

CAP. 6. INSTALAȚII ȘI ACȚIONĂRI ELECTRICE

6.1. Instalații electrice de iluminat

În cazul instalațiilor electrice de iluminat receptoarele sunt lămpile electrice. După modul de transformare a energiei electrice în energie luminoasă, lămpile pot fi clasificate în trei categorii:

1. lămpi cu incandescență;
2. lămpi cu descărcări electrice în gaze și vapori metalici (mercur), la care radiațiile luminoase apar ca urmare a fenomenului de electroluminescență și fotoluminescență;
3. lămpi cu arc, în care lumina apare atât sub forma unor radiații termice, cât și a efectelor de electroluminescență.

1. Lămpile cu incandescență obișnuite au filamentul din wolfram, în balon cu vid înaintat sau umplut cu gaz inert. Ele se construiesc la puteri nominale variind de la fracțiuni de watt până la peste 1000W. **Eficiența luminoasă** a lămpilor cu incandescență, definită ca raportul dintre fluxul luminos emis și puterea consumată este de 8...20 lm/W (randament este de numai 7...15%). **Compoziția spectrală** a luminii este bogată în radiații cu lungime de undă mare (radiații calde) – corespunzătoare culorilor roșu și galben și mai săracă în radiații cu lungimi de undă mici (radiații reci) - la care corespund culorile albastru și violet. Din acest motiv, lumina lămpilor cu incandescență deformează culorile, într-o oarecare măsură.

2. Lămpile fluorescente (Fig.6.1) se prezintă sub forma unor tuburi de sticlă lungi, de diametru mic, având în partea interioară depus un strat de substanță fluorescentă numită **luminofor**. În tub se găsește un amestec



Fig.6.1

de argon și vapori de mercur, la o presiune scăzută (3-4 mmHg). La extremitățile tubului sunt doi electrozi din wolfram, acoperiți de oxid de

bariu, având câte două borne de racord cu circuitul exterior. În timpul funcționării se aplică tensiunea de alimentare între electrozii tubului, astfel încât se produce o descărcare electrică în vaporii de mercur din tub. Descărcarea din gaz este însoțită de o puternică radiație ultravioletă, absorbită în luminofor și transformată de acesta în radiație luminoasă. Pentru amorsarea tubului fluorescent la punerea în funcțiune, și pentru

funcționarea lui în regim de durată este necesar să se îndeplinească următoarele condiții:

1. electrozii tubului trebuie preîncălziți până la o temperatură la care stratul de oxid de bariu produce o puternică emisiune de electroni (emisiune termoelectronică);

2. între electrozi trebuie aplicată o tensiune de amorsare de scurtă durată, dar de valoare mare (de circa 5 ori tensiunea nominală). Această tensiune produce ionizarea în avalanșă a atomilor de gaz, adică amorsarea descărcării în gaz;

3. pentru a nu se produce depășirea curentului admisibil prin tub, lampa este alimentată în serie cu o bobină, numită **balast**. Inductanța balastului determină valoarea curentului din regimul descărcării stabilizate în arc.

Schema de alimentare a unei lămpi electrice în circuit este dată în figura 6.2. Dispozitivul notat cu ST se numește **starter** și este prezentat în fig.6.3. El are rolul de a amorsa tubul fluorescent, la punerea în funcțiune a acestuia. Cele mai răspândite startere sunt construite sub forma unor mici lămpi cu descărcare în gaze inerte.

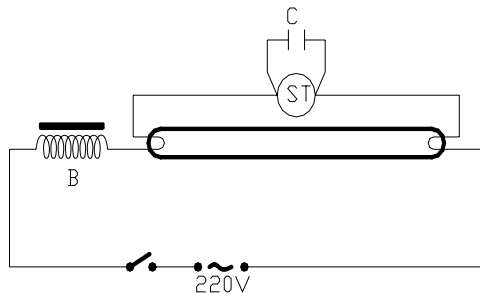


Fig.6.2

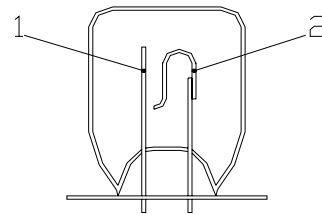


Fig.6.3

Electrodul 1 este fix iar electrodul 2 este format dintr-o lamelă bimetalică, construită din două foi sudate din metale cu coeficienți de dilatare foarte diferiți. La conectarea lămpii fluorescente în circuit, tensiunea rețelei se aplică prin balastul B starterului ST. Între cei doi electrozi ai starterului se produce o descărcare luminescentă însoțită de o încălzire a electrozilor. Încălzirea bimetalului 2 produce, prin dilatarea neuniformă a celor două metale componente, o deformare a electrodului 2 în așa fel ca acesta atinge electrodul 1. În acest moment descărcarea la starter încetează, iar curentul din circuit atinge valori mari limitate de inductanța balastului B. Acest curent trece prin electrozii lămpii fluorescente, încălzindu-i până la o temperatură la care stratul de oxid de bariu ce acoperă electrozii produce o puternică emisiune termoelectronică (circa

1000 °C). Deoarece descărcarea luminoasă în starter a încetat, bimetalul starterului se răcește și revenind la poziția inițială, întrerupe brusc circuitul electric. Se știe că la întreruperea curentului într-un circuit cu inductivitate mare cum este cea a balastului, se produc supratensiuni importante, care aplicate tubului fluorescent produc accelerarea electronilor emiși de electrozii tubului, până la apariția ionizării în avalanșă, deci amorsarea descărcării în vaporii de mercur din tub. În cazul în care supratensiunea nu a fost suficient de mare pentru amorsarea tubului, starterul intră din nou în funcțiune, repetându-se fenomenele arătate până la producerea amorsării tubului. Condensatorul C, montat în același corp cu starterul, servește la scurtcircuitarea oscilațiilor de înaltă frecvență care pot constitui paraziți radiofonici.

Prin caracteristicile lor, lămpile fluorescente au unele avantaje importante față de lămpile cu incandescență. Astfel, eficiența luminoasă este mult mai mare (50 – 70 lm/W), compoziția spectrală mai apropiată de cea a luminii naturale, durata de funcționare mai mare. Ele au și unele dezavantaje, de care trebuie să se țină cont la întocmirea unei scheme de iluminat electric. Astfel, valoarea instantanee a fluxului luminos este o mărime variabilă, cu frecvența de 50 de Hz, ceea ce are drept consecință apariția unui efect de pâlpare a luminii (efect stroboscopic). Deoarece acest efect poate da impresia ca unele obiecte în mișcare de rotație stau pe loc sau se mișcă în sens invers, el poate reprezenta o sursă de accidente de muncă.

Factorul de putere al unui circuit de iluminat fluorescent ca cel din fig.6.2 este destul de scăzut ($\cos\varphi=0.6$) ceea ce necesită utilizarea unor condensatoare pentru îmbunătățirea factorului de putere. Menționăm ca există și alte scheme de alimentare a tuburilor fluorescente, unele din ele asigurând un factor de putere apropiat de unitate.

