

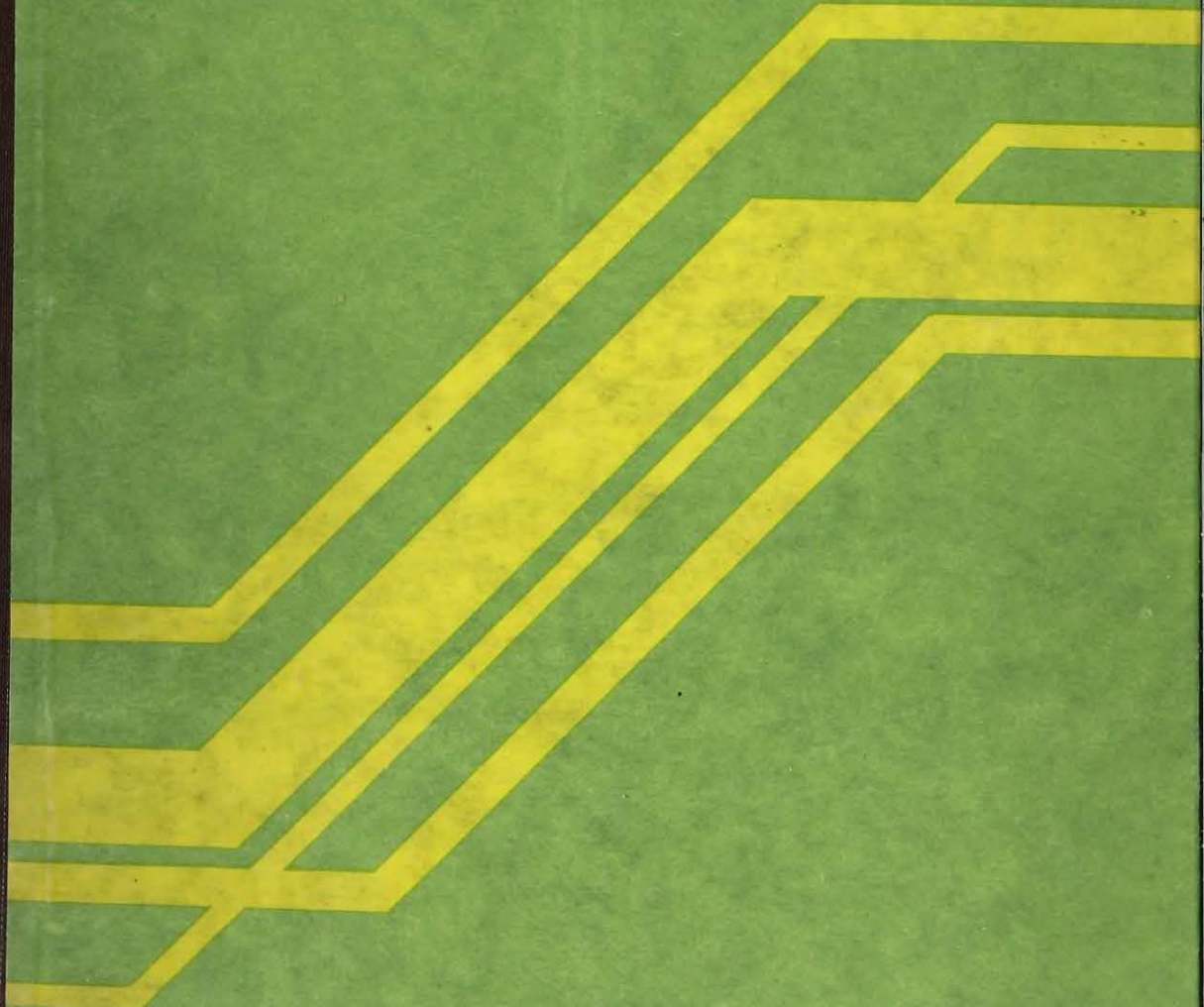
EDITURA DIDACTICĂ ȘI PEDAGOGICĂ, BUCUREȘTI — 1988

Lei 10,30

MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI ÎNVĂȚĂMÎNTULUI

TEHNOLOGIA LUCRĂRILOR ELECTROTEHNICE

Manual pentru clasa a IX-a licee industriale și de matematică-fizică,
cu profilurile de electrotehnică, matematică-fizică,
matematică-electrotehnică, filologie-istorie, istorie-geografie
și aeronautică



MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI ÎNVĂȚĂMÎNTULUI

Ing. CONSTANȚIU POPESCU

Ing. MIHAI HUHULESCU
profesor

Ing. DRAGOȘ SIMULESCU
profesor

TEHNOLOGIA LUCRĂRILOR ELECTROTEHNICE

Manual pentru clasa a IX-a, licee industriale și de matematică-fizică,
cu profilurile de electrotehnică, matematică-fizică,
matematică-electrotehnică, filologie-istorie, istorie-geografie
și aeronautică



EDITURA DIDACTICĂ ȘI PEDAGOGICĂ, BUCUREȘTI

Manualul constituie o reeditare a ediției din 1981 elaborată conform programei școlare aprobate de Ministerul Educației și Învățământului cu nr. 39438/1980

Contribuția autorilor:

Ing. C. Popescu: cap. 1, 6, 11

Ing. M. Huhulescu: cap. 2, 3, 4

Ing. D. Simulescu: cap. 5, 7, 8, 9, 10

Referent: ing. Florica Dănilă, profesor

Redactor: ing. Alexandra Moraru

Tehnoredactor: Sanda Dumitrașcu

Coperta: V. Wegemann

Coli de tipar: 8,25
Format: 16/70×100
Plan editură: 19035
Bun de tipar: 9. II. 1988

Tiparul executat la:
INTREPRINDEREA POLIGRAFICĂ CLUJ
Municipiul Cluj-Napoca
B-dul Lenin nr. 146
Republica Socialistă România
C-da nr. 526



CAPITOLUL 1

INTRODUCERE

Datorită calităților deosebite ale energiei electrice în ce privește producerea, transportul și distribuția, cât și multiplelor posibilități de utilizare a acesteia, ea este indispensabilă dezvoltării economice și civilizației moderne, revoluției tehnico-științifice contemporane, îmbunătățirii nivelului de trai al oamenilor. În toate domeniile vieții economice și sociale, electricitatea produce profunde transformări pe linia progresului și civilizației, prin modificarea proceselor tehnologice, mecanizarea și automatizarea în toate domeniile activității omenești, în sistemul de informare, tehnică de calcul, iluminat etc.

Din această cauză, electrificarea și industria electrotehnică au cunoscut în țara noastră, sub conducerea Partidului, o dezvoltare impetuoasă. Directivele Congresului al XIII-lea al Partidului Comunist Român prevăd, printre sarcinile de bază ale dezvoltării economico-sociale în cincinalul 1986—1990 și printre orientările de perspectivă până în anul 2000, dezvoltarea în continuare a producerii de energie electrică și a industriei electrotehnice.

În Raportul prezentat de tovarășul Nicolae Ceaușescu la Conferința Națională a partidului din 14—16 decembrie 1987 s-a subliniat că „este necesar să fie luate măsuri hotărâte în vederea folosirii raționale, științifice, a materiilor prime și materialelor, să se respecte neabătut normele de consumuri materiale și energetice, să se acționeze în direcția elaborării de noi tehnologii și măsuri care să conducă la reducerea mai accentuată a acestora”.

Producerea energiei electrice se realizează în centrale electrice, prin transformarea unei alte forme de energie (energia chimică a combustibililor, energia potențială a apelor, energia atomică, energia eoliană etc.). De la centrale, energia electrică este transformată pe linii electrice până în apropierea marilor consumatori (orașe, platforme industriale etc.), de unde este distribuită la stații de transformare situate cât mai aproape de centrele de greutate ale consumatorilor. De la aceste stații se alimentează posturile de transformare, unde se găsesc racordurile la tablourile de alimentare a receptoarelor.

În funcție de rolul pe care îl îndeplinesc într-un sistem energetic, instalațiile electrice sînt: instalații de producere a energiei electrice, instalații de transport al energiei electrice, instalații de distribuție a energiei electrice și instalațiile electrice de utilizare (la consumator).

Caracteristicile de bază ale unei instalații electrice sînt: puterea instalației, sistemul de curent și tensiunea nominală.

Sistemul de curent cel mai utilizat este curentul alternativ trifazat, cu frecvența de 50 Hz. În domenii speciale de utilizează și curent continuu (tracțiune, instalații cu reglaj mare de turație etc.) sau curent alternativ de frecvență mai mare.

Tensiunile nominale între faze standardizate sînt: 330 V; 660 V; 6 kV; 10 kV; 35 kV; 110 kV; 220 kV și 400 kV. Pentru consumatorii monofa-

se utilizează tensiunile de 127 V și 220 V. În alte domenii (industrie minieră, tracțiune) se utilizează și alte valori de tensiune.

Pentru fiecare tip de instalație se utilizează tensiunea care conduce la costurile de construcție și exploatare cele mai mici. Astfel, generatoarele din centralele electrice se construiesc pentru tensiuni relativ scăzute (6 și 10 kV). Pentru a se realiza un transport economic al energiei, tensiunea este transformată într-o stație electrică ridicătoare, la 110 kV, 220 kV sau 400 kV, corespunzător liniei de transport. Cu cât tensiunea de transport este mai mare, cu atât consumul de material conductor și pierderea de putere sînt mai mici. La capătul liniei de transport, tensiunea este din nou transformată în stații electrice coboritoare la 35 kV, de unde este distribuită prin substații și puncte de racordare la posturile de transformare, sub tensiunea de 6 sau 10 kV. Posturile de transformare alimentează consumatorii la tensiunea de 400 V, cea mai convenabilă din punctul de vedere al căderilor de tensiune, al securității omului și al construcției receptoarelor.

Din punctul de vedere al nivelului de tensiune utilizat, instalațiile electrice se împart în *instalații de înaltă tensiune* (peste 1 000 V) și *instalații de joasă tensiune* (sub 1 000 V). Din cele de mai sus se constată că instalațiile electrice de utilizare a energiei electrice sînt instalații de joasă tensiune.

În funcție de utilizarea energiei electrice, instalațiile se clasifică în principal în:

- *instalații electrice de forță* (pentru motoare electrice, cuptoare, mașini de ridicat și transportat etc.);
- *instalații electrice pentru iluminat*;
- *instalații electrice pentru curenți slabi*, cuprinzînd instalații electrice de semnalizare acustică, optică și mixtă, instalații electrice fonice și video (telefonie, radio și televiziune) etc.

Părțile componente principale ale instalațiilor electrice utilizate sînt:

- *postul de transformare*;
- *liniile electrice de joasă tensiune* (aerice sau subterane);
- *tablourile de distribuție*;
- *aparatele electrice de conectare*;
- *aparatele electrice de comandă și protecție*;
- *mașinile electrice*.

Obiectul „Tehnologia lucrărilor electrotehnice” reprezintă o primă inițiere privind cunoașterea elementelor dintr-o instalație electrică, a viitorilor specialiști din industria electrotehnică.

Obiectul are ca scop, în primul rînd, să asigure cunoașterea unor elemente de circuit ca rezistoare, condensatoare și bobine, a aparatelor de conectare, comandă și protecție a instalațiilor electrice, a elementelor componente ale mașinilor și transformatoarelor electrice, a conductoarelor electrice, a schemelor și montajelor electronice. În al doilea rînd, are ca scop însușirea de către elevi a tehnologiei lucrărilor de instalații electrice, interioare și exterioare, a liniilor electrice aerice și subterane de joasă tensiune, a tablourilor de distribuție și posturilor de transformare.

VERIFICAREA CUNOȘTINȚELOR

1. Care sînt tipurile de instalații electrice dintr-un sistem energetic?
2. Care sînt sistemele de curenți și tensiunile nominale utilizate în instalațiile electrice?
3. Care sînt părțile componente ale unei instalații electrice de joasă tensiune?

CAPITOLUL 2

REZISTOARE

A. GENERALITĂȚI

1. DEFINIȚII

Rezistoarele sînt aparate folosite în instalații datorită proprietății de limitare a valorii curentului prin rezistența electrică nominală.

Deoarece în funcționare normală produc o anumită cantitate de căldură, ele pot fi folosite și ca aparate pentru încălzire.

Rezistoarele sînt utilizate în curenți slabi (electronică și automatizări) și în curenți tari (electrotehnică). Uneori rezistoarele sînt denumite impropriu *rezistențe*, ceea ce poate produce confuzii între aparat și proprietatea sa de limitare a valorii curentului.

2. CLASIFICARE

Rezistoarele se pot clasifica după mai multe criterii.

După **materialul folosit**:

- *rezistoare chimice*, folosite în curenții slabi (electronică, telecomunicații);
- *rezistoare cu metal*, folosite atît în curenții slabi, cît și în curenții tari (electrotehnică);
- *rezistoare cu lichid*, folosite pentru pornirea și reglarea motoarelor electrice mari.

După **construcție**:

- *rezistoare fixe*, a căror rezistență nu poate fi modificată;
- *rezistoare variabile*, a căror rezistență poate fi modificată prin deplasarea unui contact. Rezistoarele variabile pot fi realizate cu modificarea rezistenței în trepte sau continuu. De asemenea, ele pot avea trei borne, putînd fi montate în circuite de reglaj potențiometric (reglajul tensiunii între zero și valoarea nominală).

Rezistoarele variabile pot fi:

- cu *variația liniară a rezistenței* (proporțională cu deplasarea contactului);
- cu *variația logaritmică a rezistenței* (modificarea rezistenței se face logaritmic cu deplasarea contactului).

După **variația rezistenței**:

- *rezistoare liniare*, la care rezistența variază proporțional cu modificarea unui parametru din afară (temperatură);
- *rezistoare neliniare*, la care rezistența variază neproporțional cu modificarea unui parametru din afară (temperatură, tensiune).

3. PARAMETRII NOMINALI

Rezistența nominală (R) este valoarea, în ohmi, pentru care a fost construit rezistorul, măsurată la temperatura de 20°C;

Toleranța admisă față de rezistența nominală este abaterea în plus sau în minus, în procente, rezultată din procesul de fabricație.

Puterea nominală (P_n) este puterea ce poate fi disipată de rezistență fără a se încălzi peste limitele admisibile, în wați.

Puterea maximă a rezistorului se calculează cu relația:

$$P = RI^2[W], \quad (2.1)$$

în care:

R este rezistența, în Ω ;

I — curentul, în A.

Din această relație rezultă și curentul maxim ce poate străbate rezistorul. Puterea maximă admisibilă este stabilită la o temperatură ambiantă de 20°C. La creșterea temperaturii ambiante, rezistența proprie a rezistorului liniar crește conform relației:

$$R_t = R_0[1 + \alpha(t - t_0)], \quad (2.2)$$

în care:

R_t este rezistența la temperatura finală t , în Ω ;

R_0 — rezistența la temperatura ambiantă t_0 (20°C), în Ω ;

α — coeficientul de variație a rezistenței cu temperatura (1/K);

t — temperatura finală, în °C;

t_0 — temperatura ambiantă (20°C).

Datorită acestui fapt, puterea crește cu temperatura, ceea ce duce la degradarea materialelor din care este confecționat rezistorul.

În figura 2.1 este reprezentată variația cu temperatura a puterii disipate.

Coeficientul de variație a rezistenței cu temperatura (α) constituie altă mărime nominală și este determinat de materialul folosit pentru confecționarea rezistorului.

Tensiunea nominală este tensiunea maximă, în volți, la care poate fi utilizat rezistorul fără să se producă deteriorarea izolației electrice.

Variația rezistenței cu durata de utilizare este un alt element ce caracterizează numai rezistoarele chimice (folosite în curenții slabi), care se indică în procente față de rezistența nominală după 1 000 h de funcționare la temperatura maximă de utilizare și puterea nominală.

Coeficientul de tensiune (K_u) indică variația rezistenței rezistorului în funcție de tensiunea aplicată la borne.

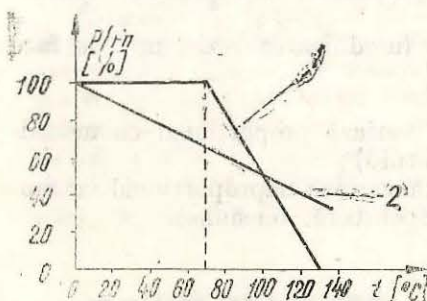


Fig. 2.1. Variația puterii disipate de rezistoare în funcție de temperatură: 1 — rezistoare cu peliculă de grafit; 2 — rezistoare cu fir metalic.

4. REPREZENTAREA CONVENȚIONALĂ A REZISTOARELOR

Rezistoarele sînt reprezentate în schemele electrice prin semne convenționale conform STAS 1590/2-71. Semnele convenționale ale rezistoarelor sînt indicate în tabelul 2.1.

5. MARCAREA REZISTOARELOR

Rezistoarele pentru circuitele de curenți slabi au caracteristicile marcate conform STAS 9109-72 prin cod de culori sau prin cod de litere și cifre.

Tabelul 2.1

Semne convenționale pentru marcarea rezistoarelor

Nr. crt.	Semnul convențional	Denumirea semnului convențional
1		Rezistor Semn general (dacă nu este necesară specificarea naturii)
2		Rezistor (fără reactanță): a — semn preferat; b — semn admis
3		Rezistor potențiometric fix
4		Rezistor cu priză fixă
5		Element încălzitor (cu rezistor)
6		Rezistor variabil, semn general
7		Rezistor cu variație continuă
8		Rezistor variabil cu trepte în prize
9		Rezistor cu reglaj predeterminat
10		Rezistor variabil cu contact mobil. Semn general
11		Rezistor variabil cu contact mobil și variație continuă
12		Rezistor variabil cu contact mobil în trepte cu prize
13		Rezistor potențiometric cu contact mobil
14		Rezistor potențiometric cu reglaj predeterminat
15		Reostat
16		Rezistor cu variație neliniară

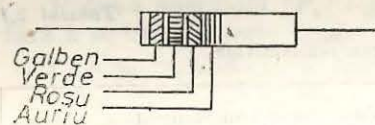


Fig. 2.2. Marcarea valorilor rezistenței cu ajutorul benzilor colorate.

Codul de culori pentru marcarea valorilor și toleranțelor este indicat în tabelul 2.2.

Tabelul 2.2

Codul culorilor pentru rezistoare cu peliculă de carbon

Culoarea	Argintiu	Auriu	Negru	Maro	Roșu	Portocaliu	Galben	Verde	Albastru	Violet	Gri	Alb
Primă cifră semnificativă	—	—	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A doua cifră semnificativă	—	—	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Multiplicatorul	10^{-2}	10^{-1}	1	10	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6			
Toleranța	$\pm 10\%$	$\pm 5\%$	fără culoare $\pm 20\%$									

Codul de litere și cifre cuprinde trei sau patru caractere, cuprinzând două cifre și o literă sau trei cifre și o literă, în funcție de numărul cifrelor semnificative ce trebuie marcate pe rezistoare. De exemplu, 2700 Ω se va marca 2 k 7, iar 332 000 Ω se va marca 332 k. Literele codului înlocuiesc virgula zecimală (v. tab. 2.3).

Tabelul 2.3

Exemple de cod pentru marcarea valorii rezistenței

Valoarea rezistenței	Codul de marcarea	Valoarea rezistenței	Codul de marcarea	Valoarea rezistenței	Codul de marcarea	Valoarea rezistenței	Codul de marcarea
0,1 Ω	R10	332 Ω	332R	1 M Ω	1M0	3,32 G Ω	3G32
1,15 Ω	R15	590 Ω	590R	1,5 M Ω	1M5	5,90 G Ω	5G9
0,332 Ω	R332	1 k Ω	1k0	3,32 M Ω	3M32	10 G Ω	10G
0,590 Ω	R59	1,5 k Ω	1k5	5,90 M Ω	5M9	15 G Ω	15G
1 Ω	1R0	3,32 k Ω	3k32	10 M Ω	10M	33,2 G Ω	33G2
1,5 Ω	1R5	5,90 k Ω	5k9	15 M Ω	15M	59,0 G Ω	59G
3,32 Ω	3R32	10 k Ω	10k	33,2 M Ω	33M2	100 G Ω	100G
5,90 Ω	5R9	15 k Ω	15k	59,0 M Ω	59M	150 G Ω	150G
10 Ω	10R	33,2 k Ω	33k2	100 M Ω	100M	332 G Ω	332G
15 Ω	15R	59,0 k Ω	59k	150 M Ω	150M	590 G Ω	590G
33,2 Ω	33R2	100 k Ω	100k	332 M Ω	332M	1 T Ω	1T0
59,0 Ω	59R	150 k Ω	150k	590 M Ω	590M	1,5 T Ω	1T5
100 Ω	100R	332 k Ω	332k	1 G Ω	1G0	3,32 T Ω	3T32
150 Ω	150R	590 k Ω	590k	1,5 G Ω	1G5	5,90 T Ω	5T9

La marcarea rezistoarelor se folosesc literele R, k, M, G, T pentru a reprezenta coeficienții de multiplicare 1, 10^3 (kilo), 10^6 (mega), 10^9 (terra) la valorile exprimate în ohmi. Pentru marcarea toleranței indicată în procente din valoarea rezistenței se folosește codul de litere din tabelul 2.4.

Rezistoarele pentru circuitele de curenți slabi se execută cu valorile rezistenței conform seriilor E_6 , E_{12} , E_{24} , sau E_{48} . Aceste serii au valori de ce în ce mai dese și toleranțe din ce în ce mai mici; cifra indică numărul de valori din serie.

Rezistoarele pentru circuitele de curenți tari se marchează cu valorile: rezistența nominală, curentul de sarcină și tensiunea nominală.

B. REZISTOARE PENTRU CURENȚI SLABI

În circuitele de curenți slabi se folosesc tipuri de rezistoare bobinate și chimice.

1. REZISTOARE BOBINATE

Rezistoarele bobinate sînt realizate dintr-un conductor cu rezistență specifică mare înfășurat pe un suport izolant care rezistă la acțiunea căldurii dezvoltate. Secțiunea conductorului este astfel aleasă, încît în funcționarea normală temperatura să nu depășească o anumită limită.

Diametrul conductorului se poate calcula cu relația:

$$d = \sqrt{\frac{4I^2 \rho K}{\pi^2 p}} \text{ [m]}, \quad (2.3)$$

în care:

I — este curentul ce parcurge conductorul, în A;

ρ — rezistența specifică a materialului conductorului, în Ωm ;

K — coeficientul de creștere a rezistenței cu temperatura ($1/K$);

p — puterea specifică disipată de conductor, în W/m^2 .

Cu cît puterea specifică disipată de conductor este mai mare, cu atît temperatura acestuia crește.

Pentru realizarea rezistoarelor se folosesc conductoare confecționate din materiale cu rezistență specifică mare, ca de exemplu:

— aliaje de fier, crom și nichel $\rho = 1,1 \cdot 10^{-6} \Omega\text{m}$;

— aliaje de fier, crom și aluminiu $\rho = 1,35 \cdot 10^{-6} \Omega\text{m}$.

Tubul pe care se înfășoară conductorul se poate realiza din sticlă, fire de sticlă sau din material ceramic (porțelan sau steatit). Suporturile ceramice se caracterizează printr-o rezistență mecanică bună, conductibilitate termică și rezistență la șocuri termice satisfăcătoare.

Rezistoarele bobinate prezintă o anumită inductanță. De aceea se execută bobinări speciale care prezintă inductanță nulă (fig. 2.3). De asemenea, rezistoarele bobinate se pot realiza cu cursor care să permită reglarea valorii rezistenței.

Tabelul 2.4
Codul pentru marcarea toleranței la valoarea nominală a rezistenței

Toleranța %	Litera codului
$\pm 0,1$	B
$\pm 0,25$	C
± 5	D
± 1	F
± 2	G
± 5	J
± 10	K
± 20	M
± 30	N

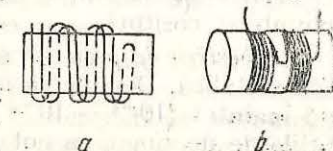


Fig. 2.3. Rezistoare bobinate cu inductanță nulă;
a — rezistor plan; b — rezistor cilindric.

Rezistoarele neprotejate se construiesc pentru funcționarea în încăperi cu umiditate redusă. Acest tip de rezistoare este folosit la aparatele de măsurat electrice. În acest caz conductorul folosit este realizat din constantan sau manganin, aliaje care nu-și schimbă rezistența la variații mari ale temperaturii. În unele cazuri aceste rezistoare sînt confecționate din conductoare rezistente izolate cu email sau cu mătase.

Rezistoarele neprotejate folosite în alte scopuri se execută de obicei pe tub de sticlă și au puteri cuprinse între 5 și 500 W. Valoarea rezistenței acestor rezistoare nu depășește 1 000 Ω .

Fixarea conductorului la capete se face cu ajutorul unor coliere metalice. Temperatura de lucru nu depășește 200°C.

Rezistoarele lacuite sînt realizate după același principiu, ca și rezistoarele neprotejate, fiind însă acoperite cu un strat protector din lac sau email. Aceste rezistoare pot funcționa în atmosferă cu umiditate mărită. Temperatura de lucru este limitată de natura lacului de protecție și, în general, nu depășește 100°C.

Rezistoarele glazurate au stratul protector realizat din glazură de porțelan cu ciment silicic. Această construcție permite funcționarea rezistoarelor la temperaturi ridicate pînă la 500°C.

2. REZISTOARE CHIMICE

Rezistoarele chimice peliculare se formează prin depunerea pe un suport izolant ceramic a unui strat subțire (0,1 μm) semiconductor din carbon sau metal.

Rezistoarele cu peliculă metalică au o mare stabilitate a rezistenței electrice la funcționarea de lungă durată.

Rezistoarele cu peliculă de carburi sau bor-carbon se execută în mai multe faze care sînt expuse în continuare.

Pregătirea suportului. Pentru înlăturarea impurităților se aplică spălarea cu apă cu detergenți și decaparea în soluție de acid fluorhidric (0,5–5%). După aceasta se spală cu apă caldă și se usucă în cuptor.

Tratamentul pirolitic urmărește depunerea carbonului dintr-o hidrocarbură saturată (metan, benzen etc.) pe suportul rezistenței la o temperatură de circa 1000°C. Piroliza se execută în cuptoare cu vid sau atmosferă neutră (azot).

Metalizarea capetelor are drept scop depunerea unui strat metalic pentru lipirea conexiunilor.

Filetarea este procesul de tăiere a șanțului elicoidal în pelicula de carbon și suportul ceramic cu un disc abraziv.

Lipirea conexiunilor din cupru se face cu ajutorul aliajelor de lipire (plumb și cositor).

Acoperirea de protecție se obține cu o vopsea termorezistivă sau cu peliculă metalică. Depunerea peliculei metalice se realizează prin evaporarea în vid înaltat (10^{-4} – 10^{-6} torr) și la temperatură înaltă. Variindu-se condițiile de depunere se pot modifica proprietățile electrice ale rezistoarelor.

Tratamentul termic are drept scop micșorarea coeficientului de temperatură și uniformizarea structurii. Se realizează la temperatura de 700 ... 900°C timp de 3–50 min.

Formarea electrică se execută pentru a se îmbunătăți contactul electric între peliculă și terminale.

Rezistoarele pe bază de bioxid de staniu (SnO_2) se obțin prin depunere chimică a peliculei de staniu pe suportul izolant. Ulterior, această peliculă se oxidează prin încălzire în aer.

Rezistoarele chimice de volum se realizează dintr-un amestec ce cuprinde: material semiconductor (grafit sau negru de fum), masa de umplutură (argilă, talc sau caolin) și un izolant (cauciuc sau rășină sintetică).

Rezistoarele de volum se introduc fie într-un tub izolant (de ceramică sau sticlă), fie se presează sub formă de vergele.

Rezistoarele de volum au următoarele *avantaje*: putere de disipație mare raportată la volum, cost scăzut, robustețe electrică și mecanică ridicate și inductanță proprie redusă.

3. POTENȚIOMETRE

Potențimetrul este un rezistor variabil avînd două borne fixe și o bornă formată dintr-un cursor care alunecă pe suprafața rezistorului.

Potențimetrele pot fi *rectilinii* sau *circulare*, ultimele avînd un ax de acționare.

Potențimetrele bobinate se realizează prin înfășurarea unui conductor cu rezistivitate mare (manganină sau cromnichel) pe un suport izolant, executat din pertinax sau fibră vulcanică, pentru puteri mici și din ceramică, pentru puteri mari.

Potențimetrele chimice se realizează prin depunerea unui strat de carbon sau de metal pe un suport izolant de pertinax.

Potențimetrele chimice se construiesc cu variația liniară a rezistenței sau cu variația logaritmică a rezistenței la deplasarea cursorului. Aceste potențimetre sînt marcate cu emblemele „lin” și respectiv „log”.

Cursorul se execută de obicei din bronz fosforos și trebuie astfel executat, încît să asigure un contact bun cu pelicula de carbon fără a produce uzura acesteia.

4. REZISTOARE NELINIARE

Rezistoarele neliniare sînt caracterizate prin variația importantă a rezistenței în cazul modificării unei mărimi exterioare.

Termistoarele sînt rezistoare neliniare a căror rezistență variază pronunțat cu încălzirea, avînd un coeficient de variație a rezistenței cu temperatura negativ (rezistența scade cu creșterea temperaturii).

Termistoarele se execută din oxizi de Cr, Mn, Fe, Cd sau Ni.

Pentru a se înțelege funcționarea termistoarelor se folosește caracteristica volt-ampere (fig. 2.4). La rezistențele normale caracteristicile volt-ampere sînt linii drepte ce trec prin originea axelor de coordonate (fig. 2.4, a).

La termistoare caracteristica volt-ampere este întîi o dreaptă, pentru ca apoi la creșterea curentului rezistența lor să scadă datorită încălzirii termistorului (fig. 2.4, b).

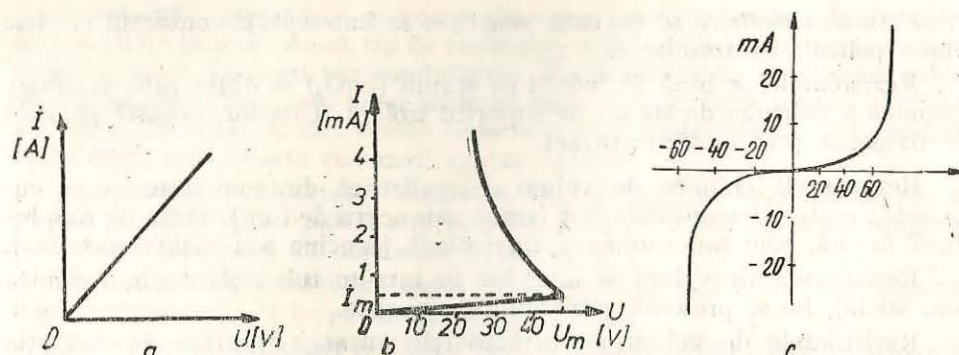


Fig. 2.4. Caracteristica volt-ampere a rezistoarelor:
a - rezistoare normale; b - termistoare; c - varistoare.

Varistoarele sînt dispozitive constituite dintr-un semiconductor a cărui rezistență scade cînd crește tensiunea continuă aplicată la bornele lui (fig. 2.4, c). Ele sînt utilizate în circuite pentru protecția la supratensiuni, în circuite de reglare automată etc.

C. REZISTOARE PENTRU CURENȚI TARI

În instalațiile de curenți tari, rezistoarele sînt utilizate pentru reglarea curentului, reglarea tensiunii, obținerea căldurii etc.

Rezistoarele se realizează fie cu rezistență constantă, sub denumirea de *rezistoare fixe*, fie cu rezistență variabilă, sub denumirea de *rezistoare variabile* sau *reostate*.

1. REZISTOARE FIXE

Rezistoarele fixe sînt folosite atît ca elemente de sine stătătoare, cît și ca elemente componente ale reostatelor.

Rezistoarele din fontă au formă undulată (fig. 2.5), justificată de obținerea unei lungimi cît mai mari într-un spațiu cît mai redus.

Elementele de rezistoare sînt prevăzute cu urechi de prindere la capete. În mijlocul elementului se află uneori un punct de fixare suplimentar, pentru a consolida construcția împotriva deformărilor termice și a vibrațiilor.

Elementele se așază pe tije de oțel izolate cu tub de mică. Între urechile elementului de fontă se așază rondele de oțel sau micanită, după cum se dorește inserierea sau izolarea elementului rezistor. Din loc în loc, între elemente se așază plăcuțe cu două găuri: prin una trece tija de oțel izolată, iar a doua servește ca bornă de legătură (fig. 2.6). Aceste borne constituie prize, care se așază la anumite valori ale rezistenței.

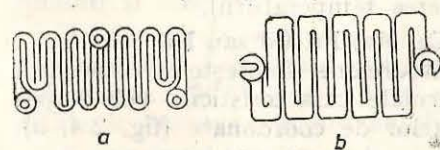


Fig. 2.5. Rezistoare din fontă:
a - cu trei puncte de fixare; b - cu două puncte de fixare.

Elementele de fontă au o bună capacitate calorică, putînd suporta șocuri de scurtă durată.

Rezistoarele din tablă ștanțată au o răspîndire largă în ultimul timp, datorită următoarelor avantaje: tehnologie mai simplă și cost mai redus.

Elementele se obțin prin ștanțare la matrițe speciale, montate pe prese mecanice cu excentric, decupîndu-se atît liniile separatoare dintre ondule, cît și găurile de fixare (fig. 2.7).

Ca material se folosește tabla de oțel cu siliciu cu grosimea pînă la 1,2 mm. În scopul creșterii rezistenței la coroziune, elementele de tablă se acoperă galvanic prin zincare sau cadmiere.

Fixarea elementelor unul de celălalt, pentru obținerea inserierii, se face prin legarea cu șuruburi sau sudarea urechilor elementului. La montaj elementul se întinde pentru a se evita scurtcircuiturile între laturile ondulelor.

Prizele se scot prin legarea conductorului de urechile îndoite ale elementului. Elementele ștanțate permit executarea unor rezistoare de greutate mică, cu suprafața mare de răcire și gabarit redus.

Rezistoarele din bandă (fig. 2.8) se execută din bandă de cromnichel sau constantan.

La aceste rezistoare se deosebesc următoarele părți:

— *suportul metalic 1*, fabricat din tablă de oțel, avînd capetele decupate pentru a permite atît montarea izolatoarelor ceramice, cît și fixarea întregului element de bare de oțel izolate cu tub de micanită;

— *călăreții ceramici 2* din porțelan sau steatit, avînd rolul de a izola partea conductoare de curent. Călăreții se lipesc pe suportul metalic cu litargă (oxid de plumb cristalizat amestecat cu glicerină);

— *banda conductoare de curent 3*, care se montează pe călăreții ceramici prin spiralizare pe muchie sau pe lat.

Rezistoarele fabricate cu aceste elemente au indici calitativi foarte buni, dar au o tehnologie dificilă și utilizează material rezistiv scump. Uneori se folosesc elemente din bandă fără suport, realizate din bandă spiralizată sau ondulată și suspendate de izolatoare numai la capete (fig. 2.8, d, e).

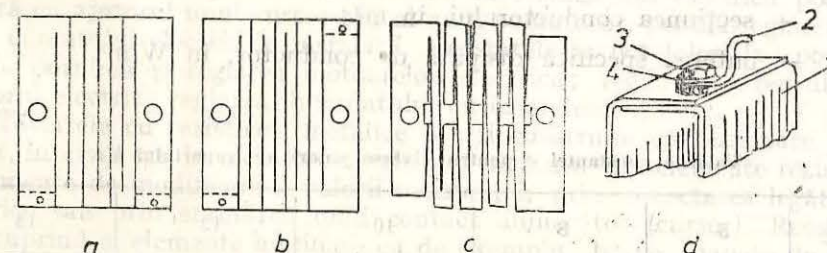


Fig. 2.7. Rezistoare din tablă:
a, b - rezistoare decupate; c - rezistor lătuș; d - borna unui rezistor (1 - urechea rezistorului, 2 - conductorul de legătură, 3 - șurubul bornei, 4 - șaibă).

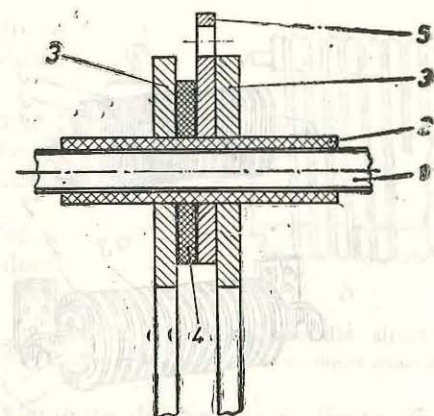


Fig. 2.6. Borne de legătură pentru rezistoare de fontă:

1 - tirant metalic; 2 - tub izolan; 3 - elemente de fontă; 4 - disc izolan; 5 - bornă de legătură.

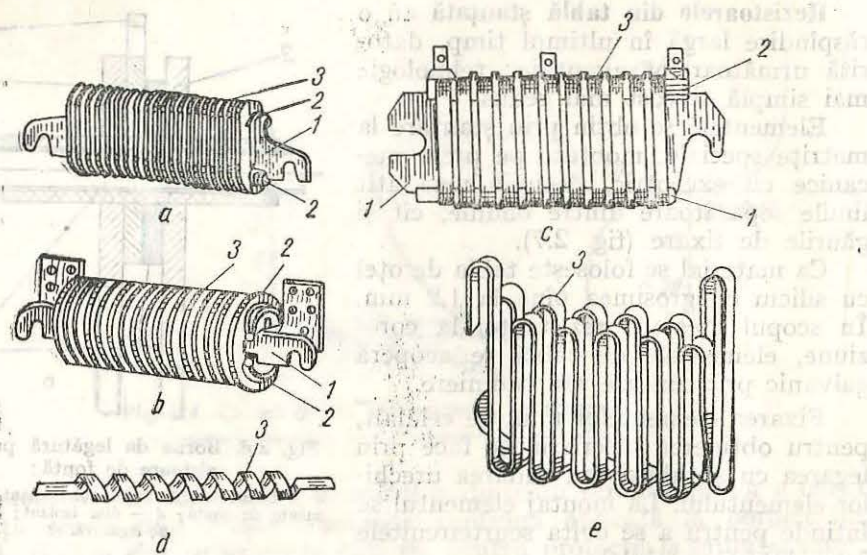


Fig. 2.8. Rezistoare din bandă:

a, b - rezistoare bobinate pe muchie; c - rezistor bobinat pe lat; d - rezistor spiralizat; e - rezistor ondulat; 1 - suport metalic; 2 - călăreț de porțelan; 3 - rezistor din bandă.

Pentru conductoarele din bandă se poate folosi relația de calcul a grosimii benzii,

$$a = c \sqrt{\frac{I^2 S}{p}}, \quad (2.4)$$

în care:

c este o constantă în funcție de raportul $\frac{b}{a}$ (a este grosimea benzii, în m și b lățimea benzii, în m). Raportul $\frac{b}{a}$ se alege între 5 și 15. Valoarea lui c este dată în tabelul 2.5, în funcție de valorile raportului $\frac{b}{a}$;

I - curentul în conductor, în A;
 S - secțiunea conductorului, în m^2 ;
 p - puterea specifică disipată de conductor, în W/m^2 .

Tabelul 2.5

Valorile constantei c pentru diverse valori ale raportului b/a

b/a	5	8	10	12	15
c	0,119	0,0885	0,077	0,0685	0,0593

Pentru încărcarea elementelor rezistoare funcționând în aer se aleg următoarele valori la diferite regimuri de utilizare:

3,5–5,0 kW/m^2 pentru regim permanent;
 15–20 kW/m^2 pentru regim intermitent;
 45–50 kW/m^2 pentru regim de scurtă durată (pornirea motoarelor).

Pentru rezistoarele funcționând în ulei se aleg încărcări de 2,5–3 ori mai mari decât pentru rezistoarele funcționând în aer la aceeași regimuri de utilizare.

Elementele de sîrmă se realizează în două forme: pe suporti sau spirale libere.

În figura 2.9 sînt reprezentate două elemente de rezistor realizate din sîrmă rotundă. Ca material se folosește oțel galvanizat, constantan, crom-nichel și nichelină (aliaj de nichel fier).

La aceste elemente valoarea rezistenței se poate obține mai precis decât la elementele descrise pînă acum, prin montarea unui colier deplasabil, la care se poate racorda conductorul prizei de curent.

Calculul rezistoarelor din sîrmă se face cu relația (2.3), ținîndu-se seamă că pentru încărcarea specifică se aleg, în funcție de regimul de lucru al elementului lucrînd în aer, următoarele valori:

15 kW/m^2 pentru funcționarea permanentă;
 18 kW/m^2 pentru funcționarea intermediară;
 43 kW/m^2 pentru funcționarea de scurtă durată (pornirea motoarelor).

Lungimea sîrmei se calculează cu relația:

$$l = \frac{RS}{\rho}, \quad (2.5)$$

în care:

l este lungimea sîrmei, în m;
 R - rezistența elementului, în Ω ;
 S - secțiunea conductorului, în m^2 ;
 ρ - rezistența specifică, în Ωm .

2. REZISTOARE REGLABILE (REOSTATE)

Reostatele sînt aparate electrice la care rezistența electrică poate fi reglată cu ajutorul unui cursor sau al unui comutator, pentru reglarea mărimii curentului electric în instalații. Reostatele se pot folosi la: pornirea sau la pornirea și reglarea motoarelor electrice; reglarea curentului în cuptorul electric; reglarea iluminatului cu incandescență etc.

Reostatele cu rezistoare metalice pot fi construite cu rezistoare răcite în aer, în nisip sau în ulei. Reostatele sînt alcătuite din elemente rezistoare și elemente de modificare a valorii rezistenței, prin conectarea legăturilor electrice sau prin stabilirea unui contact alunecător (cursor). Reostatele mai cuprind și elemente auxiliare ca de exemplu: borne, manete de acționare, carcasă de protecție etc.

Reostatele pot fi monofazate sau trifazate, în funcție de circuitele în care vor fi montate.

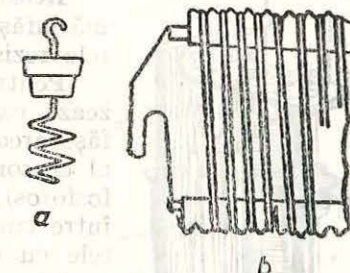


Fig. 2.9. Rezistoare din sîrmă:
 a - fără suport; b - cu suport ceramic.

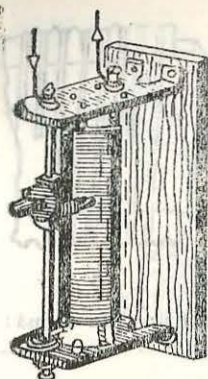


Fig. 2.10. Reostat cu cursor.

Reostatele cu cursor au elementul rezistor din sîrmă înfășurată pe un tub izolan ceramic (fig. 2.10), spi-
rele rezistorului fiind bobinate alăturat.

Pentru ca spi-
rele să fie izolate între ele se reali-
zează oxidarea sîrmei prin tratament termic după în-
fășurarea pe suportul ceramic. Elementul de contact
al cursorului este realizat din material arcuitor (bronz
fosforos), tăiat sub formă de lamele. Zona de contact
între cursor și rezistor este curățată de oxid. Reosta-
tele cu cursor realizează o variație continuă a rezis-
tenței.

Reostatele cu ploturi au o variație în trepte a re-
zistenței (fig. 2.11). În funcție de variația admisă a
rezistenței se stabilește numărul de trepte. De asemenea,
se ia în considerare ca variația curentului în circuit să
nu producă distrugerea ploturilor.

Pentru a se asigura automatizarea trecerii de pe o treaptă pe alta a
rezistenței se folosesc uneori comutatoarele cu contactoare.

Reostatele cu rezistoare din lichid se folosesc la reglarea curenților
mari (fig. 2.12). Ca electrolit se folosește soluție de sodă în apă.

Reostatele cu vaporii (fig. 2.13) sînt de fapt reostate cu lichid la care
presiunea vaporilor face să se modifice nivelul lichidului în camera de pre-
siune, reglîndu-se automat curentul în instalație. La început, curentul
fiind foarte mare produce într-un timp scurt o cantitate mare de vaporii care
evacuează lichidul din cameră, mărind rezistența reostatului. Scăderea
curentului produce o reducere a presiunii în cameră și pătrunderea din nou
a lichidului. Ciclul se repetă pînă cînd se asigură pornirea completă a mo-
torului, contactorul 5 scoțînd reostatul din circuit.

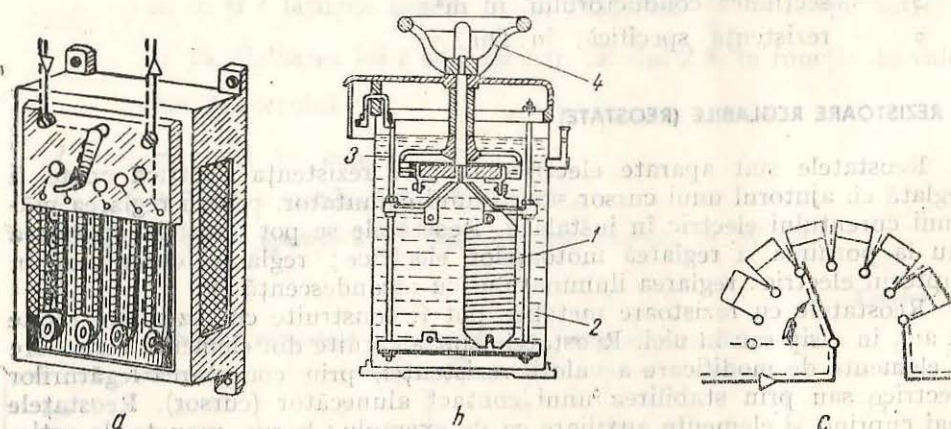


Fig. 2.11. Reostate cu ploturi:

a - cu răcire în aer; b - cu răcire în ulei (1 - rezistor, 2 - ulei, 3 - contacte,
4 - manetă); c - schema electrică.

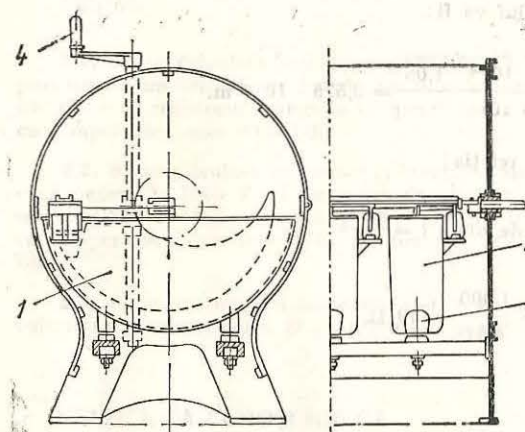


Fig. 2.12. Reostat cu lichid:

1 - electrod mobil; 2 - electrod fix (cuvă cu lichid); 3 - izo-
lator; 4 - manetă.

