acesteia, astfel încât curentul debitat la ieșire să poată atinge $1,2I_{pn}$ unde I_{pn} este curentul primar al transformatorului de curent care se verifică.

Curentul de ieșire TC-1200 se reglează din auto transformatorul ATR-8.

4.5 Ridicarea curbei volt-ampere

Se realizează montajul din figura 6. Cu ajutorul autotransformatorului ATR-8 se stabilesc curenți de: 0.3;0.6;1;2;2.5;3;3.5;4;4.5;5;5.5;6;7;8A citindu-se de fiecare dată și tensiunea indicată de voltmetrul V. Se trasează caracteristica $u=f(I)$.

Rezultatele verificărilor se vor interpreta și împreună cu concluziile se vor trece în caietele de laborator.

5.MASURI DE PROTECTIA MUNCII LA VERIFICAREA TRANSFORMATOARELOR DE CURENT

5.1 Măsuri de protecția muncii la măsurarea rezistenței de izolație

Megohmetrul este un aparat care poate debita o tensiune continuă cu valori cuprinse de regulă între 500 și 5000 V.

În timpul probei se va avea grijă ca atât persoana care efectuează măsurarea, cât și alte persoane, să nu atingă obiectul a cărui izolație se verifică.

Pe cât posibil, se va evita lucrul la înălțime, deoarece la o eventuală atingere a obiectului sub tensiune poate provoca dezechilibrarea și căderea persoanei în cauză.

Cordoanele folosite trebuie să fie în perfectă stare și să aibă o rezistență de izolație de valoare cel puțin egală cu cea a domeniului maxim de măsurare.

Bananele sau crocodilii folosiți vor fi izolați, iar dacă în timpul încercării aceștia vor trebui ținuti cu mâna, se vor folosi în mod obligatoriu mănuși dielectrice de înaltă tensiune.

După efectuarea probei, obiectele încercate se vor descărca de sarcina capacitivă acumulată prin punerea la pământ. Această recomandare se referă în special la cabluri sau la alte obiecte cu capacitate mare.

5.2 Măsuri de protecția muncii la măsurarea rezistențelor ohmice

În situația în care se măsoară rezistențele ohmice ale unor înfășurări puternic inductive se va evita atingerea părților neizolate ale acestora, întrucât pot apărea supratensiuni periculoase în momentul întreruperii circuitului.

5.3 Masuri de protecția muncii la aplicarea unor curenți de lucru în primarul transformatoarelor de curent.

În timpul probelor care presupun aplicarea unor curenți în primarul transformatoarelor de curent, este necesar ca toate secundarele în afara celui care se verifică să fie scurtcircuitate și să aibă o bornă legată la pământ. Ne procedând în acest mod, în secundarele lăsate neșuntate pot apărea supratensiuni periculoase, de ordinul kilovolților. Acestea pot provoca, pe lângă deteriorarea transformatoarelor, accidente grave.

SCHEMA DE COMANDĂ ȘI SEMNALIZARE A ÎNTRERUPTORULUI

I.O. – 110 kV cu MOP-1

1. Descrierea instalației

Instalația din laborator, care reprezintă schema completă de comandă, măsură și semnalizare a unui întreruptor tip IO-110 kV acționat cu mecanism MOP-1, cuprinde următoarele elemente:

- Panoul de comanda 1PC care se găsește, în realitate, în camera de comandă a stației;
- Panoul de relee 1PR aflat în cabina de relee;
- Celula exterioară 1K ce cuprinde întreruptorul propriu-zis și mecanismul sau de acționare.

În ideea de a respecta cât mai aproape de realitate, întreaga schemă, atât ca proiect cât și ca realizare constructivă, există următoarele circuite:

a) Circuite de comandă și blocaj:

- Comanda de conectare și deconectare a întreruptorului din panoul de comandă;
- Comanda de conectare și deconectare a întreruptorului din cabina de relee;
- Comanda de conectare și deconectare a întreruptorului de la fața locului (din celula exterioară 1K);
- Anclanșarea automată a întreruptorului prin dispozitivul de reanclanșare automată rapidă (R.A.R.);
- Declanșarea automată a întreruptorului prin protecție;
- Blocarea anclanșării întreruptorului la scăderea presiunii uleiului și azotului din dispozitivul de acționare oleopneumatic;
- Blocarea declanșării întreruptorului la scăderea presiunii uleiului din dispozitivul de acționare;
- Comanda de închidere și deschidere a separatoarelor din panoul de comandă;
- Comanda de închidere și deschidere a separatoarelor din cabina de relee;
- Interblocajul dintre întreruptor și separatoare;
- Interblocajul dintre separatoare și cupla transversală.

b) Circuite de semnalizare

- Semnalizarea de poziție a întreruptorului și a separatoarelor atât în panoul de comandă cât și în cabina de rele;

- Semnalizarea optică a blocajului anclanșării și declanșării întreruptorului la scăderea presiunii uleiului și azotului din dispozitivul de acționare, realizată atât în celula exterioră cât și în panoul de comandă;

- Semnalizarea optică în cazul defectării dispozitivului de acționare a întreruptorului când pompa de ulei, după aproximativ trei minute de funcționare, nu reușește să restabilească presiunea normală;

- Semnalizarea optică a funcționării protecției și a dispozitivului de reanclanșare automată rapidă, atât în panoul de comandă cât și în cabina de rele;

- Semnalizarea optică a întreruperilor circuitelor de comandă (ardere siguranțe) și de semnalizare;

- Semnalizare optică a declanșării întreruptorului automat de joasă tensiune de pe secundarul reductorilor de tensiune;

- Semnalizarea optică și acustică de avarie.

c) Circuite de măsură (curent alternativ)

- Măsurarea curentului, a energiei active și reactive, pe o sarcină de aproximativ 5A, 380V;

- Prezența tensiunii pe linia de 110KV atât în panoul de comandă cât și în panoul de rele

Pentru înțelegerea deplină a funcționării întregii instalații se prezintă în continuare fiecare subansamblu, urmând să se facă apoi descrierea funcționării, amănunțit, a întregii instalații:

Panoul de comandă 1PC cuprinde:

- Schema sinoptică cu comandă de la distanță și semnalizarea de poziție a întreruptorului și a separatoarelor;

- Toate casetele de semnalizare preventive și de avarie;

- Alimentarea panourilor în curent alternativ, redresorul de 220V, baretele de semnalizare și de comandă, releul pentru formarea plusului intermitent;

- Circuitele de formare a dispozitivului R.A.R.