Lămpile fluorescente de tipul celor prezentate sunt **lămpi cu vapori de mercur și argon la joasă presiune**. Ele se utilizează îndeosebi la iluminatul interior și se construiesc la puteri nominale relativ mici. (8, 14, 20, 40 și 60W). Actualmente se construiesc lămpi fluorescente cu gabarit redus, apropiat de cel al lămpilor incandescente, cu un consum de putere mic, dar cu eficiență luminoasă înaltă, numite lămpi **flucontact**. Ele sunt prevăzute cu circuite electronice de amorsare a aprinderii înglobate în interiorul acestora. În termeni populari mai poartă denumirea și de lămpi economice, căci cu un consum mic de putere dau un flux luminos mare (spre exemplu: cu un consum de putere de circa 20W asigură o lumină echivalentă cu cea a unui bec incandescent de 100W. Au durata

de durata de viață mult mai mare, între 8000-16000ore, însă prețul de cost este mai ridicat.

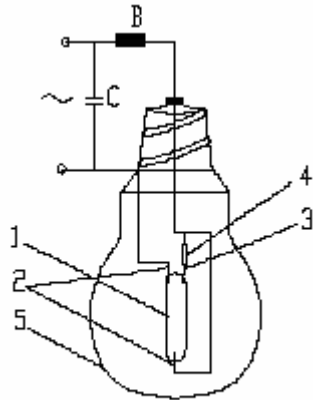


Fig.6.4

Pentru iluminat exterior se folosesc **lămpi cu vapori de mercur de înaltă presiune**. Aceste lămpi (Fig.6.4) se montează în serie cu un balast B pentru limitarea curentului la funcționarea în regim de lucru. Pentru îmbunătățirea factorului de putere, la bornele întregului ansamblu se conectează un condensator.

Lampa cu vapori de mercur de presiune înaltă se compune dintr-un tub de cuarț 1, în care se află vapori de mercur (la temperatura obișnuită, fiind condensat) și argon. Tubul are doi electrozi principali 2 și un electrod de amorsare 3, alimentat printr-un rezistor de grafit 4. La alimentarea lămpii se produce o descărcare între electrodul de amorsare și electrodul principal mai apropiat, datorită distanței mici între aceștia. Electronii și ionii proveniți din această descărcare sunt accelerați de câmpul electric produs între electrozii principali, în așa fel încât descărcarea în gaze este preluată de acești doi electrozi. Încălzirea tubului, produsă datorită descărcării, duce la evaporarea mercurului condensat și la creșterea presiunii vaporilor în tub. Presiunea gazului, deci și curentul în circuit, se stabilizează după circa 4-5 minute de la amorsare. Descărcarea electrică din tubul 1 produce o radiație luminoasă de culoare verde albăstruie, precum și o puternică radiație ultravioletă care excită stratul fluorescent depus pe partea interioară a balonului 5. În consecință, lumina produsă de lampa fluorescentă provine, în cea mai mare parte, pe seama luminoforului care acoperă suprafața interioară a balonului.

Lămpile cu vapori de mercur de presiune înaltă se construiesc la puteri relativ mari (100 – 2000W). La proiectarea unei instalații electrice de iluminat se impun anumite condiții, reglementate prin normative, privind:

- nivelul și uniformitatea iluminării;
- compoziția spectrală a luminii.

Nivelul iluminării precum și compoziția spectrală a luminii depind de natura activității din incintele consumatorului și se asigură prin alegerea corespunzătoare, atât a puterii și amplasamentului lămpilor de iluminat, cât și a caracteristicilor spectrale ale lămpilor utilizate.

6.2. Îmbunătățirea factorului de putere

Se știe că factorul de putere se poate determina din relația:

$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{3}UI} \quad \text{sau} \quad \cos \varphi = \frac{W}{\sqrt{W^2 + W_r^2}} \quad (6.1)$$

În practică este folosită, în mod curent, relația în funcție de energie, întrucât energia activă W și energia reactivă W_r sunt măsurate cu ajutorul contoarelor de energie activă și reactivă, în același interval de timp.

6.2.1. Dezavantajele unui factor de putere redus

Un factor de putere redus atrage următoarele dezavantaje:

a) Mărirea pierderilor de putere activă și reactivă. Într-adevăr, pentru aceeași putere activă P și aceeași tensiune U , $\cos \varphi$ este constant. Rezultă că, la un $\cos \varphi$ mic, curentul I va fi mai mare și deci pierderile de putere activă $3rI^2$ și de putere reactivă $3xI^2$ evident vor crește proporțional cu I^2 (r și x fiind rezistența chimică și inductivă a unui conductor de linie).

b) Mărirea căderilor de tensiune. Ca urmare a micșorării factorului de putere, puterea reactivă crește și din această cauză rezultă o creștere a căderii de tensiune ΔU_l , pentru aceeași putere P .

c) Necesitatea supradimensionării instalațiilor. În cazul uzual al distribuției energiei electrice sub o tensiune efectivă constantă, la o anumită putere P , curentul crește odată cu micșorarea factorului de putere și din această cauză toată instalația trebuie dimensionată corespunzător curentului mărit și deci vor crește cheltuielile de investiții atât pentru instalația propriu-zisă, cât și pentru spațiile suplimentare cerute de gabaritele mari ale întrerupătoarelor, transformatoarelor etc.

d) Creșterea încălzirii conductoarelor. Faptul că pentru aceeași putere activă, curentul devine mai mare la un factor de putere mai mic, încălzirea conductoarelor crește proporțional cu I^2 . Aceasta micșorează, în special, durata în serviciu a izolației cablurilor și a transformatoarelor.

Motivele menționate mai sus impun ca întreprinderile furnizoare de energie electrică să ia măsuri de tarifare diferită a energiei, în funcție de factorul de putere mediu realizat de consumatori. Factorul de putere mediu, minim admis, este de 0,92. Sub această valoare întreprinderea consumatoare este obligată să ia măsuri de îmbunătățire a factorului de putere, întrucât în caz contrar se aplică penalizări.

6.2.2. Măsuri de îmbunătățire a factorului de putere

Pot fi de două feluri:

1. măsuri tehnico-organizatorice sau de compensare naturală,
2. măsuri speciale de compensare.

1. Măsuri tehnico-organizatorice sau de compensare naturală

Această categorie de măsuri nu necesită instalații sau aparate speciale. În general, înainte de a recurge la măsurile speciale de compensare, se vor epuiza, pe cât posibil, măsurile de compensare naturală.