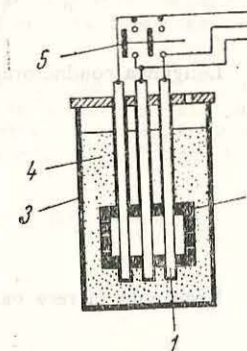


Fig. 2.13. Reostat cu
vaporii:

1 - electrod; 2 - camera de
presiune; 3 - cuvă; 4 - lichid;
5 - contactor.

3. REZISTOARE PENTRU ÎNCĂLZIRE

Rezistoarele pentru încălzire se execută numai din materiale rezistive
care pot funcționa la temperaturi înalte (peste 1000°C), ca de exemplu:
cromnichel, fecral (kanthal), silită etc. Se folosesc atît aliaje metalice, cît
și materiale pe bază de carbon sinterizate.

Rezistoarele se utilizează fie aplicate direct pe suporti ceramici, fie
sub formă spiralizată și susținute de suporti ceramici. Ele se folosesc fie
ca surse de căldură de uz casnic (radiatoare, plite electrice, fiare de căl-
cat, plonjoare de încălzit apa etc.), fie ca surse de uz industrial (aeroterme,
cuptoare electrice, plonjoare pentru încălzirea matrițelor).

Exemple de calcul

a) Să se calculeze puterea disipată de un rezistor avînd o rezistență de 500Ω și care este
parcurs de un curent de 0,1 A.

$$P = RI^2 = 500 \cdot 0,1^2 = 5W.$$

b) Să se calculeze creșterea valorii rezistenței unui rezistor executat din sîrmă de crom-
nichel avînd rezistența de 100 Ω și coeficientul de temperatură $\alpha = 0,002$, știindu-se că
temperatura de lucru a acestuia este de 100°C.

$$R = R_0[1 + \alpha(t - t_0)] = 100[1 + 0,002(100 - 20)] = 116\Omega$$

c) Să se calculeze diametrul și lungimea conductorului unui rezistor de 1000 W, realizat
din sîrmă de cromnichel și alimentat la tensiunea de 220 V care este folosit pentru încălzirea
unui fier de călcat, știindu-se că puterea specifică disipată $p = 5 \cdot 10^4 W/m^2$, coeficientul
de creștere a rezistenței cu temperatura la 400°C este de 1,05, iar materialul crom-nichel
are o rezistență specifică de $1,1 \cdot 10^{-6} \Omega m$.

Diametrul sîrmei rezistorului se va calcula cu relația (2.3) în care curentul ce străbate rezis-
torul va fi:

$$I = \frac{P}{U} = \frac{1000}{220} = 4,54 A.$$

Deci diametrul conductorului rezistorului va fi:

$$d = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 4,54^2 \cdot 1,1 \cdot 10^{-6} \cdot 1,05}{10 \cdot 5 \cdot 10^4}} = 0,575 \cdot 10^{-3} \text{ m.}$$

Lungimea conductorului se obține din relația:

$$R = \rho \frac{l}{s}, \text{ de unde } l = \frac{RS}{\rho};$$

$$R = \frac{P}{I^2} = \frac{1000}{4,54^2} = 49 \Omega.$$

Rezistența la rece va fi:

$$R_{20} = \frac{R_t}{K} = \frac{49}{1,05} = 46,5 \Omega$$

Secțiunea conductorului:

$$S = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,575^2}{4} \cdot 10^{-6} = 0,26 \cdot 10^{-6} \text{ m.}$$

Deci:

$$l = \frac{46,5 \cdot 0,26 \cdot 10^{-6}}{1,1 \cdot 10^{-6}} = 12,1 \text{ m.}$$

d) Să se calculeze rezistorul încălzitor pentru un cuptor electric avînd puterea de 30 kW la tensiunea de 380 V, legat în conexiunea stea-triunghi, știindu-se că puterea specifică disipată de rezistor este de $1,7 \cdot 10^4 \text{ W/m}^2$, coeficientul de temperatură $K = 1,08$ pentru temperatura de 800°C , iar rezistența specifică a materialului rezistorului $1,1 \cdot 10^{-6} \Omega\text{m}$. Se va folosi conductor sub formă de bandă.

Considerăm că vom avea trei rezistoare egale, fiecare cu puterea de 1 kW, legate în stea sau în triunghi.

Curentul maxim ce străbate rezistorul apare în conexiunea triunghi, deci:

$$I = \frac{P}{U} = \frac{1000}{380} = 26,3 \text{ A.}$$

Grosimea benzii este:

$$a = c \sqrt[3]{\frac{l^2 \rho K}{P}}$$

Alegîndu-se un raport $\frac{b}{a} = 10$ se va obține $c = 0,077$.

Deci:

$$a = 0,077 \sqrt[3]{\frac{26,3^2 \cdot 1,1 \cdot 10^{-6} \cdot 1,08}{1,7 \cdot 10^4}} = 0,28 \cdot 10^{-3} \text{ m.}$$

Lățimea benzii este:

$$b = 10a = 10 \cdot 0,28 \cdot 10^{-3} = 2,8 \cdot 10^{-3} \text{ m.}$$

Aplicații

2.1. Să se calculeze puterea disipată de un rezervor avînd o rezistență electrică de 500Ω , parcurs de un curent de $0,1 \text{ A}$. Să se calculeze creșterea puterii disipate cu temperatura, știindu-se că rezistorul ajunge la temperatura de 70°C , iar coeficientul de variație a rezistenței cu temperatura este $0,02 \text{ } 1/\text{K}$.

2.2. Să se calculeze diametrul și lungimea unui rezistor încălzitor pentru un fier de călcat cu o putere de 1000 W și tensiunea de alimentare 220 V . Rezistența specifică a materialului este de $1,35 \cdot 10^{-6} \Omega\text{m}$, puterea specifică este $5 \cdot 10^{-4} \text{ W/m}^2$, coeficientul de variație a rezistenței cu temperatura este $0,02 \text{ } 1/\text{K}$, iar temperatura la care ajunge elementul încălzitor este de 700°C .

2.3. Să se măsoare în laborator valoarea rezistenței unui rezistor prin două metode: cu voltmetru și ampermetru și cu puntea Wheatstone.

VERIFICAREA CUNOȘTINȚELOR

1. Care rezistoare au o stabilitate mare a rezistenței la funcționarea de lungă durată :
— rezistoarele chimice de volum?
— rezistoarele chimice peliculare cu carbon?
— rezistoarele chimice cu peliculă metalică?
2. Care este utilizarea industrială a rezistoarelor?
3. Care variantă de rezistoare cu lichid se folosește la reglarea automată a curenților de pornire?
4. Care rezistoare metalice suportă mai bine șocurile și vibrațiile :
— rezistoarele din tablă?
— rezistoarele din fontă?

CONDENSATOARE

A. GENERALITAȚI

1. DEFINIȚII

Condensatorul electric este un ansamblu de două conductoare (armăturile condensatorului) separate printr-un mediu izolan electric (dielectric), având o capacitate nominală la temperatura de 40°C. Aplicându-se la armăturile unui condensator o tensiune electrică continuă, condensatorul se încarcă cu sarcini electrice egale și de semne contrare.

Condensatoarele sînt elemente pasive care intră în componența circuitelor electrice.

2. CLASIFICARE

Condensatoarele se pot clasifica după mai multe criterii:

După **natura dielectricului**:

- condensatoare cu dielectric gazos (vid, aer, gaz);
- condensator cu dielectric lichid (ulei);
- condensatoare cu dielectric anorganic solid (sticlă, email, mică, ceramică);
- condensatoare cu dielectric organic solid (hîrtie, lac, email sintetic);
- condensatoare cu dielectric din oxizi metalici (electrolitici).

După **construcție**:

- condensatoare fixe;
- condensatoare variabile;
- condensatoare semireglabile (ajustabile).

După **regimul de lucru**:

- condensatoare pentru curent continuu;
- condensatoare pentru curent alternativ la frecvența rețelei (50 Hz);
- condensatoare pentru frecvențe înalte (peste 1 kHz).

După **tensiunea de lucru**:

- condensatoare de joasă tensiune (sub 100 V);
- condensatoare de înaltă tensiune (peste 100 V).

După **material**:

- condensatoare în carcasă de material plastic (polistiren tip styroflex, poliester tip mylar, rășină epoxidică);
- condensatoare în carcasă metalică (tub de aluminiu, carcasă din tablă de oțel);
- condensatoare ceramice.

După **condițiile climatice**:

- execuție pentru climat temperat normal;
- execuție pentru climat tropical uscat TA;
- execuție pentru climat tropical umed TH;
- execuție pentru climat polar F.

3. CARACTERISTICILE PRINCIPALE

Condensatoarele sînt caracterizate prin următoarele mărimi:

Capacitatea nominală C_n a unui condensator este valoarea pentru care a fost construit condensatorul.

Capacitatea nominală este definită prin relațiile:

$$C = \frac{Q}{U}, \quad (3.1)$$

în care:

C este capacitatea, în F;

Q — sarcina electrică, în C;

U — diferența de potențial, în V

și:

$$C = \varepsilon \frac{S}{d} = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{S}{d}, \quad (3.2)$$

în care:

ε este permitivitatea absolută a dielectricului, o constantă dielectrică ce depinde de natura materialului dintre plăcile condensatorului, în F/m;

ε_0 — permitivitatea vidului = $\frac{1}{4\pi \cdot 10^9}$ F/m;

ε_r — permitivitatea relativă a dielectricului (nu are unitate de măsură)

S — suprafața plăcii, în m^2 ;

d — distanța între plăci, în m.

Constanta dielectrică relativă sau permitivitatea relativă este raportul dintre capacitatea unui condensator electric care conține între armături substanță izolantă și capacitatea aceluiași condensator, avînd între armături aer (sau vid).

Unitatea de capacitate, faradul (F), este foarte mare și de aceea capacitatea condensatoarelor se exprimă de obicei prin unități mai mici, ca de exemplu:

milifarazi $1 \text{ mF} = 10^{-3} \text{ F}$;

microfarazi $1 \mu\text{F} = 10^{-6} \text{ F}$;

nanofarazi $1 \text{ nF} = 10^{-9} \text{ F}$;

picofarazi (micromicrofarazi) $1 \text{ pF} = 1 \mu\mu\text{F} = 10^{-12} \text{ F}$.

Abaterea maximă admisibilă la 40°C față de capacitatea nominală exprimată în procente este abaterea în plus sau minus rezultată din procesul de fabricație (toleranța). Capacitățile nominale se aleg pe baza seriilor E6, E12, E24, E48, care au valori din ce în ce mai dese și toleranțe mai mici. Astfel, seria E6 are șase valori nominale și toleranță 20%, iar E48 are 48 valori nominale și toleranță 2,5%.

Coefficientul de temperatură al capacității K_t caracterizează variația capacității electrice a condensatorului cu temperatura și poate fi obținut din relația:

$$C_t = C_{t_0} [1 + K_t(t - t_0)], \quad (3.3)$$

în care:

- C este capacitatea la temperatura t , în F;
 C_{t_0} — capacitatea la temperatura $t_0 = 20^\circ\text{C}$, în F;
 K_t — coeficientul de temperatură al capacității;
 t — temperatura de lucru, în $^\circ\text{C}$;
 t_0 — temperatura ambiantă (20°C).

Tensiunea nominală U_n este tensiunea maximă ce poate fi aplicată la bornele condensatorului timp îndelungat la temperatura maximă de funcționare. Tensiunea nominală poate fi indicată în curent continuu sau alternativ ca valoare efectivă.

Categoria climatică este zona climatică în care poate fi utilizat condensatorul fără a-și modifica caracteristicile în afara limitelor stabilite. Ea este caracterizată prin limitele de variație ale temperaturii ambiante, limitele de variație ale umidității, precum și prin eventuala prezență a unor microorganisme (mușegaiul) care pot ataca materialele izolante.

Rezistența de izolație R_{iz} este raportul dintre tensiunea continuă aplicată la bornele condensatorului și curentul care circulă prin el după un minut de la aplicarea tensiunii. Proba se face la temperatura de 20°C și trebuie să asigure cel puțin $100\text{ M}\Omega$ pentru U_n pînă la 63 V inclusiv și cel puțin $5 \cdot 10^6\text{ M}\Omega$ pentru $U_n \geq 100\text{ V}$.

Tensiunile aplicate depind de tensiunea nominală a condensatorului: 10 V pentru $U_n < 100\text{ V}$, 100 V pentru $U_n < 500\text{ V}$ și 500 V pentru $U_n \geq 500\text{ V}$.

Tensiunea de încercare U_i reprezintă valoarea tensiunii aplicate timp de 1 min la bornele condensatorului sau între terminale și corp la care trebuie să nu se producă străpungeri sau conturnări. Această tensiune este egală cu $1,5-5$ ori tensiunea nominală, dar nu mai puțin de 200 V . La aplicarea acestei tensiuni trebuie să nu se producă scînteii care să străbată dielectricul. Tensiunea la care dielectricul își pierde proprietățile izolante depinde de natura și de grosimea materialului izolant, precum și de temperatura și umiditatea la care se face încercarea la străpungere.

Valoarea tensiunii la care dielectricul își pierde proprietățile izolante se numește *tensiune de străpungere*, iar raportul dintre această tensiune de străpungere și grosimea dielectricului se numește *rigiditate dielectrică* și se stabilește în volți (sau kilovolți) pe milimetru de grosime a dielectricului:

$$E_{str} = \frac{U_{str}}{d} [\text{kV/mm}].$$

Tangenta unghiului de pierderi $\text{tg } \delta$ este raportul dintre pierderile de putere activă și puterea sa reactivă măsurate la o tensiune alternativă de frecvență 1000 Hz și temperatura ambiantă 25°C .

4. REPREZENTAREA CONVENȚIONALĂ A CONDENSATOARELOR

În schemele electrice condensatoarele se reprezintă prin semne convenționale, similar rezistoarelor.

Conform STAS 1590/2-71, principalele semne convenționale sînt cele indicate în tabelul 3.1.

Tabelul 3.1

Semne convenționale pentru condensatoare

Nr. crt.	Semnul convențional	Denumirea semnului convențional
1		Condensator. Semn general Distanța dintre liniile paralele trebuie să fie 1/3-1/5 din lungimea lor
2		Condensator de trecere
3		Condensator cu o armătură pusă la masă
4		Condensator polarizat
5		Condensator electrolitic nepolarizat
6		Condensator electrolitic polarizat
7		Condensator variabil. Semn general.
8		Condensator diferențial reglabil ($C = C_1 + C_2 = \text{constant}$)
9		Condensator variabil cu două armături
10		Condensator variabil în funcție de temperatură (de exemplu, condensator ceramic)
11		Condensator variabil în funcție de tensiune (de exemplu, condensator cu semiconductoare)
12		Condensator variabil în trepte

5. MARCAREA CONDENSATOARELOR

Pentru condensatoare se folosește, conform STAS 9109-72, metoda marcării prin cod de litere și cifre.

Literele folosite sînt: p (pico), n (nano), μ (micro), m (mili) și F exprimînd coeficienții de multiplicare la mărimile exprimate în farazi (tab. 3.2).

Tabelul 3.2

Exemple de cod pentru marea valorilor capacității

Valoarea capacității	Codul de marcă	Valoarea capacității	Codul de marcă	Valoarea capacității	Codul de marcă	Valoarea capacității	Codul de marcă
0,1pF	p10	100pF	100p	100n	100n	100 μ F	100 μ
0,15pF	p15	150pF	150p	150nF	150n	150 μ F	150 μ
0,332pF	p332	322pF	322p	332nF	332n	332 μ F	332 μ
0,590pF	p59	590pF	590p	590nF	590n	590 μ F	590 μ
1pF	1p0	1nF	1n0	1 μ F	1 μ 0	1mF	1m0
1,5pF	1p5	1,5nF	1n5	1,5 μ F	1 μ 5	1,5mF	1m5
3,32pF	3p32	5,32nF	5n32	3,32 μ F	3 μ 32	3,32mF	3m32
5,90pF	5p9	5,90nF	5n9	5,90 μ F	5 μ 9	5,90mF	5m9
10pF	10p	10nF	10n	10 μ F	10 μ	10mF	10m
15pF	15p	15nF	15n	15 μ F	15 μ	15mF	15m
33,2pF	33p2	33,2nF	33n2	33,2 μ F	33 μ 2	33,2mF	33m2
50,0pF	59p	59,0nF	59n	59,0 μ F	59 μ	59,0mF	59m

Mărimile alese pentru realizarea seriei de condensatoare, precum și toleranțele respective sînt aceleași cu cele folosite pentru realizarea rezistoarelor.

6. UTILIZAREA CONDENSATOARELOR

Condensatoarele se folosesc în multe ramuri ale industriei, avînd o utilizare multiplă în circuitele de curenți slabi și cele de curenți tari.

În domeniul curenților slabi condensatoarele se folosesc în:

— *radiotehnică, televiziune, radiolocație*, pentru: realizarea circuitelor de acord-filtrare și a circuitelor oscilante, blocarea curentului continuu, microfoane și difuzoare capacitive etc.;

— *telefonie și telegrafie*, pentru: separarea circuitelor de curent continuu și alternativ, atenuarea scîntelilor la contacte, netezirea curentului redresat, simetrizarea liniilor, filtrare etc.;

— *automată*, pentru atenuarea scîntelilor la contacte, elemente de temporizare, traductoare capacitive etc.;

— *măsurări electrice* ca: etaloane, traductoare, aparate de măsură capacitive etc.;

— *tehnica fotografierii*: la instalațiile de iluminat intens cu descărcări în gaze (tip fulger).

În domeniul curenților tari condensatoarele se folosesc în următoarele cazuri:

— *condensatoare pentru îmbunătățirea factorului de putere* ($\cos \varphi$), utilizate la: rețelele de joasă și medie tensiune, acționări cu motoare electrice, cupatoare electrice cu arc, mașini de sudat, instalații de medie frecvență, lămpi fluorescente, linii de transport, transformatoare;

— *condensatoare pentru pornirea motoarelor*, utilizate la: pornirea și funcționarea motoarelor monofazate, conectarea motoarelor trifazate la o rețea monofazată;

— *condensatoare de aplatizare*, utilizate ca element de acumulare a energiei sau ca element de filtrare;

— *condensatoare de protecție contra supratensiunilor*, utilizate în linii de medie și înaltă tensiune pentru protecția transformatoarelor și generatoarelor prin aplatizarea frontului undelor de șoc;

— *condensatoare de cuplare*, utilizate la conectarea instalațiilor de telecomunicații prin curenți purtători de înaltă frecvență cu linii de înaltă tensiune;

— *condensatoare de unde de șoc*, utilizate la construirea generatoarelor de unde de șoc destinate încercării transformatoarelor;

— *condensatoare de curenți de șoc*, utilizate la deformarea metalelor prin cîmpuri electrostatice de mare intensitate;

— *condensatoare de deparazitare*, utilizate la atenuarea parazitilor ce apar la instalațiile de curenți tari și produc perturbării în instalațiile de telecomunicații.

B. CONSTRUCȚIA CONDENSATOARELOR

1. CONDENSATOARE CU DIELECTRIC GAZOS (AER)

Marea majoritate a condensatoarelor cu dielectric gazos folosesc aerul ca dielectric.

Avantajele utilizării aerului sînt:

— străpungerea dielectricului la aplicarea timp scurt a unei tensiuni mari între plăci nu cauzează deteriorarea condensatorului, deoarece gazele își restabilesc foarte repede rigiditatea dielectrică;

— permite execuția unor condensatoare variabile simple.

Dezavantajele condensatoarelor cu aer constau în valoarea mică a constantei dielectrice și a rigidității dielectrice, ceea ce duce la creșterea dimensiunilor condensatorului.

Condensatoarele fixe cu aer (fig. 3.1) se utilizează în special ca etaloane de capacitate, mai ales la tensiunile înalte. Ele se realizează din mai multe plăci metalice paralele și distanțate între ele. Plăcile formează două grupe izolate prin suporturi ceramice. Plăcile se execută din alamă argintată sau aluminiu și formează armăturile condensatorului. Condensatorul este prevăzut cu o lamelă reglabilă care permite corecția valorii capacității obținute la fabricație. Se realizează condensatoare cu capacitatea cuprinsă între 50 și 10 000 pF, cu precizia de 0,05% sau 0,01%.

Condensatoarele variabile cu aer sînt realizate în principiu din pachete mobile de lamele, denumite rotor, ce se introduc prin rotire între lamele fixe, denumite stator. Rotorul este fixat pe un ax ce se rotește în lagăre cu bile fixate pe carcasă. Statorul este fixat pe carcasa condensatorului prin intermediul unor izolatoare ceramice (fig. 3.2).

În funcție de numărul circuitelor ce trebuie acordate simultan se realizează con-

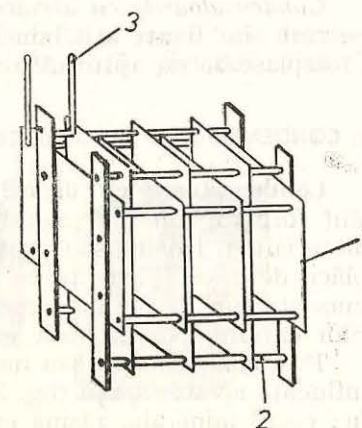


Fig. 3.1. Condensator fix cu aer:
1 — armături; 2 — izolatoare între armături; 3 — terminale.

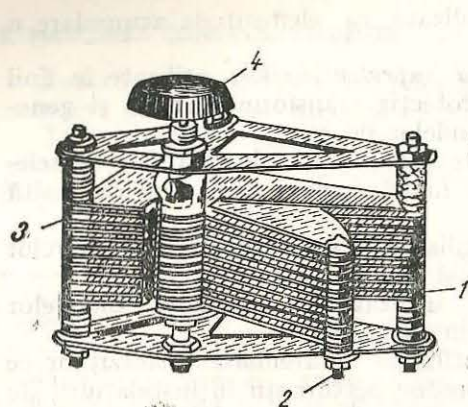


Fig. 3.2. Condensator variabil cu aer:
1 — armătură fixă; 2 — armătură mobilă; 3 — izo-
latoare între armături; 4 — buton de acționare.

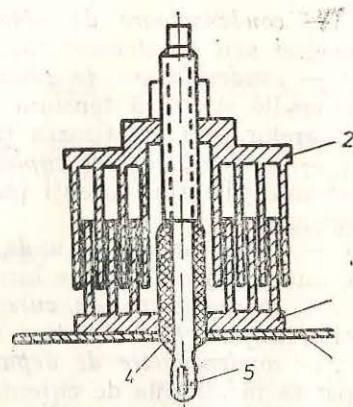


Fig. 3.3. Condensator semireglabil
(ajustabil) cu aer:
1 — armătură fixă; 2 — armătură mobilă;
3 — placă de fixare; 4 — izolator; 5 — bor-
na armăturii reglabile.

densatoare variabile cu una pînă la patru secțiuni. Aceste secțiuni pot fi de capacități identice sau diferite, în funcție de natura utilizării.

Plăcile se execută din aluminiu. Pentru corectarea capacității, plăcile extreme ale rotorului sînt prevăzute cu creștături. Prin deformarea acestor sectoare de plăci se poate corecta capacitatea condensatorului.

Condensatoarele semireglabile (ajustabile) cu aer, denumite și *trimeri* sînt realizate în principiu similar condensatoarelor variabile. La aceste aparate se urmărește îndeosebi un gabarit cît mai redus, o finețe a reglajului cît mai mare și o bună stabilitate a valorii capacității în timp.

Aceste condensatoare sînt de două tipuri — cu armături cilindrice și cu armături plane.

Condensatoarele cu armături cilindrice (fig. 3.3) se execută din aluminiu și au atît statorul, cît și rotorul sub forma unor cilindri concentrici. Prin deplasarea rotorului pe un șurub, se realizează creșterea sau scăderea capacității.

Condensatoarele cu armături plane sînt formate dintr-un suport izolant pe care sînt fixate atît lamelele fixe, cît și cele variabile. Lamelele mobile se deplasează cu ajutorul unui șurub.

2. CONDENSATOARE CU DIELECTRIC SOLID

Condensatoare cu dielectric solid anorganic. **Condensatoarele cu mică** sînt formate din folii metalice subțiri aplicate prin presare pe suprafața materialului izolant sau prin pulverizarea unei pelicule subțiri pe suprafața plăcii de mică. Varianta cu folii metalice prezintă dezavantajul existenței unor straturi de aer între metal și dielectric care, datorită variațiilor factorilor externi, pot provoca variația capacității.

Prin comprimarea sau impregnarea pachetului de folii se poate micșora influența acestor spații (fig. 3.4). Impregnarea condensatorului se realizează în: ceară minerală, rășină epoxidică etc.

Condensatoarele ceramice au dielectricul format din plăcuțe ceramice pe bază de stătit sau titanat de magneziu. Electrozii se realizează prin argintarea celor două fețe ale dielectricului.

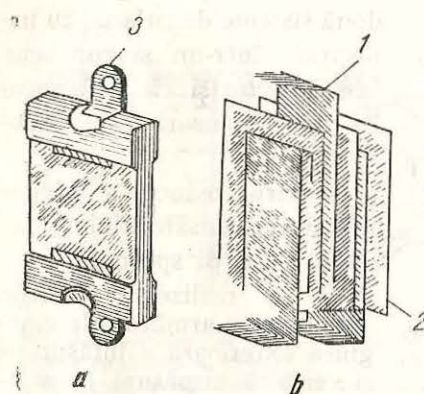


Fig. 3.4. Condensator cu mică:

a — construcția; b — principiul de realizare;
1 — armătură; 2 — izolator de mică; 3 — borne.

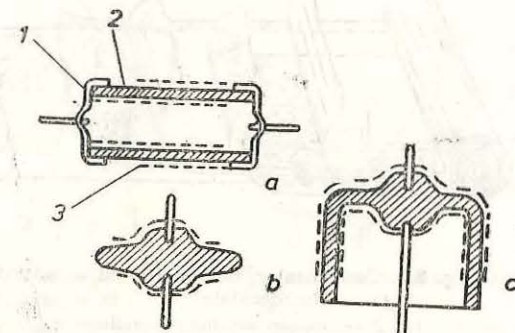


Fig. 3.5. Condensatoare ceramice:

a — tip tubular (1 — terminale, 2 — izolație ceramică,
3 — armătură din peliculă de argint); b — tip disc sau
plachetă; c — tip oală.

Ele se împart în două categorii:

— **tip I, cu coeficient de pierderi definit** (sînt utilizate în circuite la care pierderile în dielectric și stabilitatea capacității în funcție de temperatură sînt esențiale);

— **tip II, cu coeficient de pierderi nedefinit** (sînt utilizate în circuite la care pierderile în dielectric și stabilitatea capacității în funcție de temperatură nu prezintă importanță majoră).

În funcție de forma condensatorului se deosebesc condensatoare ceramice *disc*, *plachetă*, *oală* sau *tubulare* (fig. 3.5).

Conexiunile se lipesc cu aliaj de lipit pe stratul de argint.

Condensatoarele se pot proteja împotriva acțiunii mediului înconjurător prin acoperire cu ceară, rășină epoxidică, material plastic etc.

Condensatoare cu dielectric solid organic. **Condensatoarele cu hîrtie** sînt deosebit de mult utilizate în electrotehnică. Hîrtia folosită ca dielectric este poroasă și se impregnează în ceară, uleiuri minerale sau în uleiuri sintetice (ulei clorurat).

Condensatorul cu hîrtie este realizat prin rularea a două folii de aluminiu prin impregnarea cu mai multe straturi de hîrtie (fig. 3.6). Există

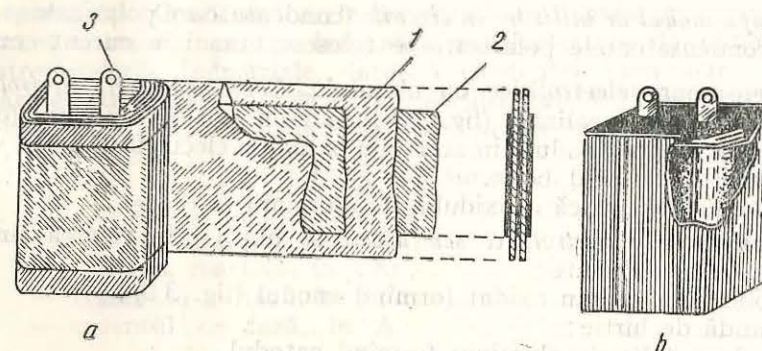


Fig. 3.6. Condensator cu hîrtie:

a — rularea condensatorului (1 — dielectric; 2 — armătură, 3 — terminale); b — condensatorul
introdus într-o carcasă.

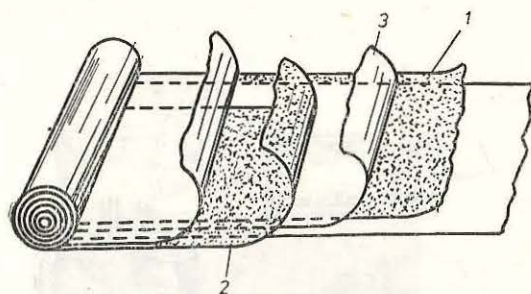


Fig. 3.7. Condensator neinductiv cu armături decalate:
1 și 2 — armături metalice; 3 — dielectric.

— fiecare armătură a condensatorului se leagă la capetele terminale, astfel încât spirele să fie scurtcircuitate între ele. Pentru aceasta este necesar ca armăturile să fie rulate decalat (fig. 3.7).

Condensatoarele pot fi rulate sub formă de rulou cilindric sau rulou aplatizat.

Condensatoarele pe pelicule din material plastic. Aceste condensatoare folosesc ca dielectric pelicule subțiri din materiale plastice.

Caracteristica mai importantă a acestor condensatoare este rezistența de izolație ridicată. Ele se pot folosi atât în curent continuu, cât și în curent alternativ.

3. CONDENSATOARE ELECTROLITICE

Condensatoarele electrolitice se bazează pe reacția chimică între un electrolit și un metal (aluminiiu, tantal), care duce la formarea unui strat de oxid izolan ce formează dielectricul. Acest dielectric are o constantă mare, ceea ce permite realizarea unor capacități mari în volume relativ mici.

Condensatoarele electrolitice se clasifică astfel:

- după materialul folosit la realizarea armăturilor (condensatoare cu aluminiiu, cu tantal, cu niobiu etc.);
- după tipul constructiv (condensatoare cu electrolit lichid și semiuscate);
- după modul de utilizare în circuite (condensatoare polarizate și nepolarizate; condensatoarele polarizate se folosesc numai în curent continuu).

Condensatoare electrolitice cu aluminiiu. Condensatoarele electrolitice cu electrolit lichid sînt realizate (fig. 3.8), dintr-un tub de aluminiiu (catodul) în care se introduce anodul din aluminiiu oxidat și electrolitul lichid realizat dintr-o soluție de acid boric.

Constanta dielectrică a oxidului de aluminiiu este $\epsilon = 7$.

Condensatoarele electrolitice semiuscate se obțin prin rularea simultană a următoarelor elemente:

- folie de aluminiiu oxidat formînd anodul (fig. 3.9);
- bandă de hîrtie;
- a doua folie de aluminiiu formînd catodul.

Ansamblul rulat se impregnează în soluție de acid boric, glicoletilenă și hidroxid de amoniu. Operația se execută sub vid. Deoarece pelicula de

două sisteme de rulare: cu înfășurare într-un singur sens sau *inductiv* și cu înfășurare în două sensuri sau *neinductiv*.

Pentru reducerea inducției condensatorului se folosesc execuții speciale:

— se realizează ieșirile legîndu-se o armătură la marginea exterioară a înfășurării și cealaltă armătură la marginea interioară a înfășurării;

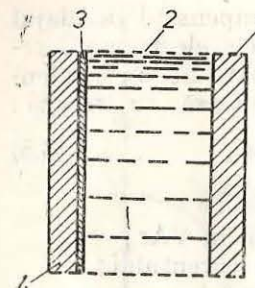


Fig. 3.8. Condensator electrolitic cu aluminiiu, cu electrolit lichid, îndeplinind rol de armătură:
1 — carcasă; 2 — electrolit; 3 — peliculă de oxid cu rol dielectric; 4 — armătură oxidată (anod).

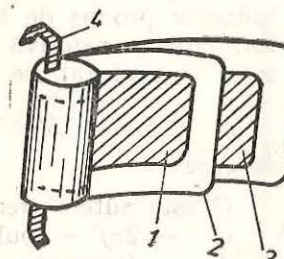


Fig. 3.9. Condensator electrolitic semiuscate:
1 — folie de aluminiiu oxidată (anod); 2 — hîrtie impregnată în acid boric; 3 — folie de aluminiiu (catod); 4 — terminale.

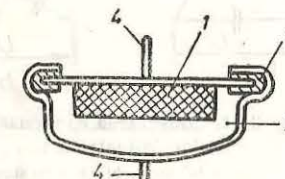


Fig. 3.10. Condensatoare electrolitice cu tantal:
1 — masa sinterizată; 2 — electrolit; 3 — terminale.

oxid se deteriorează în timpul tehnologiei de rulare și impregnare, ea trebuie refăcută prin aplicarea unei tensiuni crescută treptat de la zero, timp de câteva ore.

Astfel de condensatoare se fabrică cu capacități de la 1 la 5 000 μF și tensiuni de la 6 la 500 V.

Condensatoarele electrolitice cu tantal. Față de condensatoarele electrolitice cu aluminiiu, cele cu tantal funcționează la temperaturi mai scăzute și la o gamă mai largă de frecvențe.

Cele mai utilizate sînt condensatoarele cu anozii sinterizați (fig. 3.10). Anodul este din bloc din pulbere de tantal sinterizată. Datorită fineții pulberii și porozității mari se pot atinge suprafețe mari ale armăturilor condensatoarelor pe unitatea de volum și anume 1 m^2/cm^3 .

Anozii sinterizați se oxidează și apoi se impregnează cu electrolit format din acid fosforic sau sulfuric și clorură de litiu.

Catodul se realizează dintr-o capsulă de argint.

4. CONDENSATOARE INDUSTRIALE

Generalități. Condensatoarele industriale se folosesc în special în rețele de curent alternativ pentru îmbunătățirea factorului de putere ($\cos \varphi$). În întreprinderile industriale, datorită existenței unui mare număr de motoare electrice, factorul de putere se înrăutățește. Din acest motiv, pe cabluri se va transporta în mod inițial o putere reactivă:

$$Q_r = 3UI \sin \varphi, \quad (3.4)$$

unde:

Q_r — este puterea reactivă, în VAr;

U — tensiunea pe fază, în V;

I — curentul de fază, în A.

Pentru creșterea puterii active ($P = 3UI \cos \varphi$) este necesar să se îmbunătățească factorul de putere cu ajutorul condensatoarelor industriale. Condensatoarele au proprietatea de a produce un decalaj capacitiv al curen-

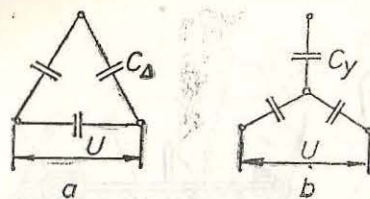


Fig. 3.11. Conectarea condensatoarelor industriale:

a - în triunghi; b - în stea.

tului față de tensiune, compensând decalajul inductiv produs de bobinele electromotoarelor. Puterea reactivă debitată de un condensator monofazat se calculează cu relația:

$$Q_r = U^2 \omega C, \quad (3.5)$$

în care:

Q_r este puterea reactivă, în VAR;
 $\omega = 2\pi f$ - pulsația curentului;
 f - frecvența, în Hz;
 C - capacitatea, în F.

Curentul care străbate un condensator se calculează cu relația:

$$I_c = \frac{Q_r}{U} \text{ [A]}. \quad (3.6)$$

Reactanța condensatorului este:

$$X_c = \frac{U}{I_c} \text{ [\Omega]}. \quad (3.7)$$

Condensatoarele pot fi montate în triunghi sau în stea (fig. 3.11). Ele se montează cât mai aproape de instalațiile consumatoare de putere. În cazul întreprinderilor industriale există un grup de consumatori de putere reactivă (motoare electrice) și compensarea se face cu ajutorul unei singure baterii de condensatoare.

Deoarece puterea reactivă absorbită din rețea este variabilă (în funcție de numărul de motoare aflate în funcțiune), este necesar ca bateria să fie divizată în elemente care să fie conectate succesiv la rețea (reglaj automat).

La punerea sub tensiune a condensatoarelor apar curenți mari, datorită curentului de încărcare al condensatoarelor. Uneori se montează în serie rezistențe sau inductanțe care să reducă valorile acestor curenți.

Reducerea puterii reactive este încurajată de întreprinderile furnizoare de electricitate.

Construcția. Condensatoarele industriale au dielectricul supus unor solicitări relativ mari, datorită funcționării la tensiune ridicată și frecvență industrială. Pierderile prin dielectric solicită de asemenea izolația, provocând încălzirea condensatorului.

Materialele dielectrice, neavînd o rezistență infinită, permit trecerea unui curent electric de valoare redusă care produce pierderi de natura pierderilor ohmice.

Pierderi dielectrice mai importante sînt provocate de fenomenul de polarizare. În absența cîmpului electric, moleculele sînt orientate dezordonat, datorită mișcării termice (Browniene). Cînd armăturile condensatorului se leagă la o sursă de curent alternativ, la fiecare semialternanță cîmpul electric își schimbă sensul și, ca urmare, dipolii moleculelor trebuie să se rotească pentru a căpăta orientarea respectivă.

Pierderile dielectrice provocate de fenomenul de polarizare sînt similare pierderilor prin histerezis care apar la materialele magnetice. Fenomenul

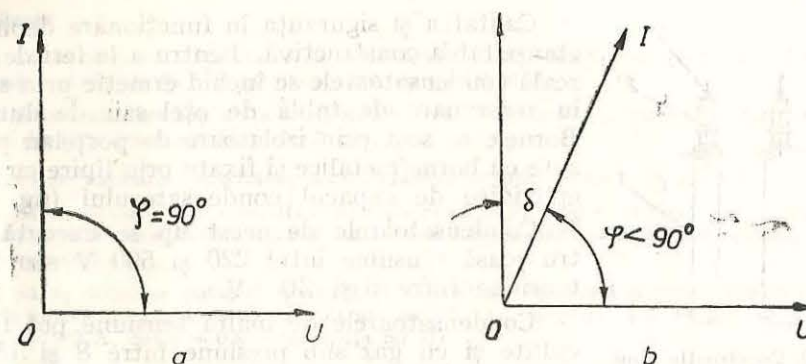


Fig. 3.12. Decalajul între curent și tensiune produs de un condensator:

a - ideal; b - real.

de polarizare modifică și decalajul între tensiune și curentul de circulație prin condensator. Dacă nu ar exista polarizarea, decalajul ar fi de 90° (fig. 3.12, a).

Din cauza pierderilor dielectrice unghiul de decalaj se micșorează cu unghiul δ (fig. 3.12, b). Acesta se numește *unghiul de pierderi dielectrice*. Pierderile dielectrice sînt proporționale cu tangenta acestui unghi:

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{I_a}{I_c}, \quad (3.8)$$

unde:

I_a este curentul activ ce străbate dielectricul;

I_c - curentul capacitiv ce străbate dielectricul.

Tangenta unghiului de pierderi se exprimă în procente.

În general, ca dielectric se folosește hîrtia de diferite fabricații:

- hîrtia din bumbac are pierderi foarte reduse (0,2%), dar este scumpă;
- hîrtie sulfit;
- hîrtia natron (cel mai des folosită).

Hîrtia folosită trebuie să îndeplinească o serie de condiții: grosime uniformă, lipsa porozității, rezistență mecanică mare, absorbție ridicată, rigiditate dielectrică bună, pierderi reduse.

Pierderile în dielectric sînt influențate de temperatură, de tipul hîrtiei folosite, de gradul de netezire (satinare) al hîrtiei și impregnare.

Ca materiale de impregnare se folosește uleiul mineral sau uleiul clorurat (difenil). Uleiul clorurat este mai scump, dar prezintă o serie de avantaje: neinflamabilitate, tangenta unghiului de pierderi dielectrice redusă, rigiditate dielectrică mare etc.

Uneori condensatoarele industriale sînt folosite în curent alternativ de frecvență ridicată, ca de exemplu la generatoarele de medie frecvență utilizate pentru călire, lipire etc.

Condensatoarele cu dielectric hîrtie-ulei nu sînt folosite la frecvențe mai mari de 10 kHz, datorită creșterii mari a pierderilor cu sporirea frecvenței.

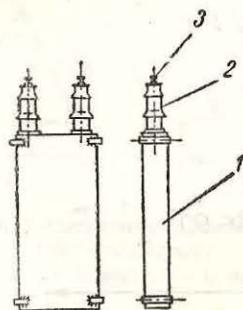


Fig. 3.13. Construcția unui condensator monofazat industrial:

1 - cuvă cu ulei; 2 - izolator; 3 - bornă.

Exemplu de calcul

a) Să se calculeze capacitatea unui condensator conectat la o tensiune de 220 V și având o suprafață a plăcilor de 0,2 m². Distanța între plăci este de 0,2 mm, iar dielectricul este hirtie. Permittivitatea relativă a dielectricului este $\epsilon_r = 2$. Permittivitatea absolută este:

$$\epsilon = \epsilon_r \epsilon_0 = 2 \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9} = 1,75 \cdot 10^{-11}.$$

Capacitatea condensatorului este:

$$C = \epsilon \frac{S}{d} = \frac{1,75 \cdot 10^{-11} \cdot 0,2}{0,0002} = 1,75 \cdot 10^{-9} \text{ F} = 17,5 \text{ nF}.$$

b) Să se calculeze sarcina electrică a unui condensator având o capacitate de 500 μF fiind alimentat la o tensiune de 500 V.

$$Q = CV = 500 \cdot 10^{-6} \cdot 500 = 0,25 \text{ C}.$$

c) Să se calculeze variația capacității unui condensator ceramic de 100 pF la temperatura de 20°C, atunci cînd temperatura ambiantă se modifică la +80°C, coeficientul de temperatură fiind $100 \cdot 10^{-6}/\text{K}$.

$$C_t = C_0 [1 - K(t - t_0)]$$

$$C_t = 100 [1 - 100 \cdot 10^{-6} (80 - 20)] = 99,4 \text{ pF}.$$

d) Care este puterea reactivă pe care o poate debita un condensator cu ulei pentru îmbunătățirea factorului de putere avînd capacitatea de 400 μF și tensiunea de alimentare 380V?

$$Q = U^2 \cdot \omega \cdot C = 380^2 \cdot 314 \cdot 400 \cdot 10^{-6} = 18\,000 \text{ VAR} = 18 \text{ kVAR}.$$

e) Să se calculeze curentul ce străbate un condensator ce poate debita o putere reactivă $Q_r = 20 \text{ kVAR}$, precum și reactanța condensatorului, știindu-se că tensiunea de alimentare este de 380 V.

$$I_C = \frac{Q_r}{U} = \frac{20\,000}{380} = 52,8 \text{ A};$$

$$X_C = \frac{U}{I_C} = \frac{380}{52,8} = 7,2 \Omega.$$

Aplicații

3.1. Să se calculeze capacitatea în microfarazi a unui condensator care a fost încărcat cu o sarcină electrică de 5 C la o diferență de potențial de 500 V.

3.2. Să se calculeze suprafața armăturilor unui condensator cu aer avînd capacitatea de 100 μF și distanța între armături de 2 mm.

3.3. Să se măsoare capacitatea unui condensator prin metoda punții RLC.

3.4. Să se măsoare cu puntea RLC variația capacității unui condensator cu temperatura supunîndu-se condensatorului acțiunii unei surse de căldură și măsurîndu-se temperatura cu un termometru.

3.5. Să se calculeze puterea aparentă și capacitatea necesară pentru compensarea factorului de putere în cazul unei rețele trifazate, avînd o tensiune de fază de 220 V, un curent absorbit de 100 A, $\cos \varphi = 0,8$ și frecvența 50 Hz.

VERIFICAREA CUNOȘTINȚELOR

1. Ce este picrofaradul și cum se mai numește el?
2. Cum variază capacitatea unui condensator cu temperatura?
3. Enumerați principalele domenii de utilizare a condensatoarelor.
4. Ce tipuri de condensatoare se caracterizează printr-o capacitate mare într-un volum relativ mic?
5. Care este domeniul de folosire al condensatoarelor avînd ca dielectric mediul gazos — aerul?

BOBINE

A. GENERALITĂȚI

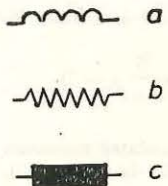
1. DEFINIȚII

Prin bobină se înțelege un conductor electric astfel înfășurat, încât să formeze una sau mai multe spire, cu scopul de a crea un câmp magnetic.

Bobinele au o largă utilizare în tehnică atât în domeniul curenților slabi, cât și în domeniul curenților tari. Semnele convenționale pentru bobine sînt indicate în tabelul 4.1.

Tabelul 4.1

Semne convenționale pentru înfășurări și inductanțe

Nr. crt.	Semnul convențional	Denumirea semnului convențional
1		Înfășurare, bobină de compensare, bobină de șoc, bobină limitatoare Se recomandă semnul <i>a</i> În cazul folosirii semnalui <i>a</i> se poate face o diferențiere între diverse înfășurări care apar în aceeași schemă, prin numărul de semicercuri. Astfel, pentru înfășurările serie, se vor desena mai puține semicercuri, în raport cu înfășurările derivație
2		Inductanță cu miez feromagnetic
3		Inductanță cu miez feromagnetic și întrefier
4		Inductanță cu prize fixe
5		Inductanță continuu variabilă cu miez feromagnetic
6		Inductanță variabilă cu contact mobil, cu variație în trepte

2. CLASIFICARE

După domeniul de utilizare:

- bobine pentru curenți slabi (telecomunicații, automatizări etc.);
- bobine pentru curenți tari (declanșatoare, electromagneți, electromotoare, transformatoare, bobine de reactanță etc.);
- bobine de inducție (aparate electromedicale, aprinderea amestecurilor explozive etc.).

După construcție:

- bobine fără carcasă, atunci cînd numărul de spire este mic și grosimea conductorului suficientă pentru a asigura rigiditatea bobinei. Uneori, aceste bobine sînt realizate direct pe miezul magnetic;
- bobine cu carcasă din materiale stratificate (pertinax, textolit), din materiale termoplastice (metilmecacrilat), din materiale termorigide (bachelită, melamină, poliester etc.), din ceramică (steatit, porțelan).

După formă:

- bobine cilindrice;
- bobine paralelipipedice;
- bobine toroidale.