Panoul de rele 1PR cuprinde:

- Schema sinoptică a circuitului primar cu indicatoarele de poziție;

- Dispozitivul de reanclanșare automată rapidă;

- Toate rele intermediare din schema de comandă, blocaj și semnalizare;

- Butoanele de comandă la distanță;

- Circuitele și aparatele de măsură (curent alternativ) precum și clemele de racordare a sarcinii.

2. Funcționarea instalației

2.1. Circuitele de comandă și blocaj a întrerupătorului

În planșa de la sfârșitul lucrării este prezentată schema desfășurată de comanda (circuiturile notate de la 1 la 20) pentru un întrerupător tip IO-110 KV acționat cu dispozitiv MOP-1.

Schema desfășurată este reprezentată cu întrerupătorul în poziție de conectat, releele fără tensiune, considerând presiune normală în dispozitivul MOP-1.

Această porțiune a schemei este alimentată de pe baretele $\pm BC$ prin intermediul siguranțelor 1E1 și 1E2.

Mecanismul de acționare poate primi comenzi de anclanșare la clemele 1 și 21 și de declanșare la clemele 2 fiind alimentat cu 220 V c.c. la clemele 6 și 7 de la panoul de rele.

Comenzile de conectare și de deconectare pot fi date de la fața locului, prin butonul de comandă BI respectiv BD. Din panoul de comandă comenzile pot fi date prin cheia de comandă 1BO iar din panoul de rele cu ajutorul butoanelor de comandă 10BO și 11BO.

Pentru comanda de la fața locului se apasă pe BI care are două contacte, 2-4 și 6-8 alimentând astfel prin contactul normal închis al releului intermediar de blocaj RIBi (5-6), releul intermediar de închidere RII care se autoreține prin contactul său normal deschis 3-5 pe timpul cât durează comanda de anclanșare.

Pentru a se interzice comanda de anclanșare pe durata cât presiunea uleiului sau azotului sunt sub limitele admisibile, mecanismul M este prevăzut cu releul intermediar de blocaj la închidere RIBi (circuitul 15).

Dacă se consideră presiunea normală a uleiului și presiunea scăzută a azotului, se apasă, simulând această situație, pe butonul N(2-4) care prin contactul normal închis al butonului CBi(3-5) se alimentează releul intermediar de blocaj la închidere RIBi, din circuitul 15, care deschide contactul RIBi(5-6) din circuitul de anclanșare (3) și astfel releul RIi nu va mai putea fi acționat.

Dacă se consideră situația în care presiunea uleiului este scăzută se apasă pe butonul Cbi (6-8) din circuitul 15, în continuare fenomenul petrecându-se la fel ca în situația anterioară.

Tot la borna 1 respectiv 2 se poate da comanda de anclanșare pe panoul de comandă 1PC prin cheia de comanda 1BO(E-F) pe borna pozitivă, IBO (P-Q) pe borna negativă, respectiv din panoul de rele prin butonul de comandă 1OBO (6-8).

În cazul în care releul intermediar de blocaj la închidere RIBi este acționat acesta își închide și contactele sale 3-4 alimentând lampa Zi care semnalizează “blocaj închidere întrerupător” la fața locului iar prin intermediul releului intermediar ID49 din circuitul 22 semnalizează același lucru în panoul de comandă IPC.

Releul intermediar de blocaj la închidere RIBi este prevăzut și cu un contact normal deschis cu temporizare la închidere 11-12 care prin intermediul releului ID51 din circuitul 26 semnalizează în panoul de comandă “defect întreruptor”.

Releul intermediar de închidere fiind pus sub tensiune își comută starea contactelor sale deci se închide RLi 3-5 de automenținere precum și RLi 9-12 și RLi 10-13 din circuitul 5 alimentând bobina electroventilului de închidere EVi 1-2 prin contactele normal închise RAP 3-4, RAP 9-6 ale releului de antipompaj și prin contactul normal închis al întreruptorului 1AO' 8-11.

Când întreruptorul a anclanșat contactul 1AO' 8-11 din circuitul se deschide întrerupând alimentarea electroventilului EVi lucru necesar pentru că EVi este calculat pentru trecerea unui curent de scurtă durată.

Electroventilul EVi fiind închis, își închide contactul său 3-5 alimentând bobina contactorului I1AO și a releului intermediat 1AO' prin intermediul contactelor înseriate ale electroventilului de deschidere EVd 3-4 din circuitul 17.

Pentru comanda de deconectare de la fața locului se apasă pe butonul de comandă Bd 2-4 din circuitul 8 alimentându-se prin contactul normal închis al releului de blocaj la deschidere RIBd3-4 și prin contactul normal deschis (care în acest moment este închis) al întreruptorului 1AO' 11-14, bobina electroventilului, de deschidere EVd 1-2.

Bobina releului intermediar de blocaj la deschidere RIBd este pus sub tensiune la scăderea presiunii uleiului (în cazul de față prin apăsarea pe butonul CBd2-4 circuitul 16).