Cele mai importante măsuri tehnico-organizatorice ce se pot lua pentru ridicarea factorului de putere sunt:

a) Reducerea la minimum a timpurilor de funcționare în gol a motoarelor asincrone trifazate.

b) Înlocuirea motoarelor asincrone trifazate și a transformatoarelor supradimensionate cu altele de putere mai mică, corespunzătoare, pentru a mări coeficientul lor de încărcare.

c) Înlocuirea motoarelor asincrone cu motoare sincrone (acolo unde este posibil), iar acolo unde există deja motoare sincrone, să se utilizeze optim capacitatea lor de compensare.

d) Verificarea atentă a reparațiilor motoarelor asincrone, în special la înfășurări și la mărirea întrefierului (de exemplu rebobinarea cu un număr de spire cu cca.10% mai mic decât cel inițial duce la o creștere a puterii reactive la mers în gol cu cca. 25%, creșterea întrefierului cu cca. 0,1 mm poate provoca creșterea puterii reactive în gol cu cca. 40% din puterea reactivă totală a motorului).

e) Modificarea conexiunilor din triunghi în stea la motoarele asincrone trifazate cu rotorul în scurtcircuit, în regim de sarcină redusă. Această măsură se poate aplica numai în cazul când sarcina motorului este mai mică decât 1/3 din sarcina nominală. Îmbunătățirea factorului de putere cu ajutorul acestei măsuri se explică prin reducerea fluxului magnetic al motorului.

2. Măsurile speciale de compensare

Aceste măsuri presupun instalații speciale pentru producerea puterii reactive și implică deci, cheltuieli de investiții mai mari. De aceea aplicarea lor se face numai după executarea de studii tehnico-economice, în conformitate cu normativele în vigoare, din care să rezulte eficiența economică și amortizarea rapidă a cheltuielilor suplimentare, ocazionate de instalațiile de compensare a factorului de putere.

Ca mijloace speciale de compensare se citează:

- utilizarea unor baterii de condensatoare statice,

- folosirea motoarelor sincrone în locul celor asincrone, acolo unde se pretează,
- utilizarea unor compensatoare sincrone (motoarele sincrone supraexcitate ce funcționează în gol, îmbunătățesc factorul de putere).

Pentru circuitele de c.a. monofazat, problema montării bateriilor de condensatoare și a calculului capacității acestora s-a tratat în cadrul cap.3.1. În cazul circuitelor de c.a. trifazat, pentru instalațiile de joasă tensiune, se preferă baterii de condensatoare conectate în triunghi (fig.6.5).

Urmărind raționamentul făcut în cazul calculării capacității bateriei de condensatori la circuitele de c.a. monofazat, pentru obținerea unui $\cos \varphi' > \cos \varphi$ și apropiat de unitate, se obțin relațiile:

$$\frac{1}{C\omega} = \frac{U_l}{I_f} = \frac{\sqrt{3}U_l}{I_c} = \frac{\sqrt{3}U_l}{I \sin \varphi - I' \sin \varphi'}$$

sau:

$$C = \frac{I \sin \varphi - I' \sin \varphi'}{\sqrt{3}\omega U_l} = \frac{Q - Q'}{3\omega U_l^2} = \frac{P(\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} \varphi')}{3\omega U_l^2} \quad (6.2)$$

Față de capacitatea unei baterii de condensatoare folosită la c.a. monofazat, capacitatea bateriei de condensatoare pentru o fază este de trei ori mai mică.

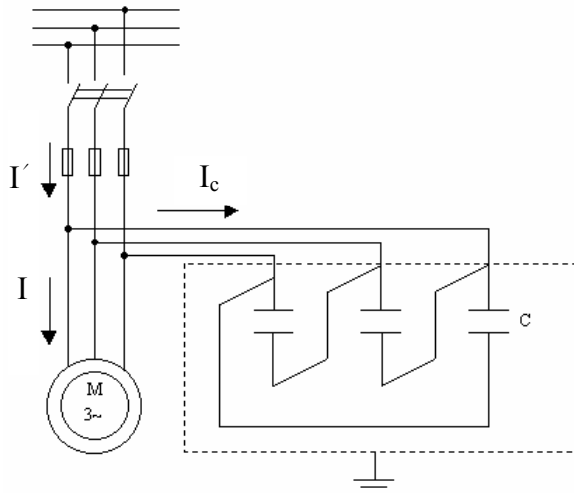


Fig.6.5

Pentru o anumită tensiune de linie, la frecvența industrială, puterea reactivă a unei baterii de condensatoare este proporțională cu capacitatea bateriei. Din această cauză, pe bateriile de condensatoare statice (fabricate special pentru îmbunătățirea factorului de putere) se indică puterea lor reactivă. Puterile reactive ale bateriilor reactive fabricate în țară, pentru tensiuni sub

1000V sunt 5,10,15 și 20 kVar.

Dacă tensiunea de alimentare a receptoarelor are valori peste 1000V, condensatoarele trebuie să fie prevăzute cu rezistențe de descărcare, legate în paralel cu ele, din motive de protecție a muncii. Aceste

rezistențe se dimensionează pe baza condiției ca în 60 secunde de la deconectarea condensatoarelor, tensiunea la bornele lor să scadă practic la zero.

Utilizarea bateriilor de condensatoare pentru îmbunătățirea factorului de putere se poate face individual (local, ca în fig.6.5) sau general (central). Compensarea locală se folosește în cazul receptoarelor inductive de mare putere, sau uneori la corpurile de iluminat fluorescente. Compensarea generală se execută prin montarea condensatoarelor la tabloul general de alimentare al instalațiilor de distribuție. Deși compensarea locală este mai indicată, însă la receptoarele mici sau mijlocii se utilizează mai rar datorită complicării instalațiilor și a îngreunării exploatarei lor.

6.3. Tehnica securității muncii în instalațiile electrice

Trecerea curentului prin corpul omenesc poate duce la electrocutare în cazul în care intensitatea curentului depășește o anumită valoare (de obicei peste 50 mA). Accidentele de electrocutare pot fi mortale dacă intensitatea curentului este mai mare de 10 mA în curent alternativ și 50 mA în curent continuu, depinzând de durata și de traiectoria parcursă de curentul electric.

Rezistența corpului omenesc depinde de foarte mulți factori și poate fi în general de ordinul a 100 k Ω , când pielea este uscată și intactă, însă ea poate scădea la circa 800-1000 ohmi când pielea este umedă. În calcule se ia în considerație rezistența minimă de 1000 de ohmi. Ținând cont de valoarea intensității curentului de 50 mA, rezultă că tensiunea electrică aplicată între două puncte ale corpului, tensiunea de atingere, devine periculoasă de la 50 V în sus în circuitele de curent continuu și de la 10 V în circuitele de curent alternativ (pentru un timp de atingere mai mare de 3 secunde). Pentru a evita pericolul electrocutării, în STAS 2612/72 sunt specificate valorile tensiunilor nominale de lucru, maxime admisibile, pentru unelte electrice portative, pentru utilajele mobile de sudare cu arc electric, pentru corpurile de iluminat din locurile periculoase sau foarte periculoase etc. De exemplu, în acele locuri de muncă foarte periculoase în care există cel puțin unul din următorii factori: - umiditate relativă a aerului peste 97%; - temperatura peste 30⁰C; - mase metalice în legătură cu pământul, acoperind peste 60% din suprafața zonei de manipulare; - gaze sau lichide, se impune folosirea unei tensiuni de maxim 12 V, pentru corpurile de iluminat portative.