După frecvența de utilizare:

- bobine de joasă frecvență;
- bobine de înaltă frecvență (radiofrecvență);
- bobine de audiofrecvență.

3. PARAMETRII NOMINALI

Principalii parametri ai bobinelor sînt:

Tensiunea nominală (U_n) este tensiunea maximă pentru care se dimensionează izolația bobinelor față de piesele metalice înconjurătoare.

Tensiunea de serviciu (U_s) este tensiunea la care o bobină trebuie să lucreze timp nelimitat. De exemplu, pentru un electromagnet cu tensiunea nominală de 500 V se pot realiza bobine pentru tensiuni de serviciu cuprinse între 12 și 500 V. Atît tensiunile nominale, cît și cele de serviciu sînt standardizate.

Felul curentului (continuu sau alternativ). Bobinele de curent continuu limitează curentul ce trece prin valoarea rezistenței ohmice:

$$I = \frac{U}{R}, \quad (4.1)$$

unde:

- I este curentul, în A;
- R — rezistența, în Ω ;
- U — tensiunea, în V.

Din acest motiv bobinele de curent continuu au un număr de spire mult mai mare decît bobinele de curent alternativ la care curentul este limitat de impedența bobinei:

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + L^2 \omega^2}}, \quad (4.2)$$

unde :

Z este impedanța, în Ω ;

L — inductanța proprie, în H.

Frecvența curentului (f) este importantă atât în domeniul utilajelor folosite în curenți slabi, cât și în domeniul acelor de curenți tari, ea determinând caracteristica constructivă a bobinei.

Rezistența bobinei (R) este importantă în special la bobinele folosite în curent continuu și în domeniul curenților slabi de înaltă frecvență.

Factorul de calitate (Q) reprezintă raportul dintre reactanța și rezistența bobinei. El are importanță numai la bobinele de înaltă frecvență.

Inductanța proprie (L) a unei bobine este raportul dintre fluxul magnetic produs într-un circuit de curentul care trece prin el și intensitatea curentului respectiv. Acest parametru este folosit la bobine pentru telecomunicații, bobine de reactanță etc.

Sensul de înfășurare este important numai la anumite bobine ca de exemplu: transformatoare, bobine de curent continuu etc.

B. CONSTRUCȚIA BOBINELOR

1. MATERIALE FOLOSITE LA CONSTRUCȚIA BOBINELOR

Bobinele se realizează din conductor de cupru sau aluminiu izolat.

Conductoarele pot fi izolate și cu combinații de mai multe materiale izolante, ca de exemplu: email și mătase, email și bumbac etc. În cazul în care sînt izolate cu un singur tip de material, acesta poate fi aplicat în unul sau mai multe straturi.

Uneori conductoarele bobinelor de înaltă frecvență se acoperă prin argintare pentru a se reduce rezistența ohmică la curenții de înaltă frecvență.

La conductoarele parcurse de curenți de înaltă frecvență apare efectul pelicular, care se manifestă prin repartitia neuniformă în secțiunea conductorului a densității curentului, astfel încît apare o creștere a acestei densități în straturi de la suprafața conductorului.

Secțiunea conductoarelor folosite pentru realizarea bobinelor poate fi de mai multe feluri:

- rotundă plină;
- dreptunghiulară sau pătrată;
- lițată (pentru înaltă și joasă frecvență);
- țeavă (pentru înaltă frecvență).

2. BOBINE PENTRU ÎNALTĂ FRECVENȚĂ (RADIOFRECVENȚE)

Bobinele pentru frecvențe înalte folosite în radiocomunicații sînt construite fie cu carcasă din material izolant fără miez, fie cu carcasă conținînd un miez din oțel special (ferocart sau ferită).

Inductanța L a unei bobine este dată de relația :

$$L = \frac{n^2}{\mathcal{R}} \quad [\text{H}], \quad (4.3)$$

în care :

n este numărul de spire;

$\mathcal{R}$ — reluctanța bobinei, în A/Wb,

iar reluctanța este egală cu :

$$\mathcal{R} = \frac{l}{\mu s},$$

unde :

l este lungimea medie a circuitului magnetic, în m;

μ — permeabilitatea miezului bobinei, în H/m;

s — secțiunea miezului bobinei, în m^2 .

Reluctanța este raportul dintre forța magnetomotoare (tensiunea magnetomotoare) dintr-o porțiune de circuit magnetic și fluxul magnetic ce trece prin circuit.

Reluctanța este similară rezistenței electrice și este cu atât mai mică, cu cît permeabilitatea magnetică este mai mare. Deci, o bobină cu miez de oțel va avea inductanța proprie mult mai mare decît cea a unei bobine în aer, deoarece permeabilitatea magnetică a oțelului este mult mai mare decît cea a aerului.

Prin introducerea miezului de oțel se reduce numărul de spire la aceeași inductanță proprie, deoarece :

$$n = \sqrt{\mathcal{R}L}.$$

Prin micșorarea numărului de spire și prin micșorarea diametrului bobinei rezistența ei scade foarte mult, ceea ce permite creșterea factorului de calitate Q .

Bobinele cu ferită sînt mult utilizate în tehnica radiocomunicațiilor. Faptul că miezul este filetat și se poate deplasa în interiorul bobinei permite schimbarea în limite destul de mari a inductanței. În acest mod operațiile de reglaj se simplifică foarte mult. De asemenea, bobinele cu miez de ferită au cîmpul foarte concentrat în miezul lor ceea ce reduce mult inductanța între bobine alăturate.

Miezul de ferită este realizat din oxizi de fier (Fe_2O_3) și oxizii metalelor bivalente, supuși operațiilor de amestecare cu lianți și apoi sinterizați. Ca metale bivalente se folosesc magneziul, bariul, nichelul etc.

Rezistivitatea electrică a feritelor este de 10^4 — 10^{11} ori mai mare decît cea a fierului, ceea ce permite reducerea pierderilor la frecvențe înalte.

Pentru micșorarea capacității proprii a bobinelor, acestea se execută uneori cu bobinaj încrucișat de tip fagure (fig. 4.1).

Uneori, pentru mărirea inductanței se realizează mai multe bobine pe aceeași carcasă. În unele cazuri, pentru a se asigura rigiditatea mecanică a bobinei, aceasta se impregnează în ceară, rășini epoxidice etc.

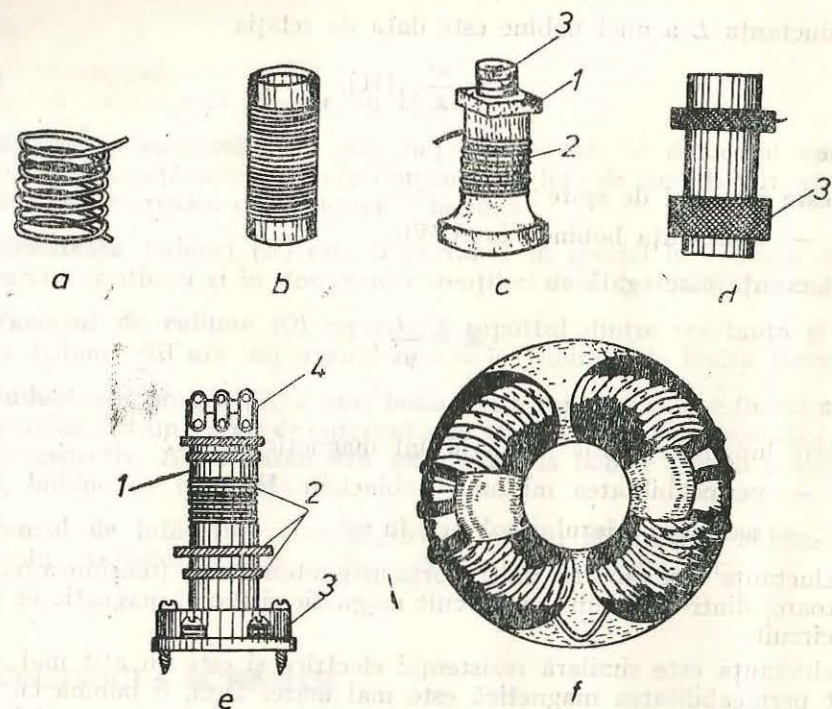


Fig. 4.1. Diferite tipuri de bobine folosite în cureni slabi:

a - bobină fără carcasă; b - bobină pe carcasă izolantă; c - bobină cu miez de ferită (1 - carcasă izolantă, 2 - înfășurare, 3 - miez de ferită); d - bobine tip fagure (bobine încrucișate); e - mai multe bobine pe carcasă (1 - carcasă, 2 - înfășurări, 3 - soclu de fixare, 4 - borne); f - bobină deflectoare pentru tip cinescop.

3. BOBINE PENTRU JOASĂ FRECVENȚĂ

Bobine destinate aparatelor electrice și transformatoarelor. Numărul de spire n al unei bobine de curent alternativ se poate afla cu relația:

$$n = \frac{U}{4,44 B f S}, \quad (4.4)$$

în care:

- U este tensiunea aplicată bobinei, în V;
- B — inducția electromagnetică, în T;
- f — frecvența rețelei, în Hz;
- S — secțiunea miezului, în m^2 .

Bobinele pentru frecvențe joase se realizează în formă cilindrică sau paralelipipedică. Ele sînt destinate aparatelor electrice și pot fi cu sau fără carcasă.

Carcasele se execută în general din materiale termorigide: bachelită, poliester sau aminoplast. Utilizarea materialelor termoplaste este limitată în general de rezistența mai scăzută la temperatură față de cea a materialelor termorigide. De exemplu, poliesternul are o rezistență la temperatură (metoda Vicat) de $60^\circ C$, polistirenul rezistent la șoc și poliamidă 6 (relon) de $80^\circ C$.

Pentru bobinare se folosesc conductoare de curpu de secțiune rotundă sau dreptunghiulară izolate cu email, bumbac sau fire de sticlă. Ca materiale izolante între straturi se folosesc: hîrtie pelur, bandă izolatoare cu strat adeziv (tip scoci), țesătură din sticlă lăcuită sau nelăcuită etc.

Bobinele sînt acoperite la exterior cu bandă izolantă de bumbac (jaconet), bandă din țesătură de mătase lăcuită, bandă din țesătură de sticlă, preșpan subțire etc.

Capetele bobinelor executate de sîrmă subțire se leagă la terminale flexibile izolate cu cauciuc siliconic. Lîpirea terminalelor se execută cu aliaj de lipit Lp 60 (60% staniu restul plumb). Ca decapant se folosește colofoniul (sacîz), care este activ numai la temperatura ciocanului de lipit ($250^\circ C$). După răcire, resturile de colofoniu rămîn pasive și nu atacă conductorul. Uneori colofoniul se introduce în interiorul aliajului de lipit livret sub formă de tub (fludor). Locul lipiturii se curăță de email cu ajutorul hîrtiei de emerî (șmirghel) și se izolează cu bandă adezivă.

Capetele libere ale terminalelor se lipesc la bornele bobinei care sînt executate din cupru sau alamă și sînt prevăzute cu șuruburi pentru legarea conductoarelor la alimentarea la rețea.

În figura 4.2 sînt reprezentate carcase de bobine și bobine destinate aparatelor electrice.

O altă categorie specifică de bobine sînt cele toroidale (fig. 4.3), care se folosesc pentru realizarea transformatoarelor de curent destinate alimentării ampermetrelor sau releelor și declanșatoarelor de curent. Aceste bobine se realizează de obicei fără carcasă.

Bobinarea se face cu mașini speciale direct pe miezul de fier de formă inelară, după ce acesta a fost în prealabil izolat cu bandă de bumbac, bandă uleiată, bandă de scoci sau bandă de sticlă.

Mașinile de bobinat pot fi manuale (fig. 4.4), semiautomate sau automate. Mașinile semiautomate permit înfășurarea mai multor bobine simultan (fig. 4.5).

Unele bobine lucrează în condiții grele, de exemplu: vibrații, șocuri, umiditate sporită etc. Aceste bobine trebuie să fie supuse operațiilor de impregnare realizate în instalații speciale. Ca materiale de impregnare se folosesc: lac oleobituminos, lac oleoglicolic sau rășină epoxidică.

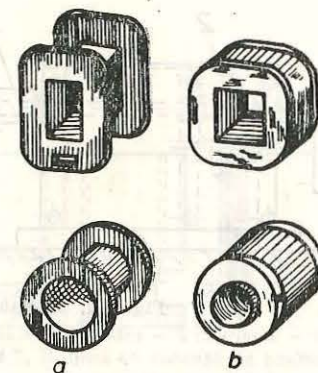


Fig. 4.2. Bobine pentru aparatele electrice:

a - carcase; b - carcase cu bobină.

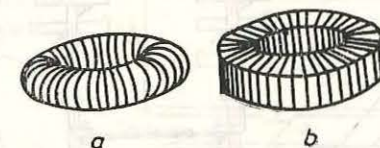


Fig. 4.3. Bobine toroidale:

a - cu secțiunea miezului circulară; b - cu secțiunea miezului dreptunghiulară.

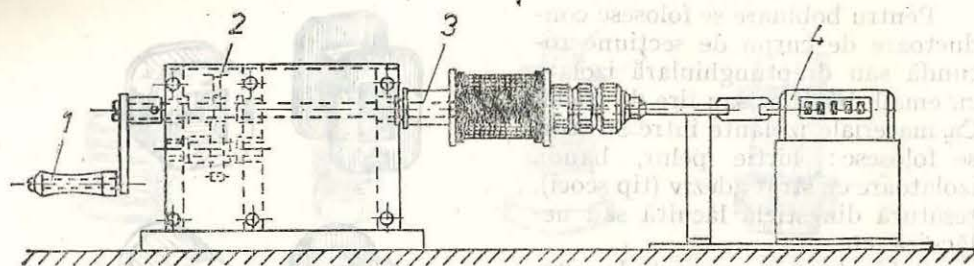


Fig. 4.4. Mașină manuală de bobinat:
1 — manivelă; 2 — reductor; 3 — ax pentru fixarea bobinei; 4 — numărator de spire.

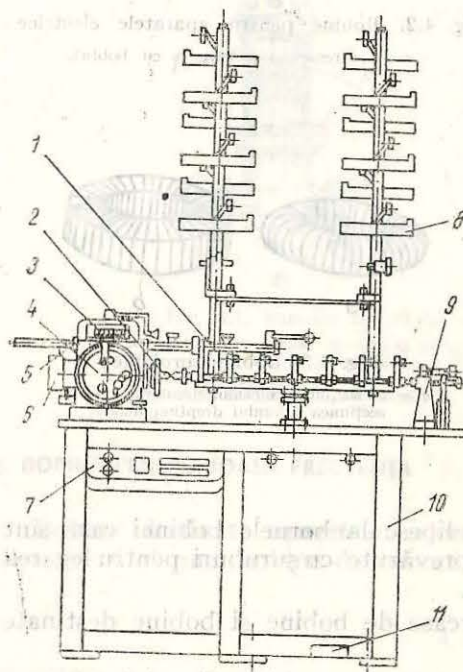


Fig. 4.5. Mașină semiautomată de bobinat:
1 — mecanismul de ghidare a conductorului; 2 — arbore principal; 3 — numărator de spire; 4 — reductor; 5 — electromotor de acționare; 6 — curea de antrenare; 7 — sertar cuprinzând echipamentul electric de comandă; 8 — derulator de sîrmă; 9 — arbori de montare a bobinelor; 10 — masă suport; 11 — pedală de acționare.

prealabil cu vaselină siliconică pentru a se împiedica lipirea rășinii pe matriță. Rășina se toarnă pînă la umplerea matriței, avîndu-se grijă să se scoată în afară terminalele bobinei.

Rășina epoxidică polimerizează în cuptor la temperatura de 120°C, iar rășina poliesterică în aer la temperatura de 20°C (o scădere a temperaturii cu 5K duce la creșterea timpului de întărire cu 5h).

Impregnarea bobinelor prezintă următoarele avantaje:

— creșterea rezistenței de izolație între spirele bobinei și între spire și masă;

— creșterea rezistenței mecanice la vibrații și sarcini, bobina formînd un bloc compact;

— îmbunătățirea transmiterii căldurii din interior către exterior prin faptul că lacul de impregnare umple golurile dintre spire.

După impregnare, bobinele se introduc în cuptor pentru uscarea și polimerizarea materialului de impregnare, la o temperatură cuprinsă între 100 și 120°C.

Durata operației de polimerizare este între 16 și 10 h, fiind cu atît mai redusă, cu cît temperatura este mai ridicată.

O altă metodă de protejare a bobinelor este înglobarea acestora în rășini epoxidice sau rășini poliesterice. Pentru turnarea rășinii se folosesc matrițe de turnare, executate din aluminiu (fig. 4.6) sau carcase de bobine special construite. Bobinele se introduc în matrițe după ce acestea au fost unse în

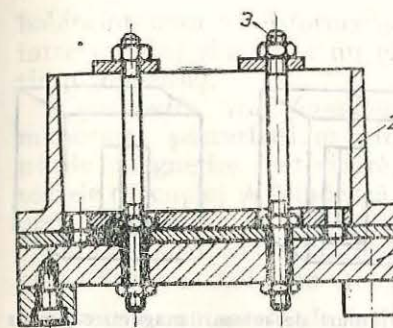


Fig. 4.6. Matriță de turnare a rășinilor epoxidice:
1 — suport; 2 — corp matriță; 3 — șurub de strîngere.

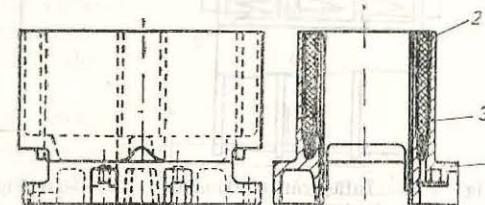


Fig. 4.7. Bobină cu carcasă de bachelită pentru umplerea cu rășină:
1 — carcasă; 2 — bobină; 3 — rășină.

În figura 4.7 este reprezentată o carcasă construită special pentru umplerea cu rășină.

În figura 4.8 este reprezentată o bobină cu turnare în matriță, avînd un suport de bachelită pentru fixarea bobinei pe aparat.

4. BOBINE DE AUDIOFRECVENȚĂ

Bobinele de audiofrecvență se folosesc la transformatoarele de joasă frecvență care se montează la intrarea, la ieșirea sau între etajele de amplificare ale amplificatoarelor de joasă frecvență. Aceste transformatoare sînt astfel calculate, încît să permită trecerea frecvențelor din banda de lucru a amplificatorului (de exemplu între 100 și 15 000 Hz) fără a se produce distorsiuni (deformări ale semnalului de audiofrecvență).

Transformatoarele de audiofrecvență au o construcție similară celei a transformatoarelor de joasă frecvență, avînd cîteva particularități.

Transformatoarele de intrare în amplificator. Construcția bobinelor. Pentru a se reduce sensibilitatea transformatoarelor față de cîmpurile electromagnetice exterioare, înfășurarea se împarte în două jumătăți identice atît ca număr de spire, cît și ca dimensiuni. În această construcție (fig. 4.9), carcasa din material izolant este împărțită în două secțiuni identice, în care se bobinează cîte o jumătate din înfășurarea secundară (jos) și din cea primară (sus). Bobinarea celor două jumătăți de bobină se execută în sensuri opuse. Între înfășurarea primară și secundară se așază un strat metalic, pentru ecranarea înfășurărilor una față de cealaltă.

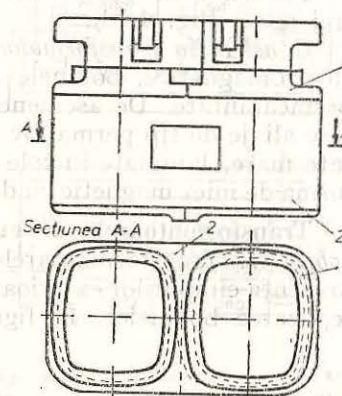


Fig. 4.8. Bobină cu carcasă de bachelită pentru turnarea rășinii pe matrițe:
1 — carcasă; 2 — rășină; 3 — bobină.

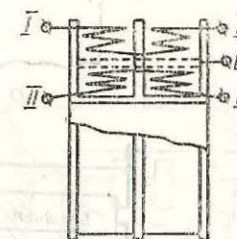


Fig. 4.9. Construcția simplă a înfășurărilor transformatorului de intrare simetric:
I-I — înfășurare primară; II-II — înfășurare secundară; E — ecran.

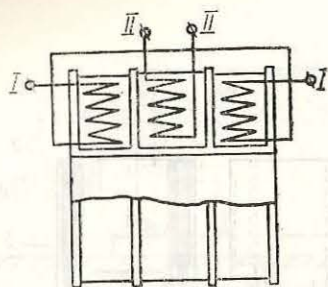


Fig. 4.10. Înfășurările transformatorului de intrare simetric cu trei secții:

I-I — înfășurare primară;
II-II — înfășurare secundară.

Pentru a se obține o simetrie mai exactă se folosește construcția cu trei secții (fig. 4.10).

Construcția transformatorului. Pentru a se reduce acțiunea cîmpurilor electromagnetice, bobinele se protejează cu un ecran magnetic cu înaltă permeabilitate. De asemenea, pentru realizarea miezului magnetic se folosesc aliaje de tip permalloy (aliaj de fier 20% și nichel 80%) cu permeabilitate mare, laminate în tole cu grosimea de 0,35—1 mm. În plus se preferă forma de miez magnetic cu două coloane în locul miezului tip manta (fig. 4.11).

Transformatoarele de cuplaj între etajele de amplificare. **Construcția bobinelor.** Transformatoarele de cuplaj sînt, de asemenea, influențate de prezența cîmpurilor exterioare. Din acest motiv se iau măsuri speciale pentru realizarea bobinelor. În figura 4.12 sînt reprezentate diferite realizări ale

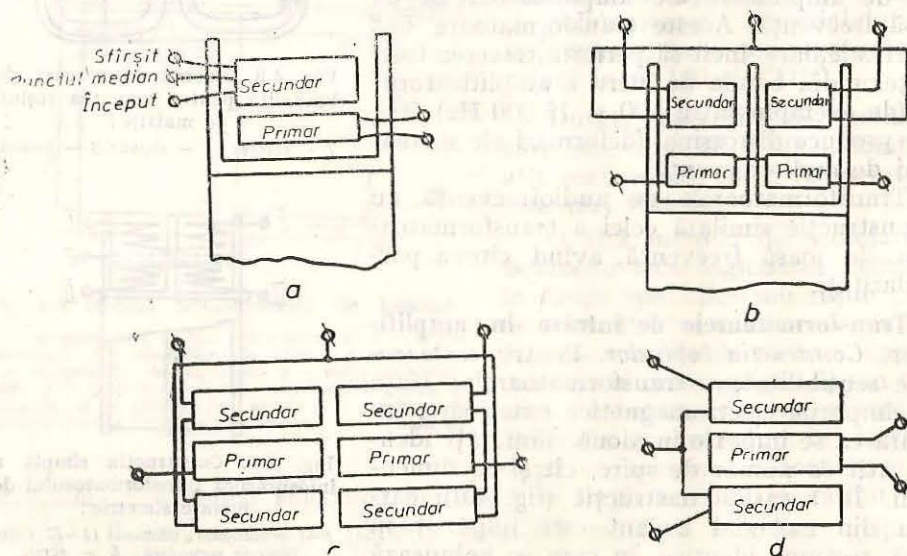


Fig. 4.12. Diferite moduri de așezare a înfășurărilor la transformatoarele de cuplaj între un etaj simplu și un etaj în contratimp:

a — cel mai simplu mod de așezare a înfășurărilor; b — așezarea simetrică a înfășurărilor; c — așezarea simetrică a înfășurărilor avînd o inductanță de scăpări redusă; d — metodă simplificată de execuție a bobinelor avînd o inductanță de scăpări redusă.

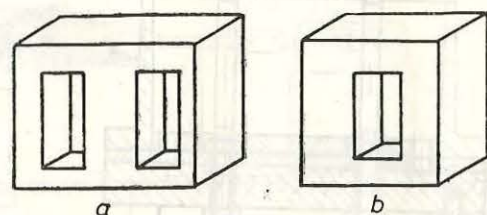


Fig. 4.11. Tipuri de miezuri magnetice pentru transformatoare de audiofrecvență:

a — în manta; b — cu coloane.

bobinelor unor transformatoare de cuplaj între un etaj simplu și un etaj în contratimp (opozitie).

Construcția transformatorului. Pentru micșorarea perturbațiilor produse de cîmpurile magnetice exterioare, transformatoarele de cuplaj se blindează cu tablă de oțel cu grosimea de 0,5—1 mm.

Miezul acestor transformatoare se execută de obicei tot din tole permalloy.

Transformatoarele de ieșire din amplificator. **Construcția bobinelor.** Bobinele transformatorului trebuie să permită cuplarea etajului final la o sarcină simetrică (filtru, difuzor). În cazul amplificatoarelor cu tuburi electronice, între înfășurarea primară și cea secundară apare o diferență de potențial însemnată, ceea ce impune măsuri speciale de izolare electrică: carcase separate pentru înfășurarea primară și secundară, turnarea în rășină epoxidică a bobinelor, ecran la pămînt între înfășurarea primară și secundară, înfășurarea primară împărțită în secțiuni etc. Pentru micșorarea distorsiunilor se iau diferite măsuri: creșterea secțiunii miezului, alternarea înfășurărilor primare și secundare (fig. 4.13).

Construcția transformatorului. În cazul transformatoarelor de ieșire de putere mică, pentru realizarea miezului magnetic se folosesc tole de permalloy. La transformatoarele de putere medie și mare se preferă utilizarea tolelor de oțel cu siliciu, laminate la rece. Aceste tole au porțiunea rectilinie a curbei de magnetizare mai lungă decît a celor laminate la cald, permițînd creșterea inducției maxime cu 15—20%.

Transformatoarele de ieșire de putere mică și medie se execută cu miezuri de tip manta, iar cele de putere mare cu miezuri cu două coloane.

Transformatoarele de putere mică se ecranizează cu un blindaj executat din tablă de oțel. Cele de putere mare se pot executa în ulei, pentru a asigura atît răcirea, cît și ecranarea (cuva cu ulei servește ca ecran) sau în aer, montîndu-se cît mai departe de cîmpurile magnetice perturbatoare (transformatoarele de alimentare). În figura 4.14 este reprezentată construcția unui transformator de ieșire de putere mică.

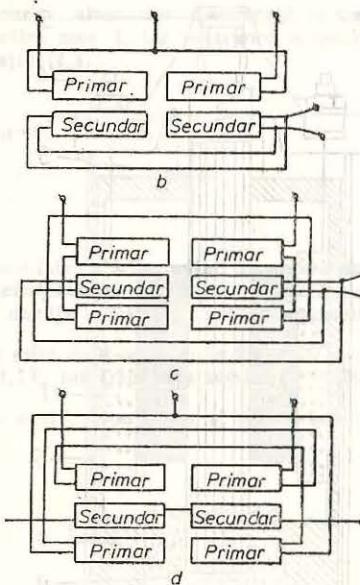
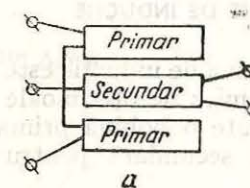


Fig. 4.13. Diferite metode de așezare a înfășurărilor unui transformator de ieșire:

a — metoda cea mai simplă; b — varianta simplă cu secțiunile înfășurării secundare legate în paralel; c — varianta cu inductanța de scăpări micșorată; d — varianta cu inductanța de scăpări micșorată, cu secțiunile înfășurării secundare legate în serie.

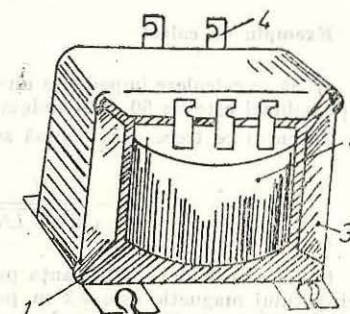


Fig. 4.14. Construcția unui transformator de ieșire de putere mică:

1 — miez magnetic; 2 — înfășurări; 3 — carcasă metalică; 4 — borne de legătură

5. BOBINE DE INDUCȚIE

Bobina de inducție este un aparat electric constând dintr-un transformator cu miez de oțel moale (cu procent de carbon sub 0,05%), pe care sînt înfășurate o bobină primară alimentată la o sursă de tensiune joasă și o bobină secundară pentru producerea unei tensiuni înalte (fig. 4.15).

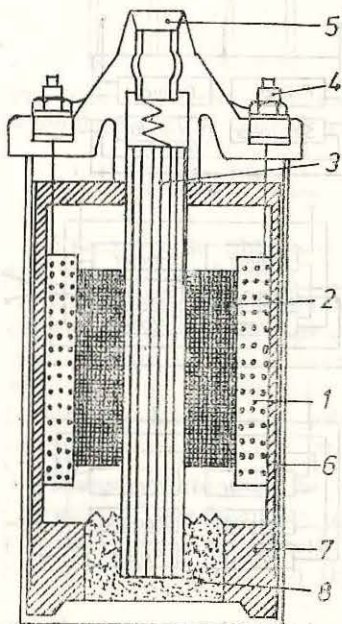
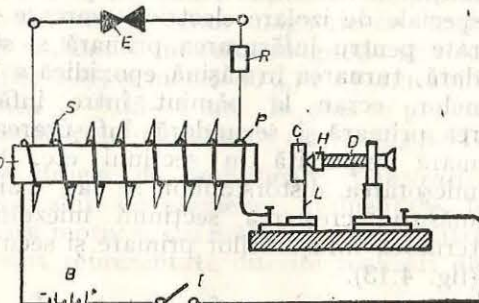


Fig. 4.15. Construcția unei bobine de inducție tip auto:
1 - înfășurare primară (12 V); 2 - înfășurare secundară (15 kV); 3 - miez magnetic; 4 - bornă de alimentare (12 V); 5 - bornă de ieșire (15 kV) (a doua bornă este legată la masă); 6 - carcasa de protecție; 7 - carcasa izolantă; 8 - material izolant.

Fig. 4.16. Bobină de inducție cu ruptor:

P - bobină primară; S - bobina secundară; O - miez magnetic; E - eclator; R - rezistor de limitare; B - baterie de alimentare; I - întreruptor; C - ciocănel atras de miezul magnetic; L - lamelă vibratoare; H - contact de întrerupere; D - șurub de reglare.



În cazul alimentării primarului bobinei de la o sursă de curent continuu, pentru producerea fenomenului de inducție electromagnetică este necesar să se prevadă fie un întreruptor exterior, fie un sistem de vibrator asemănător mecanismului soneriei electromagnetice (fig. 4.16).

Bobina de inducție se folosește la aparate electromedicale, la sistemul de aprindere al motoarelor cu ardere internă etc.

Exemplu de calcul

a) Să se calculeze impedanța unei bobine alimentată la 380 V, 50 Hz, știindu-se că rezistența bobinei este de 50 Ω și inductanța proprie 0,2 H.

Curentul ce trece prin bobină se calculează cu relația (4.2):

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + L^2 \omega^2}} = \frac{380}{\sqrt{50^2 + 0,2^2 \cdot 3,14^2}} = 4,71 \text{ A.}$$

b) Să se calculeze inductanța proprie a unei bobine avînd 1 000 spire. Lungimea medie a circuitului magnetic este 0,2 m, permeabilitatea $1 \cdot 10^{-4}$ H/m, iar secțiunea miezului magnetic $4 \cdot 10^{-4}$ m². Valoarea inductanței proprii se calculează cu relația (4.3):

$$L = \frac{n^2}{\mathcal{R}}$$

unde:

$$\mathcal{R} = \frac{l}{\mu_s} = \frac{0,2}{1 \cdot 10^{-4} \cdot 4 \cdot 10^{-4}} = 5 \cdot 10^6 \text{ A/Wb,}$$

iar

$$L = \frac{1000}{5 \cdot 10^6} = 0,2 \text{ H.}$$

c) Să se calculeze numărul de spire al unei bobine de curent alternativ alimentată la tensiunea de 380 V, știindu-se că inductanța electromagnetică este 1, iar secțiunea miezului $8 \cdot 10^{-2}$. Numărul de spire al bobinei se calculează cu relația (4.4):

$$n = \frac{U}{4,44 B f S} = \frac{380}{4,44 \cdot 1 \cdot 50 \cdot 8 \cdot 10^{-4}} = 2130 \text{ spire.}$$

Aplicații

1. Să se calculeze inductanța proprie a unei bobine toroidale cu miez, avînd lungimea medie a circuitului magnetic 0,1 m, secțiunea miezului magnetic 0,02 m², inducția 1 T, tensiunea aplicată 220 V, iar frecvența rețelei de 50 Hz. Se vor neglija scăpările de flux magnetic

2. Să se calculeze numărul de spire al unei bobine cu miez cu dimensiunile 20 x 20 mm, alimentată, la tensiunea de 220 V, inducția în miez fiind de 1,1 T, iar frecvența rețelei de 60 Hz.

3. Să se măsoare cu puntea RLC inductanța proprie a unei bobine în aer și a unei bobine identice cu miez de oțel.

VERIFICAREA CUNOȘTINȚELOR

1. Ce materiale se folosesc la construcția bobinelor?
2. Ce tipuri de bobine de radiofrecvență se folosesc?
3. Să se descrie construcția bobinelor de joasă frecvență.
4. Ce deosebire există între o bobină, de joasă frecvență și una de înaltă frecvență?
5. Care sînt caracteristicile constructive principale ale bobinelor transformatoarelor?
6. Cîte tipuri de bobine se folosesc la electromotoarele de curent alternativ?
7. La ce se folosesc transformatoarele de audiofrecvență?
8. Cum funcționează o bobină de inducție cu ruptor (ciocănel)?

CONTACTE ELECTRICE

A. GENERALITĂȚI

Contactul electric reprezintă atât locul de trecere a curentului de la o piesă conductoare de curent la altă piesă similară conductoare, cât și aceste piese.

În toate instalațiile electrice, în construcția aparatelor și mașinilor electrice aceste locuri de contact sînt puncte sensibile, cărora trebuie să li se dea o atenție deosebită în cursul realizării montajului și în cursul exploatării.

Un contact necorespunzător se încălzește din ce în ce mai mult, cauzează distrugerea pieselor izolante înconjurătoare, avînd ca urmare apariția unor defecte grave, cum sînt scurtcircuiturile, incendiile etc.

În consecință, trebuie avută în vedere corespondența puterii motoarelor și curenților diferitelor receptoare cu secțiunile conductoarelor, cablurilor și curenților nominali și de utilizare ai aparatelor folosite.

B. CONSTRUCȚIA CONTACTELOR

1. MATERIALE PENTRU CONTACTE

Materialele pentru piesele de contact trebuie să asigure buna funcționare a acestora atât la trecerea îndelungată a curentului electric, cât și în cazul arcului electric care se formează la deschiderea contactelor care întreprind curentul electric.

Aceste materiale trebuie să fie *bune conductoare*, să se oxideze *cît mai puțin*, să aibă *temperatura de topire cît mai ridicată* (în special pentru contactele care întreprind curentul). Cele mai folosite materiale sînt:

Cuprul are conductibilitatea electrică și termică foarte bune, rezistență bună la arc (dar nu la curenți de scurtcircuit), cost relativ redus, dar se oxidează în aer, mai ales la temperaturi ridicate, formînd un strat rău conductor și rezistent din punct de vedere mecanic.

De aceea, folosirea sa este limitată la contactoarele de curent continuu, asigurîndu-se autocurățirea prin construcție, și la aparatele cu contacte în ulei.

Argintul are cea mai mare conductibilitate electrică și termică, cea mai mică rezistență de contact, oxidul care se formează la suprafață se îndepărtează ușor, dar în atmosferă de sulf formează un strat de sulfid rău conductor, rezistența sa mecanică și la arc electric est redusă și deci nu poate fi utilizat pentru anumite contacte de rupere, este foarte scump și, mai ales în ultimul timp, foarte deficitar.

Argintul se mai folosește în construcția pieselor de contact aliat cu cuprul (3—20% Cu) sau în materiale sinterizate.

Metalele dure, ca *wolframul* și *molibdenul*, se folosesc pentru piesele de contact ale întreruptoarelor de înaltă tensiune; ele intră, de asemenea, în componența unor materiale sinterizate.

Metalele prețioase ca aurul, platina, paladiul sînt folosite pentru piesele de contact ale releelor și întreruptoarelor care lucrează la tensiuni reduse, la care straturi chiar foarte subțiri de oxid pot împiedica închiderea circuitului electric.

Materialele de contact sinterizate, în care pot fi asociate metale cu proprietăți foarte deosebite, de obicei unul moale de foarte bună conductibilitate electrică și termică (de exemplu argintul), celălalt dur și cu o temperatură de topire foarte înaltă (de exemplu wolframul) se apropie mult de condițiile unui material ideal.

Sinterizarea este tratamentul termic al unui amestec de pulberi metalice la o temperatură inferioară punctului de topire a componentului principal. În funcție de materialele folosite se utilizează diferite variante ale acestui procedeu.

Materialele cele mai folosite sînt:

— *cupru-wolfram cu 40—90% W*, pentru întreruptoarele de înaltă tensiune în ulei;

— *argint-wolfram* cu procent redus de wolfram, pentru contacte de rele, cu procent mediu și înalt de wolfram, pentru contactele de rupere ale întreruptoarelor automate de joasă tensiune în aer;

— *argint-nichel cu 10—40% nichel*, pentru piesele de contact ale contactoarelor mici, limitatoarelor, comutatoarelor, microîntreruptoarelor etc. Nu se recomandă pentru tensiuni joase, avînd rezistență de contact ridicată;

— *argint-oxid de cadmiu cu 6—13% CdO*, cel mai folosit material pentru piesele de contact ale contactoarelor.

2. FORME CONSTRUCTIVE

Există o foarte mare diversitate de forme constructive pentru piesele de contact. Principalele grupe sînt următoarele.

Contacte permanente sînt contacte care nu se desfac în timpul funcționării, cum sînt de exemplu legăturile la borne. Forța de apăsare este asigurată cu șuruburi sau, în unele cazuri, prin elasticitatea unor piese speciale (fig. 5.1).

Stringerea șuruburilor care asigură fixarea conductoarelor de legătură la bornele aparatelor, motoarelor și altor receptoare electrice trebuie să fie făcută foarte atent, pentru a ca să se asigure un contact permanent corespunzător, o perioadă îndelungată de timp.

În acest scop șurubul bornei trebuie să aibă o dimensiune minimă, așa cum se indică în tabelul 5.2.

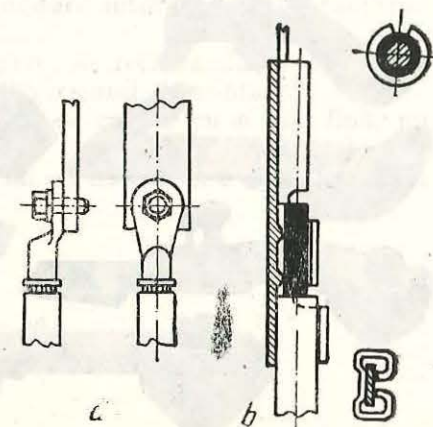


Fig. 5.1. Contacte permanente:

a — bornă cu papuc de cablu; b — bornă cu papuc prin stringere și elasticitate a materialului.

Tabelul 5.2.

Dimensiunile minime ale șuruburilor de borne

$I_n [A]$	6	10	16	25	32	40	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000
diametrul șurubului	M3	M3,5	M4	M4	M5	M5	M5	M6	M8	M8	M10	M10	M10	M10	M10	M12	M16	M16	M16

Pentru valori de curent intermediare se va alege șurubul corespunzător curentului imediat superior.

În cazul folosirii conductoarelor și barelor de legătură de aluminiu se va introduce o piesă elastică, prin care să se compenseze tasarea aluminiului sub șurubul bornei.

Toate șuruburile bornelor vor fi prevăzute cu dispozitive (șaipe) de siguranță împotriva desurubării întâmplătoare.

Contacte alunecătoare sînt contacte la care în piesele de contact nu se desfac, dar se deplasează una față de cealaltă, una dintre piese alunecînd peste cealaltă. Un exemplu de astfel de contacte îl reprezintă captatoarele de la troleibuze, care alunecă pe firul de alimentare în timp ce troleibuzul se deplasează. Un alt exemplu este reprezentat în figura 5.2.

Contacte amovibile sînt contacte care în funcționare se închid și se deschid, servind la stabilirea și la întreruperea curentului electric. Forța de apăsare este asigurată cu resoarte elicoidale sau lamelare (fig. 5.3).

Fig. 5.2. Contacte glisante pentru controler:

1 — deget de contact; 2 — segment al contactului mobil.

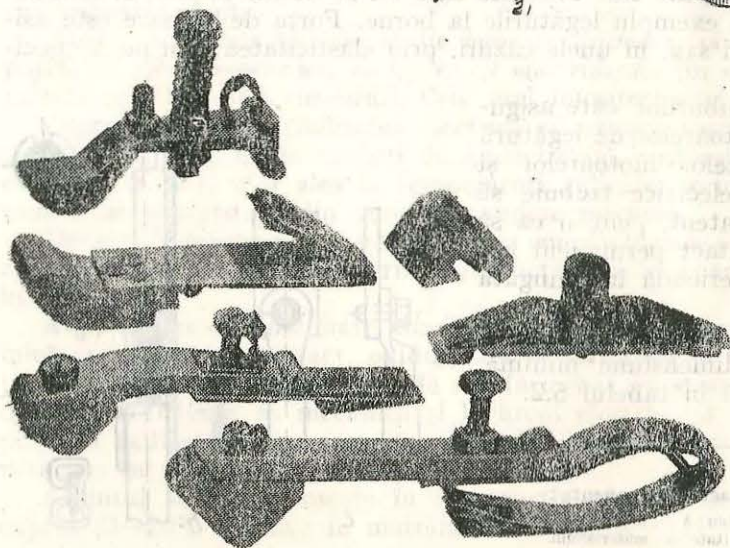
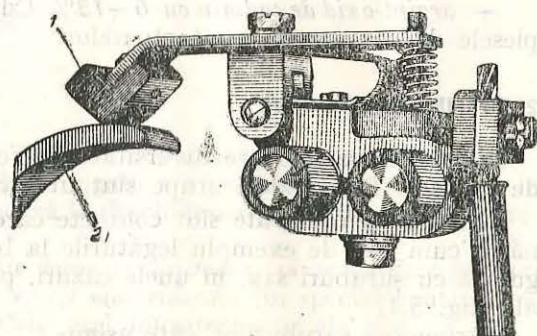


Fig. 5.3. Contacte deget pentru contacte și controlere.

Contactele amovibile sînt cele mai solicitate, datorită arcului electric care se formează repetat de fiecare dată cînd piesele de contact se depărtează.

Este foarte importantă asigurarea forței de apăsare între piesele în contact și de aceea trebuie verificată periodic starea resoartelor care dau această forță.

Starea suprafeței pieselor de contact trebuie, de asemenea, controlată permanent.

3. VIBRAȚIA CONTACTELOR

Acest fenomen apare la închiderea contactelor amovibile și constă în atingerea și desfacerea repetată la distanță mică de cîteva ori a pieselor de contact.

El se datorește energiei cinetice a contactului mobil și elasticității pieselor de contact, iar în unele cazuri și datorită unor forțe electrodinamice de respingere a pieselor de contact la curenți relativ mari.

Vibrația contactelor este dăunătoare, deoarece cauzează ruperea pieselor de contact și uneori sudarea lor prin formarea de puncte de metal topit între piesele contactelor, care se deschid și se închid în timpul vibrațiilor pînă cînd rămîn ferm în contact. Practica arată că durata totală a vibrațiilor pînă cînd se stabilește contactul ferm trebuie să nu depășească 4—6 ms.

Micșorarea vibrației contactelor se obține prin:

- reducerea vitezei de impact (respectiv a retragerii) cu care piesa de contact mobilă vine spre piesa de contact fixă;
- reducerea masei pieselor de contact mobile și a echipajului care le poartă, pentru a se micșora energia cinetică;
- reducerea lungimii punților sau brațelor de contact;
- folosirea unor amortizoare.

C. ÎNTREȚINEREA ȘI REPARAREA CONTACTELOR

Supravegherea și îngrijirea periodică a contactelor electrice constituie o condiție strict necesară pentru asigurarea unei funcționări sigure a aparatelor, deoarece în timpul exploatării se produce întotdeauna o înrăutățire treptată a stării contactelor.

În ce privește contactele de întrerupere, se recomandă curățirea lor periodică de oxid și verificarea menținerii presiunii de contact.

Contactele de cupru oxidate sau perlate se curăță cu o pilă fină, nu cu hîrtie sticlă.

Contactele de argint nu se curăță cu pila, ci numai cu o cîrpă înmuiată în benzină.

VERIFICAREA CUNOȘTINȚELOR

1. Care sînt tipurile de contacte pe care le cunoașteți?
2. Ce materiale se folosesc pentru piesele de contact?
3. Ce este rezistența de contact?
4. Cum se întrețin contactele de cupru?
5. Dar cele de argint?

ELEMENTE COMPONENTE ALE MAȘINILOR ȘI TRANSFORMATOARELOR ELECTRICE

A. ROLUL ȘI CLASIFICAREA MAȘINILOR ELECTRICE

1. ROLUL MAȘINILOR ELECTRICE

Mașina electrică este un sistem tehnic care transformă energia mecanică în energie electrică sau invers, sau care modifică parametrii energiei electrice.

Mașinile electrice se caracterizează prin prezența unor piese în mișcare, în general de rotație, din care cauză se mai numesc *mașini electrice rotative*.

După modul de transformare se deosebesc:

- *generatoare electrice*, care transformă energia mecanică în energie electrică. De exemplu, în centralele electrice generatoarele transformă energia mecanică primită de la un motor primar (motor termic, turbină) în energie electrică, pe care o transmite unei rețele electrice;

- *motoare electrice*, care transformă energia electrică în energie mecanică. De exemplu, la o acționare electrică, motorul transformă energia electrică primită de la rețea în energie mecanică prin care se acționează o mașină de lucru (strung, macara etc.);

- *convertizoare electrice*, care, cu intervenția energiei mecanice, modifică parametrii unei transmisii de energie electrică, de exemplu, tensiunea, curentul, frecvența, numărul de faze, felul curentului.

Transformarea de energie se face cu anumite pierderi, în principal în miezurile magnetice și în înfășurări, în care o parte din energia absorbită de mașină se transformă în energie termică, ce se răspândește în mediul înconjurător. De aceea, energia transformată (utilă) este mai mică decât energia absorbită de mașina electrică. Raportul dintre energia utilă și energia absorbită se numește *randament* și este întotdeauna subunitar.

2. TIPURI DE MAȘINI ELECTRICE. FUNCȚIONARE

O mașină electrică are două părți constructive de bază: *statorul*, care este fix și *rotorul*, care este mobil (rotitor).