RIBd fiind sub tensiune, blochează declanșarea întreruptorului prin contactul normal închis RIBd3-4, circuitul 8, și în același timp își închide contactul normal deschis RIBd10-13, circuitul 25, punând sub tensiune lampa de semnalizare Zd care semnalizează “blocaj deschidere” la fața locului și releul intermediar 1D50 1-2, circuitul 25, care-și închide contactul 3-5 semnalizând în panoul de comandă 1PC “presiune scăzută la închidere” prin intermediul casetei de semnalizare 2H5.

La scăderi importante, bruște, ale presiunii, releul de blocaj la deschidere RIBd va putea da declanșare prin contactul său RIBd9-12 circuitul 9, prin intermediul dispozitivului de deconectare.

Întreruptorul are rezerva de presiune pentru a mai putea executa o singură declanșare, și astfel b8ol, din circuitul 9, se va introduce în schemă sau nu încă în faza de montare a dispozitivului MOP-1, după cum o cere schema circuitului primar.

Comanda de declanșare a întreruptorului se poate da și de la distanță pe circuitul 35 din panoul 1PC prin intermediul cheii de comanda IBO G-H, circuitul 8, și din panoul de relee IPR prin intermediul butonului 11B0 2-4, circuitul 9 sau prin intermediul dispozitivului de protecție, apăsând butonul 12B0 2-4, acționându-se în același timp și releul de semnalizare D102, circuitul 9, care prin contactul sau D102 4-6, circuitul 7o, va transmite în panoul de comandă semnalul “clapeta neridică” simbolizând funcționarea protecției liniei 110 Kv.

Când se dă comanda de declanșare la întreruptor de la fața locului sau de la distanță, pe clema 2 din celula exterioară 1K, plusul tensiunii de comandă se va aplica atât lui Evd cât și releului de antipompaj RAP, circuitul 7, care este în paralel.

Releul RAP fiind sub tensiune, își schimbă starea contactelor sale și dacă întreruptorul primește simultan comanda de anclanșare cât și de declanșare releul intermediar de închidere RIi este pus sub tensiune și prin contactele RIi 9-12, circuitul 5, alimentează bobina RAP care se autoreține, blocând anclanșarea prin deschiderea contactelor RAP 3-4 și RAP 6-9, circuitul 5, din circuitul electroventilului de închidere EVi blocând astfel săriturile întreruptorului.

Dacă întreruptorul este închis contactul releului 1AO' 3-5 este închis, pregătind autoreținerea bobinei releului RAP prin contactul normal deschis RAP 11-14, circuitul 7.

Dispozitivul MOP-1 care este prevăzut cu relee de multiplicare a contactelor întreruptorului (1D45', 1D45, 1D46) care servesc atât pentru schema de comandă cât și pentru cea de semnalizare.

Comanda de anclanșare poate fi dată de dispozitivul RAR, simplu ciclu: declanșare – pauza RAR – anclanșare, circuitul 10÷14 .

Funcționarea dispozitivului RAR

Dacă linia de 110 KV este conectată se comută și comutatorul 2B4o, circuitul 13, pe poziția "cu RAR" (panoul de comandă), trimițând astfel plusul tensiunii de comandă la borna 1 a releul de RAR, 2D40 din panoul de relee de unde primește plusul și rezistența de încărcare r_{111} .

Prin intermediul rezistenței r_{111} , condensatorul K111 se va încărca ca având minusul la borna 14 a releului 2D40, circuitul 11.

Dacă linia se menține în funcțiune cel puțin 3 minute (timpul de încărcare al condensatorului) acesta se va încărca la capacitatea nominală.

După acest timp dacă întrerupătorul declanșează prin protecție, contactele releului de multiplicare 1D45 3-5, circuitul 12-13, se închid transmițând minusul la borna 2 a releului de RAR care se va excita.

După pauza RAR stabilită, releul 2D40 își închide contactul 2D40 11-12, circuitul 12, și astfel condensatorul K111 se va descărca pe bobina releului 1D30 care va fi menținut sub tensiune un anumit timp.

Releul 1D30 își închide în acest interval de timp dat de constanta de descărcare a condensatorului, contactul său 1D30 9-12, circuitul 15 și prin dispozitivul de deconectare 9B31 contactele releului 1D45 11-14, releul de semnalizare D103, plusul tensiunii de alimentare va ajunge la clema 1 a celulei exterioare, în circuitul de anclanșare.

După ce întrerupătorul anclanșează releul de multiplicare 1D45 își va schimba poziția contactelor 11-14, circuitul 15, și 3-5, circuitul 12, dispozitivul RAR revenind la starea inițială.

Dacă comanda de declanșare este dată din cheia de comandă 1B0, sau se trece comutatorul pe poziția „fără RAR”, se va transmite minusul la borna 4 a releului de RAR și astfel condensatorul K111 se va descărca pe o rezistență de descărcare r112.

2.2. Circuitele de comanda și blocaj ale separatoarelor pe barele 2A1 și 2A2

Circuitele de comanda și blocaj pentru separatoare și circuitele de semnalizare de poziție ale acestora sunt alimentate de pe barele de semnalizare $\pm$ BS, circuitul 21, prin intermediul siguranțelor 1E3 și 1E4.

S-au prevăzut următoarele blocaje pentru separatoare:

- Separatorul de bare 2A1 nu se poate închide decât dacă întrerupătorul este în poziția deconectat și separatorul de bare 2A2 este în poziția deschis.
- Comanda de deschidere pe ambele separatoare se poate da numai cu întrerupătorul în poziția deschis.

Comanda ambelor separatoare se poate face din panoul de comanda și din panoul de releu prin intermediul cheilor de comanda 1B1 și 1B2 și a butoanelor de comandă 10B1, 10B2, 11B1, 11B2.

Pentru comanda de anclanșare a separatorului 2A1 se trece cheia de comanda 1B1, circuitul 28, pe poziția comanda anclanșare și prin contactul său E-F se transmite plusul la releul intermediar de închidere 1D61 iar prin P-Q se transmite minusul pe circuitul 3002.