La trecerea curentului prin organism se produc efecte chimice (electroliză), efecte termice (încălzire) și efecte fiziologice asupra

sistemului nervos, care pot duce la paralizarea aparatului respirator, precum și a inimii, urmată de moarte.

Gravitatea acestor efecte depinde de durata și mărimea intensității curentului electric precum și de drumul parcurs de curent. Cazul cel mai periculos este atunci când tensiunea de atingere se aplică între mâini și picioare și curentul trece prin inimă.

Traumatismul constă în semne electrice (umflături de piele), arsuri sau electrometalizări produse de acțiunea curentului și a arcului electric. Este de reținut faptul că, oricât de grave ar fi traumatismele, ele produc rareori moartea. În general, dacă inima nu a încetat să bată, un electrocutat moare prin asfixiere, din cauza paraliziei aparatului respirator. De aceea, făcând respirație artificială unui electrocutat, el poate fi readus la viață. Respirația artificială trebuie făcută rațional, așa cum se prevede în normele de tehnică a securității muncii și un timp suficient de lung, care uneori poate atinge șase sau chiar opt ore. Deseori, în practică, se face greșeala de a nu începe respirația artificială imediat și din lipsă de instruire ea este făcută într-un mod defectuos, ceea ce duce la pierderea unei vieți care putea fi salvată.

Atingerea părților conductoare aflate sub tensiune poate fi monofază (tensiunea de atingere este egală cu tensiunea pe fază) sau bifază (tensiunea de atingere este egală cu tensiunea între faze). Pentru a micșora riscul atingerii părților conductoare aflate sub tensiune, instalațiile electrice se construiesc astfel încât aceste părți să nu fie accesibile. Pentru aceasta se respectă normele de construcție (de izolație) și se prevăd o serie de blocaje. Când totuși astfel de atingeri sunt posibile, se utilizează rețele de tensiuni reduse (de exemplu la circuitele de comandă de la distanță se folosește de obicei 24 V; la iluminatul portativ se folosește 12V sau 24V).

Toate părțile metalice, care în mod normal nu sunt sub tensiune, dar care ar putea veni în contact cu o piesă conductoare aflată sub tensiune (de exemplu carcasa unui motor electric sau a unui transformator poate veni în contact cu conductoarele înfășurării statorice, sau a înfășurării primare, în cazul unei defecțiuni a izolației pe o fază), trebuie legate la pământ. Această legătură prin care se realizează scurgerea curentului la pământ, în cazul unui defect, se numește legătură la **priza de pământ**. Rezistența ohmică a prizei de pământ trebuie calculată astfel încât, în cazul atingerii de către o persoană a carcasei, prin acea persoană să se scurgă un curent mai mic de 50 mA în c.c. și 10 mA în c.a. deci nepericulos.

Normele de protecție a muncii pentru instalațiile electrice, precizează regulile ce trebuie respectate la desfășurarea oricărei activități în

instalațiile electrice în funcțiune, în scopul evitării accidentelor. Prin conținutul lor, normele se adresează:

- personalului de specialitate care exploatează și întreține instalații electrice în funcțiune;
- personalului de specialitate care execută instalații electrice, pentru lucrări efectuate asupra instalațiilor în funcțiune;
- personalului de altă specialitate, pentru orice categorii de lucrări executate în instalații electrice în funcțiune.

Întreprinderile care exploatează și întrețin instalații electrice sau execută lucrări de construcții-montaj, lucrări care prin natura lor se desfășoară în apropierea sau chiar asupra instalațiilor electrice în funcțiune, sunt obligate să instruiască personalul în cauză, în sensul cunoașterii și respectării normelor de protecție a muncii pentru lucrările pe care le execută.

6.3.1. Protecție împotriva atingerilor accidentale a părților conductoare, care în mod normal, nu sunt sub tensiune

Pentru a micșora riscul atingerii sub tensiune a pieselor metalice care, în mod accidental, pot ajunge sub tensiune, se face legarea la priza de pământ (sau la firul neutru al instalației).

Se știe că în practică, există rețele cu nulul legat la pământ sau nu. În majoritatea cazurilor, rețelele sunt cu nulul legat la pământ și atingerea unei faze (a unei părți conductoare aflată sub tensiune sau a unei părți metalice care accidental este sub tensiune) poate duce la electrocutare, întrucât tensiunea de atingere este egală cu tensiunea pe fază. Dacă partea metalică aflată accidental sub tensiune este legată la pământ, această defecțiune constituie un scurtcircuit monofazat și faza respectivă este scoasă de sub tensiune (se topește fuzibilul siguranței de protecție).

În cazul rețelelor la care nulul nu este legat la pământ, atingerea unei faze nu este periculoasă. În acest caz punerea accidentală sub tensiune a unei părți metalice nu duce la scurtcircuitarea fazei respective și de asemenea atingerea fazei nu duce la electrocutare, însă dacă există o defecțiune de izolație pe una din faze și se atinge o altă fază, atunci corpul este supus la tensiunea între faze – situație cu mult mai periculoasă decât în cazul rețelelor cu nulul pus la pământ. Întrucât practic, cele mai frecvente cazuri de electrocutare sunt cele provenite prin atingerea unei singure faze a rețelei de către un om care stă cu picioarele pe pământ, se utilizează rețele cu nulul legat la pământ, deși din punct de vedere al pericolului electrocutării, rețeaua cu nulul izolat este mai avantajoasă. Totuși, acolo unde pericolul de electrocutare este foarte mare

(de exemplu în exploatarea miniere subterane sau la instalațiile electrice pe nave), se utilizează rețeaua cu nulul izolat intercalându-se un transformator cu nulul izolat față de pământ. Legarea la pământ a părților metalice care accidental pot veni sub tensiune, ca de exemplu: carcasa mașinilor electrice, ale transformatoarelor, ale diverselor aparate electrice, armătura cablurilor subterane etc. – se face cu ajutorul prizelor de pământ. În această situație, un om care stând cu picioarele pe pământ, atinge o piesă metalică (ajunsă accidental sub tensiune), nu va fi supus unei diferențe de potențial, prin corpul lui nu va trece un curent electric și deci nu va fi supus pericolului electrocutării. În realitate, datorită curenților care se scurg prin priza de pământ, atunci când apare tensiune pe piesa legată la pământ, între piesa respectivă și pământ apare o cădere de tensiune pe rezistența ohmică de contact și pe rezistența prizei de pământ. Rezistența echivalentă va fi (fig.6.6):