Rotorul este prevăzut cu un capăt de arbore care iese în afara mașinii, la care se face cuplarea mecanică (cu un cuplaj, o roată dințată sau o roată de curea) cu motorul primar (în cazul generatoarelor) sau cu mașina de lucru (în cazul motoarelor).

Energia electrică este primită (la motoare) sau cedată rețelei (la generatoare) prin cutia de borne, la care sînt conectate cablurile ce fac legătura cu rețeaua și înfășurările din interiorul mașinii.

Mașinile electrice funcționează pe baza fenomenului de inducție electromagnetică. Inductorul mașinii (la cele mai multe tipuri de mașini, acesta este statorul) produce un cîmp magnetic care induce în conductoarele înfășurării indusului (rotorului) o tensiune electromotoare.

Pentru definirea funcționării ca generator sau ca motor a unei mașini electrice, să considerăm un conductor al înfășurării indusului, aflat în cîmpul magnetic al inductorului.

Dacă conductorul este deplasat în cîmpul magnetic, prin deplasarea relativă dintre inductor și indus, în conductor se induce o tensiune electromotoare care produce în același sens un curent electric debitat în rețea, mașina funcționînd ca generator. Asupra conductorului se exercită o forță electromagnetică ce se opune mișcării rotorului de către motorul primar.

Dacă conductorul aflat în repaus este parcurs de un curent electric produs de tensiunea rețelei, asupra conductorului se va exercita o forță electromagnetică ce deplasează conductorul producînd un cuplu motor, mașina funcționînd ca motor. În conductor se induce o tensiune electromotoare, însă de sens opus curentului și tensiunii aplicată din exterior.

3. CLASIFICAREA MAȘINILOR ELECTRICE

După **natura curentului**, mașinile electrice se clasifică în *mașini de curent continuu* și *mașini de curent alternativ*.

Mașinile de curent continuu se utilizează atît ca motoare, cît și ca generatoare.

Mașinile de curent alternativ se împart în:

- *mașini sincrone*, la care turația este constantă, independentă de sarcină și care se utilizează ca generatoare sau motoare;

- *mașini asincrone*, la care turația variază între anumite limite cu sarcina. Ele se utilizează de obicei ca motoare și pot fi *cu rotorul bobinat*, numite și mașini cu înle sau *rotorul în scurtcircuit* (cu rotor în colivie);

- mașini de curent alternativ *cu colector*.

În funcție de **numărul de faze** ale rețelei la care sînt racordate, mașinile de curent alternativ pot fi *monofazate* sau *trifazate*.

După **destinație**, mașinile electrice se clasifică în:

- *mașini de uz general*, cu caracteristici de funcționare normalizate și o construcție care le permite utilizarea în condiții obișnuite de serviciu;

- *mașini cu utilizare determinată*, cu caracteristici de funcționare normalizate, însă cu o construcție care le permite o anumită utilizare, de exemplu motoare de macara, motoare antiexplozive (pentru industria chimică unde pot funcționa în medii explozive), motoare antiîncălzițoase (pentru minele de cărbuni), motoare pentru mașini-unelte, motoare pentru laminoare etc.;

- *mașini cu utilizare specială*, care au caracteristici de funcționare speciale și o construcție specială, destinate unei anumite utilizări, de exemplu, mașinile pentru tracțiune feroviară, urbană și minieră.

Mașinile electrice pot funcționa cu axa arborelui în poziție orizontală sau în poziție verticală, iar prinderea mașinii se poate face pe tălpile carcasei sau prin flanșarea scutului tracțiune la mașina de lucru.

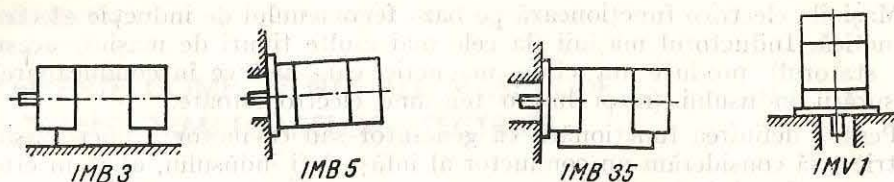


Fig. 6.1. Tipurile constructive cele mai utilizate de mașini electrice.

Cele mai utilizate tipuri constructive sînt (fig. 6.1):

- mașini orizontale cu prindere pe tălpi (simbol IMB 3);
- mașini orizontale cu prindere pe flanșe (simbol IMB 5);
- mașini orizontale cu prindere pe tălpi și pe flanșe (simbol IMB 35);
- mașini verticale cu prindere pe flanșe și cu capătul de arbore în jos (simbol IMV 1);

4. RĂCIREA MAȘINILOR ELECTRICE

Datorită pierderilor de energie în înfășurări și miezuri magnetice, acestea se încălzesc. Pentru a se limita ridicarea temperaturii, la valori care să permită buna lor funcționare, mașinile se răcesc cu ajutorul unui fluid de răcire, care preia căldura. În afara unor cazuri speciale (răcire cu hidrogen, azot, apă etc.), la majoritatea tipurilor de mașini electrice fluidul de răcire este aerul.

În funcție de modul de evacuare a căldurii și a modului de circulație a fluidului de răcire există foarte multe tipuri de mașini electrice, din care cele mai utilizate sînt:

— *mașini cu răcire prin suprafață*, numite și *mașini închise*. Aerul din interiorul mașinii preia căldura și o cedează carcasei, care la rîndul ei o cedează prin suprafața sa exterioară aerului înconjurător, după schema din figura 6.2, a.

De cele mai multe ori, pentru intensificarea schimbului de căldură, carcasa este prevăzută cu nervuri la exterior, iar pe arborele mașinii este fixat un ventilator în interiorul carcasei și unul în exterior (fig. 6.2, b);

— *mașini cu răcire prin autocirculație liberă a aerului*, numite și *mașini autoventilate*. Mașina este prevăzută cu un ventilator montat pe arbore, iar aerul din mediul înconjurător pătrunde liber în mașină prin ferestrele

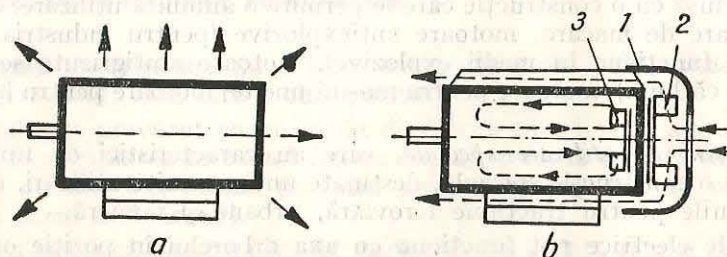


Fig. 6.2. Schema răcirii prin suprafață:

— capotă; 2 — ventilator exterior; 3 — ventilator interior.

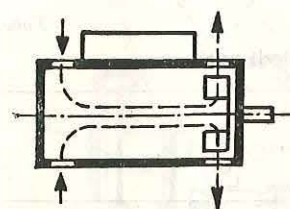


Fig. 6.3. Schema răcirii prin autocirculație liberă a aerului.

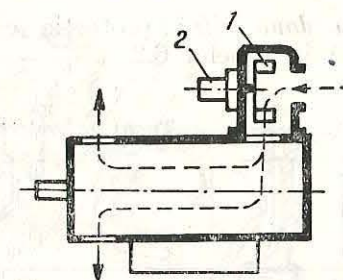


Fig. 6.4. Schema răcirii cu circulație liberă a aerului refulat de un moto-ventilator:

1 — ventilator; 2 — motor electric al ventilatorului.

de ventilație și este refulat de ventilator în mediul înconjurător, după schema din figura 6.3;

— *mașini cu răcire prin circulație liberă a aerului, refulat sau absorbit de un motoventilator* montat pe mașina electrică, după schema din figura 6.4, numite și *mașini cu ventilație independentă*. Motoventilatorul este format dintr-un ventilator acționat de un motor electric propriu, alimentat independent de mașina electrică principală.

5. PROTECȚIA MAȘINILOR ELECTRICE

Mașinile electrice, ca de altfel toate utilajele electrice (transformatoare, aparate electrice de joasă tensiune și alte elemente de instalații electrice) sînt astfel construite, încît învelișul exterior să asigure un anumit grad de protecție, simbolizat prin literele IP și două cifre, indicînd:

— *prima cifră*: protecția contra atingerii accidentale de către personalul de serviciu a părților interioare sub tensiune sau în mișcare și contra pătrunderii corpurilor străine solide, cu semnificația indicată în tabelul 6.1;

Tabelul 6.1

Tipuri de protecție contra atingerii interioare aflate sub tensiune sau în mișcare și protecția contra pătrunderii corpurilor străine solide

Prima cifră din simbol	Semnificația protecției	
	Protejat contra atingerii părților interioare:	Protejat contra pătrunderii corpurilor străine
0	fără protecție	fără protecție
1	cu o suprafață mare a corpului, de exemplu mîna	50 mm
2	cu degetele	cu grosimi mai mari de: 12 mm
3	cu scule cu grosime peste 2,5 mm	2,5 mm
4	cu scule și sîrme, cu grosime peste 1 mm	1 mm
5	total împiedicat	protejat parțial contra prafului
6	total împiedicat	pădurea prafului este complet împiedicată

— a doua cifră: protecția contra pătrunderii apei, cu semnificația indicată în tabelul 6.2.

Tabelul 6.2

Tipuri de protecție contra pătrunderii apei

A doua cifră din simbol	Semnificația protecției:
0	fără protecție
1	contra picăturilor de apă de condensare
2	contra picăturilor de apă ce cad sub un unghi de max. 15° față de verticală
3	contra apei sub formă de ploaie, picăturile căzând sub un unghi de 60° față de verticală
4	contra stropirii cu apă sub formă de picături proiectate din orice direcție
5	contra jeturilor de apă sub presiune, proiectate cu un furtun
6	contra valurilor care izbesc utilajul pe puntea navelor
7	contra pătrunderii apei în cantitate dăunătoare în utilajul imersat în apă un timp limitat
8	contra pătrunderii apei în cantitate dăunătoare în utilajul imersat în apă un timp nelimitat (utilaj submersibil)

Cele mai utilizate tipuri de protecție la mașini electrice rotative sînt: IP 00, IP 23, IP 44, IP 54.

6. PĂRȚILE COMPONENTE PRINCIPALE ALE MAȘINILOR ELECTRICE

După cum s-a arătat în paragraful 2, o mașină electrică are două părți constructive de bază: *statorul* și *rotorul*.

Statorul este format din:

- *partea fixă a circuitului magnetic* (miezul stator);
- *înfășurarea* sau *înfășurările statorului*;
- *carcasa* din fontă, oțel sau aliaj de aluminiu, care susține și închide miezul statorului și care poate fi prevăzută cu tălpi pentru fixarea mașinii.

Rotorul este format din:

- *partea mobilă a circuitului magnetic* (miezul rotor);
 - *înfășurarea rotorului*;
 - *arborele*, din oțel, pe care este montat miezul rotorului. Extremitatea arborelui, care transmite energia mecanică se numește *capăt de arbore*.
- La unele tipuri de mașini electrice pe rotor se mai găsesc:
- *colectorul* (numai la mașini de curent continuu și la mașini de curent alternativ cu colector), format din lamele de cupru de secțiune trapezoidală, izolate între ele cu lamele de micanită, la care este legată înfășurarea rotorului;

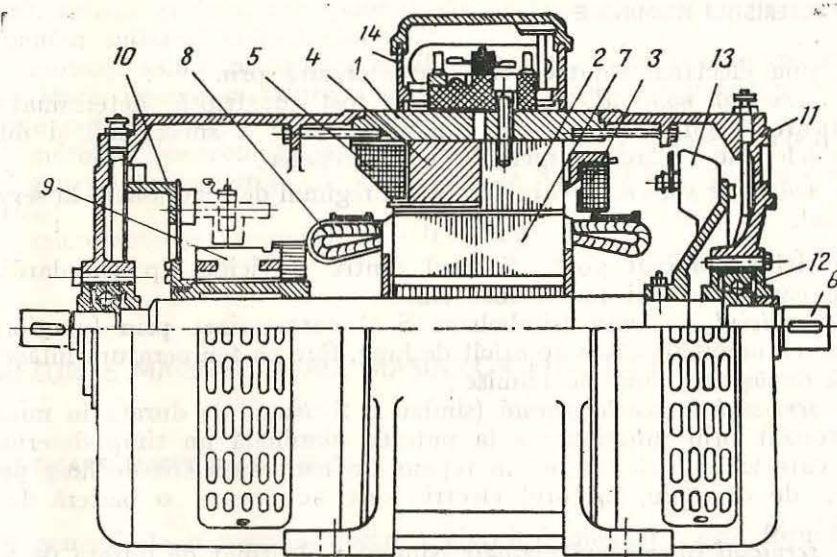


Fig. 6.5. Părțile componente principale ale mașinii de curent continuu:

1 - carcasa; 2 - pol principal; 3 - bobină de excitație; 4 - pol de comutație; 5 - bobină de comutație; 6 - arbore; 7 - miez magnetic rotor; 8 - înfășurarea rotorului; 9 - colector; 10 - cruce portperi; 11 - scut; 12 - rulment; 13 - ventilator; 14 - cutie de borne.

— *inelele colectoare* (numai la mașini asincrone cu inele și la mașini sincrone), formate din inele de cupru, alamă, bronz sau oțel, izolate între ele, la care sînt legate capetele înfășurării rotorului;

— *ventilatorul*.

Între miezul statorului și miezul rotorului există un spațiu de aer numit *întrefier*.

În afară de aceste două părți de bază, mașinile electrice mai au următoarele *piese și subansambluri*:

— *lagărele* care susțin arborele. Ele pot fi lagăre *cu alunecare* (cu cuzineți) sau *cu rostogolire* (cu rulmenți);

— *scuturile* care se fixează de carcasa și în care se montează lagărele. Scutul dinspre capătul de arbore este numit *scut tracțiune*, iar cel opus, *scut suport*;

— *colierul portperiilor* (cruce portperi), pe care sînt fixate portperiile și periile care asigură legătura electrică la colectoare și inele colectoare;

— *cutia de borne*, montată de regulă pe carcasa și care are în interiorul ei placa de borne la care se fac legăturile la rețeaua electrică.

În figura 6.5 sînt reprezentate principalele părți componente ale unei mașini de curent continuu, iar în figura 6.6 cele ale unui motor asincron.

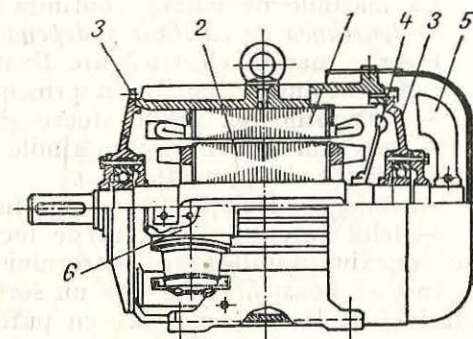


Fig. 6.6. Părțile componente principale ale motorului asincron în scurtcircuit:

1 - stator; 2 - rotor; 3 - scuturi; 4 - ventilator interior; 5 - ventilator exterior; 6 - cutie de borne

7. CARACTERISTICI NOMINALE

Mașina electrică rotativă este caracterizată prin:

- *serviciul nominal*, pentru care a fost construită, determinat prin specificarea regimurilor de funcționare, inclusiv a succesiunii și duratei perioadelor de încărcare, mers în gol și repaus;

- *mărimile nominale*, care determină regimul de funcționare în serviciul nominal.

Serviciul nominal poate fi unul dintre serviciile tip standardizate, dintre care cele mai importante sînt:

- *serviciul continuu* (simbolizat S 1) caracterizat prin funcționarea la puterea nominală un timp oricît de lung, fără ca temperatura înfășurărilor să depășească limitele admise;

- *serviciul de scurtă durată* (simbol 2 S urmat de durata în minute), caracterizat prin funcționarea la puterea nominală un timp determinat, după care trebuie să rămînă în repaus un timp suficient de lung pentru răcire, de exemplu, motorul electric care acționează o barieră de cale ferată;

- *serviciul intermitent periodic* (simbol S 3 urmat de durata de acționare relativă în procente) caracterizat prin cicluri de funcționare identice, compuse fiecare dintr-o perioadă de funcționare la puterea nominală și o perioadă de repaus, de exemplu, motorul electric al compresorului de aer la un vagon de tramvai.

Mărimile nominale principale care determină regimul de funcționare în serviciul nominal sînt:

- *puterea utilă nominală*, măsurată în kilowați [kW], (numai la generatoare sincrone se indică puterea aparentă măsurată în kilovolt amperi [kVA]);

- *tensiunea nominală*, măsurată în volți [V];

- *curentul nominal* măsurat în amperi [A];

- *turația nominală*, măsurată în rotații pe minut [rot/min];

- *randamentul nominal*.

La mașinile de curent alternativ se mai adaugă:

- *frecvența tensiunii* la bornele principale, în herți [Hz];

- *factorul de putere nominal* ($\cos \varphi$).

La mașinile de curent continuu și sincrone mai sînt:

- *tensiunea de excitație independentă* [V] și *curentul de excitație* [A].

Fiecare mașină electrică are fixată pe carcasă o plăcuță indicatoare în care sînt inscripționate în principal:

- întreprinderea producătoare și tipul mașinii;

- serviciul nominal și mărimile nominale;

- gradul de protecție;

- clasa de izolație (v. paragraful C 1);

- felul curentului, modul de lucru, modul de conectare a excitației sau conexiunea înfășurării statorului (v. paragraful D 3).

În țara noastră se execută un sortiment foarte larg de mașini electrice rotative, de la micromotoare cu puteri sub 0,25 kW, pînă la mașini de cîteva sute de mii de kilowați acoperind necesitățile în cele mai diferite domenii industriale, cum sînt:

- motoare de curent continuu de uz general, pentru mașini-unelte, pentru acționări de utilaje tehnologice și în metalurgie, pentru tracțiunea

minieră, urbană și feroviară, generatoare de curent continuu de uz general, pentru sudare electrică etc.;

- motoare asincrone de uz general, pentru macarale, pentru ascensoare, pentru nave, pentru metalurgie, motoare antiexplozive și antigrizutoase, motoare pentru pompe submersibile;

- motoare asincrone și sincrone mari cu puteri pînă la 10 000 kW;

- generatoare sincrone cu puteri pînă la 330 000 kW, pentru centrale electrice;

- micromotoare cu puteri sub 0,25 kW.

B. MIEZURILE MAGNETICE ALE MAȘINILOR ELECTRICE

1. CLASIFICARE, MATERIALE UTILIZATE

În general, la o mașină electrică circuitul magnetic este format din miezul statorului, pe care este dispusă înfășurarea statorului și miezul rotorului, pe care este dispusă înfășurarea rotorului.

După felul fluxului magnetic care se închide prin miezuri, acestea se clasifică în:

- *miezuri magnetice pentru flux constant în timp*;

- *miezuri magnetice pentru flux variabil în timp*.

Pentru execuția miezurilor magnetice se folosesc materiale feromagnetice, în special aliaje ale fierului, care au proprietăți de magnetizare foarte bune.

Miezurile magnetice pentru flux constant se execută din oțel masiv, mai rar fontă (numite *miezuri masive*) sau din tablă de oțel groasă de 1–2 mm (numite *miezuri lamelale*).

Miezurile magnetice pentru flux variabil în timp, pentru a avea pierderi de energie reduse, se execută numai lamelate din tablă de oțel aliat cu 0,7–2,7% siliciu, numită *tablă de oțel electrotehnic*, izolată pe ambele fețe, cu grosimea de 0,5 mm, mai rar 0,65 mm.

Tabla de oțel electrotehnic poate fi:

- *laminată la cald*, livrată în foi și neizolată, izolarea urmînd să se facă cu lac electroizolant după ștanțare;

- *laminată la rece*, livrată în rulouri și izolată pe ambele fețe cu un lac rezistent la temperatură.

2. TIPURI DE CIRCUITE MAGNETICE

Forma și construcția circuitelor magnetice depinde de tipul mașinii electrice.

Mașini de curent continuu. Circuitul magnetic al unei mașini de curent continuu de uz general este format din (fig. 6.7):

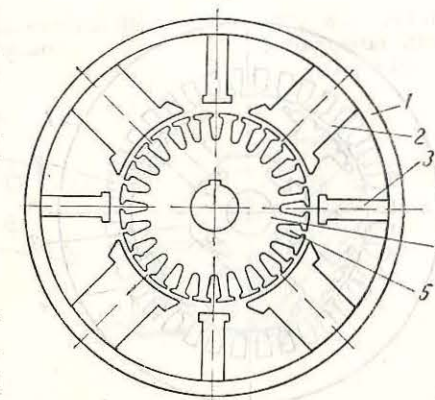


Fig. 6.7. Circuitul magnetic al mașinii de curent continuu.

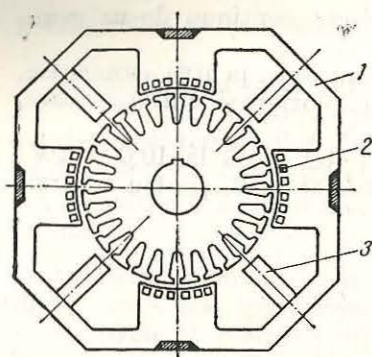


Fig. 6.8. Circuitul magnetic al mașinii de curent continuu pentru alimentare cu curent redresat.

- carcasă cilindrică executată din oțel masiv 1;
- poli principali (de excitație) 2, executați în general lamelați;
- poli auxiliari (de comutație) 3, executați din oțel masiv sau lamelat;
- miezul rotorului 4, cu creștături la exterior 5, executat lamelat.

La mașinile de curent continuu destinate a fi alimentate cu curent redresat, miezul statorului 1 (fig. 6.8) se execută complet lamelat, polii având spre interior creștăturile 2 pentru înfășurarea de compensație, iar polii de comutație 3 se execută numai lamelat.

Mașini sincrone. Miezul magnetic statoric 1 este cilindric, cu creștăturile 2 la interior și executat lamelat (fig. 6.9).

Miezul rotoric poate fi cu poli aparenti, ca cel din figura 6.9, format dintr-un butuc 3 pe care sînt prinși polii 4, sau cilindric cu creștături la exterior, numit cu poli înecați (fig. 6.10).

În afară de acestea, mașinile sincrone mici se pot executa în „construcție inversă”, cu poli pe stator la fel ca la mașina de curent continuu, dar fără poli de comutație, și cu rotorul cilindric cu creștături la exterior.

Mașini asincrone. Miezul magnetic statoric este identic cu cel de la mașinile sincrone, cilindric, cu creștături la interior și executate lamelat, iar miezul rotoric este cilindric, cu creștături la exterior și executat lamelat (fig. 6.11).

Motoarele asincrone, monofazate de putere mică se execută cu poli aparenti ca în figura 6.12.

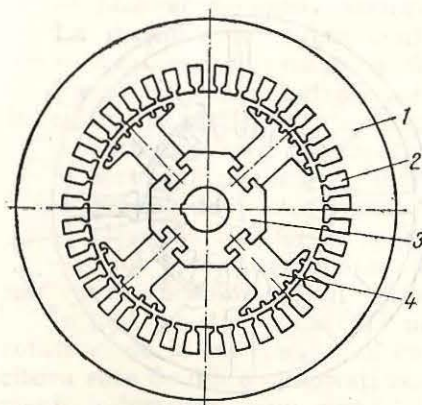


Fig. 6.9. Circuitul magnetic al mașinii sincrone cu poli aparenti.

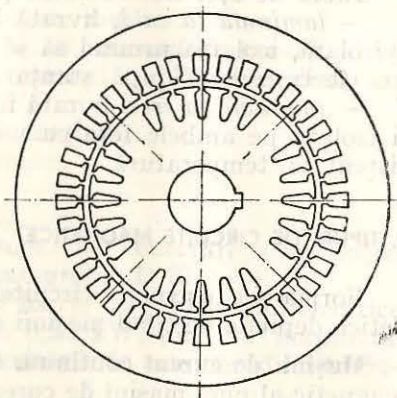


Fig. 6.10. Circuitul magnetic al mașinii sincrone cu poli înecați.

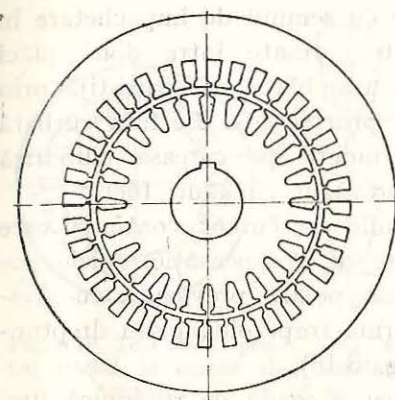


Fig. 6.11. Circuitul magnetic al mașinii asincrone.

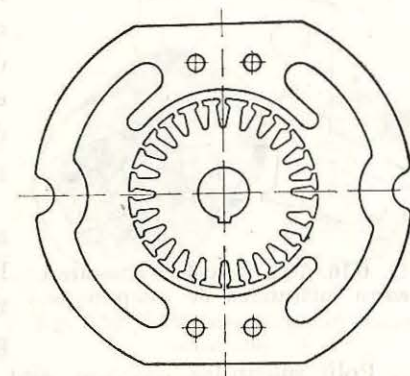


Fig. 6.12. Circuitul magnetic pentru mașini asincrone monofazate mici.

3. POLII MAȘINILOR ELECTRICE

Polii principali și cei de comutație la mașina de curent continuu și polii rotorului la mașina sincronă, fiind pentru flux constant în timp, pot fi executați din oțel masiv, turnat, forjat sau laminat.

Datorită formei lor complicate, polii principali la mașina de curent continuu și polii mașinii sincrone se execută lamelați, din tole ștanțate din tablă de oțel cu grosimea de 1–2 mm.

Numai polii principali de dimensiuni mici (fig. 6.13) și polii de comutație (fig. 6.14), care au o formă mai simplă, se execută masivi.

La un pol se deosebesc următoarele părți (fig. 6.15, b):

- miezul polului (2)
- porțiunea de pol în jurul căreia se așază bobina de excitație;
- piesa polară (4) — porțiunea din sol situată spre întrefier;
- coarnele polare (3) — extremitățile piesei polare.

La ștanțarea tolei, pe lângă conturul exterior, se execută și găurile pentru asamblare și un semn de împachetare lateral (1) — (fig. 6.15, a). Tolele sînt

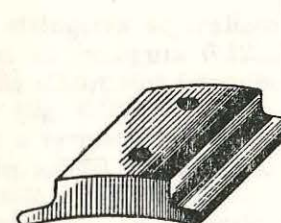


Fig. 6.13. Pol principal din oțel masiv.

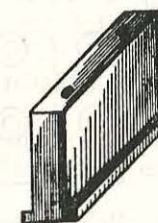


Fig. 6.14. Pol de comutație din oțel masiv.

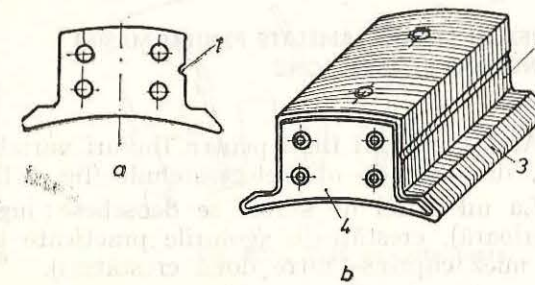


Fig. 6.15. Pol principal lamelat: a — tola de pol; b — polul asamblat.

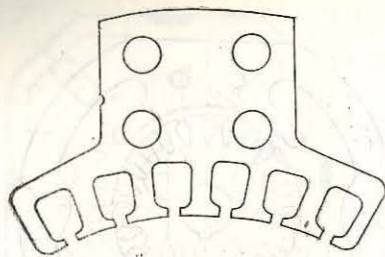


Fig. 6.16. Tolă de pol cu creștături pentru înfășurarea de compensație.

Polii mașinilor sincrone sînt prevăzuți cu o coadă de rîndunică (fig. 6.17, *a*) sau o coadă în T (fig. 6.17, *b*), pentru fixare pe butucul rotorului. Piesa polară este prevăzută cu creștături rotunde, pentru bobinajul de amortizare.

La mașinile de curent continuu, destinate a fi alimentate cu curent redresat, polii de comutație sînt lamelați ca cel din figura 6.18. Tolele sînt dispuse longitudinal, iar niturile de strîngere transversal. În părțile laterale, plăcile de capăt sînt îndoite în partea spre întrefier, pentru a servi ca suport bobinei ce se montează pe pol.

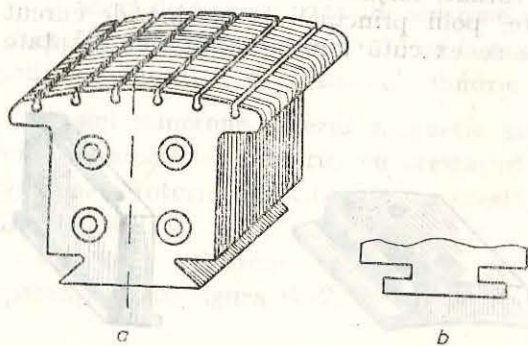


Fig. 6.17. Pol pentru rotorul mașinii sincrone: *a* - pol asamblat avînd coadă de rîndunică; *b* - forma cozii în T.

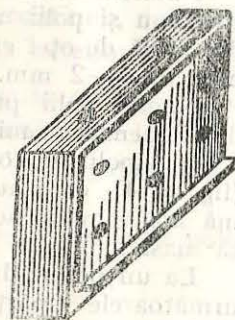


Fig. 6.18. Pol de comutație lamelat.

4. MIEZURI STATOR LAMELATE PENTRU MAȘINI SINCRONE ȘI ASINCRONE

Aceste miezuri fiind pentru fluxuri variabile în timp se execută laminate, din tole de oțel electrotehnic (fig. 6.19).

La un astfel de stator se deosebesc: jugul statorului (partea inelară exterioară), creștăturile (golurile practice la interior) și dinții (părțile din miez cuprinse între două creștături).

Creștăturile pot avea formele din figura 6.20 și pot fi semiînchise (*a*, *b*), semideschise (*c*) sau deschise (*d*).

împachetate cu semnul de împachetare în aceeași parte, presate între două plăci de capăt și asamblate cu nituri-tijă prin evazare sau prin sudare. Pe fața curbată destinată prinderii pe carcasa cilindrică polul este prevăzut cu găuri filetate.

La mașinile de curent continuu care au înfășurare de compensație, tolele polului au piesa polară prevăzută cu creștături de formă trapezoidală sau dreptunghiulară (fig. 6.16).

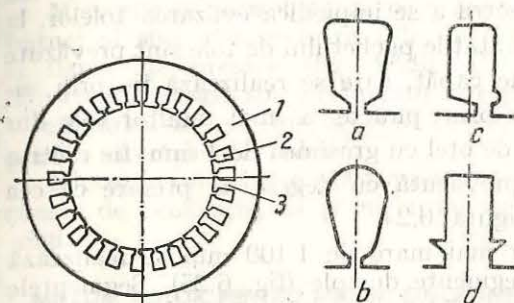


Fig. 6.19. Tolă stator pentru mașini de curent alternativ:

1 - jug; 2 - creștătură; 3 - dinte.

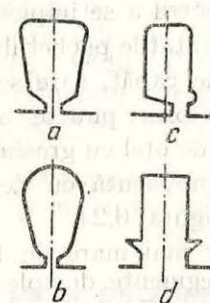


Fig. 6.20. Forma creștăturilor stator.

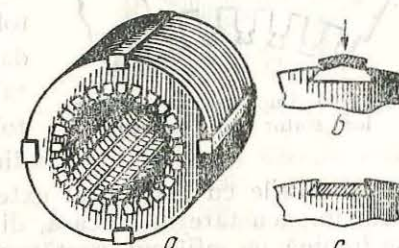
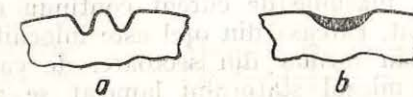


Fig. 6.21. Strîngerea miezului statoric cu scoabe:

a - pachet stator strîns cu scoabe; *b* - coadă de rîndunică din tolă și scoabă nepresată; *c* - scoabă presată în coada de rîndunică.

Fig. 6.22. Asamblare prin sudare:

a - canal prevăzut la exteriorul tolei; *b* - canal după sudare.



La mașinile mici, miezurile stator sînt împachetate înainte de presare în carcasă și pot fi strînse cu scoabe (fig. 6.21, *a*) introduse în cozi de rîndunică prevăzute la exteriorul pachetului (fig. 6.21, *b* și *c*) și îndoite peste părțile frontale, sau pot fi asamblate prin sudare pe patru generatoare exterioare (fig. 6.22).

La motoare foarte mici, strîngerea se realizează cu tije nit introduse în găurile prevăzute în tole, ca în figura 6.12.

La mașinile mari, miezurile stator sînt împachetate în carcasă și strînse între două inele de presare (fig. 6.23).

La mașinile lungi, pentru a se micșora pierderile, pachetul de tole este divizat, prin introducerea din loc în loc la împachetare, a unor tole executate din material electroizolant.

Pentru intensificarea ventilației, la mașinile lungi se prevăd din loc în loc canale de ventilație, realizate cu tole prevăzute cu distanțoare sudate sau nituite (fig. 6.24) pentru fiecare dinte.

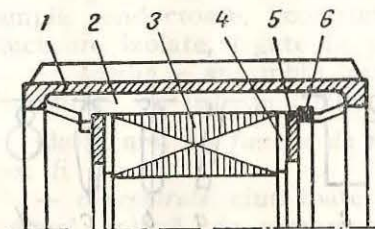


Fig. 6.23. Miez stator împachetat în carcasă:

1 - carcasă; 2 - nervurile carcasei; 3 - tolă stator; 4 - tolă de capăt; 5 - inel de presare; 6 - piesă de fixare.

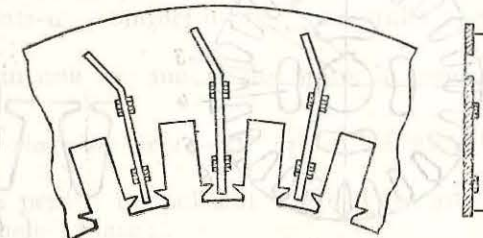


Fig. 6.24. Tolă cu distanțoare.

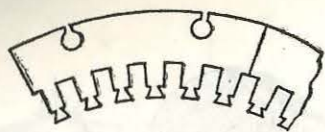


Fig. 6.25. Împachetarea miezurilor stator din segmente.

Miezurile cu diamantul exterior mai mare de 1100 mm se realizează prin împachetare în carcasă, din segmente de tole (fig. 6.25). Segmentele se îmbină pe mijlocul creștăturilor și sînt prevăzute cu găuri pentru tije, nit sau cozi de rîndunică, pentru asamblare și strîngere.

5. MIEZURI STATOR LAMELATE PENTRU MAȘINI DE CURENT CONTINUU

La mașinile de curent continuu destinate a fi alimentate cu curent redresat, carcasa din oțel este înlocuită cu un jug lamelat, de formă inelară sau format din sectoare, de care sînt prinși polii. La mașini mai mari, miezul statorului lamelat se realizează ca în figura 6.8 din tole care conțin atît jugul stator, cît și miezul polilor principali. Strîngerea miezului se realizează cu flanșe de oțel, cu ajutorul unor tije filetate și sudarea unor traverse pe exteriorul statorului.

6. MIEZURI ROTOR LAMELATE PENTRU MAȘINI DE CURENT CONTINUU ȘI ASINCRONE

Aceste miezuri se execută din tole din tablă de oțel electrotehnic, la care se deosebesc: centrul tolei pentru presare pe arbore sau butuc, prevăzut cu canal de pană, jugul rotorului, găuri de ventilație (numai la mașinile mai mari), creștăturile și dinții din partea exterioară (fig. 6.26).

La mașinile de curent continuu și mașinile asincrone cu rotorul bobinat, creștăturile pot avea formele din figura 6.27, iar la mașina asincronă cu rotorul în scurtcircuit, ca în figura 6.28.

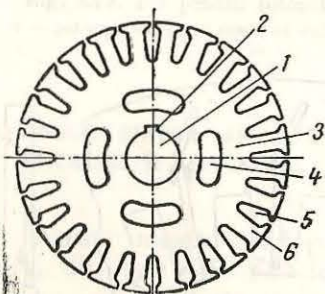


Fig. 6.26. Tolă rotor:
1 - centru; 2 - canal de pană;
3 - jug rotor; 4 - canal de ventilație; 5 - creștătură; 6 - dinte.

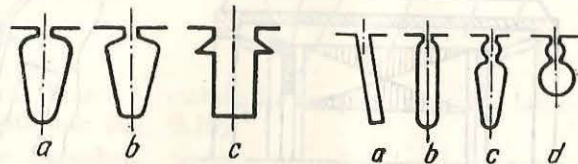


Fig. 6.27. Forma creștăturilor rotorului la mașini de curent continuu și mașini asincrone în scurtcircuit.

Fig. 6.28. Forma creștăturilor rotorului la mașini asincrone în scurtcircuit.

Pentru a se împiedica evazarea tolelor, la extremitățile pachetului de tole sînt prevăzute tole de capăt, care se realizează fie prin sudarea prin puncte a mai multor tole din tablă de oțel cu grosimea de 1 mm, fie dintr-o tolă prevăzută cu degete de presare ca cea din figura 6.24.

Miezurile se împachetează pe arbori sau butuci și sînt strînse între tole de capăt și flanșe de presare (fig. 6.29). Uneori flanșele de presare sînt prelungite cu o parte cilindrică la exterior, servind ca suport pentru capetele de bobină.

Miezurile rotor lungi pot fi prevăzute cu canale de ventilație, ca și miezurile stator ungi.

7. MIEZURI ROTOR PENTRU MAȘINI SINCRONE

La mașinile sincrone cu poli aparenti, rotorul este prevăzut cu un butuc, cu rolul de jug magnetic rotor, executat masiv sau lamelat, și prevăzut la exterior cu cozi de rîndunică sau cozi în T pentru fixarea polilor (v. fig. 6.9).

La mașinile mici, rotorul se execută din tole conținînd atît jugul rotor, cît și miezurile polilor (stea polară), urmînd să se strîngă la exterior piesele polare (fig. 6.30).

La mașinile sincrone cu poli înecați, miezul rotorului se execută lamelat, ca la paragraful B2, cu creștături la exterior ca în figura 6.10.

La mașinile mari și de turație mare, miezul rotorului cu poli înecați se execută din oțel masiv, avînd creștături frezate.

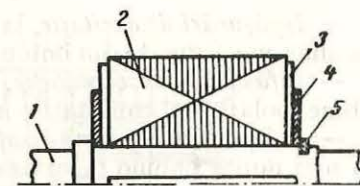


Fig. 6.29. Strîngerea miezului rotorului:

1 - arbore; 2 - tolă rotor; 3 - tolă de capăt; 4 - flanșă de presare; 5 - piesă de fixare.

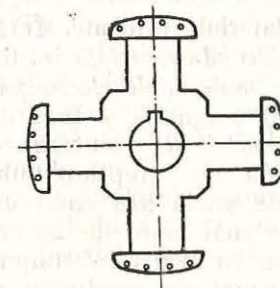


Fig. 6.30. Rotor de mașină sincronă cu piese polare aplicate peste steaua polară.

C. ÎNFĂȘURAREA MAȘINILOR ELECTRICE

1. CLASIFICARE, MATERIALE UTILIZATE

Înfășurarea este un ansamblu de bobine care formează un circuit sau o parte dintr-un circuit electric într-o mașină electrică. Elementele constructive generale ale unei înfășurări sînt:

— *spira* — partea elementară a înfășurării, care formează o buclă simplă conductoare, constituită dintr-un conductor sau mai multe conductoare izolate, legate în paralel;

— *bobina* — ansamblu format din una sau mai multe spire, în general înfășurate cu izolație comună.

Clasificare. În funcție de miezul magnetic pe care se așază, înfășurările pot fi:

— *concentrate*, cînd toate spirele pentru un pol sînt concentrate într-o singură bobină, de exemplu, bobinele polare;

— *repartizate*, cînd bobinele înfășurării sînt repartizate în mai multe creștături ale miezului.

În funcție de rolul înfășurării și tipul mașinii electrice pe care sînt utilizate, principalele tipuri de înfășurări sînt:

- *înfășurări de excitație*, la mașinile electrice de curent continuu și mașinile sincrone, formate din bobine polare de excitație care se montează pe poli;
- *înfășurări de comutație*, la mașini de curent continuu, formate din bobine polare de comutație, montate pe polii de comutație;
- *înfășurări de compensație*, la mașini de curent continuu, formate din mai multe bobine repartizate în creștăturile prevăzute în piesele polare ale polilor principali;
- *înfășurări de indus*, la mașini de curent continuu, formate din bobine repartizate în creștăturile miezului rotoric;
- *înfășurări statorice*, la mașini sincrone și asincrone, formate din bobine repartizate în creștăturile miezului statoric;
- *înfășurări rotorice*, la motoarele asincrone cu rotorul bobinat, formate din bobine repartizate în creștăturile miezului rotoric;
- *înfășurări în colivie*, la rotoarele motoarelor asincrone în scurtcircuit;
- *înfășurări de amortizare*, la mașini sincrone.

Materiale utilizate. Înfășurările se execută din două grupe de materiale:

- *conductoarele*, care formează calea sau căile de curent ale înfășurării;
- *materialele electroizolante*, care izolează electric înfășurarea față de miezul magnetic și față de alte înfășurări din mașina electrică.

Conductoarele sînt din cupru obținut pe cale electrochimică, de secțiune rotundă sau dreptunghiulară, izolate cu pelicule de email, straturi din fire de sticlă sau combinație email-fire de sticlă. Conductoarele cu secțiunea mai mare de 20 mm², numite și *bare*, sînt neizolate, urmînd a fi izolate cu benzi în timpul execuției bobinelor.

Ca material conductor se mai folosește aluminiul și alama la înfășurările în colivie.

Materialele electroizolante sînt sub formă de filme, folii, țesături, benzi, tuburi și stratificate, pe bază de fire de sticlă, solzi de mică, hîrtie de mică măcinată, asbest, rășină poliesterică etc.

În funcție de temperatura de lucru maximă admisă, materialele electroizolante se clasifică în clase de izolație care sînt în ordinea crescătoare a acestei temperaturi: Y, A, E, B, F, H, C.

2. BOBINE POLARE (PENTRU ÎNFĂȘURĂRI CONCENTRATE)

Forma și construcția bobinelor arătată la cap. 4 corespunde în general și bobinelor polare pentru mașini electrice rotative. Caracteristic însă bobinelor polare, în special celor de excitație, este de multe ori forma secțiunii lor în trepte (fig. 6.31).

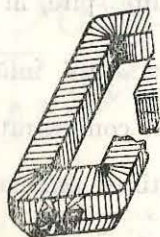


Fig. 6.31. Bobină de excitație.

În funcție de conductorul utilizat și de procedeul tehnologic de fabricație, variantele constructive principale ale bobinelor polare sînt:

- bobine din conductor rotund sau dreptunghiular izolat, depănat în straturi;
- bobine din galeți din conductor dreptunghiular îndoit pe lat;
- bobine din conductor dreptunghiular îndoit pe muchie.

Bobinele polare cu conductorul izolat depănat în straturi pot fi executate direct pe o carcasă

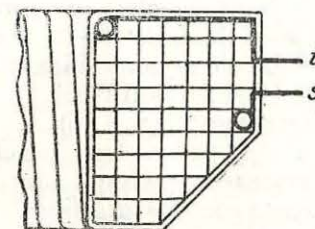


Fig. 6.32. Secțiuni prin bobină polară înfășurată în straturi:
i — început; s — sfârșit.

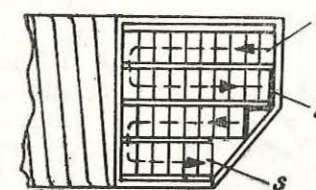


Fig. 6.33. Secțiune prin bobină polară în galeți:
i — început; s — sfârșit; l — lipitură.

izolantă sau pe șabloane, forma în trepte obținîndu-se prin reducerea treptată a numărului de spire pe strat (fig. 6.32).

Bobinele în galeți se realizează din mai mulți galeți dubli, numiți *galeți jumelați*, înseriați între ei prin sudare sau lipire (fig. 6.33). Fiecare galeț este realizat prin îndoirea pe lat (pe lățimea mare a secțiunii dreptunghiulare) a conductorului și fără întreruperea lui între cele două jumătăți ale galețului. În general, conductorul este neizolat, izolația între spire fiind constituită din benzi izolante, introduse pe măsura depănării spirelor. Între galeți se introduc rame izolante. Bobinele din conductor dreptunghiular îndoit pe muchie (pe latura mică a secțiunii dreptunghiulare) se folosesc cînd numărul de spire este redus, și mai ales pentru bobine de comutație (fig. 6.34). Izolația între spire este constituită din benzi izolante sau distanțoare izolante.

Cele două ieșiri ale bobinei (începutul și sfârșitul bobinei) pot fi realizate cu cleme (v. fig. 6.32), cu cabluri lipite la capetele conductorului, sau cu capetele conductorului scoase în afara bobinei (v. fig. 6.34).

Bobinele polare pot fi izolate la exterior cu mai multe straturi de bandă izolantă, sau pot fi neizolate (numai strînse distanțat cu bandă de consolidare), urmînd ca polul să fie izolat, ca în figura 6.35. Miezul polului 1 este izolat cu mai multe straturi de material izolant 2. Bobina 4 este izolată față de piesa polară prin rama izolantă inferioară 3, iar față de carcasă prin rama izolantă superioară 5. Polul este strîns de carcasă cu șuruburile 6.



Fig. 6.34. Bobină de comutație din conductor dreptunghiular îndoit în muchie.

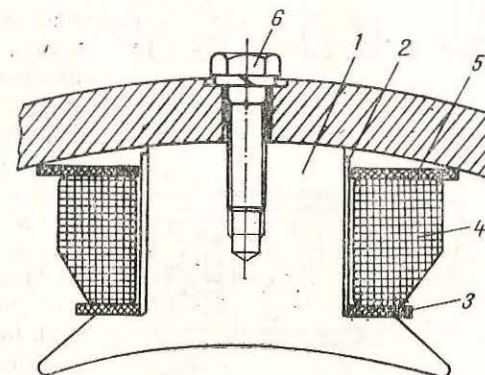


Fig. 6.35. Montarea bobinei polare la mașina de curent continuu.

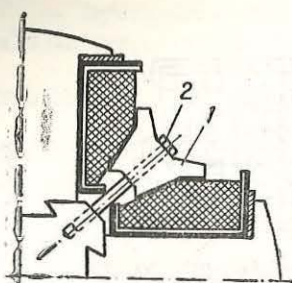


Fig. 6.36. Montarea bobinei polare la mașina sincronă.