Dacă întrerupătorul este pe poziția deconectat, releul de multiplicare 1D45 va fi pus sub tensiune și își va închide contactul său 9-12, circuitul 28. Dacă și separatorul de bare 2A2 este deschis, releul intermediar 2A2', circuitul 43, va fi dezexcitat, contactul său 9-6 fiind închis și ca urmare, releul 1D61 se va excita.

Releul intermediar de închidere 1D61 fiind pus sub tensiune își va închide contactul normal deschis 3-5, circuitul 39 și va trimite minusul prin contactul 3-4 al releului 1D62 la borna 2 a releului 2A1 care primește plusul de pe bucla de blocaj 1BB, circuitul 38, prin intermediul dispozitivului de deconectare 9B41, excitându-se.

Separatorul 2A1 (modelat printr-un contactor la fel ca și întrerupătorul) și în paralel cu el releul 2A1' se vor autoreține prin contactul normal deschis 2A1' 3-5, circuitul 38.

Comanda de anclanșare se poate da și din panoul de releu 1PR prin butonul 10B1 2-4 și 6-8 funcționarea în continuare având loc ca și în cazul anterior.

Pentru comanda de declanșare a separatorului de bare 2A1 din panoul de comanda se dă impuls de declanșare din cheia de comanda 1B1 H-G și R-S. În aceleași condiții ca și la anclanșare, minusul va trece prin contactele releului 1D45 9-12, circuitul 38, și 2A2' 6-9 ajungând la borna 2 a releului intermediar de deschidere 1D62 care va fi pus sub tensiune deschizându-și contactul normal închis 1D62 3-4 și scoțând de sub tensiune bobina 2A1 și respectiv 2A1'.

Pentru comanda de anclanșare a separatorului de bare 2A2 se va proceda analog ca la separatorul de bare 2A1 dar de această dată comanda se va da din cheia 1B2 E-F, circuitul 33, sau butonul 10B2 2-4 și 10B2 6-8, circuitul 34, punând sub tensiune releul intermediar de închidere 1D63 care prin contactul său normal deschis 1D63 3-5 și prin 1D64 3-4 normal închis, pune sub tensiune bobina 2A2 și 2A2' care primesc plusul tensiunii de alimentare de pe bucla de blocaj 2BB prin dispozitivul de deconectare 9B42.

Bobinele 2A2 și 2A2' se autorețin prin contactul normal deschis 2A2' 3-5.

Comanda de declanșare a separatorului de bare 2A2 se poate da din panoul de comandă prin cheia de comandă 1B2 G-H și 1B2 R-S sau prin butonul 11B2 2-4, circuitul 37, din panoul de rele.

Releul intermediar de deschidere 1D64 primind plusul tensiunii de alimentare la borna 1 și minusul pe circuitul 3004 prin contactele 1D45 10-13 și 2A1' 6-9, circuitul 33, va fi pus sub tensiune deschizându-și contactul normal închis 1D64 3-4, circuitul 43, scoțând de sub tensiune bobina 2A2 și 2A2'.

De pe aceleași circuite principale de semnalizare, 1101(+) și 1102 (-) sunt alimentate indicatoarele de poziție 3H0, circuitul 45, pentru întreruptor, 3H1, circuitul 46, pentru separatorul de bare 2A1 și 3H2, circuitul 47, pentru separatorul de bare 2A2.

Pe poziția conectat a întreruptorului și respectiv a releului 1A0', circuitul 18, contactul 1A0' 9-12, circuitul 20, este închis, releul 1D46 pus sub tensiune, având contactul sau 9-12 închis alimentând astfel 3H0 care va indica "întreruptor în poziția conectat".

Pe poziția deconectat a întreruptorului sunt puse sub tensiune relele 1D45 și 1D45', circuitul 18, și prin 1D45 10-13, circuitul 45, alimentează 3H0 care va indica "întreruptor în poziția deconectat".

Pe poziția închis a separatorului de bare 2A1, bobinele 2A1 și 2A1' sunt alimentate, contactul 2A1' 10-13 va fi închis și 3H1 va indica "separator bare închis".

Pe poziția deschis a separatorului de bare 2A1 indicatorul 3H1 va fi alimentat pe calea 2A1' 7-10, circuitul 46, arătând "separator bare în poziția deschis".

Pe circuitele 1101(+) si 1102(-) sunt legate relele 1D52, circuitul 48, pentru prelungirea semnalului "funcționat RAR" și 1D53, circuitul 50, pentru prelungirea semnalului "funcționat protecție", rele care se autoîntrețin prin contactele lor 1D52 3-5 și respectiv 1D53 3-5 prin circuitul comun 51, unde se află butonul 4D1 3-5 de deblocare a semnalelor din panoul de comandă.

Releul 1D52, când este pus sub tensiune de contactul 1D30 10-13, circuitul 48, din schema RAR, își închide contactul 1D52 9-12, circuitul 69, alimentând caseta 2H7 care menține semnalul luminos "funcționat RAR" până când este anulat de operator prin butonul 4B1 3-5.

Releul 1D53 în starea alimentat, prin butonul 12B0 6-8, își închide contactul 1D53 9-12, circuitul 68, aprinzând caseta de semnalizare 2H6 "a funcționat protecția", care se menține până la anularea semnalului din butonul 4B1, circuitul 51.

2.3. Funcționarea schemei de semnalizare

Circuitele de semnalizare, 51-60, sunt alimentate de pe bareta de încercare lămpi, BIL, bareta de pâlpâire, BPL și bareta de semnalizare –BS, prin siguranțele 1E5, 1E6, 1E7.

Dacă întrerupătorul se află pe poziția deconectat și cheia pe aceeași poziție, lampa inclusă în această cheie, 1B0, alimentată fiind de pe BIL (releul 1D45' sub tensiune cu contactul său 1D45' 3-4 închis, iar 1B0 N-O închis) va lumina continuu.