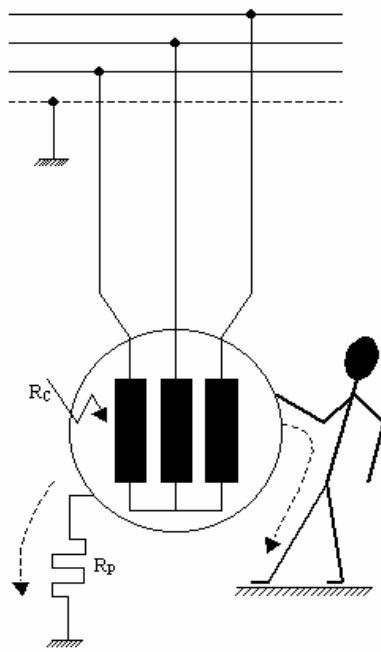


Fig.6.6

$$R_e = R_c + \frac{R_p R_{om}}{R_p + R_{om}} \quad (6.3)$$

iar căderea de tensiune (tensiunea de atingere):

$$U_a = U_f - R_c I \quad (6.4)$$

unde: R_c - rezistența de contact la locul defectului; R_p - rezistența prizei de pământ; R_{om} - rezistența corpului omenesc (1000 ohmi); U_a - tensiunea de atingere; U_f - tensiunea pe fază; I - intensitatea curentului (U_f/R_e); R_e - rezistența echivalentă. Pentru exemplificare, dacă $U_f = 220V$; $R_c = 11$ ohmi și $R_p = 0,5$ ohmi, rezultă: $R_e = 11,5$ ohmi, $I = 19,1A$, $U_a = 9V$ și curentul prin corpul omenesc $I_{om} = 0,009A$, deci sub limita periculoasă de 10 mA (observație: pentru o rezistență de contact mică, intensitatea curentului este mare și intervin aparatele de protecție la scurtcircuit;

dacă R_p este prea mare crește pericolul de electrocutare).

Rezistența ohmică a prizei de pământ trebuie să fie cât mai mică pentru ca și tensiunea de atingere să fie cât mai mică. Prizele de pământ se construiesc din electrozi formați din țevi de oțel galvanizat cu un

diametru de minimum 35 mm și cu o lungime de cel puțin 1,5-3 m, îngropați într-un pământ cu o rezistivitate cât mai mică (în acest scop pământul poate fi umezit sau tratat special cu săruri). Legarea pieselor metalice la prizele de pământ se face prin conductoare de oțel de o secțiune de cel puțin 50mm² (sau din cupru, de o secțiune de cel puțin 25 mm²).

În locul țevilor se pot utiliza benzi de oțel galvanizat sau plăci de oțel galvanizat cu o suprafață de cel puțin 0,6 m². Rezistența prizelor astfel construite, cu un singur electrod, este de ordinul zecilor de ohmi; pentru a obține rezistență mai mică se leagă mai mulți electrozi în paralel (se fac prize multiple). Prizele se construiesc astfel ca la cel mai mare curent de scurgere al instalației respective, tensiunea de atingere să nu depășească 24V – în cazul instalațiilor portative de c.a., sau la orice instalație în subteran; de 40V – în cazul instalațiilor fixe (în STAS 2612-72 sunt specificate valorile maxime admisibile ale tensiunilor de atingere, pentru diverse locuri de utilizare, atât în c.a. cât și în c.c.)

În cazul când există mai multe utilaje electrice care urmează să fie legate la priza de pământ, acest lucru se realizează prin intermediul unei „centuri de punere la pământ” care se construiește în interiorul secției, atelierului, laboratorului etc. La centura de punere la pământ se face legătura tuturor carcaselor utilajelor electrice existente, iar legătura cu priza de pământ se execută așa cum s-a menționat, din oțel sau din cupru.

6.3.2. Protecția împotriva supratensiunilor apărute ca urmare a descărcărilor electrice

Supratensiunile deosebit de periculoase sunt cele de origine atmosferică. Pentru protecția împotriva loviturilor de trăsnet în instalațiile electrice se folosesc paratrăsnete. Paratrăsnetul este o tijă metalică, bine legată la pământ, printr-o priză de pământ, realizată fie din țevi de oțel galvanizat îngropate în pământ, fie dintr-o placă de oțel galvanizat, de asemeni îngropată în pământ. Zona cuprinsă în jurul paratrăsnetului este ferită de loviturile directe de trăsnet. Pentru a se mări zona de protecție se folosesc mai multe paratrăsnete.

Contra supratensiunilor ce vin de pe rețelele aeriene și pătrund în instalațiile electrice se folosesc descărcătoare (aparate care se leagă între conductoarele liniei aeriene și pământ). Când tensiunea crește peste o anumită limită, descărcătorul „se amorsează”, scurgând spre pământ sarcinile electrice care au produs supratensiunea; când tensiunea revine la normal, descărcătorul iese din funcțiune. Descărcătoarele moderne folosesc rezistențe variabile cu tensiunea. La creșterea tensiunii, rezistența descărcăto-

rului scade, scurgând sarcinile la pământ. La revenirea tensiunii la valoarea normală, rezistența descărcătorului devine din nou foarte mare.

6.4. Acționări electrice

Acționările electrice constituie o disciplină tehnică care se ocupă cu studiul sistemelor compuse din motorul electric și utilajul tehnologic (mașina de lucru).

Acționarea electrică a utilajelor tehnologice presupune realizarea unor operații privind funcționarea mașinilor electrice cum ar fi: pornirea, inversarea sensului de rotație, reglare de turație, frânare etc. Acționările electrice au cunoscut un puternic progres odată cu dezvoltarea electronicii de putere.

6.4.1. Bazele dinamicii sistemelor de acționare electrică

Prin **sistem de acționare electrică** se înțelege un ansamblu format din motorul electric, mașina de lucru și transmisia (reductor, cuple. Curele etc.).

O schemă bloc pentru un sistem de acționare electrică este reprezentată în fig.6.7, în care:

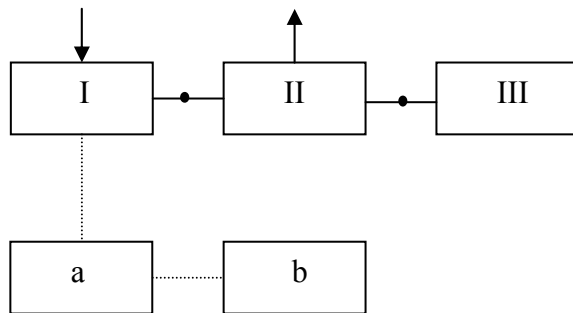


Fig.6.7

I – reprezintă motorul electric de acționare;

II – mecanismul executor;

III – masele totale de inerție;

a – panou de aparate electrice;

b – post de comandă.

Motorul electric primește energia electrică și este

comandat de partea electrică a acționării (a și b).