La montarea bobinelor polare pe rotorul mașinii sincrone sistemul de izolare este similar. În plus, în acest caz bobinele se consolidează cu piesele de distanțare 1 strinse cu șuruburile 2, pentru a rezista forțelor centrifuge (fig. 6.36).

Bobinele montate pe poli se leagă electric între ele, formând înfășurarea de excitație sau de comutație. Cele două capete ale înfășurării sînt legate la două borne de pe placa de borne.

3. INFĂȘURĂRI REPARTIZATE

Înfășurările repartizate sînt realizate din bobine introduse în creștăturile miezului magnetic și legate electric între ele.

La o bobină se deosebesc:

— *laturile bobinei* — părțile rectilinii ale bobinei, care se introduc în creștături;

— *capetele de bobină* — părțile din bobină aflate în afara miezului magnetic.

Distanța periferică dintre punctele situate pe axele radiale a doi dinți consecutivi sau două creștături consecutive se numește *pas dentar*. Numărul de pași dentari care separă creștăturile în care sînt plasate cele două laturi ale bobinei se numește *pas de bobinaj*.

În funcție de conductorul utilizat și de procedeul tehnologic de fabricație, bobinele pentru înfășurări repartizate se clasifică în:

- bobine din conductor rotund izolat, numite și bobine moi;
- bobine din conductor dreptunghiular izolat;
- bobine din conductor dreptunghiular de secțiune mai mare, izolat sau neizolat, numite și bobine din bare.

Bobinele moi nu sînt izolate: ele se folosesc la bobinarea miezurilor cu creștături semiînchise (fig. 6.37, d, e), prin introducerea fir cu fir în creștătură, prin deschiderea acesteia.

Bobinele din conductor dreptunghiular și cele din bare pot fi prefabricate (numite și bobine rigide), cînd au forma definitivă înainte de a fi montate în creștături, sau pot fi parțial formate (numite și bobine semi-rigide), cînd părțile frontale și conexiunile se formează după montare. Ele se folosesc la bobinarea miezurilor cu creștături deschise (fig. 6.37, a, b, f) sau semideschise (fig. 6.37, c) sau cu creștături închise atunci cînd sînt introduse axial în creștături.

Bobinele din conductor dreptunghiular pot fi:

— *neizolate*. Spirele din conductor izolat, care formează bobina, sînt

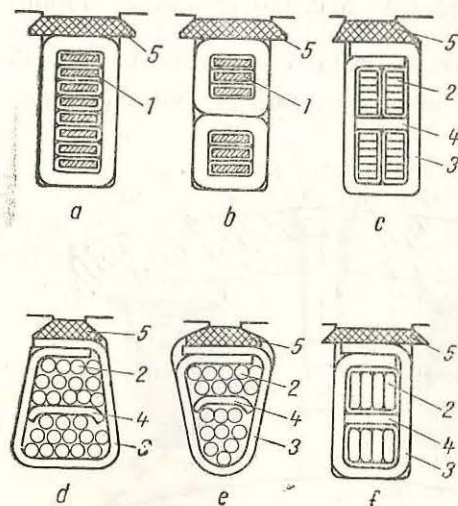


Fig. 6.37. Umplerea creștăturii și izolarea ei: 1 — bobină izolată; 2 — bobină neizolată; 3 — izolația creștăturii; 4 — izolația între straturi; 5 — pană.

strînse cu o bandă de consolidare, iar izolația față de pereții creștăturii va fi constituită dintr-o teacă izolantă introdusă în creștătură la bobinare și răsfîrîntă peste bobină în partea superioară;

— *cu izolație continuă*. Bobina este izolată la exterior cu bandă izolantă, continuu pe laturi și capetele de bobină, fără întreruperea izolației;

— *cu izolație discontinuă*. Fiecare latură este izolată cu cîte o teacă tare, obținută din folie izolantă (micafoliu) presată la cald, prin operația numită micanizare, iar capetele de bobină sînt izolate cu bandă.

După modul de introducere a bobinelor în creștături, înfășurările repartizate se împart în:

— *înfășurări într-un singur strat*, cînd pe toată înălțimea creștăturii există o singură latură de bobină (fig. 6.37, a);

— *înfășurări în două straturi*, la care într-o creștătură există două laturi de bobină, fiecare aparținînd unei alte bobine, o latură situată în stratul inferior (spre fundul creștăturii) și cealaltă în stratul superior (spre pana care închide creștătura), ca în figura 6.37, b, d, e, f.

Forma bobinelor și a înfășurărilor depinde de tipul mașinii electrice pentru care sînt utilizate.

Înfășurări pentru rotoarele mașinilor de curent continuu. Aceste înfășurări sînt formate din bobine egale, repartizate în creștături în două straturi și legate la colector.

În afară de elementele constructive arătate la paragraful C 1, spira și bobina, la înfășurările de curent continuu un element electric de bază este *secția*, formată din una sau mai multe spire și care este legată între două lamele ale colectorului. Prin urmare, o înfășurare de rotor de curent continuu este formată din mai multe bobine, fiecare bobină avînd una sau mai multe secții și fiecare secție fiind formată de una sau mai multe spire. Fiecare spiră poate fi realizată cu un conductor sau din mai multe conductoare legate în paralel. Pentru fiecare secție, bobina are cîte două capete de conductoare care urmează a fi lipite la colector.

După modul de legare a capetelor secțiilor la colector, înfășurările pot fi *buclate*, atunci cînd capetele secțiilor se leagă la două lamele alăturate sau apropiate, sau pot fi *ondulate*, atunci cînd capetele secțiilor se leagă la două lamele situate la aproape un dublu pas de bobinaj.

Bobinele moi (fig. 6.38) sînt neizolate, avînd numai buclele capetelor de bobină strînse cu banda de consolidare. Capetele de bobină și capetele de legătură nu sînt formate (sînt rectilinii), urmînd a fi formate în timpul bobinării. Pe capetele de legătură sînt introduse tuburi izolante colorate diferit, cu o culoare pentru fiecare secție.

Bobina din conductor dreptunghiular din figura 6.39 este parțial formată, avînd capetele de bobină curbate la forma definitivă, însă capetele de

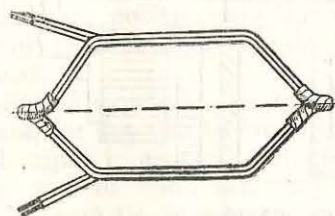


Fig. 6.38. Bobină moale din conductor rotund cu două secții.

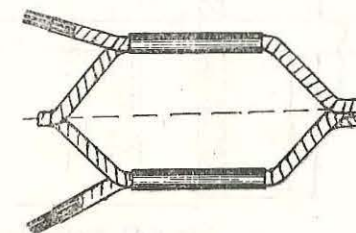


Fig. 6.39. Bobină din conductor dreptunghiular cu trei secții și cu mai multe spire pe secție.

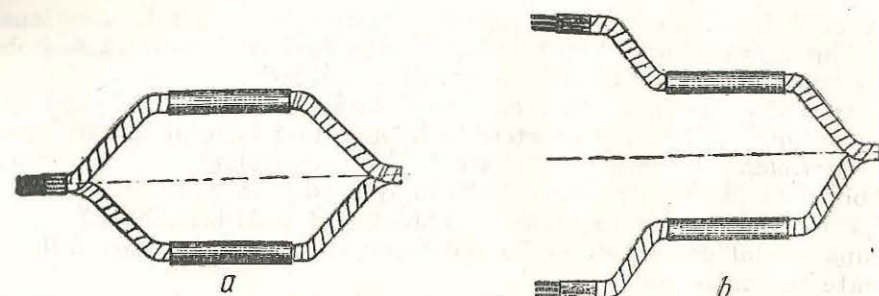


Fig. 6.40. Bobină din conductor dreptunghiular cu trei secții, fiecare având o singură spirală: a - pentru înfășurare buclată; b - pentru înfășurare ondulată.



Fig. 6.41. Semibobină: a - pentru înfășurare buclată; b - pentru înfășurare ondulată.

legătură la colector drepte, urmînd a fi formate în timpul bobinării. Bobina are două bucle la capătul de bobină opus colectorului, pentru a se scoate spre exterior capetele de legătură la colector.

Bobinele din conductor dreptunghiular (din bare) din figura 6.40 sînt preformate. Avînd o singură spirală pe secție, au buclă de întoarcere numai la capătul de bobină opus colectorului, iar după modul de formare a capetelor de legătură la colector se recunosc ușor bobinele pentru înfășurarea buclată (fig. 6.40, a) și cele pentru înfășurarea ondulată (fig. 6.40, b).

Înfășurările din bare se pot realiza și cu semibobine (fig. 6.41), care se inseriază cu mufe după montarea în creștături.

În figura 6.42 este indicat modul de montare și izolare a bobinelor pe miezul rotoric. În fiecare creștătură se găsesc două laturi a două bobine

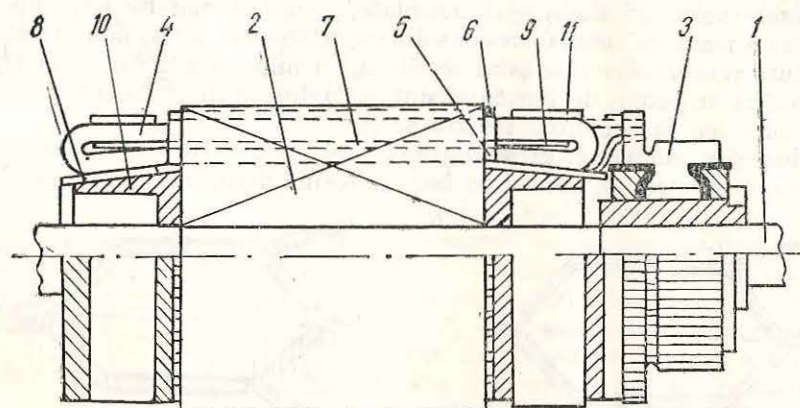


Fig. 6.42. Rotor de curent continuu bobinat:

1 - arbore; 2 - miez magnetic; 3 - colector; 4 - bobină; 5 - izolația creștăturii; 6 - pană; 7 - izolația între straturi; 8 - izolația suportilor de bobine; 9 - izolația între straturile capetelor de bobină; 10 - suport de bobinaj; 11 - bandaj.

diferite, izolate între ele prin izolația între straturi 7. O bobină are una dintre laturi situată în stratul inferior al unei creștături, iar cealaltă latură în stratul superior al unei creștături situată la un pas de bobinaj. Față de miezul magnetic, înfășurarea este izolată cu izolația de creștătură 5, iar față de suportii de bobinaj prin izolațiile 8. Înfășurarea este consolidată pentru a rezista forțelor centrifuge prin penele 6 și bandajele 11. Bandajele se realizează fie cu sîrmă de oțel de rezistență mare, fie cu bandă din fire de sticlă.

Înfășurări pentru statoarele mașinilor asinerone și sinerone și pentru rotoarele mașinilor asinerone cu rotorul bobinat. Aceste înfășurări sînt formate din bobine, repartizate în creștături într-un singur strat sau în două straturi. Fiecare bobină este constituită din mai multe spire, dintr-un singur conductor sau mai multe conductoare în paralel și are două capete pentru execuția legăturilor electrice (fig. 6.43).

Pentru a se evita legăturile prea numeroase, la bobinele moi se realizează înfășurarea din grupe de bobine, fiecare avînd mai multe bobine, fără întreruperea conductorului între bobine (fig. 6.44). De exemplu, o înfășurare monofazată este realizată din două sau mai multe grupe de bobine, fiecare cu mai multe bobine, fiecare bobină avînd mai multe spire. Grupele de bobine sînt legate între ele, astfel încît înfășurarea are două capete libere, care sînt legate la două borne de pe placa de borne. O înfășurare trifazată are trei astfel de înfășurări, deci are șase capete libere.

Forma bobinelor poate fi dreptunghiulară (fig. 6.44, a), hexagonală (fig. 6.44, b, e), trapezoidală (fig. 6.44, c, f) sau cu capete rotunde (fig. 6.44, d). Înfășurările pot fi realizate cu bobine concentrice (fig. 6.44, a, b, c), sau cu bobine egale (fig. 6.44, d, e, f).

Bobinele moi (fig. 6.44) sînt neizolate, iar bobinele din conductor dreptunghiular (v. fig. 6.43) sînt preformate și izolate. Înfășurările pot fi realizate și din semibobine (din bare) similare celor din figura 6.41.

La mașinile mari, bara este formată din mai multe conductoare dreptunghiulare în paralel, cu transpoziții pe porțiunea din creștătură, adică cu schimbarea poziției conductoarelor în cadrul pachetului de conductoare în paralel.

Forma capetelor de bobină ale înfășurărilor depinde de forma bobinelor și de tipul înfășurării (într-un singur strat sau în două straturi).

Înfășurările într-un singur strat, cu bobine dreptunghiulare concentrice, pot avea capetele de bobină:

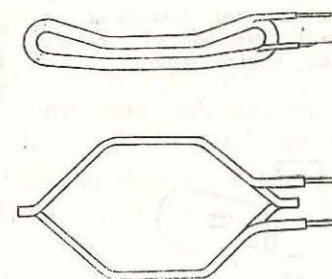


Fig. 6.43. Bobină din conductor dreptunghiular preformată.

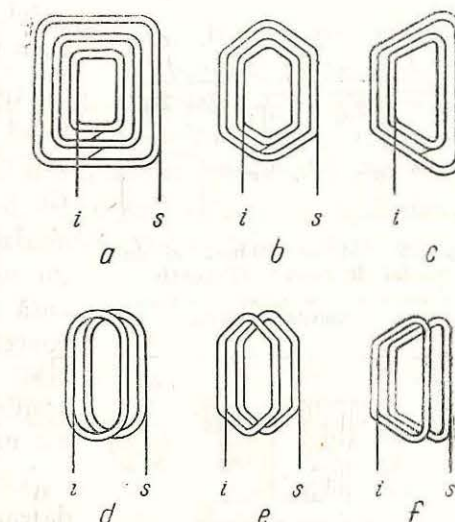


Fig. 6.44. Grupe de bobine: a, c - concentrice; d, e, f - egale.

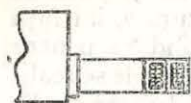


Fig. 6.45. Înfășurare într-un singur strat, din bobine concentrice, cu capete de bobină într-un singur etaj.

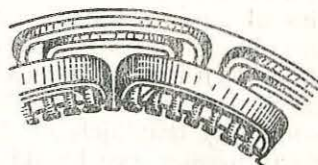


Fig. 6.46. Înfășurare într-un singur strat, din bobine concentrice, cu capete de bobină în două etaje.

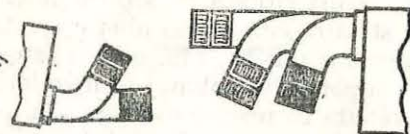


Fig. 6.47. Înfășurare într-un singur strat, cu capete de bobină în trei etaje.



Fig. 6.48. Înfășurare într-un singur strat, din bobine egale, cu capete de bobină în lanț.

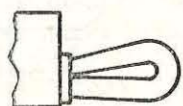


Fig. 6.49. Înfășurare în două straturi, din bobine egale, cu capete de bobină în coroană.

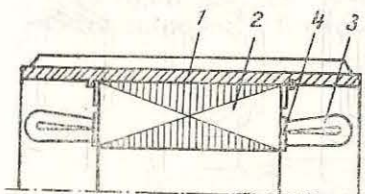


Fig. 6.50. Stator bobinat al unei mașini de curent alternativ:
1 - carcasă; 2 - miez; 3 - bobină;
4 - izolație creștătură.

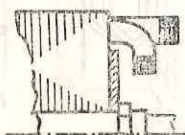


Fig. 6.51. Capetele de bobină în două etaje la o înfășurare rotorică.

— într-un singur etaj ca în figura 6.45 (numai la înfășurarea monofazată);

— în două etaje ca în figura 6.46, când capetele unor bobine sînt răsfrînte într-un al doilea plan pentru a face posibilă bobinarea;

— în trei etaje ca în figura 6.47, când capetele de bobină sînt situate în trei planuri.

Înfășurările într-un singur strat cu bobine trapezoidale au capetele de bobine în lanț, ca în figura 6.48.

Înfășurările în două straturi au capetele de bobină în coroană ca în figura 6.49.

În figura 6.50 este indicat modul de montare și izolare a bobinelor pe miezul stator al unei mașini de curent alternativ.

Înfășurările pentru rotoarele mașinilor asincrone cu rotorul bobinat se execută fie într-un singur strat cu bobine concentrice și capete de bobină în două etaje (fig. 6.51), fie în două straturi din semibobine (înfășurare în bare) înseriate cu mufe la ambele capete.

Capetele de bobină la rotoare se bandajează sau, uneori, la înfășurările într-un singur strat se consolidează de un inel de oțel.

Înfășurări de compensație pentru mașini de curent continuu.

Aceste înfășurări sînt repartizate în creștăturile prevăzute în piesele polare ale polilor principali, și se execută din bobine dreptunghiulare concentrice, într-un singur strat, cu capete de bobină într-un etaj, ca în figura 6.52. Bobina are o latură într-o creștătură a unei piese polare, iar cealaltă latură într-o creștătură a unei piese polare vecine.

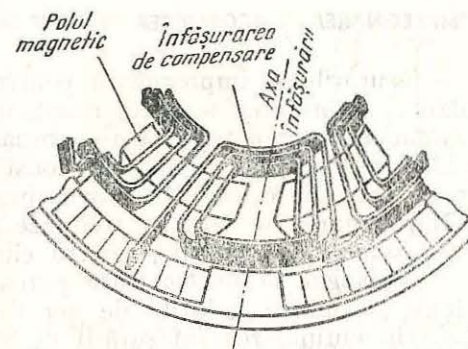


Fig. 6.52. Înfășurare de compensație.

4. ÎNFĂȘURĂRI ÎN SCURT-CIRCUIT

Aceste înfășurări, numite și *înfășurări în colivie de veveriță*, sau simplu — *în colivie*, sînt formate dintr-un număr de bare introduse în creștături, neizolate, și scurtcircuitate la capete printr-un inel (fig. 6.53).

Înfășurările în colivie pentru mașini asincrone în scurtcircuit pot fi:

— *colivie simplă*, realizată din bare rotunde de cupru (fig. 6.54, a) introduse axial în creștături și scurtcircuitate la ambele capete prin două inele, lipite sau sudate, formînd colivia;

— *colivia dublă*, realizată din două rînduri de bare rotunde, cele de la exterior din alamă și cele din interior din cupru (fig. 6.54, b);

— *colivie din bare înalte* din cupru sau aluminiu (fig. 6.54, c, d), introduse prin deschizătura creștăturii;

— *colivie turnată* din aluminiu (fig. 6.54, e, f), la care se realizează prin turnare barele, inelele de scurtcircuitare și eventual aripioare de răcire în părțile laterale ale inelelor de scurtcircuitare.

Înfășurările de amortizare la rotoarele mașinii sincrone se realizează din bare rotunde introduse axial în creștăturile din piesele polare și scurtcircuitate la capete prin lipire sau sudare, cu segmente de inele. Capetele segmentelor se scurtcircuitază cu segmentele vecine prin sudare sau cu șuruburi.

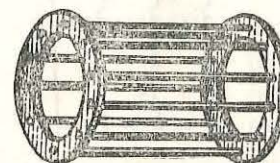


Fig. 6.53. Colivie de veveriță.

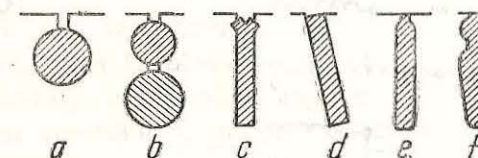


Fig. 6.54. Secțiuni prin barele coliviei:
a - colivie simplă; b - colivie dublă; c, d - colivie din bare înalte; e, f - colivie turnată.

5. IMPREGNAREA ȘI ACOPERIREA ÎNFĂȘURĂRILOR

Înfășurările se impregnează pentru a se îmbunătăți calitățile electroizolante, stabilitatea termică, rezistența mecanică, rezistența la umiditate și conductibilitatea termică a materialelor electroizolante. Pentru aceasta se folosesc lacuri de impregnare constituite în principal dintr-o rășină naturală sau sintetică, dizolvată într-un solvent.

Impregnarea se face în trei faze distincte:

- uscarea în cuptoare, pentru eliminarea umidității;
- impregnarea în lac, care pătrunde, în porii materialelor electroizolante și umple golurile de aer din înfășurare. Impregnarea se poate face prin cufundarea înfășurării în bazine cu lac, sau prin introducerea în autoclave în care se creează vid, inundarea în autoclavă cu lac sub vid, apoi crearea unei suprapresiuni în autoclavă pentru a pătrunde lacul în profunzime;

- uscarea în cuptoare a lacului pătruns în înfășurare. Prin aceasta se evaporă solventul, iar la unele tipuri de lacuri se produce și o modificare chimică (polimerizare) a rășinii.

După impregnare, înfășurările se acoperă cu un strat subțire și lucios de lac de acoperire, prin pulverizare sau cufundare. Acest strat asigură protecția înfășurării contra umidității, contra depunerilor de praf și contra diferiților agenți chimici (ulei, vaselină uzată etc.).

D. CONEXIUNILE ÎNFĂȘURĂRILOR, SEMNE CONVENȚIONALE ȘI MARCAREA BORNELOR LA MAȘINI ELECTRICE

1. CONEXIUNILE ÎNFĂȘURĂRILOR

În schemele electrice, o înfășurare este reprezentată convențional ca în figura 6.55, *a*. Două înfășurări ale unei mașini electrice, de exemplu, înfășurarea de excitație și înfășurarea rotorului, la o mașină de curent continuu pot fi legate în serie ca în figura 6.55, *b*, sau în paralel ca în figura 6.55, *c*.

O înfășurare trifazată este compusă din trei înfășurări. Acestea pot fi legate în stea sau în triunghi.

Legăturile pot fi executate la placa de borne, în care caz din înfășurare sînt scoase la placa de borne șase capete libere ale înfășurărilor, sau pot fi executate la înfășurare, în care caz sînt scoase la placa de borne numai trei capete libere.

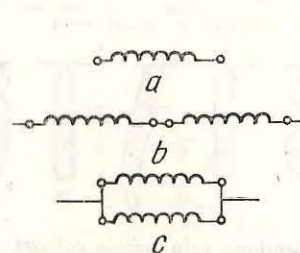


Fig. 6.55. Legarea în serie și în paralel a înfășurărilor.

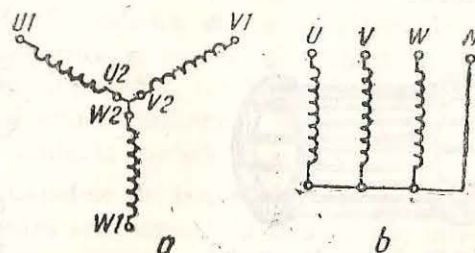


Fig. 6.56. Conexiunea stea.

La conexiunea în stea (fig. 6.56, *a*) trei capete ale înfășurărilor sînt legate la un punct comun numit *punct neutru* sau *de nul*, iar trei capete rămîn libere pentru conectare la rețeaua trifazată. Cînd conexiunea se execută la înfășurare, punctul neutru poate rămîne izolat, sau poate fi scos și el afară la placa de borne, ca în figura 6.56, *b*.

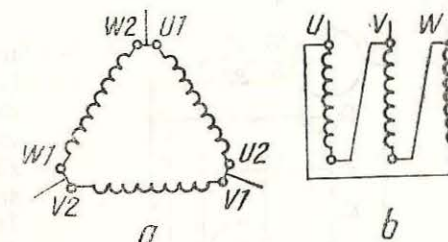


Fig. 6.57. Conexiunea triunghi.

La conexiunea triunghi (fig. 6.57, *a*) sfîrșitul primei înfășurări de fază este legat cu începutul celei de a doua înfășurări etc., formînd un circuit închis. În figura 6.57, *b* este indicat un alt mod de reprezentare a schemei conexiunii triunghi.

2. MARCAREA BORNELOR

Pentru a se putea executa legături electrice corecte la mașinile electrice, capetele libere ale înfășurărilor și bornele la care sînt legate se marchează cu litere mari și cifre, astfel:

La mașinile de curent continuu, marcarea se face cu:

- A_1, A_2 , pentru înfășurarea rotorului;
- B_1, B_2 , pentru înfășurarea de comutație;
- C_1, C_2 , pentru înfășurarea de compensație;
- D_1, D_2 , pentru înfășurarea de excitație legată în serie cu înfășurarea rotorului;
- E_1, E_2 , pentru înfășurarea de excitație legată în paralel cu înfășurarea rotorului;
- F_1, F_2 , pentru înfășurarea de excitație separată, adică alimentată de la o sursă separată.

La mașinile de curent alternativ monofazate fără colector:

- U_1, U_2 , pentru înfășurarea principală;
- Z_1, Z_2 , pentru înfășurarea auxiliară.

La mașinile de curent alternativ trifazate fără colector:

- U_1, U_2 ,
 - V_1, V_2 ,
 - W_1, W_2 ,
- } extremitățile celor trei înfășurări de fază;
- U, V, W — bornele conexiunii stea sau triunghi;
 - N — borna pentru nulul scos la placa de borne;
 - F_1, F_2 — înfășurarea de excitație a mașinilor sincrone;
 - K, L, M — bornele înfășurării rotorului la mașini asincrone cu inele.

Bornele se marchează ca și extremitatea înfășurării care este legată la ea.

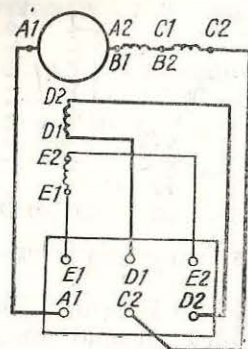


Fig. 6.58. Schema unei mașini de curent continuu.

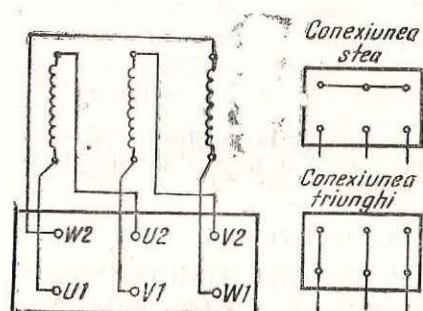


Fig. 6.59. Legarea în stea sau în triunghi la placa de borne, a înfășurării trifazate.

În figura 6.58 este reprezentată schema înfășurărilor și a plăcii de borne la o mașină de curent continuu și modul de conectare a bornelor pentru ca mașina să funcționeze ca motor cu sensul de rotație orar (sensul acelor de ceasornic) văzut dinspre capătul de arbore. Înfășurările rotorului, de comutație și de compensație, sînt înseriate în interior, astfel încît la borne sînt scoase două extremități, bornele respective marcîndu-se conform acestor extremități.

În figura 6.59 este reprezentată schema unei înfășurări trifazate cu șase capete scoase la placa de borne și modul de conectare a bornelor pentru realizarea conexiunii stea sau conexiunii triunghi.

3. SEMNE CONVENȚIONALE

Pe plăcuța indicatoare a mașinii se folosesc următoarele semne convenționale pentru a indica:

— felul curentului

— pentru curent continuu,

1 ~ pentru curent alternativ monofazat,

3 ~ pentru curent alternativ trifazat,

~ pentru curent continuu și alternativ;

— modul de lucru

M pentru motor (MS la motorul sincron),

G pentru generator (GS la generatorul sincron),

— modul de conectare a excitației la mașina de curent continuu

I pentru excitație separată (independentă),

D pentru excitație derivație (conectată în paralel cu înfășurarea rotorului),

S pentru excitație serie,

C pentru excitație compusă (mixtă), cînd mașina are o înfășurare de excitație legată în serie cu rotorul și o a doua înfășurare de excitație legată în paralel cu rotorul;

— conexiunea înfășurării statorului la mașini de curent alternativ

I monofazat,

T monofazat cu înfășurare auxiliară,

III trifazat cu înfășurare de fază separate,

Δ trifazat în triunghi,

Y trifazat în stea,

Λ trifazat în stea cu neutrul scos.

În tabelul 6.3 sînt indicate semnele convenționale utilizate în schemele electrice, pentru mașini electrice rotative.

Tabelul 6.3

Semne convenționale pentru mașini electrice rotative

Tipul mașinii	Semnul convențional
Mașină de curent continuu, generator (G) sau motor (M)	cu magneți permanenți
	cu excitație separată
	cu excitație derivație
	cu excitație serie
	cu excitație mixtă
Mașină sincronă generator (GS) sau motor (MS)	cu magneți permanenți monofazat
	cu excitație separată monofazat

Tabelul 6.3 (continuare)

Tipul mașinii	Semnul convențional
trifazat, conexiune stea	
trifazat, conexiune stea cu neutrul scos la placa de borne	
trifazat cu șase borne de ieșire	
trifazat, cu rotorul în scurtcircuit, înfășurarea statorului legată în triunghi (Δ) sau în stea (Y)	
trifazat, cu rotorul în scurtcircuit, cu șase borne de ieșire ale înfășurării statorului	
Motoare asincrone trifazat, cu rotor bobinat	
monofazat	
monofazat, cu borne de ieșire pentru faza auxiliară	
Motoare de curent alternativ cu colector	
monofazat, cu excitație serie	

E. ROLUL ȘI CLASIFICAREA TRANSFORMATOARELOR ELECTRICE

1. ROLUL TRANSFORMATOARELOR ELECTRICE

Transformatorul electric este un aparat electromagnetic constituit din două sau mai multe înfășurări imobile, între care are loc un transfer de energie electrică și care modifică parametrii puterii electromagnetice transferate de la o rețea primară de curent alternativ la o rețea secundară tot de curent alternativ.

În procesul de producere, transport și distribuție a energiei electrice se folosesc tensiuni optime din punct de vedere tehnic și economic. Astfel, se folosesc tensiuni medii la generatoarele din centralele electrice, tensiuni înalte pe liniile de transport și tensiuni joase pentru distribuția energiei electrice la consumatori.

Transformatorul are rolul de a transforma parametrii energiei electrice de curent alternativ (tensiunea, intensitatea curentului și uneori numărul de faze) după necesități.

2. CLASIFICAREA TRANSFORMATOARELOR ELECTRICE

După domeniul de utilizare, transformatoarele se pot clasifica în:

— transformatoare de putere, pentru rețelele de transport și distribuție a energiei electrice;

— transformatoare cu destinație specială, pentru rețele cu condiții deosebite de funcționare, de exemplu, pentru rețele și instalații subterane miniere, navale etc.;

— transformatoare de construcție specială, de exemplu, pentru redresoare, pentru cuptoare electrice, pentru sudare etc.;

— transformatoare de măsură, pentru conectarea indirectă a aparatelor de măsură a tensiunilor și curenților mari;

— transformatoare de putere mică, cum sînt transformatoarele de siguranță, de izolare, de separare, de comandă, de alimentare etc.

După numărul de faze, transformatoarele se clasifică în:

— monofazate;

— polifazate (între acestea, transformatoarele trifazate sînt cele mai utilizate).

După modul de răcire, transformatoarele se clasifică în:

— transformatoare uscate, a căror parte activă se află într-un dielectric solid (rășină, nisip) sau sînt răcite cu un gaz. Cînd gazul de răcire este aerul, se numesc transformatoare în aer, răcirea făcîndu-se fie prin circulația naturală a aerului, fie prin circulație forțată cu un ventilator;

— transformatoare în ulei, care sînt cele mai utilizate. Partea activă a transformatorului (miezul și înfășurările) este cufundată în ulei special de transformator, într-o cutie de tablă prevăzută la exterior cu elemente de răcire (ondule, țevi sau radiatoare). Uleiul are rol de izolant electric și de agent de răcire, transportînd căldura de la partea activă la elementele de răcire. Circulația uleiului poate fi naturală (datorită diferenței de densitate a uleiului rece de la fundul cuvei față de uleiul cald din partea superioară) sau forțată, cu ajutorul unei pompe. Răcirea suprafeței exte-

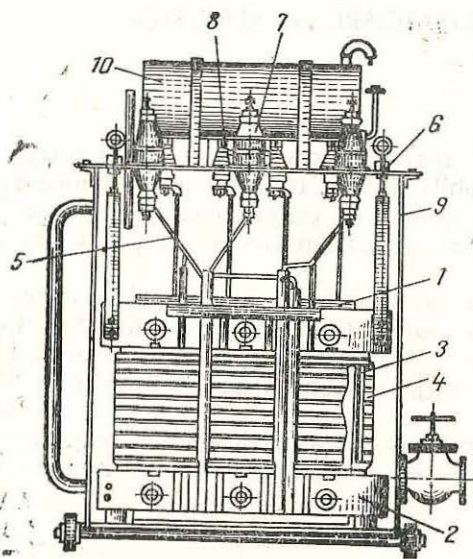


Fig. 6.60. Părțile componente principale ale transformatorului trifazat în ulei:
1 - circuit magnetic; 2 - grinzile schelei; 3 - înfășurarea de joasă tensiune; 4 - înfășurarea de înaltă tensiune; 5 - conexiuni; 6 - capac; 7 - borne de joasă tensiune; 8 - borne de înaltă tensiune; 9 - cuvă; 10 - conservatorul de ulei.

joasă tensiune și înfășurarea de înaltă tensiune);
— *schela* (ansamblul de piese, în principal grinzile de presare a jugurilor) care consolidează circuitul magnetic și strânge axial înfășurările;
— *cuva* din tablă de oțel, prevăzută la exterior cu dispozitive de răcire (ondule, țevi, radiatoare etc.) și care este umplută cu ulei de transformator;
— *comutatorul de prize*, cu ajutorul căruia se reglează tensiunea transformatorului;
— *conexiunile* de la înfășurări la comutator și borne;
— *capacul*, care închide etanș cuva și pe care sunt montate bornele;
— *conservatorul de ulei*, care comunică printr-o conductă cu cuva și este parțial umplut cu ulei, astfel încât preia variațiile de nivel ale uleiului ce au loc atunci când variază temperatura uleiului;
— *alte organe anexă*, cum sunt: filtrul de aer, releul de gaze, termometrul etc.

4. CARACTERISTICI NOMINALE

Transformatorul este caracterizat în principal prin următoarele mărimi nominale:

- puterea nominală, măsurată în kilovoltamperi [kVA];
- tensiunile nominale ale înfășurărilor, măsurate în volți [V] sau kilovolți [kV];
- curenții nominali ai înfășurărilor, măsuși în amperi [A];
- frecvența nominală, măsurată în herți [Hz];
- durata de acționare relativă, în procente.

rioare a elementelor de răcire poate fi cu circulație naturală a aerului, cu circulație forțată prin sulfare cu aer, sau cu apă.

Protecția contra atingerilor accidentale, pătrunderii corpurilor străine în interior și protecția contra pătrunderii apei sunt simbolizate la fel ca la motoare, tipurile de protecție cele mai utilizate fiind: IP00, IP20, IP30, IP43, IP44, IP45.

3. PĂRȚILE COMPONENTE PRINCIPALE ALE TRANSFORMATORULUI

Domeniile de utilizare și modulele de răcire fiind foarte diferite și tipurile constructive sunt numeroase.

La transformatorul de putere trifazat în ulei, care este tipul cel mai utilizat, părțile componente principale sunt (fig. 6.60):

— *circuitul magnetic*;

— *înfășurările* (înfășurarea de

Fiecare transformator are fixată la exterior o *plăcuță indicatoare* în care sunt inscripționate în principal:

- întreprinderea producătoare și tipul transformatorului;
- mărimile nominale;
- numărul de faze;
- modul de răcire;
- conexiunea.

În țara noastră se execută toată gama de transformatoare de putere de la 10 kVA la 400 000 kVA, transformatoare mici cu puteri de la 16 VA la 10 kVA, transformatoare de măsură etc.

F. CIRCUITE MAGNETICE (MIEZURI MAGNETICE) PENTRU TRANSFORMATOARE

1. CLASIFICARE, MATERIALE UTILIZATE

Circuitele magnetice pentru transformatoare sunt pentru flux variabil și se execută din tablă de oțel electrotehnic laminată la cald sau laminată la rece.

Tabla laminată la cald este bogat aliată cu siliciu (până la 4%), are grosimea de 0,35 sau 0,5 mm și se izolează pe ambele fețe cu lac.

Construcțiile moderne de transformatoare utilizează tablă laminată la rece; deoarece la transformatoare direcția liniilor de câmp nu se schimbă, se poate utiliza tabla cu cristale orientate, care are proprietăți magnetice mult superioare, atunci când direcția liniilor de câmp coincide cu direcția de laminare a tablei. Trebuie menționat că în direcția perpendiculară pe direcția de laminare, tabla laminată la rece cu cristale orientate are proprietăți mai slabe decât tabla laminată la cald, și, de aceea, construcția miezurilor diferă după calitatea de tablă utilizată.

Tabla laminată la rece cu cristale orientate are grosimea de 0,3—0,35 mm și este izolată pe ambele fețe cu straturi de oxizi sau material ceramic numit *carlit*, rezistent la temperatura de 800°C.

După numărul de faze ale transformatorului, circuitele magnetice se clasifică în *monofazate* (fig. 6.61) și *trifazate* (fig. 6.62).

La un circuit magnetic se deosebesc următoarele părți:

— *coloanele* — părțile din circuitul magnetic pe care sau în jurul cărora sunt dispuse înfășurările;

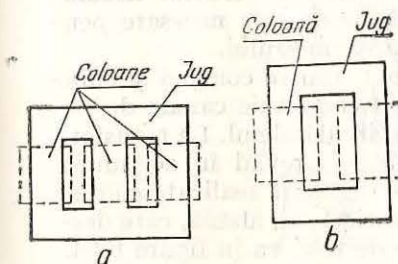


Fig. 6.61. Schema circuitului magnetic monofazat:
a - în manta; b - cu coloane.

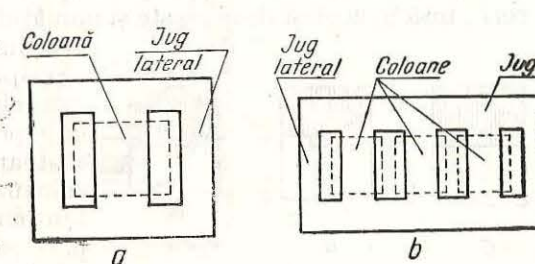


Fig. 6.62. Schema circuitului magnetic trifazat:
a - cu coloane; b - cu coloane și în manta.

— *jugurile* — părțile din circuitul magnetic care nu au înfășurări și care servesc la închiderea circuitului magnetic. Când jugul leagă cele două capete ale unei coloane, se numește *jug lateral*.

Tipurile constructive principale de circuite magnetice sînt:

— *circuit magnetic în manta*, la care ambele capete ale unei coloane sînt legate cu două juguri laterale (fig. 6.61, a);

— *circuit magnetic cu coloane*, la care jugurile unesc capetele diferitelor coloane și nu există juguri laterale (fig. 6.61, b și 6.62, a);

— *circuit magnetic cu coloane și în manta*, la care unele coloane au câte un jug lateral (fig. 6.62, b).

În schemele din figurile 6.61 și 6.62 s-au indicat cu linie întreruptă locurile unde se montează înfășurările.

2. CONSTRUCȚIA CIRCUITELOR MAGNETICE PENTRU TRANSFORMATORE

Forma secțiunii coloanelor este diferită după tipul și puterea transformatorului. La transformatoarele mici, secțiunea prin coloană este dreptunghiulară (fig. 6.63, a), în care caz și bobinele ce se introduc pe coloană sînt dreptunghiulare. La transformatoarele mai mari, bobinele se constru-

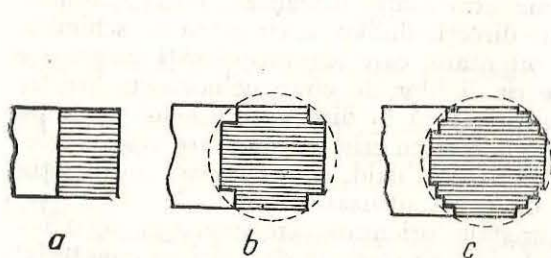


Fig. 6.63. Secțiune prin coloană:
a — dreptunghiulară; b — cu o treaptă; c — cu trei trepte.

iesc numai cilindric și ca urmare, secțiunea prin coloană se construiește în trepte (fig. 6.63, b și c). Cu cît numărul treptelor este mai mare, cu atît și secțiunea de fier este mai mare pentru același diametru al cercului circumscris, însă în același timp crește și numărul de formate de tole necesare pentru împachetarea miezului.

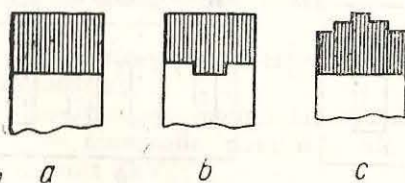


Fig. 6.65. Secțiune prin jug:
a — dreptunghiular; b — cu o treaptă la interior;
c — cu două trepte la exterior.

Spațiile goale dintre coloană și cilindrul circumscris constituie canale de răcire prin care circulă uleiul. La transformatoarele mari se prevăd în secțiunea coloanei canale de răcire realizate cu distanțoare de straticel sau alamă, care despart pachetele de tole, ca în figura 6.64.

Jugurile au secțiunea dreptunghiulară sau au una sau două trepte la interior sau la exteriorul miezului (fig. 6.65).

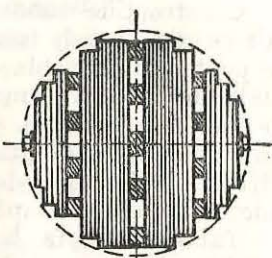


Fig. 6.64. Secțiune prin coloană cu canale de răcire.

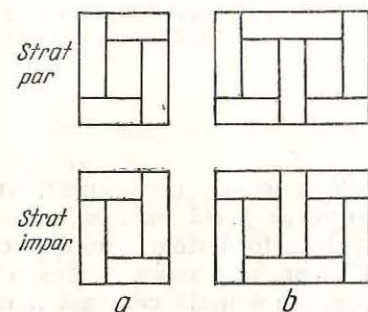


Fig. 6.66. Țeserea miezurilor din tablă laminată la cald cu joncțiuni drepte:

a — monofazat; b — trifazat.

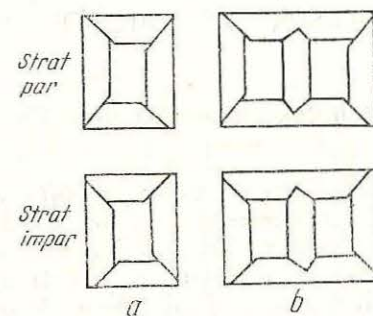


Fig. 6.67. Țeserea miezurilor din tablă laminată la rece cu joncțiuni oblice:

a — monofazat; b — trifazat.

În afară de circuitele magnetice pentru transformatoarele mici, care fac obiectul subcapitolului I, la transformatoarele mai mari circuitele magnetice se realizează din tole dreptunghiulare împachetate țesut, alternînd dispunerea joncțiunilor între tole. Țeserea se realizează alternîndu-se straturi de 2—3 rînduri de tole, dispuse ca în figura 6.66.

La circuitele magnetice din tablă laminată la rece cu cristale orientate, pentru ca direcția de laminare a tablei să coincidă cît mai mult cu direcția liniilor de cîmp, împachetarea se realizează cu joncțiuni oblice la 30° sau 45° ca în figura 6.67.

Consolidarea miezurilor se realizează prin strîngere cu bandă de bum-bac, prin lipire sau cu șuruburi. Jugurile se strîng de grinzile schelei (fig. 6.68). Atît grinzile schelei cît și șuruburile de strîngere sînt izolate față de miez.

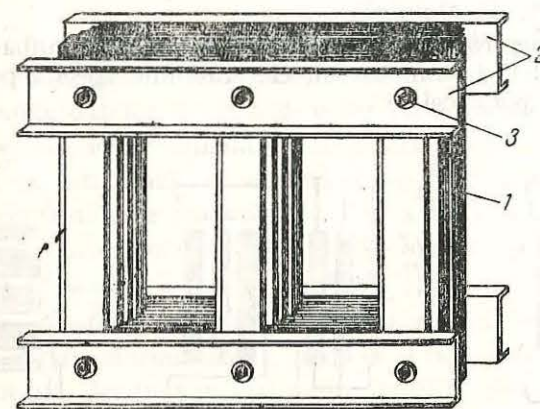


Fig. 6.68. Circuit magnetic strîns cu șuruburi și grinzi metalice:

1 — miez; 2 — grinzi; 3 — șuruburi.

G. ÎNFĂȘURĂRILE TRANSFORMATOARELOR

1. CLASIFICARE. MATERIALE UTILIZATE

Transformatorul are o *înfășurare de înaltă tensiune*, corespunzătoare tensiunii nominale celei mai mari, și o *înfășurare de joasă tensiune*, corespunzătoare tensiunii celei mai mici. Există transformatoare numite cu trei înfășurări, care au o a treia *înfășurare de medie tensiune*, corespunzătoare unei tensiuni intermediare între tensiunea nominală cea mai mare și cea mai mică.

Fiecare înfășurare este formată din una sau mai multe *bobine* legate între ele (în serie sau în paralel), fiecare bobină având mai multe *spire*.

La transformatoarele trifazate, fiecare înfășurare (de înaltă tensiune sau de joasă tensiune) este formată din trei înfășurări de fază, iar pe o coloană sînt montate cîte o înfășurare de fază de înaltă tensiune și una de joasă tensiune.

Așezarea înfășurărilor pe coloana circuitului magnetic se poate face:

- *concentric*, atunci cînd înfășurarea de joasă tensiune este așezată la interior lîngă miez, deoarece este mai ușor de izolat față de acesta, iar înfășurarea de înaltă tensiune, care are aceeași înălțime, este montată la exterior (fig. 6.69, a);

- *biconcentric*, atunci cînd una dintre înfășurări este divizată în două părți (fig. 6.69, b);

- *alternat*, atunci cînd bobinele înfășurării de înaltă tensiune și de joasă tensiune sînt montate alternativ pe coloană (fig. 6.69, c).

La transformatoarele uscate se utilizează aceleași materiale (conductoare și materiale electroizolante) ca la mașinile electrice rotative, avînd clasa de izolație B sau F.

La transformatoarele în ulei, clasa de izolație este clasa A, limitată de clasa de izolație a uleiului de transformator. Se folosesc conductoare izolate cu mai multe straturi de hîrtie, de cupru sau, la transformatoare pînă la 1 600 kVA, de aluminiu.

Ca materiale electroizolante se folosesc benzi de bumbac, mătase, hîrtie cu grosime sub 0,1 mm, carton electrotehnic special pentru transformatoare în ulei, straticel etc.