Dacă se dă comandă de anclanșare se trece cheia de comandă pe poziția pregătit de anclanșare, caz în care, întrerupătorul rămânând încă declanșat, lampa trebuie să pâlpâie intermitent. Ea va fi alimentată pe traseul 1B0 C-D, 1D45 3-4 prin bareta BPL.

Cu întrerupătorul conectat și cheia pe aceeași poziție, lampa 1B0 A-B va fi alimentată pe traseul 1B0 V-W și 1D46 3-5 luminând continuu.

Dacă se trece cheia pe poziția pregătit pentru declanșare, contactele 1B0 I-K se închid și astfel plusul intermitent va ajunge la 1D46 3-5, lampa luminând intermitent.

Analiza semnalizării de poziție a separatoarelor de bare 2A1 și 2A2 se face în mod similar cu cea de la întrerupător.

În schema desfășurată este reprezentată și schema releului de pâlpâire, circuitul 81. Acesta funcționează în următoarele condiții:

Când cheia de comandă a întrerupătorului sau separatorului este în neconcordanță cu poziția aparatului din circuitul primar, bareta BPL va primi minusul prin lampa din cheia de comandă respectivă și prin contactele cheii care sunt închise în această poziție. Astfel la contactul d301 3-4, circuitul 81, va apare minusul care prin rezistența r102 se va aplica atât releului d302 cât și condensatorului k102 care a primit și plusul tensiunii de alimentare de pe bareta +BS.

Releul intermediar d302 se va excita cu o anumită inerție datorită capacității în paralel cu el. După ce d302 este sub tensiune își închide contactul său d302 3-5 punând sub tensiune releul d301 și capacitatea k101 în serie cu rezistența r110.

Releul d301 se va excita de asemenea cu o anumită inerție dată de constanta de timp a condensatorului k101. După de d302 anclanșează, lampa din cheia de comandă nu este aprinsă deoarece este înseriată cu rezistența r102 și cu bobina releului d302.

Când este pus sub tensiune d301 acesta își închide contactul său d301 3-5 rezultând primul semnal luminos. În același timp se deschide contactul 3-4 al releului d301 care scoate de sub tensiune releul d302, și capacitatea k102.

Capacitatea k102 se va descărca pe bobina releului d302 menținând releul d302 încă un timp sub tensiune.

La dezexcitarea releului d302 contactul sau 3-5 se deschide și scoate de sub tensiune releul d301 care se dezexcită cu o anumită inerție dată de capacitatea k101. După declanșarea lui d301 se deschide contactul 3-5 întrerupând plusul tensiunii de alimentare de pe bareta BPL. Lampa nu va mai lumina. În continuare ciclul se repeta identic.

2.4. Semnalizările preventive și de avarie

Aceste circuite de semnalizare primesc plusul tensiunii de alimentare de pe bareta de semnalizări centrale BSC prin intermediul dispozitivului de deconectare 9b40 iar minusul de pe bareta de semnalizare de avarie BSA și de pe baretele de semnalizări preventive 1BSP, 2BSP.

În stațiile electrice nu se transmite minusul direct pe aceste barete (BSA, BSP) ci prin intermediul releelor de semnalizare, prin impulsuri (RSI), montate în panoul de semnalizări generale (PSG) și servesc pentru semnalizările acustice (hupă, sonerie).

La un defect pe linia de 110KV va funcționa protecția (simulată prin butonul 12BO) declanșând întreruptorul și punând sub tensiune relelele de multiplicare a contactelor 1D45 și 1D45'. Astfel se închide contactul 1D45' 10-13 alimentând caseta de semnalizare 2H1. În tot acest interval de timp cheia de comandă rămâne pe aceeași poziție, anclanșat, iar caseta 2H1 va indica "avarie linia de 110KV".

Pentru anularea semnalului se va trece cheia de comandă de pe poziția anclanșat (A) pe poziția declanșat (D) în concordanță cu întreruptorul.

În paralel cu caseta 2H1 se afla montată soneria pentru avertizare sonoră.

Semnalizările preventive primesc tensiune de la baretele de 1BSP, 2BSP.

La arderea siguranțelor de pe baretele $\pm BC$ releul intermediar 1D41, circuitul 1, va fi scos de sub tensiune închizându-și contactul 3-4, circuitul 64, iar la arderea siguranțelor de pe baretele

±BS același lucru se va petrece cu releul 1D42. În ambele cazuri va fi alimentată caseta de semnalizare 2H2 care va indica “ardere siguranțe”.

Casetele 2H3, 2H4, 2H5 servesc la semnalizarea declanșării întreruptorului prin 1D51 3-5, semnalizarea blocării întreruptorului la anclanșare prin 1D49 3-5 și la semnalizarea blocării întreruptorului la declanșare așa cum a fost descris la capitolul 2.1.

Casetele 2H6 și 2H7 servesc pentru prelungirea semnalelor “funcționat protecție” și “funcționat R.A.R.”.

Caseta 2H8 indică “clapeta neridicată” în panoul de relee, semnalul provenind de la relele de semnalizare D102, circuitul 9, și respectiv de la releul D103.

Caseta de semnalizare 2H9, circuitul 71, semnalizează declanșarea întrerupătorului automat de joasă tensiune tip USOL, montat pe reductorii de tensiune, din circuitul de măsură. La declanșarea acestui întrerupător, contactul 1DE1 6-4, circuitul 71, se închide aprinzând caseta 2H9 care indică „declanșat USOL”.

2.5. Circuite de tensiune de curent alternativ

Circuitele secundare de intensitate sunt racordate direct, fără transformator de curent iar cele de tensiune sunt indirecte.

Circuitul principal este alimentat la 380 V (pe modelul din laborator) la clemele R111, S111, T111, în celula exterioară 1K, la contactele principale ale contactoarelor 1A0, 2A1, 2A2 care modelează aparatele circuitului primar de 110 kV. Sunt alimentate de asemenea și bobinele de curent ale contoarelor de energie activă și reactivă.