Piesele în mișcare ale agregatului mecanic înmagazinează și cedează energie cinetică, intervenind în legile mișcării prin inerția lor. Pentru mărirea capacității de acumulare și de cedare a energiei cinetice, la unele acționări electrice se adaugă o masă de inerție suplimentară sub forma unui volant.

La stabilirea regimului de mișcare a agregatului mecanic intervin, în general, trei cupluri corespunzătoare elementelor I, II și III din fig.6.7:

- cuplul motor dezvoltat de motorul electric;

- cuplul rezistent dezvoltat de mecanismul executor;
- cuplul dinamic prin care masele de inerție se opun schimbărilor de viteză.

Suma algebrică a acestor trei cupluri trebuie să fie totdeauna nulă, adică se poate scrie relația:

$$M - M_r - M_d = 0, \quad (6.5)$$

Însă
$$M_d = \frac{P_d}{\Omega} = \frac{1}{\Omega} \frac{dW_c}{dt} = \frac{1}{\Omega} \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} J \Omega^2 \right), \quad (6.6)$$

Unde: W_c este energia cinetică a unui corp în mișcare înmagazinată sau cedată de masele în mișcare; J reprezintă momentul de inerție al masei în mișcare; Ω viteza unghiulară.

Dacă **J este constant**, atunci

$$M_d = J \frac{d\Omega}{dt} \quad (6.7)$$

În locul momentului de inerție și a vitezei unghiulară, de regulă, se utilizează momentul de girație G și turația n rot/min.

$$J = \sum_1^n m_i x_i^2 = m x^2 = \frac{G D^2}{g \cdot 4} \quad (6.8)$$

unde: m reprezintă masa corpului concentrată la distanța x de axa de rotație; G – greutatea corpului; D diametrul de inerție și GD^2 – momentul de

girație și $\Omega = \frac{2\pi n}{60}$ sau $\frac{d\Omega}{dt} = \frac{\pi}{30} \frac{dn}{dt}$. În aceste condiții relația (6.5)

devine:
$$M = J \frac{d\Omega}{dt} + M_r = \frac{GD^2}{375} \frac{dn}{dt} + M_r \quad [Nm] \quad (6.9)$$

Relația (6.9) este valabilă pentru $J = \text{constant}$, caz cel mai întâlnit în practică. Pentru situațiile când J este variabil, M_d va avea relația:

$$M_d = \frac{1}{\Omega} \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} J \Omega^2 \right) = J \frac{d\Omega}{dt} + \frac{\Omega}{2} \frac{dJ}{dt} \quad (6.10)$$

Iar
$$M = J \frac{d\Omega}{dt} + \frac{\Omega}{2} \frac{dJ}{dt} + M_r \quad (6.11)$$

Cuplul motor al motoarelor electrice poate fi de mai multe feluri și anume:

a) Cuplul motor constant. În funcționarea normală, motoarele electrice nu dezvoltă cuplu constant la arbore, totuși se admite uneori că motorul dezvoltă un cuplu constant.

b) Cuplul motor dependent de viteza unghiulară. La o mare parte din motoare cuplul variază în funcție de viteza rotorului (la motoarele de c.c. și la cele asincrone cu sau fără colector). La aceste motoare, cuplu

motor este dependent de viteza relativă între înfășurarea indusului și câmpul magnetic inductor (rezultant) al mașinii.

c) Cuplul motor dependent de unghi. Viteza de rotație a motorului este constantă și independentă de sarcină (cazul motoarelor sincrone la care cuplul motor se produce datorită decalării polilor câmpului rotoric de polii câmpului statoric). Cuplul motor la arbore este dependent de unghiul de decalaj dintre axa polilor câmpului rotoric și axa polilor de nume contrar al câmpului magnetic învârtitor statoric, vitezele de rotație fiind aceleași.

În ceea ce privește variația turației în funcție de momentul cuplului motor, motoarele electrice prezintă trei tipuri de caracteristici: caracteristica mecanică semirigidă (curba 1 Fig.6.8), caracteristica mecanică elastică sau moale (curba 2) și caracteristica rigidă (curba 3).

Caracteristică mecanică semirigidă au motoarele de c.c. cu excitație mixtă adițională, motoarele asincrone trifazate cu rotorul bobinat. Aceste motoare sunt indicate a fi utilizate în cazul acționărilor la care se cere o viteză aproximativ constantă în funcție de sarcină și nu sunt indicate pentru acționările unde se ivesc suprasarcini.

Caracteristică elastică au motoarele de c.c. cu excitație serie.

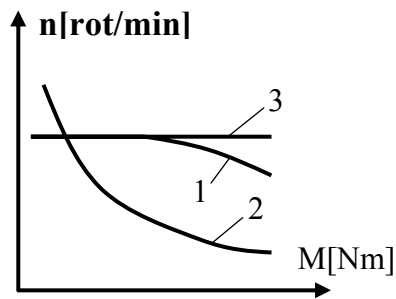


Fig.6.8

Aceste motoare sunt utilizate la acționările cu sarcini variabile (la mașinile de ridicat) și la acționările unde se cere un cuplu mare de pornire pentru accelerarea maselor (mecanisme de transport, tracțiune electrică etc.).

Caracteristică rigidă au motoarele sincrone la care turația motorului nu variază cu sarcina motorului. Pentru obținerea unor caracteristici mecanice rigide se pot utiliza și motoarele de c.c. cu excitație

independentă, derivație, mixtă diferențială, precum și motoarele asincrone cu rotorul în scurtcircuit.

Cuplul rezistent de la arborele motorului depinde de mașina de lucru antrenată. Cuplul rezistent constant independent de turație se întâlnește la mașinile de ridicat și la mașinile unelte (strunguri, mașini de găurit, etc.). În acest caz puterea este proporțională cu turația:

$$P = M\Omega = \frac{M \cdot \pi \cdot n}{30} \quad [\text{W}], \quad (6.12)$$

6.4.2. Alegerea tipului de motor electric

Funcționarea în condiții optime a agregatului de producție depinde de alegerea justă a motorului electric care să antreneze agregatul respectiv.

Alegerea tipului de motor electric se face în așa fel încât caracteristica sa mecanică să corespundă caracteristicii mecanice a mașinii de lucru pe care o antrenează. În această privință sunt trei categorii de motoare electrice și anume:

- cu viteză riguros constantă și independentă de sarcină. Din această categorie fac parte motoarele sincrone și motoarele de c.c. cu excitație mixtă;

- cu viteză variind puțin cu sarcina (cu caracteristică tip derivație)

- cu viteză variind mult cu sarcina (cu caracteristică serie).

În majoritatea cazurilor, mașinile unelte necesită motoare cu caracteristică tip derivație (motoarele asincrone trifazate). Se recomandă alegerea motoarelor de c.a., întrucât cele de c.c. necesită instalații suplimentare pentru redresarea c.a..