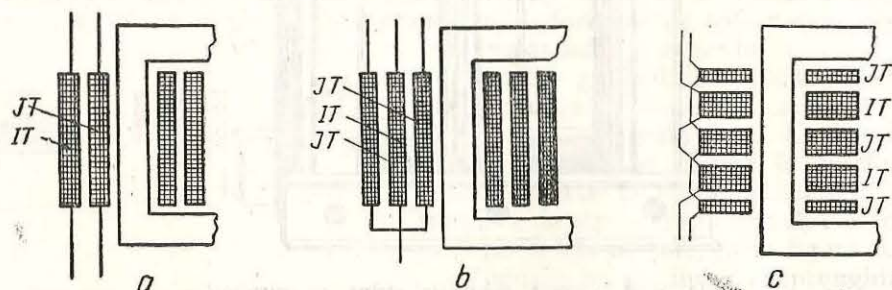


Fig. 6.69. Dispunerea înfășurărilor pe coloană:
a — concentric; b — biconcentric; c — alternat.

2. TIPURI DE ÎNFĂȘURĂRI PENTRU TRANSFORMATORE

Principalele tipuri de înfășurări pentru transformatoare sînt:

- *Înfășurare cilindrică*, folosită pe partea de joasă tensiune la transformatoare de putere mică. Se execută din conductor dreptunghiular, îndoit pe lat sau pe muchie, sub forma unei elice cu spirele lipite între ele. Înfășurarea poate fi executată într-un singur strat, ca în figura 6.70, a, avînd ieșirile situate la cele două capete opuse ale înfășurării (numită și *înfășurare cilindrică simplă*), sau în două straturi, ca în figura 6.70, b, cînd ieșirile sînt situate în aceeași parte a înfășurării.

La capetele înfășurării se așază inele de egalizare din material electroizolant pentru a realiza planuri frontale perpendiculare pe axa înfășurării. Pentru curenți mai mari, bobinele cilindrice se execută din mai multe conductoare în paralel.

- *Înfășurare elicoidală (spirală)*, folosită la transformatoare de putere mai mare în locul înfășurării cilindrice. Cînd numărul de conductoare în paralel al unei înfășurări cilindrice este mai mare, uneori pînă la 20, grosimea spirei este relativ mare, și, pentru a se îmbunătăți răcirea, spirele înfășurării cilindrice sînt distanțate între ele, pentru a permite circulația uleiului între ele. În acest fel, înfășurarea are spirele dispuse după o elice și se numește *înfășurare elicoidală*. Fiecare spiră este formată din mai multe conductoare în paralel, izolate între ele și îndoite pe lat, ca în figura 6.71, a.

Folosindu-se mai multe conductoare în paralel, atît la înfășurările cilindrice cît mai ales la cele elicoidale, se schimbă din loc în loc ordinea de așezare a conductoarelor în paralel, prin așa-numitele *transpoziții*, dispuse uniform pe axa longitudinală a înfășurării ca în schema din figura 6.71, b. Uneori se utilizează o schemă simplificată, folosindu-se cîteva transpoziții concentrate; de exemplu, în figura 6.72, o transpoziție generală, în care își schimbă poziția toate conductoarele, și două transpoziții grupate, în care se schimbă poziția a două grupe de conductoare.

- *Înfășurare cilindrică în straturi (stratificată)*, folosită pe partea de înaltă tensiune la transformatoarele pînă la 1 600 kVA. Ele se execută din conductor rotund, depănat în mai multe straturi, direct pe un cilindru izolant sau pe pene distanțoare (fig. 6.73).

- *Înfășurare în bobine*, în mai multe straturi (înfășurări secționare), olosită în locul celei stratificate, cînd grosimea înfășurării împiedică răcirea.

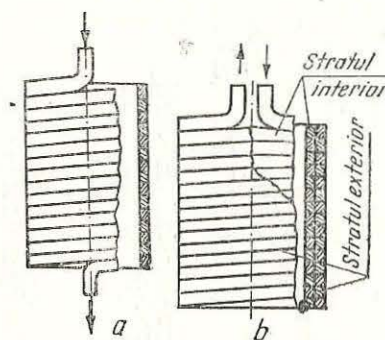


Fig. 6.70. Înfășurare cilindrică:
a — simplă; b — în două straturi.

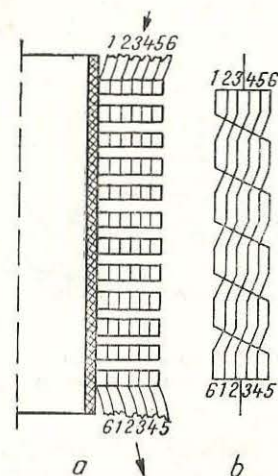


Fig. 6.71. Înfășurare elico-
idală cu 12 spire cu 6
conductoare în paralel:
a - secțiune prin înfășurare;
b - schema transpozițiilor uni-
form distribuite.

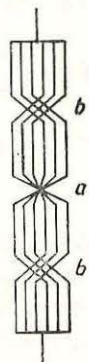


Fig. 6.72. Sche-
ma transpozițiilor
concentrate:
a - transpoziție ge-
nerală; b - trans-
poziții grupate.

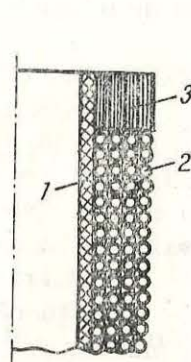


Fig. 6.73. Înfășurarea cilindrică
în straturi:
1 - cilindru izolanț;
2 - izolație între
straturi; 3 - izola-
ție la capăt.

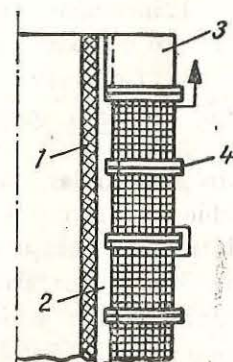


Fig. 6.74. Înfășurarea
în bobine:
1 - cilindru izolanț; 2 - dis-
tanțoare axiale; 3 - izola-
ție de capăt; 4 - distan-
țoare radiale.

Ea este formată din mai multe bobine, separate între ele prin distanțoare, depănate de regulă fără întreruperea conductorului (fig. 6.74).

— *Înfășurarea în galeți*, formată din mai mulți galeți dubli sau jume-
lați, din conductor dreptunghiular îndoit pe lat, legați între ei. Galețul ju-
melat este format din doi galeți simpli, inseriați la interior fără întreruperea
conductorului, ambele ieșiri ale galețului găsindu-se la exterior (fig. 6.75).

— *Înfășurare continuă*, folosită în locul înfășurării în galeți, pentru
a se evita prea multe legături între galeți. Ea este formată dintr-un număr
par de galeți din conductor dreptunghiular îndoit pe lat și depănat fără
întreruperea conductorului (fig. 6.76), astfel încât ambele ieșiri din înfășu-
rări sînt la exterior. Galeții sînt separați prin distanțoare, pentru a per-
mite circulația uleiului.

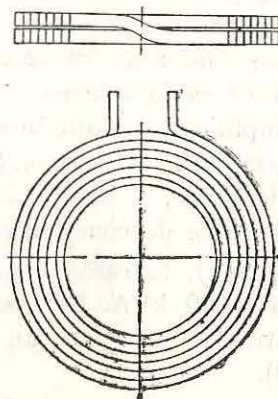


Fig. 6.75. Galeț jumelat.

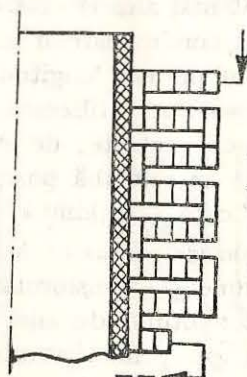


Fig. 6.76. Secțiune prin
înfășurare continuă.

3. IZOLAREA ȘI MONTAREA ÎNFĂȘURĂRILOR

La montarea înfășurărilor pe coloanele
circuitului magnetic se iau măsuri pentru
consolidarea și izolarea înfășurărilor (fig. 6.77).

Izolația față de coloană și izolația între
înfășurări este constituită din cilindri izolanți
din straticel, consolidarea realizându-se cu
pene cilindrice de lemn față de miez și din
distanțoare axiale între înfășurări. Față de
jug și grinzile schelei se utilizează inele izo-
lante și izolații de egalizare. Între faze sînt
prevăzute paravane izolante.

Pentru a se realiza reglarea tensiunii, din
înfășurarea de înaltă tensiune se scot prize,
de regulă de la mijlocul înfășurării, care se
leagă la comutator.

Uneori înfășurarea de înaltă tensiune are
bobine izolate în mod special așezate în veci-
nătatea bornelor de linie, numite *bobine de*
intrare ale înfășurării, și un ecran electrosta-
tic format dintr-un inel metalic neînchis, le-
gat la prima spiră, numit *inel capacitiv* al
înfășurării.

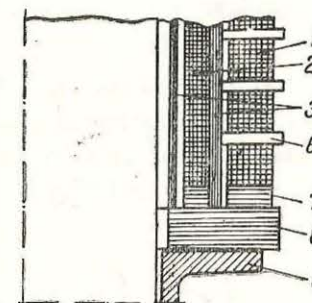


Fig. 6.77. Izolarea înfășurărilor:
1 - înfășurare de înaltă tensiune; 2 - în-
fășurare de joasă tensiune; 3 - cilin-
dru izolanț; 4 - pană; 5 - distan-
țoare axiale; 6 - distanțoare radiale;
7 - inele izolante; 8 - izolație de ega-
lizare; 9 - grinda schelei.

H. MARCAREA BORNELOR, CONEXIUNILE TRANSFORMATOARELOR ȘI SEMNE CONVENȚIONALE

1. MARCAREA BORNELOR

Extremitățile înfășurărilor și bornele transformatoarelor se marchează
cu litere mari pentru înfășurarea cu tensiunea cea mai mare și cu literă
mică pentru înfășurarea cu tensiunea cea mai mică.

Pentru începuturile înfășurărilor se folosesc literele de la începutul
alfabetului: A, B, C, respectiv a, b, c, iar
pentru sfârșitul înfășurărilor, literele de la
sfârșitul alfabetului: X, Y, Z, respectiv
x, y, z.

Pentru neutrul care este scos pe capac
se folosesc literele N, respectiv n.

Așezarea bornelor pe capacul transfor-
matorului trifazat se face astfel, încît suc-
cesiunea literelor să fie de la stînga la
dreapta privind dinspre partea de înaltă
tensiune (fig. 6.78).

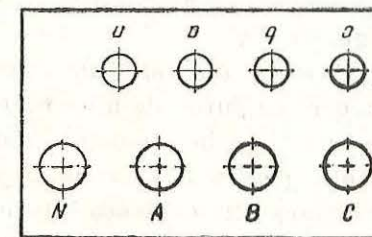


Fig. 6.78. Așezarea bornelor pe ca-
pacul unui transformator trifazat.

2. CONEXIUNILE TRANSFORMATOARELOR TRIFAZATE

Înfășurările de fază ale înfășurării de înaltă tensiune și ale celei de joasă tensiune, la un transformator trifazat, pot fi legate ca și la mașinile electrice rotative în stea sau în triunghi. În afară de aceasta, la transformatoare se mai folosește la înfășurarea de joasă tensiune conexiunea zigzag. La această

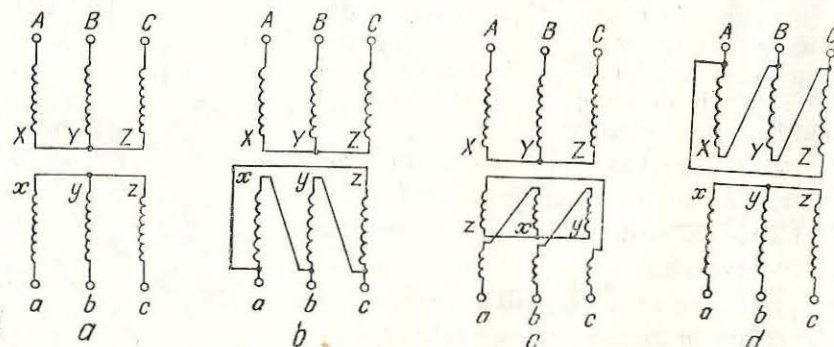


Fig. 6.79. Conexiunile transformatoarelor:
a - stea-stea; b - stea-triunghi; c - stea-zigzag; d - triunghi-stea.

conexiune, fiecare înfășurare de fază este împărțită în două. O jumătate este montată pe o coloană, iar cealaltă jumătate pe altă coloană.

Prin urmare, înfășurarea de înaltă tensiune poate fi legată în stea sau în triunghi, iar înfășurarea de joasă tensiune poate fi legată în stea, în triunghi sau în zigzag. Din combaterea acestor posibilități rezultă mai multe conexiuni, din care cele mai utilizate sînt: stea-stea, stea-triunghi, stea-zigzag, triunghi-stea (fig. 6.79).

3. SEMNE CONVENȚIONALE

În schemele electrice se utilizează două categorii de semne convenționale: detaliate și simplificate.

Semnele convenționale detaliate sînt identice cu schemele arătate în figura 6.79.

Semnele convenționale simplificate sînt utilizate în schemele monofilare în care cablurile de alimentare sînt reprezentate printr-o singură linie, intersectată oblic cu două liniuțe pentru alimentare monofazată și cu trei liniuțe pentru alimentare trifazată. Cele două înfășurări (monofazate sau trifazate) sînt simbolizate prin două cercuri care se întretaie, iar în interiorul acestor cercuri este indicată conexiunea înfășurării respective (tab. 6.4).

Materiale de presare termorigide și termoplaste

Denumirea transformatorului	Semnul convențional	
	detaliat	simplificat
Transformator monofazat		
Transformator trifazat avînd conexiunea stea-triunghi și cu neutrul scos de la stea		
Transformator trifazat avînd conexiunea stea-zigzag, cu neutrul scos de la zigzag		

I. TRANSFORMATORE MICI

1. TIPURILE ȘI CARACTERISTICILE TRANSFORMATOARELOR MICI

Această grupă cuprinde transformatoarele uscate, monofazate și trifazate cu puteri nominale între 16 VA și 10 kVA. Printre acestea, cele mai importante tipuri sînt:

— transformatorul de separare, care alimentează un singur consumator cu o tensiune avînd valoarea aproximativ egală cu cea a tensiunii rețelei și realizînd ca măsură de protecție separarea electrică a consumatorului de rețea;

— transformatorul de comandă, care are o înfășurare primară și una sau mai multe înfășurări secundare, separate între ele, destinat alimentării circuitelor de comandă ale instalațiilor electrice de automatizare și care realizează separarea electrică a circuitelor de comandă față de rețea

— transformatorul de alimentare, destinat racordării la rețea a receptoarelor, amplificatoarelor, aparatelor de telecomunicație, redresoarelor etc. El are una sau mai multe înfășurări secundare, dintre care una poate fi pentru o tensiune mai mare decât cea a rețelei;

— transformatorul de izolare, folosit pentru transmisia de energie între rețea și un aparat având potențiale foarte diferite, tensiunea de izolare fiind determinată nu numai de tensiunea nominală a transformatorului (de exemplu, transformator pentru tuburi Röntgen);

— transformatoare de siguranță, pentru racordarea la rețea a unor consumatori mici (unelte de mână, lămpi portabile, aparate medicale etc.) cu o tensiune joasă, ca măsură împotriva tensiunii de atingere periculoase. La transformatoarele monofazate tensiunea secundară nu depășește 50V, iar la transformatoarele trifazate 34 V (între fază și nul).

Din punctul de vedere al protecției împotriva tensiunilor de atingere periculoase, transformatoarele mici se clasifică în:

— transformatoarele de clasa I de protecție, care au cel puțin o izolație funcțională (izolația între înfășurări și între înfășurări și miez), o bornă pentru legarea la nulul de protecție și o bornă pentru legarea la pământ;

— transformatoare de clasa a II-a de protecție, care au părțile metalice accesibile, dacă există, separate de părțile care pot fi puse sub tensiune în cazul unui defect al izolației funcționale (de exemplu, miezul) printr-o izolație suplimentară numită izolație de protecție.

2. CONSTRUCȚIA TRANSFORMATOARELOR MICI

Circuitele magnetice utilizate sînt de două tipuri:

- împachetate din tole;
- rulate din benzi.

Circuitele magnetice împachetate se pot realiza:

- împachetate țesut din tole dreptunghiulare (tole I), la fel ca la paragraful F 2;
- împachetate țesut dintr-o combinație de tole profil E, U, I, L, ca în figura 6.80;
- prin împachetarea tolelor E și U realizînd coloanele și o parte din juguri și împachetarea separată a tolelor I, realizînd jugul superior aplicat. Aceste circuite magnetice se numesc *circuite magnetice cu întrefier* (fig. 6.81);

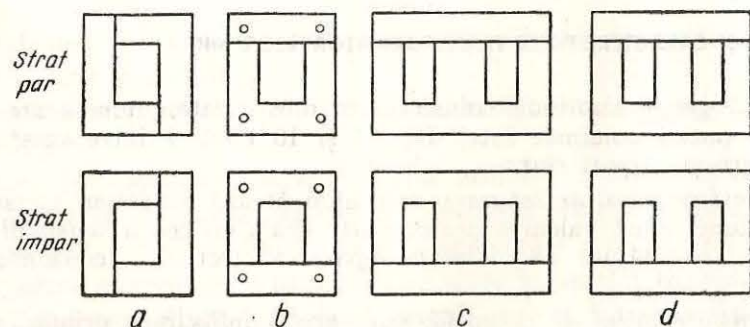


Fig. 6.80. Împachetarea țesută a circuitelor magnetice mici:

a — monofazat cu coloane din tole I; b — monofazat cu coloane din tole U și I; c — monofazat în manta din tole E și I; d — trifazat cu coloane din tole E și I.

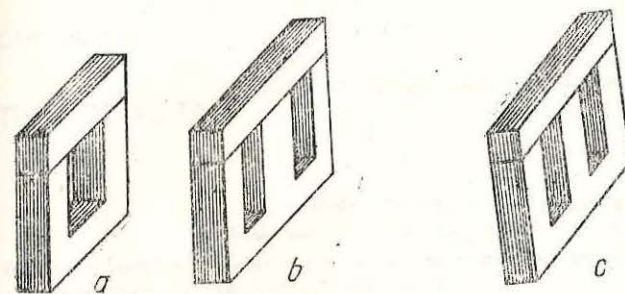


Fig. 6.81. Circuit magnetic cu întrefier (cu jug aplicat):

a — monofazat cu coloane; b — monofazat în manta; c — trifazat cu coloane.

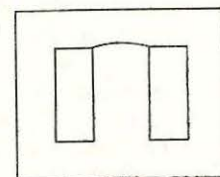


Fig. 6.82. Tolă completă de miez monofazat în manta.

— împachetate țesut din tole complete avînd forma din figura 6.82 (pentru circuit magnetic monofazat în manta). Tola are atît coloana, cît și jugurile laterale, însă coloana este decupată într-o parte, pentru a permite îndoirea și introducerea ei în golul carcasei izolante pe care se află înfășurarea.

Strîngerea miezurilor se face fie prin șuruburi, dacă tolele au prevăzute găuri, fie prin lipire cu rășini epoxidice.

Circuitele magnetice rulate se realizează prin rularea benzilor de oțel electrotehnic sub formă toroidală (fig. 6.83, a) sau dreptunghiulară (fig. 6.83, b) și lipirea cu rășini epoxidice.

Înfășurările pentru aceste miezuri se deapănă direct pe miez, cu mașini speciale de bobinat toroidal.

Înfășurările se pot introduce ușor pe circuite magnetice rulate, dacă acestea se divizează prin tăiere după lipire (fig. 6.84, a). Prin împerecherea a două astfel de miezuri se realizează un circuit magnetic în manta (fig. 6.84, b).

Înfășurările pentru transformatoare mici se realizează de regulă pe carcase izolante, așa cum s-a arătat la capitolul 4.

La transformatoarele de siguranță izolația este întărită și eventual se prevăd ecrane de protecție între înfășurări (ecrane din tablă subțire de cupru îndoită în formă de cilindru neînchis și legat la masă) sau se montează înfășurările cap la cap pe coloană, fiind mai ușor de izolat.

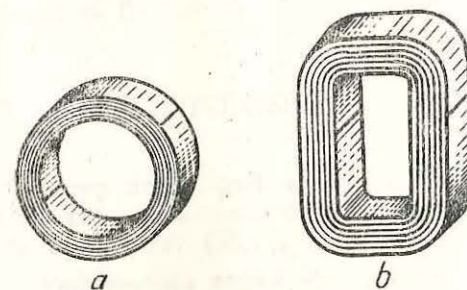


Fig. 6.83. Circuit magnetic rulat:

— toroidal — dreptunghiular.

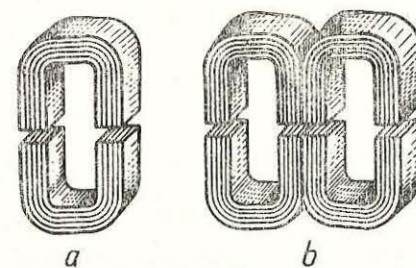


Fig. 6.84. Circuit magnetic rulat și divizat:

a — monofazat cu coloane; b — monofazat în manta.

VERIFICAREA CUNOȘTINȚELOR

1. Care sînt tipurile principale de mașini electrice în funcție de :
— rolul lor în transformarea de energie ;
— curentul electric utilizat ;
— destinație ?
2. Enumerați caracteristicile nominale ale mașinilor electrice.
3. Care sînt părțile componente principale ale mașinilor electrice ?
4. Arătați diferențele constructive ale miezurilor magnetice pentru diferite tipuri de mașini electrice.
5. Care sînt elementele constructive ale înfășurărilor și principalele tipuri de înfășurări ?
6. Descrieți construcția bobinelor polare, a înfășurărilor repartizate și a înfășurărilor în scurtcircuit.
7. Care sînt tipurile principale de transformatoare și părțile componente principale ?
8. Descrieți construcția miezurilor magnetice pentru transformarea și construcția principalelor tipuri de înfășurări pentru transformatoare.
9. Care sînt semnele convenționale pentru mașini electrice și transformatoare ?

CAPITOLUL 7

TERMOBIMETALE

A. PRINCIPIUL DE FUNCȚIONARE

Termobimetalele sînt elemente foarte larg utilizate în construcția aparatelor electrice, pentru sesizarea unei temperaturi sau pentru protecția la suprasarcină a unor receptoare electrice, în principal motoare electrice. Această protecție este bazată pe încălzirea bimetalului datorită curentului electric.

Bimetalul este format din două metale sau aliaje cu coeficienți de dilatare cît mai diferiți, sudate între ele și laminate împreună sub forma unor table sau benzi suprapuse, de diferite dimensiuni.

Dacă o lamelă bimetalică este încălzită, stratul avînd coeficientul de dilatare mai mare se va alungi mai mult decît celălalt strat și lamela se va încovoia spre stratul cu coeficient de dilatare mai mic (fig. 7.1).

Prin încovoierea sa, lamela acționează asupra unui contact sau asupra mecanismului unui aparat, producînd o anumită funcțiune a acestuia — de obicei o comutare a unor contacte sau declanșarea aparatului.

Pentru a se obține o încovoiere specifică (încovoierea pentru variația temperaturii cu 1 K) cît mai mare este necesar ca diferența dintre coeficienții de dilatare ai celor două straturi să fie cît mai mare. Este necesar de asemenea ca săgeata specifică să fie constantă într-un domeniu de temperatură cît mai larg. Prin funcționarea sa, bimetalul trebuie să fie rezistent și la temperaturi ridicate, adică componentele să nu se desfacă și oxidarea să fie redusă.

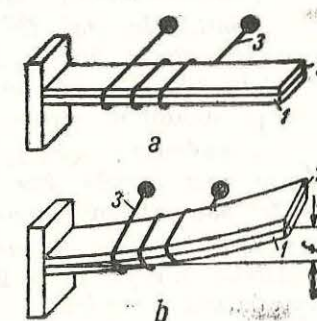


Fig. 7.1. Modul de funcționare a unui termobimetal:

a — bimetal rece; b — bimetal deformat după încălzire; 1 — strat cu coeficient de dilatare mare; 2 — strat cu coeficient de dilatare mic; 3 — înfășurarea de încălzire; f — săgeata.

B. MATERIALE FOLOSITE

Componenta pasivă (cea avînd coeficientul de dilatare redus) este făcută în multe cazuri din aliaj de fier cu nichel cu conținut mare de nichel de tipul invar (36,1% Ni + 63,1% Fe + 0,4% Mn + 0,4% Cu).

Componenta activă este realizată din diferite metale sau aliaje, dintre care cele mai folosite sînt: alamă, constantan, oțel, nichel sau aliaj 35% Ni + 53% Fe + 5% Mo.

Proprietățile cîtorva bimetaie utilizate frecvent sînt indicate în tabelul 7.1.

Tabelul 7.1

Termobimetale

Nr. crt.	Tipul	Rezistența specifică $10^{-4} \Omega \text{ cm}$	Săgeata specifică $10^{-4} 1/K$	Domeniul de utilizare	Modulul de elasticitate daN/mm^2
1	TB 155	0,78	0,855	$-20 \dots +250^\circ\text{C}$	16 000
2	TB 1577	0,77	0,155	$-20 \dots +250^\circ\text{C}$	17 000
3	TB 145	0,11	0,145	$-20 \dots +250^\circ\text{C}$	16 500
4	S 35	0,35	0,148	$-20 \dots +200^\circ\text{C}$	17 000

C. TIPURI DE BIMETALE

Cele mai utilizate forme de bimetale sînt:

- bimetale lamelare drepte (fig. 7.2, a_1);
- bimetale lamelare în formă de U (fig. 7.2, a_2);
- bimetale în formă de disc, avînd proprietatea de a sări brusc dintr-o poziție în alta (fig. 7.2, b).

După modul de încălzire a bimetalului se deosebesc:

- termobimetalele cu încălzire directă, încălzite prin trecerea curentului electric prin lamelă. Acest curent poate fi curentul absorbit de motorul protejat sau unul proporțional cu acesta;
- termobimetale cu încălzire indirectă, la care căldura provine de la o rezistență înfășurată pe lamela bimetalului sau așezată alături de lamelă și străbătută de curent;
- termobimetale cu încălzire mixtă, la care curentul trece și prin lamelă și prin rezistență.

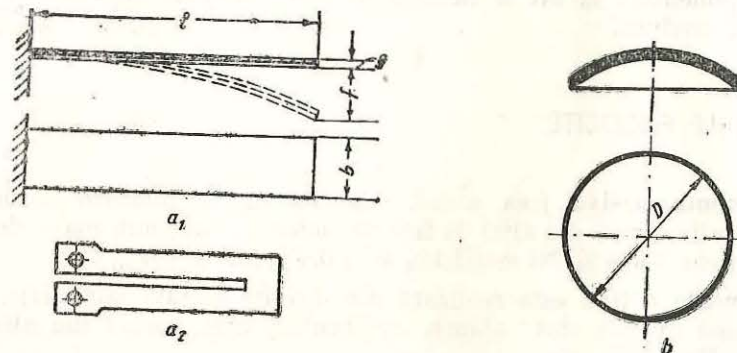


Fig. 7.2. Termobimetale și forme constructive:

a — lamelare; b — în formă de disc.

D. EXPLOATAREA ELEMENTELOR BIMETALICE

Elementele bimetalice sînt utilizate în termostate, întreruptoare automate, relee, sesizoare de flacără sau de incendiu.

În funcționarea lor pot apărea două cazuri:

— bimetale reglabile în exploatare, așa cum este cazul la blocurile de relee termice pentru protecția motoarelor, sau la întreruptoarele automate;

— bimetale nereglabile în exploatare, cu punct fix de funcționare.

În primul caz trebuie avut în vedere acest reglaj încă de la punerea în funcțiune, astfel încît valoarea reglată să corespundă curentului absorbit de motorul protejat.

În general elementele bimetalice sînt elemente robuste, dar nu se pot repara în exploatare. De aceea, valoarea curentului care le străbate sau temperatura lor trebuie să nu fie mult mai mari decît cele pentru care au fost construite.

În unele cazuri se pot înlocui cu altele, furnizate ca piese de schimb.

VERIFICAREA CUNOȘTINȚELOR

1. Ce materiale se folosesc pentru confecționarea termobimetalelor?
2. În cîte moduri pot fi încălzite termobimetalele?

IZOLATOARE ȘI PIESE IZOLANTE

A. GENERALITĂȚI

Izolatoarele și piesele izolante servesc în construcția aparatelor electrice în special la susținerea mecanică și izolarea electrică a căilor de curent.

În construcția aparatelor de înaltă tensiune se folosesc *izolatoare suport* (fig. 8.1), *de trecere* (fig. 8.2) și *carcasă* (fig. 8.3).

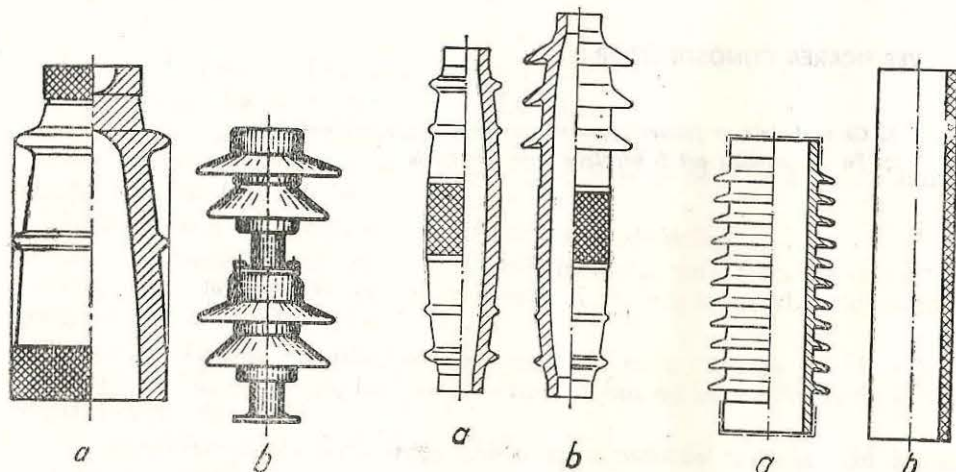


Fig. 8.1. Izolatoare suport:
a — de interior; b — de exterior.

Fig. 8.2. Izolatoare de trecere:
a — tip interior; b — tip interior-exterior.

Fig. 8.3. Izolatoare carcasă:
a — pentru întrerupătoare automate; b — pentru siguranțe.

Piesele izolante sînt *socuri* și *suporturi*, *capace*, *camere de stingere*, *butoane*, *manete*, *pîrghii*, *bucse*, *garnituri* etc.

B. MATERIALE FOLOSITE

Izolatoarele se execută din porțelan, materiale ceramice aluminoase cu proprietăți similare, sau rășini de turnare (epoxidice).

Piesele izolante se execută din diferite materiale adecvate (ceramice, plastice).

1. MATERIALE CERAMICE

Materialele ceramice sînt:

- *porțelan presat* — pentru piesele siguranțelor de joasă tensiune;
- *steatit* — pentru piesele întreruptoarelor și comutatoarelor folosite la aparatele electrocalorice;
- *termoceramit* — pentru camere de stingere, suporturi de rezistență, siguranțe cu mare putere de rupere.

Materialele ceramice au caracteristici izolante deosebit de bune și sînt foarte stabile în timp. Ele rezistă în bune condiții la solicitări termice ridicate.

2. MATERIALE PLASTICE

Materialele plastice termorigide sînt:

- *bachelita*, *melamina cu umplutură organică* (făină de lemn), pentru piese fără solicitări mecanice sau termice deosebite; cu umplutură anorganică (mică, azbest, vicamit), pentru piese cu solicitări termice deosebite;
- *poliesterii cu fibre de sticlă*, pentru piese cu solicitări mecanice, termice și la arc electric;
- *aminoplastele*, pentru piese supuse acțiunii arcului electric de mică intensitate și pentru capacele aparatelor de instalații.

Materialele plastice termorigide se realizează relativ ușor prin presarea materialelor sub formă de pulbere sau granule în scule de presare, în care golurile respective au forma piesei izolante. Prin presare și încălzire materialul se lichefiază, umple golul matriței și prin policondensare se întărește, realizînd piesa. Această tehnologie asigură o fabricație de mare serie cu costuri reduse și din această cauză se utilizează foarte mult în special în aparate de joasă tensiune, inclusiv pentru realizarea cutiilor de protecție, manetelor, butoanelor etc. Pot fi colorate diferit.

Materialele plastice termoplaste

- *Policlorura de vinil (PVC)*, *acrilonitrilbutadienstiren (ABS)*, pentru carcase de prize industriale și alte piese exterioare (piesele executate din unele varietăți de ABS se pot metaliza);
- *polietilena de înaltă presiune*, pentru dopuri, stușuri, garnituri, piese elastice ușor deformabile;
- *poliestirenul*, *policarbonații*, *polimetacrilatul de metil (plexiglass)* pentru capace transparente;
- *poliamidele* (relon, nylon, acetat de celuloză), pentru piese cu solicitări mecanice și la șoc.

Materialele termoplaste se realizează asemănător celor termorigide, dar întărirea materialului se face prin răcire. Spre deosebire de cele termorigide materialul se înmoaie de cîte ori se încălzește peste o anumită temperatură.

Piese se realizează repede și pot avea diferite culori sau uneori sînt transparente.

Caracteristicile principalelor materiale izolante sînt indicate în tabelul 8.1.

Tabelul 8.1

Materiale de presare termorigide și termoplaste

Nr. crt.	Denumirea	Rășină și material de umplere	Rezistența termică °C	Rezistența la încovoiere daN/cm²	Exemple utilizate	Observații
1	Bachelită electrotehnică	Fenolică făini minerale	140	500	Piese diverse aparate	termorigide
2	Fenocord	Fenolică fibră textilă	110	700	Piese de rezistență mecanică	
3	Termoplast	Formaldehidică fibră celuloză	110	500	Piese de aspect și rezistență la arc	
4	Demilan	Formaldehidică fibră asbest	140	800	Camere de stingere	termoplaste
5	Polistiren		80	530	Piese diverse colorate și transparente	
6	Relon		100	900	Piese rezistente	
7	Policarbonat		150	900	Piese rezistente mecanic și termic	

C. ÎNTREȚINEREA ȘI REPARAREA IZOLATOARELOR

Curățarea izolației instalației de înaltă tensiune este o operație importantă. Intensitatea prăfuirii și periodicitatea curățirilor izolației depind atât de atmosfera înconjurătoare, cât și de caracteristicile combustibilului centralei. Pentru instalațiile de distribuție montate în încăperi au o mare însemnătate particularitățile de construcție ale clădirii. Prin astuparea tuturor găurilor de la uși și ferestre și în special prin renunțarea la lumina naturală, se poate reduce simțitor prăfuirea. În aceste cazuri se creează însă condiții necorespunzătoare pentru îndepărtarea căldurii cedate de părțile conducătoare de electricitate ale aparatelor. De aceea, în localitățile cu aer conținând mult praf se asigură o ventilație specială, cu o curățare prealabilă a aerului prin trecerea lui prin filtre.

Pe lângă aceasta se iau măsuri de curățare periodică a izolației. După ce s-a deconectat instalația, izolația se poate curăța prin ștergerea cu o cârpă uscată sau înmuiată în puțin ulei de transformator. Curățarea izolației se poate face și cu aspiratorul de praf, fără a se deconecta instalația. Pentru efectuarea lucrărilor fără pericol trebuie ca virfurile și țevile aspiratorului să fie făcute din material izolant, la fel ca și mânerul de prindere al aparatului.

La instalațiile de înaltă tensiune, în cazul unei murdăriri și prăfuiri exagerate, curățarea izolației se execută prin spălare cu apă sub presiune. Apa trebuie să aibă o rigiditate dielectrică de minimum 2000 V/cm. Cel ce face spălarea trebuie să fie îmbrăcat în costum de protecție de cauciuc, pentru a se împiedica scurgerea curentului electric prin jetul de apă și corpul omenesc la pământ. Spălarea începe cu partea de jos a lanțului de izolatoare sau a coloanei. Indiciul curățirii izolației este modificarea nuanței efectului corona, care apare în apropierea izolatorului ud; la începutul spălării efectul corona are o nuanță roșiatică aprinsă, care pe măsura curățirii, devine violetă și mai stinsă. În cazul spălării în sens invers, de sus în jos, peste murdăria de pe partea inferioară se suprapune și murdăria de pe partea superioară, putînd avea loc conturnări ale izolației.

Se atrage atenția că la curățarea izolației prin spălare, apa stropeste și alte părți ale instalației și se micșorează rigiditatea dielectrică a întregii instalații, deci manevrarea trebuie să se facă cu o deosebită grijă.

VERIFICAREA CUNOȘTINȚELOR

1. Ce sînt materialele izolante termorigide și cum se realizează?
2. Ce sînt materialele termoplaste și ce proprietăți au?
3. Cîte tipuri de izolatoare se cunosc?
4. Din ce materiale se fac camerele de stingere?

ELECTROMAGNEȚI

A. PRINCIPIUL DE FUNCȚIONARE. CONSTRUCȚIA

Electromagneții sînt dispozitive care sînt larg utilizate în construcția aparatelor electrice în următoarele scopuri:

- elemente de acționare a contactelor electrice (cum este cazul contactelor electromagnetice);
- elemente de acționare pentru anclanșarea și declanșarea întrerupătoarelor automate;
- elemente de comandă a diverselor sisteme acolo unde este nevoie să se provoace de la distanță acțiunea unei forțe sau unui moment de forțe;
- elemente traductoare de curent sau tensiune cum sînt declanșatoarele și relele electromagnetice de scurtcircuit, de tensiune nulă și altele.

Electromagneții transformă energia cîmpului magnetic în energie mecanică prin atragerea unei armături mobile.

Un electromagnet (fig. 9.1) este format dintr-o *armătură fixă* (denumită și *miez fix*) pe care se află o bobină și o *armătură mobilă* situată la o anumită distanță de armătura fixă. Spațiul de aer care se află între armătura fixă și cea mobilă se numește *întrefier*.

Trecerea unui curent electric prin bobină dă naștere unui flux magnetic Φ care produce atragerea armăturii mobile spre armătura fixă.

Armătura fixă și cea mobilă sînt realizate din oțel moale sau din aliaje ale fierului cu alte metale cu proprietăți magnetice, cum sînt nichelul și cobaltul.

Piese feromagnetice și spațiile de aer δ străbătute de fluxul magnetic alcătuiesc *circuitul magnetic*.

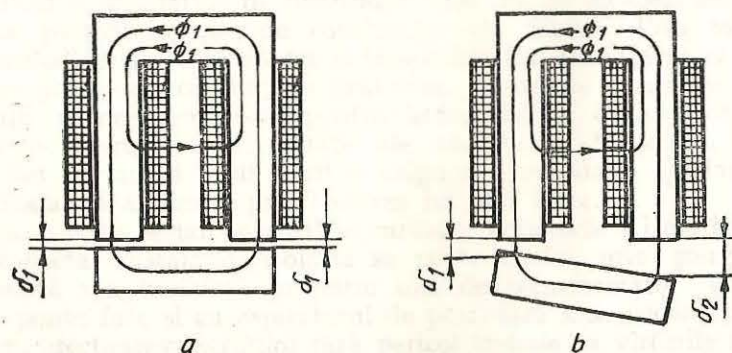


Fig. 9.1. Electromagneți:

a — cu mișcare de translație; b — cu mișcare de rota

B. FORME ȘI CARACTERISTICI FUNCȚIONALE

După natura tensiunii care se aplică bobinei, electromagneții pot fi de curent continuu sau de curent alternativ.

Electromagneții de curent continuu sînt de diferite forme.

În funcție de forma armăturii fixe și a celei mobile, variația forței de atracție funcție de întrefier este indicată în figura 9.2. Această variație se numește *caracteristica de funcționare*.

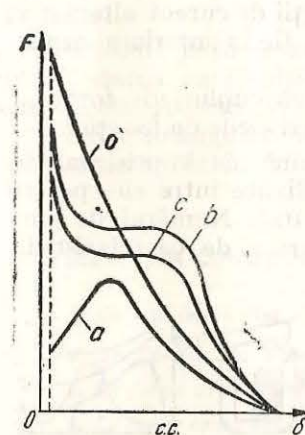
Tipul de electromagnet se alege în funcție de valoarea forței rezistente.

Electromagneții de curent continuu se realizează din profile de fier sau de aliaj de fier masiv. Forma dorită a armăturii fixe sau mobile se realizează prin prelucrare la mașini-unelte. Se urmărește ca fețele polare să fie bine prelucrate. Pentru a se evita ca armătura mobilă să rămână lipită pe armătura fixă după întreruperea curentului din bobină datorită remanenței magnetice este necesar ca între armătura fixă și cea mobilă să rămână un întrefier fix permanent.

Electromagneții de curent alternativ monofazați au două elemente constructive care îi deosebesc de cei de curent continuu.

Primul element presupune *armătura fixă și cea mobilă* realizate din piese din tablă subțire (0,35—1 mm) din aliaj de fier cu siliciu, în scopul micșorării curenților turbionari care apar datorită fluxului magnetic variabil produs de curentul alternativ.

Al doilea element este destinat să atenueze vibrația armăturii mobile, datorate faptului că forța de atracție nu este constantă ci pulsatorie (fig. 9.3), trecînd prin zero de 100 de ori pe secundă. Pentru ca forța de atracție să nu mai treacă prin zero se folosește un inel de cupru, alamă sau aluminiu denumit *spîră* în *scurtcircuit* sau *spîră ecran*, care se montează pe o por-

Fig. 9.2. Caracteristica $F=f(\delta)$ pentru electromagneți de curent continuu:

a — solenoid deschis; b — solenoid cu cap plan; c — solenoid cu cap conic; d — clapetă.

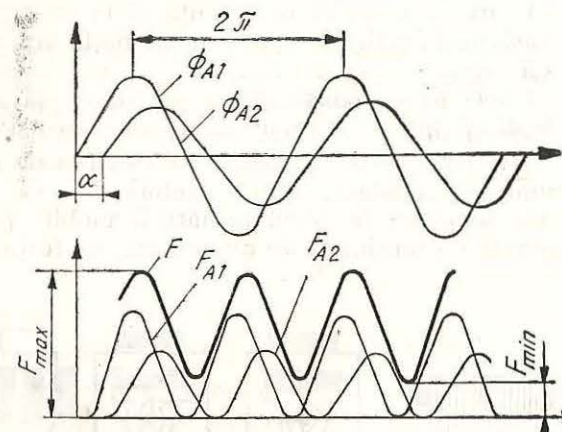


Fig. 9.3. Forța electromagnetice de curent alternativ monofazat.

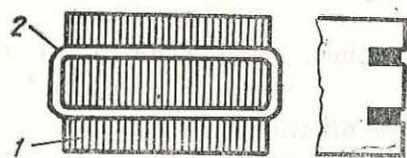


Fig. 9.4. Fața polară cu spira în scurtcircuit pentru electromagneți monofazați de curent alternativ:

1 - tolele miezului; 2 - spira în scurtcircuit.

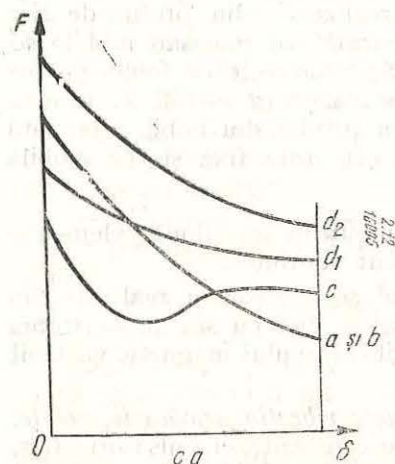


Fig. 9.5. Caracteristica $F=f(\delta)$ pentru electromagneți de curent alternativ:

a - tip U; b - tip E monofazat; c - tip E bifazat; d1 și d2 - tip T.

Pentru a se evita remanența, și la electromagneții de curent alternativ se lasă un întrefier mic permanent fie la fața polară, fie în interiorul armăturii fixe.

Unele forme constructive permit ca să se obțină cupluri de forță ca cele din figura 9.7, care arată de asemenea și caracteristicile de funcționare.

Bobinele electromagneților se realizează din sîrmă de cupru (rar de aluminiu) emailată, spirele trebuie să fie bine fixate între ele, pentru a nu se mișca la șocul armăturii mobile pe cea fixă. Numărul de spire depinde de tensiunea de alimentare, de forța necesară și de caracteristicile

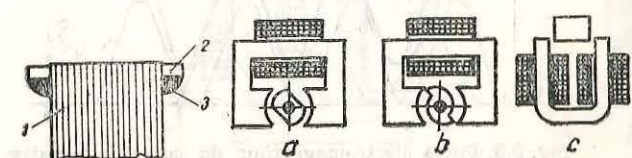


Fig. 9.6. Fixarea spirei în scurtcircuit:

1 - tolele miezului; 2 - spira în scurtcircuit; 3 - rășină epoxidică.

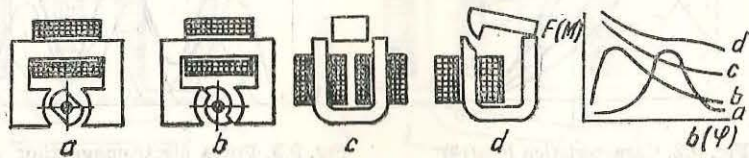


Fig. 9.7. Caracteristica $M=f(\varphi)$ pentru electromagneți de curent alternativ monofazați cu mișcare de rotație:

a - cu rotor simplu; b - cu rotor profilat; c - tip U; d - clapetă cu întrefier radial.

țiune a feței polare (fig. 9.4). Aceasta face ca fluxul magnetic care trece prin suprafața delimitată de ea Φ_A , să fie decalat față de fluxul care trece prin suprafața necuprinsă Φ_{A_1} (v. fig. 9.3.) Rezultă două forțe decalate F_{A_1} și F_{A_2} , care se compun dînd o forță rezultantă F , care este tot variabilă, dar între o valoare minimă F_{min} și o valoare maximă F_{max} . Dacă forța rezultantă este la nivelul forței minime vibrațiile sînt mult atenuate.

Caracteristicile de funcționare sînt reprezentate în figura 9.5.

Pentru buna funcționare a electromagneților de curent alternativ este foarte importantă fixarea tolelor (piesele din tablă subțire care formează pachetul armăturii fixe și mobile) între ele, pentru ca la șocul armăturii mobile să nu se miște una față de cealaltă. Fixarea se face prin nituri care trebuie să fie foarte bine presate pe pachetul de tole bine strîns. Această operație se realizează de obicei la presa hidraulică.

De asemenea, trebuie să fie bine fixată și spira în scurtcircuit (fig. 9.6). Fixarea ei se realizează prin presare în canal și, în unele cazuri, prin lipire cu materiale adezive speciale (epoxidice).

armăturilor magnetice. În general, bobinele de curent continuu au spire mai multe decît cele de curent alternativ.