La ieșirea acestor bobine de curent, după ampermetrul 1G1 se leagă clemele R113, S113, T113, în panoul de relee, care reprezintă punctele de racordare ale sarcinii. (380 V, 5A).

Transformatoarele de tensiune sunt alimentate de pe același circuit de 380V (R112, S112, T112) având în secundar 100V pentru alimentarea bobinelor de tensiune ale contoarelor.

Pentru intervenții în circuitele de tensiune fără scoaterea din funcțiune a reductoarelor de tensiune s-a montat blocul de încercare 8B40. Pentru prezența tensiunii pe linie există lămpile de semnalizare 1H41 în panoul de relee și 1H40 în panoul de comandă.

3. Modul de desfășurare a lucrării

1. Se vor studia pe schemă circuitele secundare de comandă, semnalizare, măsură și blocaj, principiile de realizare, echipamentele folosite și amplasarea acestora.
2. În laborator se vor face acționări ale echipamentului primar în situații normale sau în condiții de avarii sau regimuri anormale.
3. Se vor simula defecte în circuitele secundare care vor fi remediate în cadrul lucrării de laborator.

ÎNTRERUPĂTOR IUP-110 KV CU MR-4

Schema de comandă și control a unui întrerupător tip IUP-110 acționat cu dispozitiv MR-4 montat într-un circuit de transformator

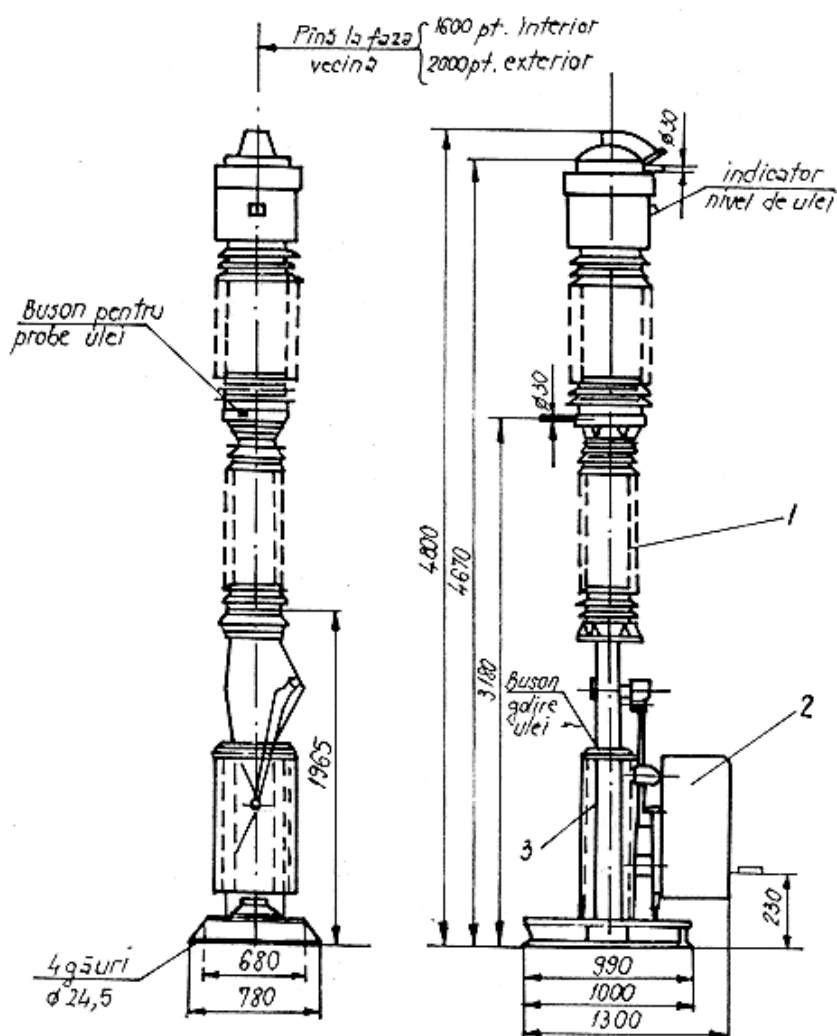
1. Generalități

Întrerupătoarele de înaltă tensiune tip IUP-110 kV sunt întrerupătoare pentru clasa de izolație 135 kV având curenți nominali de 1250 A, realizați cu poli independenți - fiecare cu propriul său dispozitiv de acționare - fără legături mecanice între poli.

Există două tipuri principale constructive care diferă între ele prin tipul dispozitivului de acționare; o variantă se realizează cu dispozitiv de acționare pneumatică inclus iar cealaltă variantă cu dispozitiv de acționare cu servomotor electric de acționare și acumulare de energie mecanică în resort.

Întrerupătoarele sunt prevăzute cu rezistențe de încălzire a uleiului din carter, asigurând funcționarea la temperaturi joase ($-10\div 30^{\circ}\text{C}$).

În figura 1 se reprezintă dimensiunile de gabarit și forma constructivă ale unui întrerupător tip IUP-110 kV, 1250 A, acționat cu mecanism cu resoarte tip MR-4.



2. Schema de principiu completă de comandă, semnalizare, măsură și blocaj a întrerupătorului IUP-110 kV cu dispozitiv MR-4

În planșa nr.1, anexată la sfârșitul referatului, se indicăm schema de principiu completă de comandă, semnalizare, măsură și blocaj a întrerupătorului IUP-110kV cu dispozitiv MR-4.

Mecanismul cu resoarte Mr-4 cu care este echipat întrerupătorul IUP-110 kV este prevăzut cu câte o bobină de anclanșare și una de declanșare pe fiecare fază, cu motoare pentru armarea resoartelor, microîntreruptoare pentru blocaj și semnalizări și contacte auxiliare.