La alegerea motorului trebuie să se țină seama și de condițiile mediului ambiant în care trebuie să se lucreze, alegându-se tipul constructiv prevăzut cu protecția necesară. În privința protecției motoarelor electrice față de mediul exterior, există următoarele tipuri constructive:

- motoare deschise; - motoare protejate sau semiînchise; - motoare închise.

Motoarele de tip deschis au elemente conducătoare de curent fără protecție specială. Asemenea motoare au o bună răcire, sunt mai ușoare și mai ieftine. Au dezavantajul că nu pot fi folosite în locurile de lucru în care se află corpuri mărunte, praf și murdărie care ar putea să intre în corpul mașinii.

Motoarele de tip protejat sau semiînchise sunt protejate la pătrunderea obiectelor străine în interiorul mașinii, dar nu au protecție împotriva prafului, umezelii și a gazelor externe.

Motoarele de tip închise sunt protejate contra prafului, a gazelor și a umidității. Ele pot fi simplu închise, capsulate și protejate contra exploziilor.

Motoarele simplu închise au organele în mișcare, înfășurările și elementele conducătoare de curent, închise față de mediul exterior în care se află mașina.

Motoarele capsulate sunt închise ermetic, corpul lor fiind separat etanș față de mediul înconjurător. Motorul poate fi scufundat complet în apa timp de 4 ore, fără ca apa să pătrundă în interior.

Motoarele protejate contra exploziilor sunt astfel construite încât să reziste, în cazul unei explozii de gaze în interiorul mașinii și să nu transmită flacăra gazului în exterior.

Tipurile constructive privind protecția contra atingerii și pătrunderii lichidelor sunt standardizate prin STAS 625-71 și STAS 5325-70.

Menționăm că se construiesc mașini electrice cu protecții speciale (de ex. de tip antigrizutos).

Pentru diferite tipuri de motoare privind: principiul de funcționare, varianta constructivă, varianta de mediu, etc., există o gamă mai largă de caracteristici mecanice. În instalațiile de utilizare a energiei electrice interesează în mod deosebit puterea și turația nominală a motorului. Motoarele electrice de un anumit tip se construiesc pentru anumite puteri și turații standardizate, formând serii unitare de mașini electrice.

6.4.3. Alegerea puterii motorului electric

Alegerea corectă a puterii motorului electric are o importanță deosebită. Subdimensionarea motorului electric duce la supraîncălzirea și deci deteriorarea rapidă a izolației. Cuplul de pornire și capacitatea de supraîncărcare pot fi prea mici, de unde poate rezulta reducerea productivității utilajelor, în special în cazul pornirilor dese. Supradimensionarea motorului duce la sporirea inutilă a cheltuielilor de investiție, la reducerea randamentului și în cazul motoarelor asincrone, la reducerea factorului de putere, ceea ce atrage o creștere a costului energiei electrice, respective alte cheltuieli de investiție pentru ameliorarea factorului de putere.

În general, în practică, se observă tendința de a supradimensiona motoarele, fie din lipsa de date suficiente asupra caracteristicilor sau randamentelor utilajelor antrenate, fie din grija de a evita supraîncărcarea, chiar temporară a motoarelor.

Criteriul principal care trebuie luat în considerare, pentru alegerea corectă a puterii motoarelor este regimul termic (încălzirea) al acestora. Pierderile de energie inerente funcționării oricărei mașini electrice, provoacă solicitări termice ale izolației electrice, scurtând durata de serviciu. Durata de funcționare normală, corespunde unor temperaturi limită, dependente de clasele de izolație: Y(90⁰C), A(105⁰C), E sau AB(120⁰C), B(130⁰C), F sau BC(155⁰C), H sau CB(180⁰C).

În afară de regimul termic, motoarele trebuie verificate și din punct de vedere al cuplului de pornire și al capacității de supraîncărcare, în funcție de caracteristicile mașinilor de lucru și regimul tehnologic.

Încălzirea și răcirea mașinilor electrice se tratează considerând mașina omogenă din punct de vedere termic. Notând cu θ încălzirea

mașinii (diferența dintre temperatura mașinii și cea a mediului ambiant), curbele care reprezintă variația în timp a încălzirii și respective a răcirii mașinii, sunt date în fig.6.9a și b unde: θ_a reprezintă încălzirea admisibilă în regim permanent și θ_0 – valoarea inițială a diferenței de temperatură.

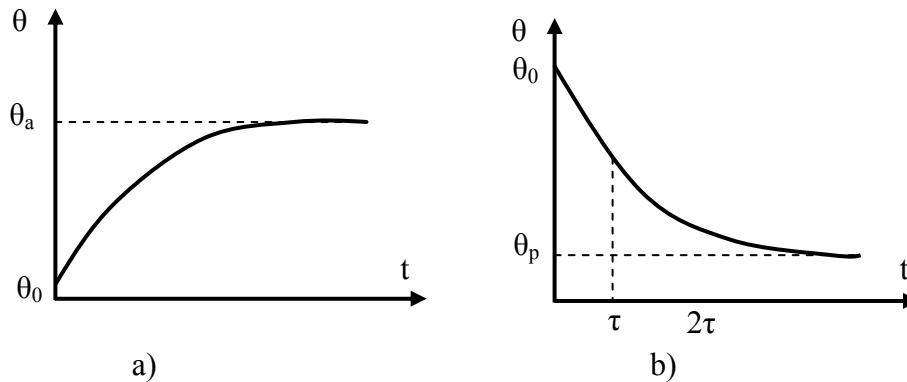


Fig.6.9

Pentru mașinile electrice normale, alegerea solicitărilor normale și calculul de încălzire - răcire se face în ipoteza unei temperaturi a mediului ambiant de maximum 40°C .

Pentru a defini încărcarea unei mașini (STAS 1893-73), în concordanță cu recomandările CEI (Comisiei electrotehnice internațională), se introduce noțiunile de regim de funcționare și de serviciu tip.

Regimul este dat de ansamblul de valori numerice ale mărimilor electrice și mecanice care caracterizează funcționarea mașinii electrice. Regimul nominal corespunde deci, funcționării mașinii cu valorile parametrilor la valorile nominale. În funcționarea sa o mașină electrică poate trece prin mai multe regimuri, începând cu regimul de mers în gol, regimuri nominale, regimuri de suprasarcină etc.. Noțiunea de regim caracterizează funcționarea mașinii la un moment dat.

Pentru a defini încărcarea în timp a unei mașini electrice s-a introdus noțiunea de serviciu, care precizează succesiunea și durata de menținere a regimurilor.

Serviciile tip ale mașinilor electrice sunt în număr de opt și sunt strâns legate de regimul termic al mașinii. Serviciile tip mai frecvent întâlnite în practică sunt următoarele:

Serviciul continuu – S1, care corespunde funcționării mașinii cu o sarcină constantă, un timp suficient de mare în care temperatura de regim este atinsă rar fără a se depăși limita admisibilă.