La electromagneții de curent continuu curentul absorbit este constant, independent de mărimea întrefierului. La cei de curent alternativ curentul absorbit variază foarte mult cu mărimea întrefierului, crescînd foarte mult cu aceasta. Din această cauză, bobina unui electromagnet de curent alternativ care nu se închide se arde foarte repede.

Pentru a se micșora curentul absorbit în poziția atras, la electromagneții de curent continuu se include, prin intermediul unui contact, o rezistență în serie cu bobina, pe ultima porțiune a cursei.

La întreruperea curentului bobinei, la electromagneții de curent continuu apar supratensiuni în circuitul de alimentare. Pentru evitarea acestora se leagă în paralel cu bobina o rezistență, o diodă redresoare sau un condensator.

C. ÎNTREȚINEREA

La montarea și punerea în funcțiune a electromagneților trebuie verificată corespondența tensiunii de alimentare cu tensiunea bobinei electromagnetului. Această tensiune poate fi citită fie pe eticheta electromagnetului, fie pe eticheta bobinei.

Dacă este posibil se verifică și corespondența forței rezistente cu forța electromagnetului.

Se va avea grijă ca fixarea armăturii mobile a electromagnetului să se facă cu oarecare joc, care să-i permită o autoașezare. Acest lucru este important în special la electromagneții de curent alternativ, la care o așezare necorespunzătoare provoacă apariția vibrațiilor puternice.

Bobinele care se ard trebuie schimbate cu bobine procurate de la întreprinderea producătoare ca piese de schimb. Ele se pot executa și în ateliere specializate, dacă se cunoaște diametrul conductorului și numărul de spire.

Electromagneții necesită o întreținere simplă. Trebuie controlată periodic numai starea curățeniei suprafeței polare pe care se poate depune praf, pilitură etc. Aceasta se șterge cu un solvent și se face remontarea.

La electromagneții de curent alternativ trebuie avută în vedere menținerea poziției inițiale a miezurilor cu spira în scurtcircuit.

VERIFICAREA CUNOȘTINȚELOR

1. De cîte feluri sînt electromagneții?
2. Ce funcții pot îndeplini electromagneții?
3. Ce forme constructive au electromagneții de curent continuu?
4. Ce forme constructive au electromagneții de curent alternativ?
5. De ce se folosesc tole la construcția miezurilor electromagneților de curent alternativ?
6. Care este rolul spirei în scurtcircuit?

APARATE DE COMUTAȚIE ÎN INSTALAȚIILE DE JOASĂ TENSIUNE

A. ROLUL ȘI IMPORTANȚA APARATELOR ELECTRICE

În cadrul acestui capitol sînt tratate aparatele electrice de comutație (conectare și deconectare) și aparatele electrice de protecție, utilizate în domeniul producerii, transportului și distribuției energiei electrice.

Ele se găsesc în numeroase variante constructive și funcționale în toate instalațiile electrice, îndeplinind, în circuitele dintre sursele de energie și receptoare, funcții de deosebită importanță:

- închiderea, deschiderea sau comutarea circuitelor electrice;
- supravegherea și protecția instalațiilor și receptoarelor (împotriva suprasarcinilor, scurtcircuitelor, supratensiunilor etc.).

Datorită funcțiilor principale menționate este evident că funcționarea aparatelor electrice este legată de procesele tranzitorii care apar în circuitul electric în care ele sînt montate.

În timpul acestora pot să apară efecte importante datorită variației curenților și tensiunilor, așa cum sînt, de exemplu, eforturi electrodinamice între căile de curent și supratensiuni care solicită puternic izolația.

Rezultă următoarele calități principale care trebuie îndeplinite de aparatele electrice:

- *siguranță în funcționare (fiabilitate), precizie și stabilitate în funcționare.* De-a lungul unui anumit interval de timp aparatul trebuie să nu dea defecțiuni în funcționare și să nu-și schimbe parametrii funcționali;
- *stabilitate termică și dinamică la curenți de durată și accidentali:*
- *un nivel de izolație suficient*, care să reziste atât tensiunilor nominale și supratensiunilor, cât și înrăutățirii calităților pieselor izolante datorită funcționării timp îndelungat sub tensiune sau poluării suprafețelor cu praf, umiditate sau particule conductoare;
- *dimensiuni și greutate cât mai reduse*, pentru economie de spațiu și de materiale atât la fabricarea lor, cât și la locurile de montaj.

B. CLASIFICAREA APARATELOR ELECTRICE

După funcția pe care o îndeplinesc și după principiul de construcție, aparatele electrice pot fi clasificate în următoarele categorii principale:

- *aparate de conectare (de comutație)*, care întrerup și restabilesc circuitele electrice:
 - separatoare;
 - separatoare de sarcină;
 - întreruptoare;
 - întreruptoare automate;
 - contactoare și ruptoare;
 - contactoare cu releu.

- *aparate pentru instalații interioare*, utilizate în special pentru distribuția energiei electrice în clădire:
 - întreruptoare și comutatoare;
 - prize, fișe și cuple;
- *aparate de protecție*:
 - siguranțe;
 - releu;
 - eclatoare și descărcătoare;
- *aparate pentru pornirea și reglarea mașinilor electrice*:
 - reostate de pornire și excitație;
 - comutatoare stea-triunghi;
 - inversoare de sens;
 - controlere;
- *aparate pentru acționări* (elemente de automatizare):
 - butoane de comandă, manipuloare, selectoare;
 - microîntreruptoare;
 - limitatoare.

C. MĂRIMILE CARACTERISTICE PRINCIPALE ALE APARATELOR ELECTRICE

Fiecare aparat electric este definit printr-o serie de mărimi caracteristice, care dau informații asupra funcțiilor sale și condițiilor în care poate fi utilizat în deplină siguranță în exploatare.

Principalele mărimi caracteristice, reprezentînd și criterii de clasificare, sînt: *numărul de poli, felul curențului, tensiunea și curentul nominal* etc. Ne vom opri asupra cîtorva caracteristici mai importante.

Tensiunile nominale. Se deosebesc: tensiunea nominală de izolare, tensiunea nominală de utilizare legată de diferite tensiuni de utilizare și tensiunea nominală de comandă pentru care este dimensionat dispozitivul de comandă a aparatului. Cele mai mari tensiuni de utilizare și de comandă nu pot depăși valoarea tensiunii nominale de izolare.

Tensiunea nominală de izolare este tensiunea maximă pentru care este dimensionată izolația aparatului și la care se referă toate încercările privitoare la izolația aparatului.

Tensiunea nominală de utilizare este tensiunea la care sînt indicate unele caracteristici ale aparatului care depind de tensiune așa cum este, de exemplu, curentul maxim pe care aparatul îl poate întrerupe (capacitatea de rupere). De exemplu, un contactor poate avea tensiunea de izolare de 660 V, tensiunea nominală de utilizare de 500 V, și tensiunea nominală de comandă de 220 V.

Pentru circuitele polifazate, tensiunea de utilizare și tensiunea de izolare se exprimă prin tensiunea între faze.

Tensiunile nominale de izolare standardizate sînt:

- pentru aparatele de joasă tensiune:
 - 60, 250, 380, 500, 660, 800, 1 000 V c.a.
 - 60, 250, 440, 600, 800, 1 200 V cc.
- pentru aparatele de înaltă tensiune:
 - 6, 10, 20, 110, 220, 430, 765 kV.

- Tensiunile nominale de utilizare standardizate sînt:
24, 36, 48 (42), 60, 110 (127), 220 sau 250, 380, 440, 500, 660, 750,
1 000 V c.a.
- 24, 48, 60, 110 (120) (127), sau 250, 440, 4600, 800, 1 200 V c.c.

Curenții nominali. Se deosebesc: curențul *nominal termic* pe care aparatul îl poate suporta timp de 8 h fără ca încălzirea diferitelor sale părți să depășească limitele admisibile și curențul *nominal de utilizare*, stabilit de constructor în funcție de tensiunea nominală de utilizare și de alți parametri, cum ar fi de exemplu temperatura mediului ambiant în care lucrează aparatul.

Curenții nominali: termici standardizați pentru aparatele de joasă tensiune sînt: 2; 2,5; 3,15; 4(5); 6,3; (8); (12,5); 16; 20; 25; 31,5; (50); 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400 (500); 630; 800; 1 000; 1 250; 1 600; 2 000; 2 500; 3 150; 4 000 A.

Capacitatea de comutație. La aparatele de joasă tensiune capacitatea de comutație se exprimă prin *curențul de rupere*, cel mai mare curenț pe care aparatul este capabil să îl întrerupă sub o tensiune dată și prin *curențul de închidere*, cel mai mare curenț pe care aparatul îl poate stabili sub o tensiune dată. Se dau în valori efective.

La aparatele de înaltă tensiune se folosesc noțiunile de *putere de rupere*:

$$P_r = \sqrt{3} U_n I_r \quad [\text{MVA}] \quad (10.1)$$

și *putere de închidere*:

$$P_i = \sqrt{3} U_n I_i \quad [\text{MVA}], \quad (10.2)$$

unde:

U_n este tensiunea nominală, în kV;
 I_r — curențul de rupere, în kA;
 I_i — curențul de închidere, în kA.

Serviciile de utilizare definesc modul de funcționare al aparatelor în funcție de rolul lor în circuitul electric. De acest mod de utilizare depind o serie de parametri constructivi ai aparatelor, cum sînt secțiunile căilor de curent, mărimea electromagneților etc.

Principalele servicii nominale standardizate sînt:

Serviciul continuu (de durată) este cel în care contactele principale ale aparatului sînt străbătute de curent fără întrerupere, un interval de timp mai mare de 8 h.

Serviciul intermitent care este caracterizat printr-o succesiune atît de frecvența de conectări și deconectări, încît în timpul în care aparatul este închis el nu atinge temperatura maximă, iar în timpul în care este întrerupt nu atinge temperatura ambiantă.

Serviciul de scurtă durată este serviciul în care contactele principale ale aparatului sînt străbătute de curent un timp insuficient de lung pentru a permite atingerea temperaturii maxime, dar timpul de întrerupere este suficient de lung pentru a permite atingerea temperaturii ambiante.

Frecvența de conectare este dată de relația:

$$f_c = \frac{3600}{t_c}, \quad (10.3)$$

în care: t_c este durată unui ciclu. Prin *ciclu* se înțelege o închidere și o deschidere a aparatului.

Durata relativă de conectare se calculează cu relația:

$$D_A = \frac{t_a}{t_c} \cdot 100 [\%], \quad (10.4)$$

în care durată unui ciclu este $t_c = t_a + t_p$ (unde t_a este timpul de lucru și t_p — timpul de întrerupere).

D. SOLICITĂRI LA CARE SINT SUPUSE APARATELE ELECTRICE

În funcționarea aparatelor, atît în condiții normale de serviciu cît și în caz de avarii, fiecare dintre elementele componente este supus unor anumite solicitări, la care trebuie să reziste în bune condiții timp de circa 10 ani, fără a fi necesare alte intervenții ale personalului de exploatare decît cele prevăzute a se face cu ocazia reviziilor periodice.

Aceste solicitări sînt:

- solicitarea electrică a izolațiilor, provocată de existența tensiunii pe căile de curent;
- solicitarea termică a căilor de curent și a pieselor învecinate acestora, ca urmare a trecerii curențului electric;
- solicitarea mecanică a căilor de curent și a pieselor de susținere a acestora, sub acțiunea forțelor electrodinamice provocate de curenții de scurtcircuit;
- solicitările termice și mecanice, provocate de arc electric;
- uzura mecanică a pieselor în mișcare;
- solicitările provocate de acțiunea mediului în care lucrează aparatul (căldură, umezeală, vapori corozivi, praf, lovituri etc.).

1. SOLICITĂRI ELECTRICE

Solicitarea electrică este cea la care este supus un izolanț electric atunci cînd două regiuni ale sale se află la potențiale diferite (fig. 10.1).

Tensiunea U aplicată între cele două regiuni tinde să formeze o cale conductoare de curent fie prin străpungere, fie prin conturnarea izolanțului (se numește *străpungere* formarea unui canal conductor de electricitate prin interiorul unui izolanț, solid, lichid sau gazos și *conturnare* — formarea unui canal conductor pe suprafața unui izolanț solid).

Pentru a se evita conturnarea sau străpungerea izolanțului, aparatele electrice se încearcă bucată cu bucată la tensiuni mai mari decît tensiunea lor nominală de izolare U_n .

Aparatele de joasă tensiune cu $U_n = 500$ V și 600 V se încearcă la 2 500–3 000 V.

Aparatele de înaltă tensiune cu $U_n \leq 35$ kV se încearcă la $U_i = 2U_n + 15$ kV, iar cele cu $U_n \geq 60$ kV se încearcă la $U_i = 2U_n + 20$ kV.

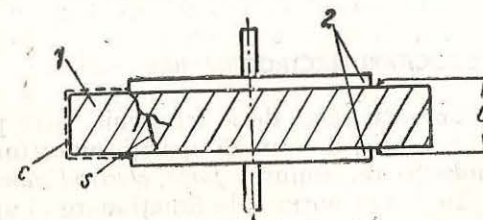


Fig. 10.1. Solicitarea electrică a unui izolanț (reprezentare schematică):

1 — izolanț; 2 — electrozi; U — tensiunea aplicată; c — linie de conturnare pe suprafața izolanțului; s — linie de străpungere prin izolanț.

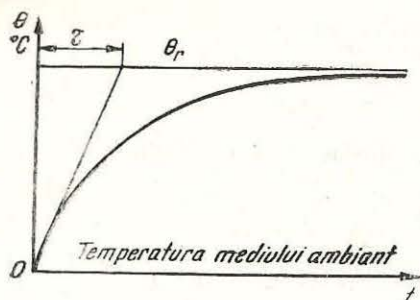


Fig. 10.2. Variația în timp a încălzirii unui conductor străbătut de curent.

rezistența mecanică a pieselor metalice, elasticitatea resorturilor etc., motiv pentru care temperaturile maxime admisibile sînt prescrise prin standarde.

Procesul de încălzire a căilor conductoare de curent se desfășoară în paralel cu procesul de răcire a acestora prin transmiterea unei părți a căldurii primite către piesele învecinate sau către mediul ambiant.

Transmiterea căldurii se realizează de regulă simultan prin *conducție* (trecerea căldurii în interiorul corpurilor solide de la zonele calde la cele reci), prin *convecție* (curenți de fluid formați în lichide și gaze datorită diferențelor de temperatură) și prin *radiație* (emisie de energie termică sub formă de unde electromagnetice).

Datorită răcirii, încălzirea în timp a conductorului ca urmare a acumulării puterii primite prin efect Joule-Lenz ($P_p = RI^2$) se desfășoară în serviciul de durată după o curbă conform figurii 10.2, în care se observă cum creșterea temperaturii este din ce în ce mai lentă, obținându-se după un anumit timp (teoretic infinit, dar practic egal cu câteva minute pînă la câteva ore, în funcție de masa corpului) o stabilizare a temperaturii la o valoare maximă numită *temperatură de regim*.

Atingerea acestei valori corespunde momentului în care din puterea primită nu se mai acumulează nimic, ea fiind în întregime cedată mediului ambiant.

Valoarea τ din figura 10.2, obținută la intersecția tangentei la curbă (la $t = 0$) cu asimptota la curbă (la $\theta = \theta_r$) reprezintă timpul în care conductorul ar atinge încălzirea de regim în condițiile unei răciri nule.

Această valoare, numită *constantă de timp*, caracterizează posibilitățile de încălzire și de răcire ale conductorului. Timpul total de atingere a temperaturii de regim este aproximativ egal cu 3τ .

3. SOLICITĂRI ELECTRODINAMICE

Curenții mari de scurtcircuit, care pot interveni în cazul unor defecte în instalație, determină apariția unor forțe de atracție sau respingere între conductoare, numite *forțe electrodinamice*.

În regim normal de funcționare al aparatelor solicitările mecanice datorate forțelor electrodinamice sînt mici. În cazuri de accidente însă, în instalație pot să apară curenți de scurtcircuit de mii și zeci de mii de amperi. Asupra căilor conductoare de curent ale aparatelor se exercită în acest caz forțe de atracție sau respingere de mii sau chiar zeci de mii

2. SOLICITĂRI TERMICE

Trecerea curentului electric prin conductoare determină încălzirea acestora, încălzirile fiind deosebit de mari în locurile în care secțiunea căii de curent este redusă (contacte, siguranțe fuzibile) sau rezistivitatea acesteia este mai mare (bimetale, rezistențe).

Încălzirea exagerată a pieselor nu poate fi admisă deoarece ea influențează negativ proprietățile izolante și durata de serviciu a izolanților,

de newtoni, ceea ce solicită mecanic întregul aparat și îndeosebi căile conductoare de curent și izolația de susținere a acestora.

Defectele cele mai frecvent întîlnite, *provocate de efectul forțelor electrodinamice*, sînt:

- îndoirea conductoarelor și, prin aceasta, reducerea distanțelor de izolare;
- slăbirea legăturilor și chiar desprinderea conductoarelor din legături;
- slăbirea presiunii pe contacte, care poate determina sudarea contactelor;
- distrugerea prin solicitare mecanică a izolatoarelor suport;
- deschiderea separatoarelor sub sarcină, efect deosebit de grav, care poate produce scurtcircuite în instalație și deteriorări importante ale acesteia;
- deformarea bobinelor.

4. INFLUENȚA MEDIULUI ÎN CARE LUCREAZĂ APARATELE

În timpul funcționării lor, aparatele electrice sînt puternic influențate de acțiunea diferiților agenți fizici, cum sînt: umiditatea, praful, radiațiile solare, vaporii corozivi etc. Aceștia, acționînd asupra unor elemente sensibile ale aparatelor, pot determina funcționarea necoresctă sau scoaterea din funcțiune.

Aparate care funcționează în condiții normale de mediu. Cea mai mare parte a aparatelor se construiesc pentru a funcționa în condiții normale, adică în aer, într-un mediu cu următoarele caracteristici (conform STAS 553/3-80):

- altitudinea: pînă la 2 000 m;
- temperatura mediului înconjurător: cuprinsă între -15 și $+40^\circ\text{C}$ (media zilnică nedepășind 35°C);
- umiditatea relativă a mediului înconjurător: maximum 90% la temperatura de 20°C sau 50% la temperatura de 40°C ;
- lipsă de praf și agenți corozivi.

Aparatele de înaltă tensiune se construiesc, în funcție de locul de utilizare, chiar pentru „condiții normale” de mediu, în două variante:

- *aparate* destinate să funcționeze în interiorul clădirilor (construcții „de interior”);
- *aparate* destinate să funcționeze în aer liber (construcții „de exterior”).

Aparatele de exterior, fiind supuse acțiunii directe a intemperiilor (ploaie, zăpadă, chiciură), acțiunii radiațiilor solare, a vîntului și a unor depuneri mai bogate de praf, au izolația exterioară dimensionată mai larg și o construcție mai robustă (la care se iau, de asemenea, măsuri de protecție împotriva pătrunderii în aparat a apei de ploaie, împotriva efectului radiațiilor solare și a unor variații mai mari de temperatură).

Aparatele de joasă tensiune se pot construi în multe variante de protecție. Pentru tipizarea construcțiilor, gradele de protecție au fost normalizate.

Simbolizarea gradelor normale de protecție se face (conform STAS 3999-75) prin literele IP urmate de trei cifre caracteristice, caracterizînd fiecare dintre ele cîte unul dintre cele trei grade normale de protecție și anume:

— *prima cifră*, care poate lua valori între 0 și 6, simbolizează grade normale de protecție împotriva pătrunderii corpurilor solide și a prafului și de protecție a persoanelor împotriva electrocutării prin atingerea pieselor sub tensiune (v. și tabelul 6.1);

— *a doua cifră*, care poate lua valori între 0 și 8, simbolizează grade normale de protecție împotriva pătrunderii apei (v. tabelul 6.2);

— *a treia cifră*, care poate lua valori între 0 și 5, simbolizează grade normale de protecție împotriva deteriorărilor mecanice.

De exemplu, un aparat pe care este marcată protecția IP—442 este astfel construit încît:

- în aparat nu pot pătrunde corpuri străine avînd dimensiuni peste 1 mm;
- în aparat nu poate pătrunde apă sau alte lichide sub formă de stropi; indiferent de direcția din care vin aceștia;
- aparatul suportă, fără deteriorări, căderea pe aparat a unei greutăți de 0,5 kg de la o înălțime de 40 cm deasupra acestuia.

Aparate care funcționează în condiții speciale de mediu. Există numeroase situații în care condițiile de utilizare ale aparatelor electrice ies din cadrul condițiilor normale:

- temperaturi ale mediului mai mari decît 40°C sau foarte joase (sub -5°C);
- altitudine la locul de utilizare peste 2 000 m;
- atmosferă încărcată cu praf industrial;
- prezență de pulberi sau gaze inflamabile ori explozive;
- climat diferit de cel temperat (diferit de condițiile „normale”, care corespund în linii mari climatului temperat din centrul Europei)

Aceste condiții de mediu determină solicitări deosebite ale aparatului electric și, de aceea, pentru astfel de utilizări se elaborează construcții speciale, dintre care se menționează:

— *aparate destinate să funcționeze în climat normal, dar în încăperi cu umiditate mărită* (băi, pivnițe, grajduri, instalații tehnologice în care se produce abur etc.). Aceste aparate se introduc în carcase etanșe. Se folosesc anumiți izolanti rezistenți la umiditate și se iau măsuri deosebite de protecție a pieselor metalice împotriva coroziunilor;

— *aparate destinate să funcționeze în mediu cu aer marin* (aparate „în construcție navală”). Atmosfera din apropierea țărului mărilor solicită foarte sever aparatul electric, deoarece atmosfera umedă și sărată favorizează coroziunea pieselor metalice și înrăutățește mult comportarea pieselor electroizolante. Se iau măsuri de protecție a metalelor împotriva coroziunii și se folosesc aliaje rezistente la acțiunea corosivă a apei de mare, cum sînt bronzul și siluminul;

— *aparate destinate să funcționeze la altitudini de peste 2 000 m sau în instalații electrice la bordul avioanelor*. La altitudini mai mari de 2 000 m se face simțită influența rarefierii aerului care determină:

- reducerea tensiunii de străpungere;
- înrăutățirea condițiilor de răcire;
- modificarea, la altitudini de peste 6—7 000 m, a condițiilor de stingere a arcului electric;

— *aparate destinate să funcționeze în medii conținînd pulberi sau gaze explozive*. Arcul electric care se formează în mod normal la funcționarea aparatelor de întrerupere sau cel care se poate forma în caz de accidente prin străpungerea sau conturnarea unei izolații imperfecte, poate provoca

Tabelul 10.1

Semne convenționale pentru aparate electrice

Nr.	Semn convențional	Denumirea semnului convențional	Nr.	Semn convențional	Denumirea semnului convențional
1		Contact normal deschis	8		Întrerupător automat de înaltă tensiune (raportul laturilor 1/1,5)
2		Contact normal închis	9		Întrerupător automat de joasă tensiune (semn general)
3		Contact de comutator fără poziție neutră (cu întreruperea circuitului)	10		Întrerupător cu plîghie în aer de joasă tensiune tripolar
4		Contact acționat de releu termic: a — cu revenire automată; b — cu zăvoire mecanică și deblocare manuală	11		Contactori: a — normal deschis (contactori); b — normal închis (ruptor)
5		Contact cu zăvoire mecanică: a — normal deschis; b — normal închis	12		Buton de comandă cu revenire automată: a — cu contact normal deschis; b — cu contact normal închis
6		Întrerupător pentru înaltă tensiune (semn general) (raportul laturilor 1/1)	13		Priză și fișă multipolară asamblată
7		Întrerupător pentru joasă tensiune			

incendii sau explozii grave dacă atmosfera este încărcată cu substanțe inflamabile sau explozive. Astfel de situații se întâlnesc în minele de cărbuni, în care există pericolul de apariție a gazului „grizu” (amestec de metan cu aer), în instalații de extragere, prelucrare și depozitare a produselor petroliere și în multe instalații din industria chimică. Aparatele antiexplozive se marchează cu simbolul general Ex (STAS 6877/1-73).

Dintre diferitele procedee care urmăresc să evite aprinderea amestecului exploziv, mai importante sînt *imersiunea în ulei* (simbol 0) și *capsularea antideflagrantă* (simbol d).

Capsularea antideflagrantă este soluția cea mai frecvent folosită. Ea constă în închiderea aparatului într-o carcasă metalică rezistentă la presiunea maximă ce poate apărea în cazul unei explozii în interiorul aparatului. De asemenea, carcasa metalică a aparatului este astfel construită, încît gazele din interior aprinse în momentul apariției arcului electric sînt aruncate în afară prin interstii foarte înguste, care determină o răcire puternică a gazelor și împiedică astfel transmiterea exploziei în exterior. Lățimea și lungimea interstiiului au valori impuse prin norme și variază în funcție de volumul carcasei și de natura mediului exploziv;

— *aparate destinate să funcționeze în climatul țărilor calde (climat tropical)*. Materialele izolante folosite și acoperirile pieselor metalice se aleg în funcție de tipul climatului tropical;

— *climat tropical umed (TH)*, caracterizat prin temperatură și umiditate mare, variații mari de temperatură între zi și noapte și microorganisme (mucegaiuri, ciuperci);

— *climat tropical uscat (TA)*, caracterizat prin temperaturi înalte, radiații solare, puternice, furtuni de nisip.

E. SEMNE CONVENȚIONALE PENTRU APARATE ELECTRICE

Semnele convenționale pentru aparatele electrice sînt indicate în STAS 1590/6-71

Aceste semne dau o imagine simplificată a aparatului și a funcției sale.

Semnele convenționale pentru aparate se grupează astfel:

— semne convenționale pentru contacte;

— semne convenționale pentru întreruptoare, separatoare, contactoare, ruptoare;

— semne convenționale pentru butoane, comutatoare, controlere, chei de comandă;

— semne convenționale pentru prize și fișe.

În mod obișnuit semnele convenționale reprezintă aparatele în poziția de repaus.

Semnele principalelor aparate sînt indicate în tabelul 10.1.

În cadrul schemelor se pot folosi semne convenționale monofilare sau multifilare cînd se reprezintă toate traseele de curent.

F. APARATAJ DE INSTALAȚII

Principalele aparate de instalații sînt:

- întreruptoarele și comutatoarele de instalații;
- prizele și fișele casnice și industriale;

- butoanele de sonerie și de lumină;
- tablourile casnice cu siguranțe;
- tablourile casnice cu siguranțe, contor și sonerie;

Întreruptoarele și comutatoarele de instalații pot fi utilizate în mai multe execuții și anume:

— *pe tencuială*, pentru instalațiile executate în tuburi de protecție ușoară montate pe tencuială;

— *sub tencuială*, pentru instalațiile executate în tuburi de protecție ușoară îngropate în canale în zid și acoperite cu tencuială; aparatele sînt montate în doze;

— *protejate în bachelită sau carcasă metalică*, pentru instalațiile executate în tuburi de protecție IPE, acolo unde este necesar un grad de protecție mai ridicat; aparatele în carcasă metalică sînt recomandate acolo unde pot apărea solicitări mecanice cum este cazul șantierelor, magaziiilor etc.;

— *aparate intenc*, utilizate în cazul instalațiilor executate în conductor bifilar plat montat pe zid în grosimea tencuielii.

În general, indiferent de fabricație, soclurile cu contacte și sistemul de acționare sînt comune în toate execuțiile.

Întreruptoarele și comutatoarele pentru instalații sînt în general, de două feluri, în funcție de modul de acționare și anume: *rotative și basculante* cu varianta cumpănă.

Întreruptoarele și comutatoarele rotative au fost părăsite în ultimul timp deoarece ele sînt mai puțin rezistente mecanic și electric și fac zgomot mare la manevrare.

Întreruptoarele și comutatoarele cumpănă monobloc (cu soclul făcînd corp comun cu capacul) au în general contacte de argint ceea ce le asigură o viață electrică îndelungată, iar mecanismul, mai simplu, este și el mai rezistent.

Una dintre caracteristicile comune ale aparatelor moderne este faptul că bornele de legătură sînt astfel construite, încît permit legarea conductoarelor de aluminiu în bune condiții. Aceste borne trebuie să aibă o serie de calități, necesare pentru legarea conductorului de aluminiu, care este friabil și nu permite efectuarea ochiurilor și în același timp se tasează sub un efort continuu în timp, ceea ce duce la micșorarea forței de apăsare pe contact și la încălzirea bornei. Din această cauză, bornele sînt astfel executate, încît conductorul se introduce drept și au un element elastic care preia tasarea conductorului menținînd forța de apăsare pe contact.

Cîteva dintre tipurile de borne larg întîlnite la aparatajul de instalații sînt cele prezentate în figura 10.3. În figura 10.3, *a* este reprezentată o bornă în care conductorul se introduce drept sub lama elastică 1 și se strînge cu șurubul 3. În figura 10.3, *b* este reprezentată borna cea mai răspîndită, fiind mai simplă din punct de vedere tehnologic. Acest tip construc-

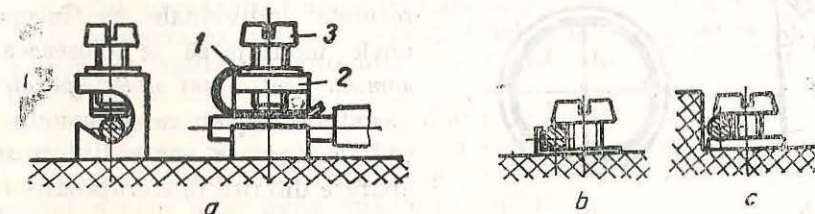


Fig. 10.3. Borne pentru aparataj de instalații:

a — cu lamă elastică (1 — lamă elastică; 2 — bornă; 3 — șurub de strîngere); *b* — cu perete metalic; *c* — cu perete izolant.

tiv de bornă se bazează pe elasticitatea corpului șurubului, care, așa cum se observă în figură, este solicitat neaxial. Pentru ca să nu fie nevoie de îndoirea conductorului, acesta se introduce între corpul șurubului și un perete metalic (fig. 10.3, b) sau din material izolant făcând parte din soclu (fig. 10.3, c).

Bornele la care stringerea conductorului se face sub vârful șurubului nu sînt admise pentru conductoarele de aluminiu. Nu se va face niciodată ochi la conductorul de aluminiu.

O altă tendință comună în aparatajul de instalații modern este utilizarea capacelor din materiale plastice albe sau de culori deschise cu fața cît mai lucioasă. Din această cauză pentru păstrarea aspectului trebuie evitată în timpul transportului și montajului zgîrirea sau murdărirea fețelor, stocarea de aparate în vrac, sau manipularea neglijentă a pieselor în timpul montajului. Este bine ca pînă la fixarea pe perete sau suport, aparatele să fie păstrate în cutii.

Aparatele pe tencuială sînt montate pe suporturi izolante cum sînt lemnul sau zidăria, sau pe materiale metalice. Aparatul are prevăzută din construcție o distanță suficientă între piesele sub tensiune și suport; este însă necesar ca fața pe care se montează să fie plană și să nu prezinte virfuri metalice sau muchii tăioase.

În cazul montării pe perete, aparatul se montează pe un diblu de lemn care se introduce în perete într-un orificiu anume săpat și se fixează cu ipsos sau mortat (fig. 10.4, a). Diblul trebuie să se aște la circa 2—3 mm de fața peretelui. Nu trebuie executată montarea aparatelor înainte ca materialul de fixare a diblului să se solidifice, astfel încît fixarea să se facă bine. Diblul trebuie să fie suficient de lung și de lat pentru ca șuruburile pentru lemn să aibă o prindere bună. Distanța între șuruburile de prindere normalizată fiind de 36 mm, diblul va avea lungimea de minimum 50 mm. Fixarea aparatului în acest caz se va face numai cu șuruburi pentru lemn.

Aparatele sub tencuială se montează în doza de instalații normalizată conform STAS 552-71, care poate fi metalică cu căptușeală izolantă sau chiar din material izolant, de exemplu bachelită sau PVC.

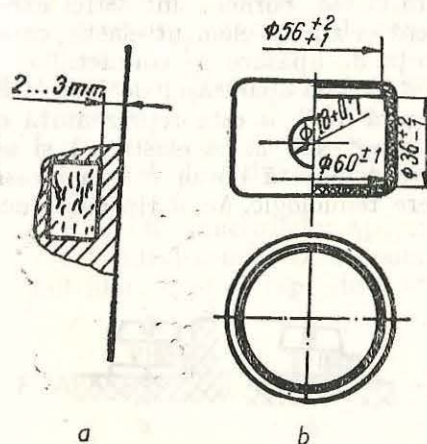


Fig. 10.4. Montarea aparatelor pe tencuială (a) și doza pentru montaj sub tencuială (b).

Pe lângă dozele rotunde reprezentate în figura 10.4, b, avînd dimensiunile normalizate, în țara noastră există tendința de utilizare a dozelor poligonale care au avantajul compacității și al posibilității de a se monta mai multe alăturate.

În afară de dozele poligonale sau rotunde individuale au început la unele montaje să se folosească doze comune pentru mai multe aparate, care în exterior au un capac comun. Grupul de aparate poate fi format din aparate diferite (întreruptoare, comutatoare, prize, butoane de sonerie) sau poate fi format din același fel de aparate.

Pentru montarea aparatelor sub tencuială, se va începe prin lăsarea capetelor conductoarelor suficient de lungi (cam de 100—120 mm), pentru a face legătura la borne în exterior, iar la introducerea aparatului în doză conductorul să facă o buclă suficient de largă care să nu ducă la ruperea lui, în special în cazul conductoarelor de aluminiu.

Stringerea conductoarelor la borne se va face cu deosebită grijă pentru a se evita desfacerea lor prin introducerea aparatului în doză. Acest lucru este cu atît mai necesar la aparatele monobloc care nu au un soclu separat ci unit cu capacul, deci bornele nu se pot vedea, cînd aparatul este introdus în doză.

După legarea conductoarelor la borne se introduce soclul în doză separat sau împreună cu capacul la aparatele monobloc. Se fixează apoi în doză cu ajutorul ghearelor de fixare care se înfig în pereții dozei. În cazul în care soclul și capacul sînt separate, aparatul este prevăzut cu o ramă metalică în care se articulează ghearele de fixare. Aparatele monobloc trebuie introduse pînă cînd capacul se sprijină pe perete pe tot conturul.

Stringerea ghearelor de fixare se face cu grijă pentru a se evita spargerea peretelui de sprijin de pe soclu, în special în cazul aparatelor monobloc care nu au ramă metalică și totuși trebuie fixate în doză suficient de sigur. Trebuie avut grijă ca poziția capacului să fie orizontală cu atît mai mult, cu cît în ultimul timp s-au generalizat capace dreptunghiulare sau pătrate.

Aparatele intenc, apropiate de aparatele sub tencuială, sînt destinate a fi montate pe panouri fabricate din beton, în grosimea stratului de tencuială. Aceste aparate au o doză din material izolant de grosime redusă și capacul puțin mai bombat decît la aparatele sub tencuială.

Conductoarele de legătură nu se introduc în tuburi ci sînt montate direct în stratul de tencuială. De aceea, ele sînt foarte plate și au o izolație din material plastic rezistentă la umezeală.

Intrarea lor în doze se face prin deschidere simplă. Doza izolantă se fixează în stratul de tencuială prin prinderea ei de tencuiala proaspătă. Unele doze intene au în spate un locaș pentru o gheară metalică ce se încastrează de asemenea în tencuială. În rest montarea este asemănătoare celei a aparatelor sub tencuială. Pentru a face legăturile la borne se va despica conductorul dublu pe o lungime suficientă, pentru a se face legătura ușor. Se va avea însă grijă să nu se dezgolească conductorul metalic.

Aparatele capsulate în carcase din material izolant sau în carcase metalice, care conferă și o rezistență mărită la lovituri, reprezintă un tip superior de protecție împotriva pătrunderii apei și a corpurilor străine. În general, tipul de protecție asigurat este IP 54, adică la apă din toate direcțiile, împotriva oricăror corpuri străine cu excepția pătrunderii parțiale a prafului.

Aparatele sînt în general executate dintr-o cutie în care se găsește soclul aparatului, prevăzut cu un capac care asigură închiderea etanșă a cutiei și permite manevrarea butonului etanș. Unele construcții au și un căpăcel care asigură etanșeitatea butonului sau a orificiilor, pentru introducerea fișei în corpul prizei.

Cutia se fixează pe perete prin dibluri de lemn sau pe suport metalic încastrat în perete. Se va avea grijă, în special în cazul cutiilor izolante, să se strîngă uniform toate șuruburile de fixare, păstrîndu-se planitatea suportului pentru a se evita spargerea cutiilor.

Conductoarele sînt aduse fie în tuburi de protecție etanșe IPE, fie sub formă de cablu în manta de cauciuc. Pentru asigurarea etanșității,

la intrarea în cutie a conductoarelor se folosesc în general două sisteme: cu mufă de etanșare sau cu dop de etanșare.

În cazul mufei de etanșare, cutia are orificiile de intrare filetate tot cu filet IPE. Dacă se folosește tubul de protecție IPE, acesta se introduce direct în cutie prin înșurubare. În cazul utilizării cablului în manta de cauciuc sau plumb, acesta se etanșează cu ajutorul unei mufe.

După efectuarea legăturilor se fixează capacul cutiei. Între acesta și cutie se află întotdeauna o garnitură care trebuie așezată cu grijă pentru a nu fi deplasată din locașul său.

Aparatele în carcasă metalică sînt în unele cazuri vopsite. Se va avea grijă să nu se deterioreze în timpul montajului stratul de vopsea, pentru a se evita coroziunea metalului, cu atît mai mult, cu cît aceste aparate sînt în general montate în locuri supuse acțiunii directe a apei ploii, prafului etc. Din același motiv se va verifica atent etanșarea intrării conductoarelor și a capacului.

Montarea prizei se face în mod analog întreruptoarelor și comutatoarelor. În cazul prizelor cu contact de protecție trebuie avut o grijă deosebită pentru montarea conductorului de protecție la borna corespunzătoare contactului de protecție și evitarea legăturii greșite a unui conductor de tensiune la acest contact. Pentru aceasta trebuie observat că bornele corespunzătoare sînt marcate, ca atare, cu semnul $\perp$ sau $\perp$ pentru cazul

în care se folosește un conductor de masă. Și în cazul montării fișei se va avea aceeași grijă.

La montarea prizelor și fișelor tripolare trebuie verificat dacă introducerea fișei într-o poziție greșită este imposibilă. Acest blocaj, asigurat prin construcție, trebuie totuși verificat și la montare, deoarece în timpul transportului și manipulării la montare pot apărea deformări care anulează blocajul conceput. Astfel de defecțiuni pot provoca accidente foarte grave, deoarece carcusele motoarelor sau altor receptoare, în loc să se lege la conductorul de protecție, se leagă direct la una dintre faze.

Pentru că în general nu se folosesc papuci la efectuarea legăturilor la bornele întreruptoarelor și prizelor, se va da atenție capetelor dezizolate atît în privința lungimii, cît și pentru a nu lăsa mustăți în cazul conductoarelor flexibile.

Șuruburile la borne trebuie bine strînse. În final se va da atenție curățirii capacelor și poziției lor unul față de celălalt.

G. INTRERUPTOARE CU PÎRGHIE

Întreruptoarele cu pîrghie corespund condițiilor tehnice prevăzute în STAS 2425-75. Ele sînt mult folosite atît în industrie, cît și în instalațiile semiindustriale, la acționarea motoarelor mici (polizoare etc.) din ateliere izolate etc.

Deoarece întreruptoarele cu pîrghie, nu au capacitate de rupere mare și nu se deschid automat, în cazul unui scurtcircuit ele nu pot proteja circuitul sau receptorul de energie electrică. De aceea, ele trebuie să fie montate în serie cu siguranțe fuzibile, care să realizeze protecția la scurtcircuit (fig. 10.5).

Întreruptoarele cu pîrghie tripolare pot fi utilizate și în curent continuu, legîndu-se două contacte în serie. În acest caz, ele au caracteristicile nominale cu valori mai reduse.

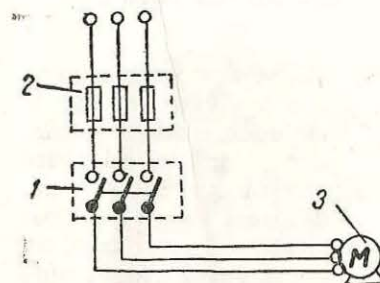


Fig. 10.5. Schema de acționare a unui motor comandat cu întreruptor cu pîrghie:

1 - întreruptor cu pîrghie; 2 - siguranțe fuzibile; 3 - motor electric.

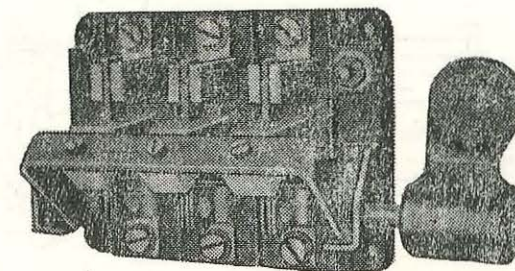


Fig. 10.6. Întreruptor cu pîrghie tripolar de 60 A cu placă de bachelită, cu întrerupere bruscă prin resort.

Întreruptoarele cu pîrghie se realizează în țara noastră în două construcții:

- cu placa de bază și capac din material termorigid, cum sînt mărimile de 25, 63, 100 A;

- pe cadru metalic pentru montare în panouri, cum sînt mărimile de 630 și 1000 A.

În figura 10.6 este reprezentată construcția unui întreruptor de 60 A, fără capac, iar în figura 10.7 cea a unui întreruptor pentru montare în panou.

În general întreruptoarele cu pîrghie nu au camere de stingere și nu au capacitate de rupere mare (numai 1,25I). Totuși la valori nominale peste 100 A s-au prevăzut pereți despărțitori între faze, din material izolant rezistent la arc electric.

Se verifică funcționarea aparatului în circuitul scos de sub tensiune, urmărindu-se în special: deplasarea ușoară a manetei și a axului contactelor și intrarea corectă a contactelor mobile în contactele fixe, iar în cazul întreruptoarelor bipolare și tripolare intrarea practic simultană a contactelor mobile în contactele fixe. Decalajul la conectarea între contactele de pe faze diferite trebuie să nu depășească 1 mm pentru aparatele funcționînd la curenți pînă la 60 A. Pentru aparatele de curent nominal mai mari intrarea simultană în contact se reglează din contactul fix sau acționîndu-se ușor asupra contactului mobil.

Se montează apoi camera de stingere și capacul de protecție (acolo unde este prevăzut). Este strict interzisă manevrarea aparatelor fără camere de stingere și capace de protecție, deoarece se pot produce scurtcircuite între faze, care duc la distrugerea aparatului și accidentarea manevrantului.

Înainte de darea în exploatare se va unge cu unsoare neutră mecanismul, lagărele axului și furcile-lagăr ale contactelor. De asemenea, se vor unge cu un strat subțire și capetele contactelor mobile care intră în contactele fixe.

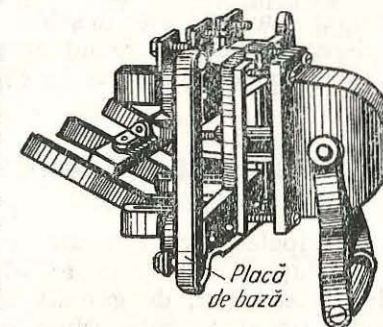


Fig. 10.7. Întreruptor cu pîrghie tripolar montat în spatele tabloului și acționat din fața tabloului prin manetă și sistem de pîrghii.

H. SEPARATOARE

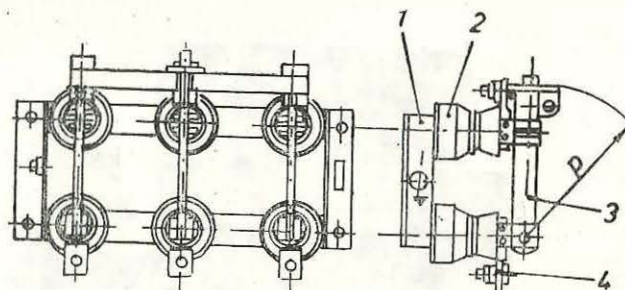


Fig. 10.8. Separator de joasă tensiune: 1 - suport metalic; 2 - izolator; 3 - contact mobil; 4 - bornă.

Separatorul are rolul de a asigura observarea de la distanță a stării circuitului: închis sau deschis.

Separatoarele se montează între diferite porțiuni ale instalațiilor electrice, în scopul separării lor la efectuarea unor lucrări la care este necesară întreruperea tensiunii.

Ele sînt asemănătoare întreruptoarelor cu pîrghie, dar nu au cuvă și nici camere de stingere deoarece trebuie să aibă contactele vizibile pentru a prezenta siguranța întreruperii circuitului (fig. 10.8).

Barele care formează contactele mobile sînt de cupru sau alamă, iar contactele fixe sînt elastice, pentru a asigura forța de apăsare pe contact.

Ele se acționează cu ajutorul unei prăjini cu mîner izolan.

La montarea separatoarelor se va avea o deosebită grijă ca barele de legătură să fie corect îmbinate. Suprafețele de contact trebuie argintate sau cositorite, deoarece aparatele se manevrează rar, iar șuruburile de legătură trebuie bine strînse. Șuruburile bornelor de legătură sînt prevăzute cu șaibe elastice, care să asigure menținerea stării contactului.

Se va verifica întotdeauna închiderea corectă a contactelor mobile (dacă toate cuțitele intră axial în furci, fără să tragă furca într-o parte), pentru a se evita scăderea forței de apăsare pe contact.

Contactele și cuțitele trebuie unse cu unsoare neutră după montare.

La montarea separatoarelor se va avea grijă în mod deosebit ca aparatul să nu se poată deschide întâmplător, de la sine sau din greșală. Din această cauză se va monta întotdeauna un dispozitiv de blocare în poziția închis, care să nu poată fi îndepărtat decît în momentul în care întreruptorul automat din aval este deschis.

Separatoarele corespund prescripțiilor STAS 553-80 și normei interne 267-52, în ceea ce privește condițiile tehnice.

I. ÎNTRERUPTOARE ȘI COMUTATOARE PACHET

Principalele avantaje ale acestor aparate sînt: posibilitatea realizării cu ușurință a unor scheme diferite, puterea de rupere în volum relativ redus, dimensiuni de gabarit redus, posibilitatea de capsulare ușoară în diferite tipuri de cutii. Numărul de manevre mecanice este însă relativ redus.

Întreruptoarele pachet sînt formate din etaje izolate suprapuse. În fiecare etaj se află două pînă la patru contacte fixe între care se face legă-

Separatoarele sînt aparate care servesc la închiderea sau deschiderea circuitelor electrice care nu sînt sub sarcină, deoarece ele nu au capacitatea de a întrerupe decît curenți foarte mici (de mărimea unui curent de mers în gol al unui transformator de putere).