Comanda de anclanșare poate fi dată prin cheie la 1D70 (C2), din camera de comandă (1B0), sau prin butoane din stația exterioară (10B₀) numai dacă resoartele sunt armate deci Imr, Ims, Imt (C5) sunt închise și 1D72 (C5) este sub tensiune. De la 1D70 impulsul de anclanșare este trimis la MR-4 a fiecărei faze (C6, C7, C8).

Comanda de declanșare (C3) poate fi dată din camera de comandă prin cheie sau prin protecție și local prin buton (11B₀), alimentând 1D71 (C5), 1D71 care transmite impuls de declanșare la toate MR-4 (C6, C7, C8).

Declanșarea este de asemenea comandată temporizat la rămânerea în două faze (C4), deoarece prin bloc contactele MR-4 este alimentată bobina releului de timp 2D40 (C4) ce dă impuls temporizat la 1D71.

Schema de comandă este prevăzută cu două relee (1D45,1D48) pentru multiplicarea contactelor întrerupătorului (C9), contacte folosite în schema de blocaj (C13) și de protecție (C45) și un releu (1D61-C10) pentru multiplicarea contactelor separatorului de bare, contacte folosite în schema de măsură (C38). Schema este prevăzută și cu circuite de blocaj și de semnalizare a separatorului de bare (2A1, C12-C16).

Dacă întrerupătorul este conectat, prin bloc-contactele sale este alimentat 1D45 (C9) și este blocată acționarea separatorului (C18). Indicatorul de poziție al separatorului (3H1-C14) este alimentat direct prin blocontactele separatorului (2A1-C14). Circuitele de semnalizare ale întrerupătorului (C17-C21), sunt prevăzute cu semnalizarea poziției întrerupătorului la becul inclus în cheie (1B0-C19) și semnalizarea de avarie. Sistemele de semnalizare sunt cele cunoscute (fiind prevăzut și cu blocontactele dispozitivelor MR-4). Semnalizările preventive (C22-C36) sunt cu casete de semnalizare. Schema cuprinde și circuite de măsurare simple (C37, C38) prin care se alimentează de la transformatoarele de curent și tensiune un contor de energie activă (501) și unul de energie reactivă (601), ampermetru (1G1) și lampa de semnalizare a tensiunii (1H4D). Circuitele de forță (C39-C43) sunt prevăzute cu alimentare pentru motoare armare resoarte MR-4, încălzire MR-4 și cutie cleme, iluminat și priză în cutia

de cleme de lângă întrerupător unde sunt centralizate circuitele sale secundare. Contactele trimise în alte scheme sunt prezentate în circuitele C44-C47.

3. Modelul fizic existent în laborator

În laborator s-a realizat un model fizic de circuite secundare aferente unui întrerupător tip IUP-110 kV acționat cu dispozitiv MR-4, montat într-un circuit de transformator.

Schema instalației din laborator este prezentată în planșa nr. 2 anexată la sfârșitul referatului. Se observă direct asemănarea cu schema instalației reale (prezentată în planșa nr. 1). Deosebirile sunt datorate exclusiv modelării echipamentului primar și a mecanismelor de acționare prin relee și contactoare. În rest, modelul fizic respectă realitatea:

- Echipamentele au fost grupate pe două panouri (panoul de comandă 1PC și stația exterioară 1K) analog grupării reale a acestora, în camera de comandă a stației și respectiv în stația exterioară, lângă echipamentul primar deservit.
- Aparatele de comutație (relee), elementele de legătură (conductoare, cleme de șir), butoanele, cheia de comandă cu lampa inclusă, indicatoarele de poziție, relee de semnalizare și de timp, casetele de semnalizare, releul de pâlpâire, aparatele de măsurare au fost alese de tipul celor curent utilizate în astfel de instalații industriale.
- Marcarea conductoarelor, a clemelor de șir, a aparatelor, a barelor de tensiune a fost făcută conform normativelor în vigoare.

(Prescripții de proiectare a părții electrice a centralelor și stațiilor ale F. E. E., elaborate de ICREMENERG în 1980).

Panourile folosite sunt tipizate, utilizate curent în instalațiile industriale.

Amplasarea aparatelor de comandă și semnalizare pe panouri satisfăcută conform cerințelor ergonomice în vigoare.

Se descrie în continuare schema instalației realizate în laborator (planșa 2 anexată la sfârșitul referatului) insistându-se asupra circuitelor care prezintă deosebiri față de schema instalației reale (planșa 1) datorită modelărilor aparatelor primare.

Circuitul C5 conține contactele 11-12, normal deschise (ND), temporizate la anclanșare ale releelor de timp 2D42, 2D44, 2D46 care modelează motoarele de armare ale resoartelor mecanismului de acționare de tip MR-4. Temporizarea acestor relee a fost astfel reglată încât să simuleze timpul necesar în realitate pentru armarea resoartelor.

Circuitele C6, C7, C8 sunt diferite de cele ale schemei instalației reale deoarece mecanismele MR-4 și întrerupătoarele IUP-110 kV pe cele faze au fost modelate prin grupurile de contactoare cu relee intermediare în paralele 1D76-1D73 pe faza R, 1D77-1D74

pe faza S, 1D78-1D75 pe faza T. Tot din acest considerent au apărut, suplimentar, contactele inseriate cu bobinele contactoarelor respective.

Circuitele C12, C13, C14 sunt echivalente circuitului C39 din schema instalației reale. Deosebirea se datorează faptului că motoarele de armare resoartelor (M1, M2, M3) au fost modelate prin releele de timp 2D42, 2D44, 2D46.

Circuitele pentru comanda separatorului, C16 și C17 precum și cel pentru blocarea acționării separatorului, C18, sunt modificate deoarece separatorul a fost modelat prin contactorul 2A1'. Comanda de închidere a separatorului 2A1' (care în realitate se face manual, de la fața locului) se dă prin butonul de închidere 10B1, contactele 2-4. Se alimentează astfel bobina releului 1D'61 (cu condiția, evidentă, ca întreruptorul să fie deconectat, deci contactele 10-13 ale releului 1D45 să fie închise) care-și închide contactul normal deschis 3-5 din C18. Este astfel alimentată bobina releului 2A1' în paralel cu contactul 3-5 al releului 1D'61.

În circuitul de blocare al separatorului, C18, se observă că acesta poate fi închis dacă contactul normal închis 3-4 al releului 1D'62 este închis, ceea ce înseamnă că nu se dă simultan comanda de deschidere prin apăsarea butonului 11B1 din circuitul C17.

Blocarea separatorului în poziția deschis se face prin intermediul DBE-ului (dispozitiv de blocare electromagnetic) care odată scos din priza 2A1 întrerupe circuitul C18 blocând transmiterea comenzii de închidere (în realitate DBR-ul asigură o blocare mecanică a separatorului în poziția închis).

Semnalizarea de poziție a separatorului, C19, se face identic cu semnalizarea de poziție din schema instalației reale (C14).

Semnalizarea de poziție a întreruptorului (C24) se face prin intermediul cheii de comandă cu lampa inclusă, după principiile cunoscute. Circuitul de semnalizare de avarie, C26, este identic cu C21 al schemei instalației reale, singura deosebire fiind că plusul de pe barele de semnalizări centrale (BSC) se transmite nu unui releu de semnalizare prin impulsuri (RSI-6) și apoi hupei, ci unui releu intermediar care alimentează printr-un contact normal deschis (9-12 1D80) o sonerie. În paralel cu bobina releului este legată o caseta de semnalizare ce asigură semnalizarea optică de avarie.

Circuitul C39 este propriu schemei instalației din laborator și cuprinde puntea redresoare n301 care asigură tensiunea continuă pentru comandă și semnalizare. Protecția se face prin siguranța fuzibilă 1E11, 1E12 la intrarea în punte și 1E13, 1E14 la ieșirea din punte.

Direct de la ieșirea din punte se alimentează și releul de pâlpâire care alimentează cu plus intermitent bareta de pâlpâire (+BPL).

4. Panoul “Celula exterioară 1K”

Panoul “Celula exterioară 1K” existent în laborator cuprinde aparatele primare cu dispozitivele lor de acționare (Modelate) precum și circuitele secundare și aparatele proprii acestora deci, ceea ce se află în realitate în celula exterioară de 110 kV, pe teritoriul stației exterioare.

În planșa nr. 3 este reprezentat panoul 1K, în patru vederi. Se observă amplasarea aparatelor precum și dimensiunile de gabarit ale panoului.

În planșele nr. 4 și 5 este reprezentat tabelul de conexiuni ce cuprinde, în prima coloană, conexiunile exterioare. Coloana din mijloc, reprezintă șirul de cleme. Notarea clemelor s-a făcut după principiul nodurilor în sensul că numărul purtat de fiecare clemă corespunde cu cel al nodului din schema de principiu. În coloana a 3-a se reprezintă punțile directe de legătură între cleme, punți care se realizează practic prin intermediul unor eclise. În ultima coloană este indicată borna primului aparat la care se leagă, în interiorul panoului, cleva respectivă.

Exemplul de citire a tabelului de conexiuni prezentat în planșele 4 și 5: la cleva 625 sosește un conductor de tip Fffy de 1,5 m² din panoul de comandă IPC, cleva 623. În interior, cleva 625 este legată printr-un conductor la borna 1 a casetei de semnalizare 2H13.

Planșa nr. 6 prezintă tabelul de conexiuni interioare ale panoului 1K. De la fiecare clevă (coloana 1) se fac legături în interiorul panoului legături prezentate complet în ultima coloană.

Exemplu: d la cleva 55 pleacă un conductor la borna 7 a releului 1D75 care se leagă apoi la borna 8 a releului 1D73, legată cu borna 8 a releului 1D74, ș.a.m.d. până la borna 13 a releului 1D75.

Planșele 7 și 8 prezintă legăturile intermediare între panouri care fac prin prizele u fișe, cu 18 contacte.

Exemplu de citire a tabelului de conexiuni prezentat în planșele 7 și 8: la borna 13 a prizei și fișei b2, sosește un conductor din panoul IPC, cleva 3005 și pleacă un alt conductor în panoul 1K, la cleva 3005. Planșa nr. 9 prezintă specificația de aparataj în care sunt date caracteristicile complete ale aparatelor folosite pentru realizarea instalației.

5. Modul de desfășurare a lucrării

- * Se va studia schema de comandă și control a instalației reale (planșa 1).
- * Se va studia schema de comandă și control a modelului fizic din laborator (planșa 2).
- * Comparând cele două scheme se vor analiza deosebirile între ele reținându-se modul în care se realizează în realitate, în instalațiile industriale, circuitele modelate în laborator.

- * Se vor evidenția deosebirile între schema de comandă și control a circuitului cu IO-110 kV acționat cu MOP-1, studiată anterior și schema circuitului cu IUP-110 kV acționat cu MR-4.
- * Se vor analiza schemele de montaj, comparându-le cu modelul fizic.
- * Se va urmări realizarea practică a diferitelor circuite, corespondența între marcarea aparatelor, a conductoarelor și a clemelor pe schema de principiu, pe schemele de montaj și pe instalația propriu-zisă.
- * Se vor face acționări ale aparatelor primare, urmărind informațiile primite prin intermediul circuitelor de semnalizare în camera de comandă (panoul IPC).
- * Se vor simula diverse situații anormale pe care studenții vor trebui să le rezolve.
- * Se vor simula defecte în circuitele secundare de comandă și control care, de asemenea, vor trebui rezolvate.