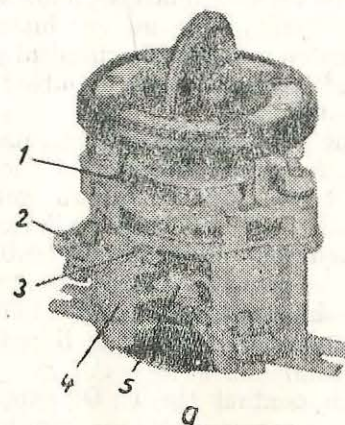
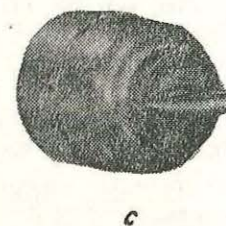
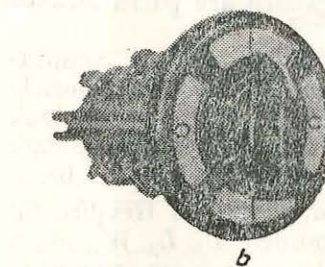


Fig. 10.9. Întreruptoare pachet:

a - model secționat (1 - sistem de sacadare; 2 - bornă de racord; 3 - contact fix; 4 - plăci de bachelită; 5 - contacte mobile); b - execuție deschisă pentru montaj îngropat; c - execuție protejată în carcasă de bachelită pentru montaj aparent; d - execuție capsulată în carcasă de frută.



tura electrică prin intermediul unui contact mobil care se rotește în interiorul etajului (fig. 10.9).

Toate contactele mobile ale unui întreruptor pachet sînt acționate de un ax izolat care trece prin toate etajele.

După forma contactului mobil și numărul de etaje se pot realiza diferite scheme.

Contactele fixe se fac din cupru sau alamă, iar contactele mobile din material arcuit, pentru a asigura forța de apăsare pe contact.

Întreruptoarele și comutatoarele pachet au tensiunea nominală de 380V în curent alternativ și de 220 V în curent continuu. Curenții nominali sînt de 10, 25, 40, 63, 100 A. Numărul de etaje este limitat de forța de acționare a mînerului și de faptul că la axe lungi nu se mai asigură simultaneitatea închiderii ultimelor contacte, datorită jocurilor și torsionării axului.

Montarea întreruptoarelor și comutatoarelor pachet este foarte simplă și se reduce la legarea conductoarelor la borne, respectîndu-se cu grijă marcarea bornelor, astfel încît schema dată să poată fi realizată. În cazul în care marcarea bornelor nu este vizibilă se poate identifica fiecare contact corespunzător poziției cheii de comandă, cu ajutorul unui circuit în care este legată o lampă electrică.

Se recomandă să nu se desfacă mecanismul de sacadare decît numai dacă, prin cîteva manevrări, se observă că este blocat. În acest caz, după remedierea defectului se va avea grijă să se ungă piesele cu unsoare neutră.

Deoarece nu pot întrerupe curentul absorbit de un motor blocat (de circa $6 I_n$), întreruptoarele pachet nu se folosesc decît pentru acționarea motoarelor mici pînă la 3 kW, pentru care se utilizează întreruptoare pachet de 10 A.

Înteruptoarele pachet cu intensități nominale mai mari se folosesc pentru circuite de lumină sau comutatoare de circuit și ele nu vor întrerupe decât suprasarcini de maximum $1,25 I_n$. Pentru a se proteja circuitul și întreruptoarele pachet împotriva scurtcircuitelor, în serie cu ele se montează elemente de protecție, cum sînt siguranțele fuzibile.

Schemele electrice ale principalelor tipuri de întreruptoare și comutatoare pachet sînt reprezentate în figura 10.10. În aceste scheme electrice sînt reprezentate discurile de bachelită, constituind suportii pentru contactele fixe. Aceste discuri sînt prevăzute cu cîte două scobituri periferice reprezentînd locașurile tiranților de fixare a pachetului de plăci. Cercurile goale reprezintă plăci de bachelită goale, montate pentru a asigura distanțele de străpungere și de conturare. În cercuri sînt reprezentate cele două tipuri de contacte I, L (denumite astfel datorită asemănării lor cu literele I și L).

În afara celor arătate mai sus există și un contact tip T. Deasupra șirului de plăci se reprezintă pozițiile butonului, corespunzătoare poziției contactelor. De exemplu, un comutator cu două poziții are patru situații succesive: zero, poziția I, zero, poziția II.

În figura 10.10, a este reprezentat un întreruptor bipolar. Un comutator bipolar cu două direcții este reprezentat în figura 10.10, b. La bornele S_1, S_2 se leagă sursa de energie electrică, iar la L_1, L_2 și M_1, M_2 , cele două receptoare. Comutatorul permite comanda pe rînd a celor două receptoare (pozițiile I și II), avînd două poziții de repaus (pozițiile notate cu 0).

În figura 10.10, c este reprezentat un comutator bipolar cu trei direcții. La bornele S_1 și S_2 se leagă sursa de curent, iar la bornele L_1, L_2, W_1, M_2 și N_1, N_2 cele trei receptoare. Comutatorul permite conectarea succesivă a celor trei receptoare (pozițiile I—II—III). Aparatul are o poziție de repaus notată cu 0.

În figura 10.10, d, este reprezentat un comutator tripolar cu două direcții. Bornele S_1, S_2, S_3 servesc la conectarea sursei de energie electrică, iar bornele L_1, L_2, L_3 și M_1, W_2, M_3 , la conectarea celor două receptoare trifazate.

La montarea întreruptoarelor și comutatoarelor pachet în cutii trebuie avut grijă ca, în cazul în care axul de acționare trece prin capacul cutiei, gaura de trecere să fie astfel dată, încît axul să nu frece pe margini. De ase-

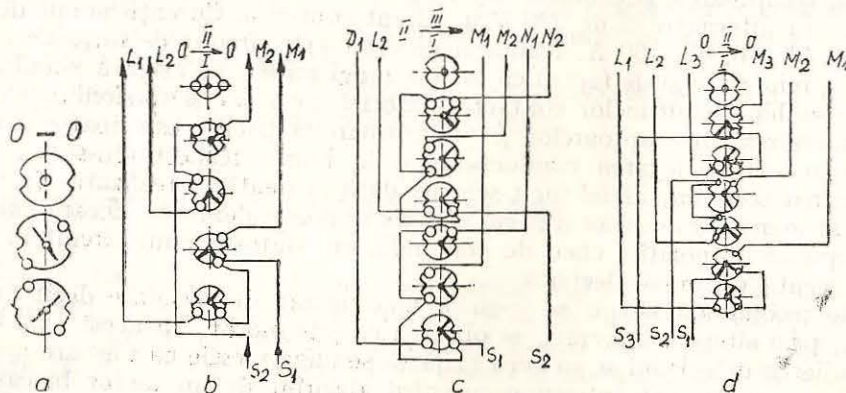


Fig. 10.10. Scheme de diferite întreruptoare pachet:

a - întreruptor bipolar; b - comutator bipolar cu două direcții; c - comutator bipolar cu trei direcții; d - comutator tripolar cu două direcții.

menea, se va evita frecarea dintre butonul de manevrare și capac, deoarece aceasta poate provoca blocarea aparatului.

La montarea în cutii se va ține seamă și de faptul că, pentru a se evita încălzirea peste limitele admisibile ale materialului izolan, volumul cutiei trebuie să fie de circa trei ori mai mare decât volumul ocupat de aparate. Pe cît posibil se vor introduce paravane izolante între aparate cînd acestea sînt montate foarte aproape pe același panou.

J. COMUTATOARE CU CAME

Comutatoarele cu came se utilizează în circuitele primare și de comandă. Caracteristicile lor tehnice sînt indicate în tabelele 10.2 și 10.3.

Comutatoarele cu came (fig. 10.11) se compun dintr-un număr de plăci montate în etaj și fixate între ele.

Tabelul 10.2

Caracteristicile nominale ale comutatoarelor cu came

Tensiunea nominală V	Curentul nominal termic A	Domeniul de utilizare
380	16	Circuite de comandă Pornirea motoarelor asincrone pînă la maxim 7,5 kW/380 V
380	25	Instalații de iluminat
380	40	Instalații de forță la tablouri de distribuție
380	63	Comutarea circuitelor de forță

Tabelul 10.3

Capacitatea de rupere a comutatoarelor cu came

Mărimea	Curentul nominal	Domeniul de utilizare	Capacitatea de rupere, în A		Numărul de manevre	Tensiunea
			$\cos \varphi = 0,4$	$\cos \varphi = 0,7$		
C 16	16	Circuitul secundar Circuitul principal	12,5 —	20 96	50 50	418 418
C 25	25	Circuitul principal	—	37,5	50	418
C 40	40	Circuitul principal	—	60	50	418
C 63	63	Circuitul principal	—	94,5	50	418

Pe fiecare etaj sînt montate cîte două contacte independente cu dublă rupere, acționate de o camă, așa cum se observă în figura 10.11, b.

Poziția butonului este asigurată de un sistem de sacadare cu resoarte elicoidale care acționează asupra unui came de sacadare. Numărul de poziții este determinat de o camă de blocare.

Comutatoarele cu came au avantaje asupra celor pachet, deoarece fiecare contact este independent, iar acționarea cu came permite reducerea

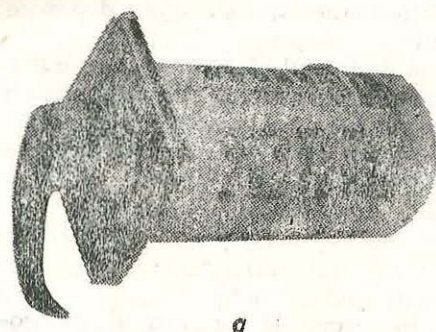
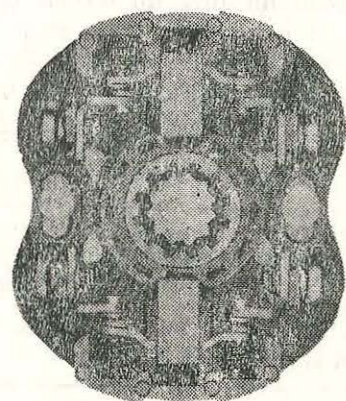
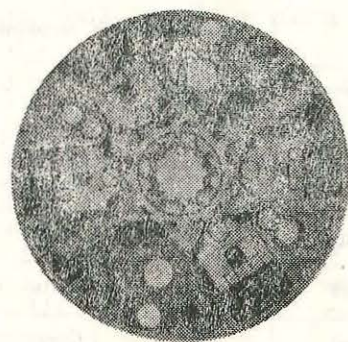


Fig. 10.11. Comutator cu came:
a - vedere generală; b - sistemul de contacte;
c - sistemul de sacadare.



b



c

efortului de acționare. De asemenea, pentru aceeași schemă numărul etajelor se reduce foarte mult.

Schemele obținute sînt variate și, datorită faptului că rezistența la uzură mecanică și electrică este relativ mare, utilizarea lor s-a răspîndit foarte mult, în special în componența pupitelor și panourilor de comandă și automatizare.

Întrucît există multe variante constructive, se vor respecta întocmai instrucțiunile de exploatare și montaj.

În construcția comutatoarelor de acest tip se utilizează foarte mult piese din materiale plastice și contacte de argint sau din aliaje de argint. Utilizarea argintului mărește mult rezistența la uzură electrică a aparatului.

K. PRIZE ȘI FIȘE INDUSTRIALE

Prizele și fișele sînt aparate care se utilizează pentru conectarea la rețea a consumatorilor mobili, cum sînt grupurile de sudură, mașinile de găurit și polizoarele portabile etc.

Priza este fixă, avînd contactele la rețea, iar fișa este mobilă, avînd contactele conectate la cordonul flexibil, de alimentare a consumatorului.

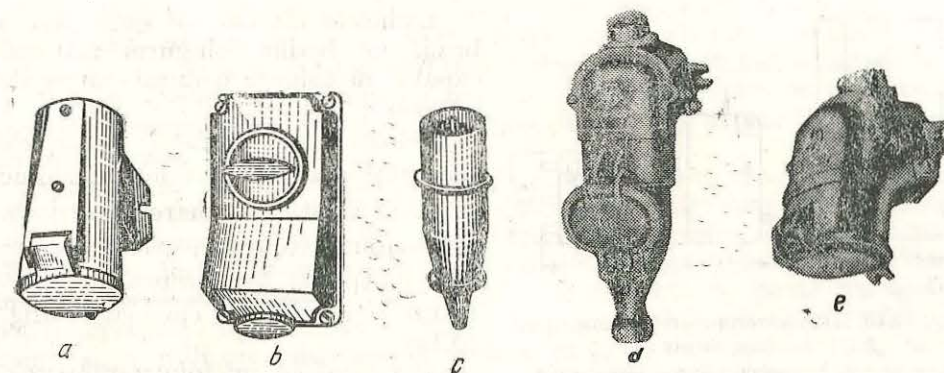


Fig. 10.12. Prize și fișe industriale din material plastic (a, b, c) și din metal (d și e):
a, b, c, - prize; c - fișă; d - priză și fișă asamblate.

Contactele prizei sînt în formă de teacă cilindrică sau de furcă și sînt protejate împotriva atingerii (deoarece sînt sub tensiune); contactele fișei sînt în formă de știft cilindric sau de lamelă și sînt protejate numai împotriva loviturilor.

Prizele și fișele industriale sînt tripolare; ele au în plus un contact de nul și un contact de pămînt sau cel puțin unul cu ambele funcțiuni.

Știftul de contact corespunzător contactului de pămînt trebuie să fie mai lung, astfel încît legătura la pămînt să se facă înaintea celorlalte.

Construcția prizei, amplasarea sau dimensiunile știfturilor trebuie astfel realizate, încît introducerea fișei în priză să nu fie posibilă decît în poziția corectă.

Prizele și fișele industriale se construiesc pentru tensiunea de 380—500 V și curenți nominali între 16 și 100 A (fig. 10.12).

L. MICROINTRERUPTOARE

Microîntreruptoarele constituie unul dintre cele mai utilizate elemente de automatizare, fiind foarte des folosit ca traductor de poziție și cursă și intrînd ca element de conectare într-o serie întreagă de alte reductoare și aparate.

Microîntreruptoarele sînt caracterizate prin:

- întrerupere bruscă, independentă de viteza de deplasare a organului de acționare;
- funcționare foarte precisă (comutarea contactelor dintr-o poziție în alta se face la o anumită poziție bine definită a elementelor de acționare);
- efort mic și cursă foarte redusă a elementului de acționare;
- dimensiuni reduse;
- frecvență mare de conectare (de ordinul a cîtorva mii de conectări pe oră) și durată de serviciu foarte mare (de ordinul a un milion de manevre);
- curenți nominali de ordinul a 6—10 A în curent alternativ și a 0,5—2 A în curent continuu.

Se folosesc diferite soluții constructive: cu lamelă elastică în T, cu lamelă elastică în arc de cerc, cu resort elicoidal.

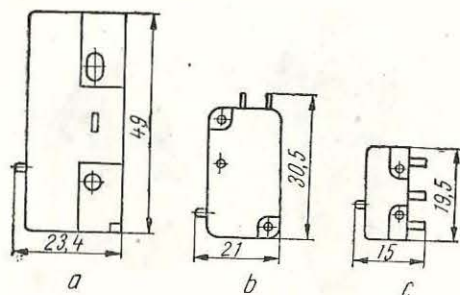


Fig. 10.13. Microinterruptoare — dimensiuni normalizate:

a — normal; b — miniatură; c — subminiatură.

Lamelele elastice se execută din bronz cu beriliu, singurul material capabil să asigure o durată mare de serviciu.

Pentru a se satisface multiplele necesități ale instalațiilor moderne se fabrică astăzi o mare diversitate de microinterruptoare, care se deosebesc în special prin dimensiuni (fig. 10.13) și elementele cinematice (fig. 10.14).

Dat fiind că microinterruptoarele sînt aparate sensibile, este strict in-

terzis ca în timpul montării sau al încercărilor să se depășească forța de acționare sau cursa butonului prevăzute în catalogul produselor.

Înainte de a se începe montarea se vor controla încă o dată datele de catalog ale microinterruptoarelor cu cele din circuitul în care sînt montate. În primul rînd trebuie urmăriti următorii parametri principali:

- spațiul de montare disponibil;
- caracteristicile electrice și anume: tensiunea nominală și curentul nominal;
- caracteristicile mecanice și anume: forța de acționare, cursă, viteza de deplasare a organului de acționare și frecvența de acționare;
- posibilitățile de legare la borne cu șurub sau cu lipitură;
- modul de fixare;
- mediul ambiant.

La montare trebuie evitată cu grijă orice solicitare mecanică a aparatului superioară celei prescrise.

La fixarea aparatului se vor folosi numai găurile prevăzute în acest scop, iar șuruburile se vor strînge definitiv numai după ce se verifică că organul de acționare nu solicită defectuos microinterruptorul, datorită montării într-un loc sau într-o poziție necorespunzătoare.

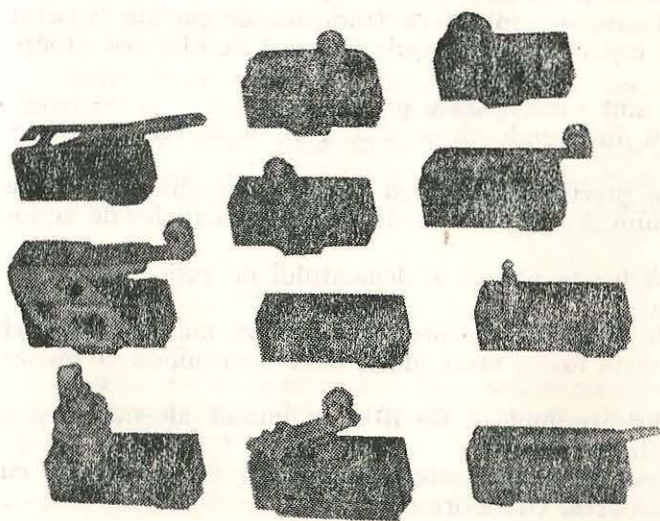


Fig. 10.14. Microinterruptoare cu diferite elemente cinematice.

Totodată trebuie avut grijă la montare ca din cauza unui spațiu mic și a îndoirii conductoarelor de legătură acestea să nu iasă din borne (fie de sub șurub, fie să se dezlipească) și în felul acesta circuitul să se întrerupă.

Întrucît bornele sînt apropiate, foaia de polietilenă dintre borne trebuie păstrată în bună stare, deoarece le asigură distanța de conturnare și evită scurtcircuitarea bornelor.

Microinterruptoarele cu tijă și simple cu buton nu vor fi acționate decît prin elemente care dau o forță axială cu butonul. Este complet greșit ca ele să fie acționate cu came sau patine, deoarece apare o componentă orizontală care duce la frecarea tijei în ghidaj și prin aceasta la uzură și eventual la blocarea butonului. Cele cu bilă, la care bila se poate rostogoli, pot fi acționate ca patină sau cu camă. Este preferabil însă ca în astfel de cazuri să se utilizeze microinterruptoarele cu braț, cu sau fără rolă, care prin elasticitatea lamelei protejează mai bine aparatul în cazul depășirii forței sau cursei prescrise.

VERIFICAREA CUNOȘTINȚELOR

1. Ce funcții îndeplinesc aparatele electrice în instalații?
2. Ce sînt serviciile standardizate?
3. Ce este capacitatea de comutație?
4. Ce este durata de conectare?
5. Ce deosebire este între străpungere și conturnare?
6. Care este încălzirea unei bare de alamă cu diametrul de 20 mm la trecerea unui curent de 800 A, știindu-se că $\rho = 8 \cdot 10^{-6} \Omega \text{cm}$ și $K = 10^{-3} \text{W/cm}^2 \cdot K$?
7. Ce efecte pot avea forțele electrodinamice?
8. Care sînt condițiile normale de mediu?
9. Ce sînt întreruptoarele cu pîrghie?
10. Principiul constructiv al întreruptoarelor pachet?
11. Principiul constructiv al întreruptoarelor cu came?
12. Principiile constructive ale separatoarelor?
13. De cîte tipuri sînt întreruptoarele de instalații după modul de montare?
14. Care sînt condițiile obligatorii pentru construcția prizelor și fișelor industriale?
15. Ce date definesc construcția microinterruptoarelor?

PROTECȚIA MUNCII ÎN LUCRĂRILE DE MONTAJ, ÎNȚEȚINERE ȘI EXPLOATARE A INSTALAȚIILOR ELECTRICE

A. GENERALITAȚI

Protecția muncii este un ansamblu de măsuri tehnice, sanitare și organizatorice, avînd ca scop ocrotirea vieții și sănătății celor ce muncesc în timpul procesului de producție și asigurarea unor condiții optime de muncă.

În țara noastră statul acordă o deosebită atenție creării la locul de muncă a unor condiții nepericuloase, care să asigure deplina securitate a muncii.

Spre deosebire de cele mai multe tipuri de instalații, la care pericolele posibile sînt sesizate de simțurile omenești, la instalațiile electrice, tensiunea electrică nu poate fi astfel sesizată, pentru ca omul să fie prevenit asupra pericolului posibil.

B. EFECTELE CURENTULUI ELECTRIC ASUPRA CORPULUI OMENESC

În cazul în care omul atinge simultan două corpuri bune conducătoare de electricitate între care există o diferență de potențial electric, de exemplu două conductoare electrice neizolate, corpul său va fi străbătut de un curent electric, accident care se numește *electrocutare*.

Electrocutarea poate avea loc prin atingerea directă a părților din circuitele electrice (fig. 11.1, a, b), sau prin atingere indirectă, adică atingerea unei părți metalice care nu face parte din circuitul electric, dar este pus accidental sub tensiune, de exemplu carcasa unui motor electric cu izolarea înfășurării deteriorată (fig. 11.1, c).

Tensiunea la care este supus omul la atingerea unui obiect intrat accidental sub tensiune este numită *tensiune de atingere*.

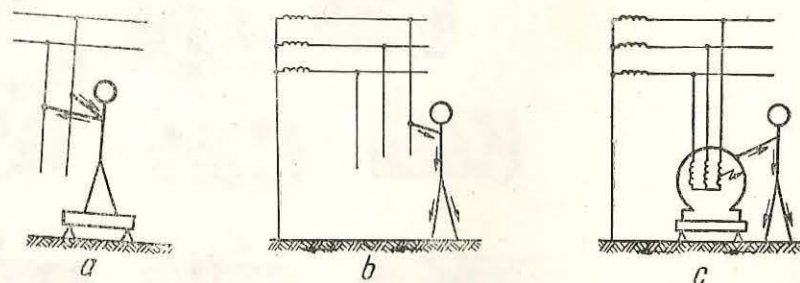


Fig. 11.1. Accidentarea prin electrocutare:

a - atingere directă mînă-mînă; b - atingere directă mînă-picior; c - atingere indirectă mînă-picior.

Efectele trecerii curentului electric prin corpul omului sînt: *șocul electric* și *electrotraumatismele*.

Șocul electric. Cînd valoarea curentului ce străbate corpul este sub 1 mA, omul nu simte trecerea acestuia.

La valori mai mari, pînă la 10 mA, au loc comotii nervoase la mîinile și picioarele prin care trece curentul; se manifestă contracții ale mușchilor de la mîini, astfel încît omul se desprinde cu efort de obiectul aflat sub tensiune. Accidentul poate fi însoțit de acțiuni necontrolate de apărare, care pot conduce la dezechilibrarea și căderea omului de la înălțime.

Peste 10 mA, omul nu se mai poate desprinde singur de obiectul sub tensiune și se poate produce șocul electric, curentul putînd acționa asupra sistemului nervos sau inimii.

Acțiunea curentului electric asupra sistemului nervos poate avea ca efecte mai grave oprirea respirației.

Acțiunea asupra inimii produce fibrilația inimii, adică contractarea și destinderea dezordonată și cu frecvență mare a mușchiului inimii. Ambele acțiuni, dacă nu sînt oprite într-un timp suficient de scurt, produce moartea accidentatului.

Electrotraumatismele sînt cauzate de arcurile electrice care pot apărea de exemplu, la scurtcircuitarea accidentală a circuitelor electrice. Ele pot, provoca orbirea, metalizarea pielii sau arsuri care pot distruge pielea, mușchii sau chiar oasele. Dacă arsurile se produc pe o suprafață mare, sau ating organe vitale, pot provoca moartea accidentatului.

Factorii de care depinde gravitatea electrocutării sînt:

— *Rezistența electrică a corpului omului.* Ea poate fi considerată egală în mediu cu 1 000 Ω , și depinde în cea mai mare măsură de starea pielii. Cînd stratul cornos al pielii este intact și uscat, rezistența corpului omenesc poate avea valori mult mai mari. Cînd pielea este udă sau rănită, rezistența corpului omenesc poate scădea pînă la 200 Ω . Rezistența corpului omenesc scade o dată cu creșterea suprafeței de contact, a presiunii de contact, a umidității și temperaturii mediului înconjurător și a duratei de acțiune a curentului.

— *Calea de trecere a curentului prin corp.* Accidentul este mai periculos dacă în circuitul electric stabilit intră inima (mînă-mînă; sau mînă-picior) sau locuri de mare sensibilitate nervoasă (încheietura mîinii, ceafa, gîtul, tîmpla etc.).

— *Intensitatea curentului electric care trece prin corp.* Limita maximă a curenților nepericuloși se consideră de 10 mA în curent alternativ și 50 mA în curent continuu.

— *Tensiunea la care este supus omul.* Cu cît tensiune este mai mare, cu atît pericolul de electrocutare este mai mare.

— *Frecvența curentului electric.* Curentul continuu este mai puțin periculos decît curentul alternativ: Curentul alternativ cu frecvența între 10 și 100 Hz este cel mai periculos în ce privește producerea de excitații. La frecvențe foarte mari nu există efecte de excitație periculoase, chiar la intensități foarte mari. Aceste frecvențe (circa 500 000 Hz), sînt folosite la unele aparate electromedicale.

— *Durata de acțiune a curentului.* Cu cît această durată este mai mare, cu atît pericolul de fibrilație a inimii este mai mare. Dacă timpul este foarte scurt, de ordinul milimilor de secundă, nu se produce fibrilația. Practic se consideră că un accident poate fi mortal, dacă durata de acțiune a curentului depășește 0,1 s.

C. PROTECȚIA ÎMPOTRIVA ELECTROCUTĂRII

1. CLASIFICAREA LOCURILOR DE MUNCĂ ȘI A MĂSURILOR DE PROTECȚIE

La alegerea măsurilor pentru protecția împotriva electrocutărilor se au în vedere caracteristicile locurilor de muncă; acesta se clasifică în trei categorii, în funcție de gradul de pericol;

— *locuri de muncă foarte periculoase*, în care există cel puțin unul dintre următorii factori: umiditatea aerului peste 97%, temperatura peste 35°C, medii corozive, obiecte conductoare în legătură electrică cu pământul care ocupă o suprafață mai mare de 60% în zona de manipulare (spațiul în care omul poate ajunge cu mâna în toate direcțiile, fără mijloace ajutătoare speciale);

— *locuri de muncă periculoase*, în care există cel puțin unul dintre următorii factori: umiditatea aerului între 75 și 97%, temperatura între 30 și 35°C, pulbere conductoare (pilitură de metale, grafit etc.), obiecte conductoare în legătură electrică cu pământul care ocupă o suprafață sub 60% din zona de manipulare;

— *locuri de muncă cu grad mic de pericol*, caracterizate prin pardoseală izolatoare (lemn uscat, asfalt etc.), umiditatea până la 75%, temperatura între 15 și 30°C, și fără elemente conductoare în contact electric cu pământul.

Măsurile de protecție pot fi:

- *măsuri principale*, când pot asigura singure protecția necesară;
- *măsuri suplimentare*, când completează măsurile principale pentru realizarea unei protecții sigure.

2. PROTECȚIA ÎMPOTRIVA ELECTROCUTĂRIILOR PRIN ATINGERE DIRECTĂ

Principalele măsuri pentru evitarea electrocutărilor prin atingere directă involuntară sînt:

— *proiectarea și construirea instalațiilor și echipamentelor electrice astfel, încît elementele aflate normal sub tensiune* (conductoare, borne, bare) *să nu poată fi atinse întîmplător, iar producerea unor arcuri electrice să nu poată da loc la arsuri*. Pentru aceasta se folosește închiderea în carcase de protecție împotriva atingerii, izolarea electrică a elementelor sub tensiune, amplasarea conductoarelor la înălțimi inaccesibile atingerii întîmplătoare, îngrădiri care să nu permită trecerea persoanelor spre elementele aflate sub tensiune, blocări electrice și mecanice în instalație;

- *folosirea unor pardoseli din materiale izolante;*
- *folosirea unor tensiuni reduse* (v. paragraful 3).

3. PROTECȚIA ÎMPOTRIVA ELECTROCUTĂRII PRIN ATINGERE INDIRECTĂ

Pentru evitarea electrocutării prin atingerea unor elemente aflate accidental sub tensiune se iau una sau cel mult două dintre următoarele măsuri:

Legarea la nul constituie o măsură principală de protecție pentru utilajele fixe sau mobile, alimentate de la rețele cu nul, care au punctul neutru

al sursei de alimentare legat la pământ. Carcasele metalice ale echipamentelor electrice sînt legate printr-un conductor de secțiune suficient de mare, la conductorul de nul de protecție (fig. 11.2).

Dacă are loc un defect, de exemplu străpungerea izolației între o fază și carcasă, are loc practic un scurtcircuit între fază și conductorul de nul de protecție. Curentul de scurtcircuit este mare, topește fuzibilul siguranței sau determină deconectarea întreruptorului automat care protejează circuitul respectiv, scoțînd astfel de sub tensiune carcasa. Pînă la declanșarea sau topirea fuzibilului, tensiunea de atingere a carcasei este menținută la valori nepericuloase.

Pentru realizarea unei protecții corecte prin legarea la nul trebuie să se respecte, în principal, următoarele condiții:

— *legarea suplimentară la pământ a anumitor puncte ale rețelei de nul*, pentru a se evita pericolul ce s-ar ivi prin întreruperea rețelei de nul de protecție. În cazul unei astfel de întreruperi, toate carcassele echipamentelor legate la nul pe partea întreruptă ar rămîne fără protecție. Cele mai importante puncte care trebuie legate la pământ sînt tablourile de distribuție, iar în cazul liniilor aeriene, toate punctele de ramificare, capetele liniilor și puncte pe traseu la distanțe de maxim 1 km;

— *separarea nulului de protecție de nulul de lucru*. De la ultimul tablou de distribuție în sensul transportului de energie (tablou care are borna de nul legată la pământ) și pînă la echipamentele protejate, nulul de protecție nu poate fi folosit și drept nul de lucru (fig. 11.2);

— *evitarea pericolului ce ar apărea prin inversarea rolului conductoarelor* (inversarea unui conductor de fază sau nulului de lucru, cu conductorul de protecție);

— *la instalațiile alimentare de la aceeași sursă este interzis să se folosească pentru o parte a instalațiilor protecția prin legare la nul, iar pentru altă parte, protecția prin legare la pământ*, deoarece pot apărea tensiuni de atingere periculoase la instalațiile legate la nul.

Legarea la pământ constituie o măsură principală de protecție pentru utilajele și aparatele fixe sau mobile, mai ales a celor alimentate de la rețele izolate față de pământ. Se poate folosi ca mijloc suplimentar de protecție în instalațiile de protecție prin legare la nul. Carcasele metalice ale echipamentelor electrice sînt legate printr-un conductor de legare la pământ la o priză de pământ (fig. 11.3). Curentul de defect se închide prin rezistența izolației rețelei față de pământ R_{Σ} și în cea mai mare parte prin instalația de legare la pământ, iar tensiunea de atingere rămîne nepericuloasă. Ea este cu atît mai mică, cu cît rezistența instalației de legare la pământ este mai mică.

Separarea de protecție are ca scop alimentarea receptorului cu un circuit izolat față de pământ și separat (izolat) față de rețea. Se realizează cu aju-

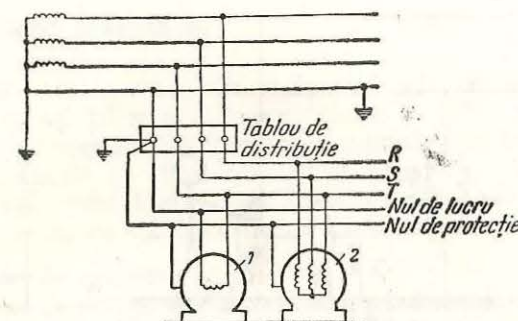


Fig. 11.2. Legarea la nul de protecție:
1 - receptor monofazat; 2 - receptor trifazat.

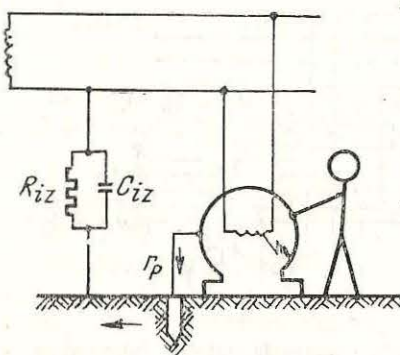


Fig. 11.3. Legarea la pământ.

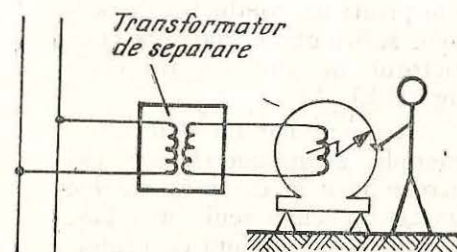


Fig. 11.4. Separare de protecție.

torul unui transformator de separare, care alimentează un singur receptor (fig. 11.4).

În cazul unui defect, curentul care se închide prin om este foarte mic, deoarece trebuie să se închidă prin izolația circuitului de alimentare. Izolația cablurilor de alimentare trebuie însă să fie totdeauna în stare bună.

Izolarea suplimentară de protecție constă din prevederea unei izolații suplimentare față de izolația obișnuită de lucru a receptorului. Ea se poate realiza izolându-se suplimentar receptorul fie prin aplicarea unei izolații suplimentare între izolația obișnuită de lucru și carcasă care poate fi atinsă de om, fie prin aplicarea unui înveliș izolant de protecție pe carcasa receptorului, sau se poate realiza prin izolarea locului de muncă (între om și pământ), folosindu-se covoare izolante.

Folosirea tensiunilor reduse poate constitui o măsură principală de protecție la utilajele portabile, folosindu-se tensiuni reduse de alimentare, alese în funcție de categoria locului de muncă (24 V în locuri foarte periculoase).

Tensiunea redusă se obține fie prin surse separate (acumulatori, baterii), fie prin transformatoare coboritoare de protecție, care realizează și o separare de rețea. Este interzisă folosirea autotransformatoarelor. Când se folosește tensiunea redusă, este interzisă legarea la pământ sau la masă a vreunui punct din circuitul de tensiune redusă și este interzisă legarea la pământ a receptorului.

Egalizarea potențialelor este numai o măsură suplimentară de protecție și constă în legarea între ele a tuturor obiectelor metalice ce pot fi atinse concomitent în zona de manipulare a omului. În acest mod, toate punctele ce pot fi atinse de om au același potențial, iar tensiunea de atingere, nulă. De exemplu, în cazul protecției principale prin legarea la nul se realizează și protecția suplimentară prin egalizarea potențialelor, legându-se între ele toate carcasele echipamentelor electrice și toate elementele metalice din zona de manipulare a omului.

Protecția prin deconectare automată este o măsură suplimentară de protecție ce se realizează prevăzându-se relee de protecție, care deconectează automat circuitele electrice în cazul apariției unor curenți de defect periculoși (PACD) sau în cazul apariției unor tensiuni de atingere periculoase (PATA).

4. PROTECȚIA LA LUCRĂRILE DE ÎNTREȚINERE ȘI REPARAȚII

Pentru protecția electricienilor care lucrează direct la elemente ce fac parte din circuitele electrice ale instalațiilor și echipamentelor se folosesc mijloace de protecție individuală, iar organizarea locului de muncă și eșalonarea operațiilor se stabilesc în funcție de tipul instalației, tensiunea de lucru, gradul de pericol al încăperii, felul lucrării etc. Toate acestea sînt descrise pe larg în instrucțiunile de lucru specifice fiecărei instalații.

Principalele măsuri și mijloace de protecție sînt:

— *îngrădirea provizorie a locului de muncă sau a elementelor sub tensiune aflate în apropierea locului de muncă*, folosindu-se panouri mobile de îngădire și plăci de avertizare pentru prevenire;

— *scoaterea de sub tensiune a instalației electrice înaintea oricărei lucrări de reparație*, folosindu-se toate aparatele din instalație care permit aceasta (întreruptoare, separatoare, siguranțe). Lucrul sub tensiune se execută numai în mod excepțional, numai la instalații pînă la 250 V, folosindu-se mijloace de protecție electroizolante și participînd la lucrare și o persoană pentru supraveghere;

— *asigurarea unei protecții contra apariției accidentale a tensiunii la locul de muncă*, prin montarea la partea deconectată a instalației, a unor scurtcircuitoare mobile legate la pământ;

— *verificarea prezenței sau lipsei de tensiune* cu indicatoare mobile de tensiune;

— *utilizarea unor mijloace de avertizare și semnalizare pentru prevenirea de pericole sau interzicerea unor manevre*, de exemplu, închiderea unor aparate prin care s-a scos de sub tensiune o instalație în vederea unor lucrări;

— *utilizarea unor mijloace de protecție contra electrocutării*, cum sînt: mănuși, galoși, cizme, covoare și platforme electroizolante, scule cu mînere izolante etc.;

— *utilizarea mijloacelor de protecție contra traumatismelor* (centură și frînghie de siguranță, cască de protecție, ochelari de protecție etc.).

Înainte de punerea în funcțiune și periodic în timpul funcționării, instalațiile electrice se verifică, în vederea înlăturării unor pericole (în principal rezistența de izolație, corecta execuție a legăturilor, montarea corectă a siguranțelor calibrate).

D. ACORDAREA PRIMULUI AJUTOR ÎN CAZ DE ELECTROCUTARE

Salvarea accidentatului depinde de rapiditatea cu care acesta este scos de sub tensiune și i se face respirația artificială. Intervenția după un minut creează șanse de salvare de 95%, în timp ce după 8 min șansele scad la 0,5%.

Acordarea primului ajutor constă din *scoaterea accidentatului de sub tensiune și efectuarea respirației artificiale*.

Scoaterea accidentatului de sub tensiune. Pentru aceasta se scoate de sub tensiune instalația acționîndu-se întreruptorul care o alimentează. La liniile aeriene se poate arunca peste conductoarele liniei un conductor neizolat, care în prealabil a fost legat la pământ.

În instalațiile de joasă tensiune, dacă nu este posibilă deconectarea instalației, se îndepărtează accidentatul de părțile sub tensiune și salvatorul

trebuie să ia măsuri să nu fie electrocutat, folosind mănuși sau cizme izolante, călcând pe un covor izolat, o scândură uscată sau pe haine uscate. Se recomandă ca intervenția să se facă cu o singură mână și să se apuce de hainele accidentatului, dacă sînt uscate.

Efectuarea respirației artificiale. Dacă accidentatul încă respiră, este întins, i se deschid hainele și eventual fricționat pe corp. Dacă accidentatul nu mai respiră, i se face imediat respirația artificială, care va fi continuată timp îndelungat, chiar 8—10 h, fără întrerupere. Decesul poate fi constatat numai de medic.

Pentru efectuarea respirației artificiale se poate folosi una dintre metodele manuale sau metoda gură-gură sau gură-nas. *Metoda manuală de respirație artificială* care poate fi aplicată de o singură persoană, este următoarea:

— se așază accidentatul culcat, cu spatele în sus cu capul pe o mînă, cu fața într-o parte și mîna cealaltă de-a lungul corpului;

— se scoate limba accidentatului afară, folosindu-se la nevoie un lemn introdus între măsele (nu între dinții din față);

— salvatorul se așază în genunchi deasupra accidentatului, cu fața spre capul lui, cuprinzînd între genunchi coapsele acestuia, și își așază palmele pe coapsele inferioare apucîndu-l lateral cu degetele răsfirate, degetele mari fiind paralele cu coloana vertebrală;

— salvatorul se apleacă înainte cu mîinile întinse, numărînd rar pînă la trei, realizînd astfel respirația;

— se revine brusc la poziția inițială pentru a intra aer în plămîni (inspirația) și se numără rar 4, 5, 6;

— se repetă ciclul cu o frecvență de 12—15 apăsări pe minut.

VERIFICAREA CUNOȘTINȚELOR

1. Care sînt măsurile de protecție împotriva electrocutării prin atingere directă?
2. Care sînt măsurile de protecție împotriva electrocutării prin atingere indirectă?
3. Care sînt principalele măsuri de protecție în lucrările de întreținere și reparații?

CUPRINS

Cap. 1. Introducere	3	Cap. 5. Contacte electrice	46
Cap. 2. Rezistoare	5	A. Generalități	46
A. Generalități	5	B. Construcția contactelor	46
1. Definiții	5	1. Materiale pentru contacte	46
2. Clasificare	5	2. Forme constructive	47
3. Parametri nominali	5	3. Vibrația contactelor	49
4. Reprezentarea convențională a rezistoarelor	6	C. Întreținerea și repararea contactelor	49
5. Marcarea rezistoarelor	6	Cap. 6. Elemente componente ale mașinilor și transformatoarelor electrice	50
B. Rezistoare pentru curenți slabi	9	A. Rolul și clasificarea mașinilor electrice	50
1. Rezistoare bobinate	9	1. Rolul mașinilor electrice	50
2. Rezistoare chimice	10	2. Tipuri de mașini electrice. Funcționare	50
3. Potentiometre	11	3. Clasificarea mașinilor electrice	51
4. Rezistoare neliniare	11	4. Răcirea mașinilor electrice	52
C. Rezistoare pentru curenți tari	12	5. Protecția mașinilor electrice	53
1. Rezistoare fixe	12	6. Părțile componente principale ale mașinilor electrice	54
2. Rezistoare reglabile (reostate)	15	7. Caracteristici nominale	56
3. Rezistoare pentru încălzire	17	B. Miezurile magnetice ale mașinilor electrice	57
Cap. 3. Condensatoare	20	1. Clasificare. Materiale utilizate	57
A. Generalități	20	2. Tipuri de circuite magnetice	57
1. Definiții	20	3. Polii mașinilor electrice	59
2. Clasificare	20	4. Miezuri stator laminate pentru mașini sincrone și asincrone	60
3. Caracteristicile principale	21	5. Miezuri stator laminate pentru mașini de curent continuu	62
4. Reprezentarea convențională a condensatoarelor	22	6. Miezuri rotor laminate pentru mașini de curent continuu și asincrone	62
5. Marcarea condensatoarelor	22	7. Miezuri rotor pentru mașini sincrone	63
6. Utilizarea condensatoarelor	24	C. Înfășurările mașinilor electrice	63
B. Construcția condensatoarelor	25	1. Clasificare. Materiale utilizate	63
1. Condensatoare cu dielectric gazos	25	2. Bobine polare (pentru înfășurări concentrate)	64
2. Condensatoare cu dielectric solid	26	3. Înfășurări repartizate	66
3. Condensatoare electrolitice	28	4. Înfășurări în scurt-circuit	71
4. Condensatoare industriale	29	5. Impregnarea și aco- perirea înfășurărilor	72
Cap. 4. Bobine	34		
A. Generalități	34		
1. Definiții	34		
2. Clasificare	35		
3. Parametri nominali	35		
B. Construcția bobinelor	36		
1. Materiale folosite la construcția bobinelor	36		
2. Bobine pentru înaltă frecvență	36		
3. Bobine pentru joasă frecvență	38		
4. Bobine de audiofrecvență	41		
5. Bobine de inducție	44		

D. Conexiunile înfășurărilor, semne convenționale și marcarea bornelor la mașini electrice	72	C. Întreținerea și repararea izolatoarelor	96
1. Conexiunile înfășurărilor	72	Cap. 9. Electromagneți	98
2. Marcarea bornelor	73	A. Principiul de funcționare. Construcția	98
3. Semne convenționale	74	B. Forme și caracteristici funcționale	99
E. Rolul și clasificarea transformatoarelor electrice	77	C. Întreținerea	101
1. Rolul transformatoarelor electrice	77	Cap. 10. Aparate de conectare în instalații de joasă tensiune	102
3. Clasificarea transformatoarelor electrice	77	A. Rolul și importanța aparatelor electrice	102
3. Părțile componente principale ale transformatorului	78	B. Clasificarea aparatelor electrice	102
4. Caracteristici nominale	78	C. Mărimile caracteristice principale ale aparatelor electrice	103
F. Circuite magnetice (miezuri magnetice) pentru transformatoare	79	D. Solicitări la care sînt supuse aparatele electrice	105
1. Clasificare. Materiale utilizate	79	1. Solicitări electrice	105
2. Construcția circuitelor magnetice pentru transformatoare	80	2. Solicitări termice	106
G. Înfășurările transformatoarelor	82	3. Solicitări electrodinamice	106
1. Clasificare. Materiale utilizate	82	4. Influența mediului în care lucrează aparatele	107
2. Tipuri de înfășurări pentru transformatoare	83	E. Semne convenționale pentru aparate electrice	110
3. Izolarea și montarea înfășurărilor	85	F. Aparataj de instalații	110
H. Marcarea bornelor, conexiunilor transformatoarelor și semne convenționale	85	G. Întreruptoare cu pîrghie	114
1. Marcarea bornelor	85	H. Separatoare	116
2. Conexiunile transformatoarelor trifazate	86	I. Întreruptoare și comutatoare pachet	116
3. Semne convenționale	86	J. Comutatoare cu came	119
I. Transformatoare mici	87	K. Prize și fișe industriale	120
1. Tipurile și caracteristicile transformatoarelor mici	87	L. Microîntreruptoare	121
2. Construcția transformatoarelor mici	88	Cap. 11. Protecția muncii în lucrările de montaj, întreținere și exploatare a instalațiilor electrice	124
Cap. 7. Termobimetale	91	A. Generalități	124
A. Principiul de funcționare	91	B. Efectele curentului electric asupra corpului omesc	124
B. Materiale folosite	91	C. Protecția împotriva electrocutării	126
C. Tipuri de bimetalice	92	1. Clasificarea locurilor de muncă și a măsurilor de protecție a muncii	126
D. Exploatarea elementelor bimetalice	93	2. Protecția împotriva electrocutării prin atingere directă	126
Cap. 8. Izolatoare și piese izolante	94	3. Protecția împotriva electrocutării prin atingere indirectă	126
A. Generalități	94	4. Protecția la lucrările de întreținere și reparații	128
B. Materiale folosite	94	D. Acordarea primului ajutor în caz de electrocutare	129
1. Materiale ceramice	95		
2. Materiale plastice	95		