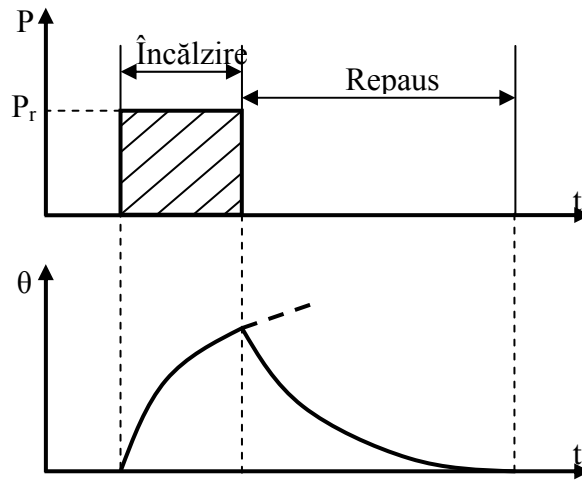


Fig.6.10

Serviciul de scurtă durată – S2, corespunde funcționării mașinii cu o sarcină constantă un timp determinat, mai mic decât cel necesar pentru atingerea temperaturii de regim, urmat de un repaus suficient pentru ca mașina să se răcească până la temperatura mediului ambiant. Curbele $P(t)$ și $\theta(t)$ sunt date în fig.6.10.

Serviciul intermitent – S3, corespunde funcționării mașinii dintr-o succesiune de cicluri identice, fiecare conținând un timp de funcționare cu o sarcină constantă și un timp de repaus. La acest serviciu se definește noțiunea de ciclu corespunzător unei perioade de funcționare a mașinii, urmată de o perioadă de repaus. Durata ciclului se consideră 10 minute, dacă nu se dau alte indicații. Temperatura mașinii în perioada de lucru nu depășește valoarea temperaturii de regim, iar în timpul perioadei de repaus mașina se răcește până la temperatura apropiată de cea a mediului ambiant. Curbele $P(t)$ și $\theta(t)$ sunt date în Fig.6.11.

Dacă t_l reprezintă intervalul de timp corespunzător funcționării în sarcină a mașinii și T , durata ciclului, atunci raportul:

$$\left(\frac{t_l}{T}\right) \cdot 100 = DA\% \quad (6.13)$$

poartă numele de durată relativă de acționare. Valorile standardizate pentru DA sunt: 15, 25, 40 și 60% la $T=10$ minute.

Determinarea puterii motorului de acționare a mecanismelor cu sarcini constante (serviciu tip S1) se face în felul următor:

Cunoscând cuplul maxim de durată cerut de mecanismul antrenat și viteza necesară se calculează puterea maximă cerută P_{cmax} , folosind relația (6.12) și ținând cont de randamentul transmisiei η_{tr} , se calculează puterea mecanică necesară la arbore al motorului. Se alege din cataloagele de motoare corespunzătoare, puterea nominală care trebuie să verifice relația (6.14).

$$P_n \geq P_{cmax} / \eta_{tr} \quad (6.14)$$

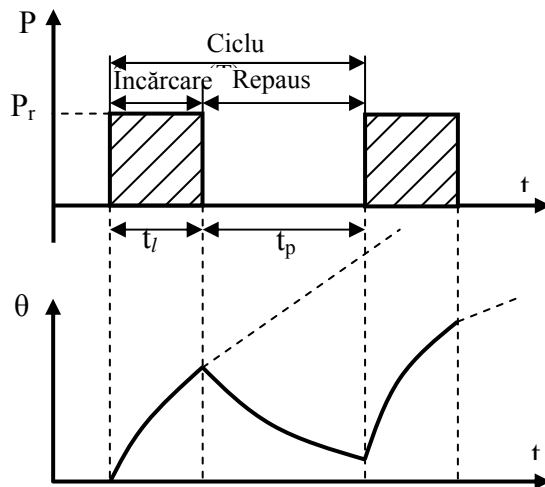


Fig.6.11

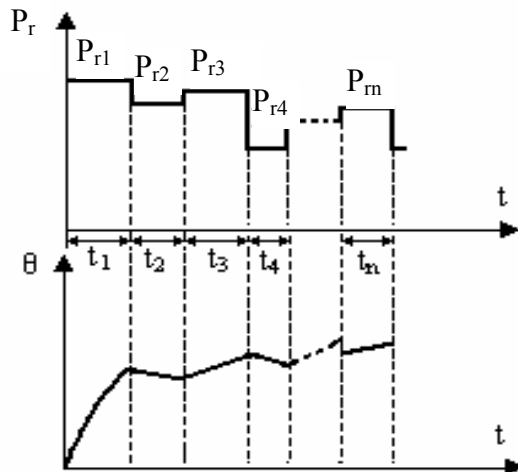


Fig.6.12

P_{r2}, \dots, P_{rn} din diagrama $P=f(t)$. Rezultă:

$$P_{re} = \sqrt{\frac{P_{r1}^2 t_1 + P_{r2}^2 t_2 + \dots + P_{rn}^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}} \quad (6.15)$$

Puterea nominală a motorului se stabilește cu relația:

$$P_n = P_{re} \quad (6.16)$$

Se alege din cataloage valoarea standardizată imediat superioară celei obținute prin calcul. Întrucât P_{re} este mai mică decât P_{rmax} și pentru a nu se produce o solicitare excesivă a motorului, chiar de scurtă durată,

P_n se alege din catalog ca fiind valoarea imediat superioară valorii $P_{c \max} / \eta_{tr}$.

În cazul serviciului de durată cu sarcină variabilă, în care sarcina ia valorile $P_{r1}, P_{r2}, P_{r3}, \dots, P_{rn}$ în intervalele de timp $t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$ (Fig.6.12), alegerea puterii motorului se poate face aplicând una din metodele: metoda pierderilor medii, metoda curentului echivalent, metoda cuplului echivalent sau a puterii echivalente.

Metoda puterii rezistente echivalente, constă în determinarea puterii rezistente echivalente, P_{re} , astfel încât dacă motorul ar funcționa în regim de sarcină constantă cu puterea rezistentă la arbore egală cu P_{re} , temperatura motorului să fie egală cu temperatura medie la funcționarea în regim de sarcină variabilă. Puterea rezistentă echivalentă se calculează cu media pătratică în timp a puterilor $P_{r1},$

se face o verificare la suprasarcină. Pentru verificarea la suprasarcină se determină coeficientul de suprasarcină $c_s = P_{\text{rmax}}/P_n$, și dacă $c_s \leq 2,5$ la motoarele de curent continuu și respective, $c_s \leq 1,8 \div 2,5$ la motoarele asincrone trifazate, puterea aleasă corespunde, dacă nu, se alege o nouă putere nominală din catalog, imediat superioară celei alese și se verifică din nou condițiile impuse mai sus, până când acestea sunt îndeplinite.

Determinarea puterii motorului de acționare a mecanismelor pentru serviciu intermitent se poate face fie alegând un motor construit pentru serviciu continuu (DA=100%), fie alegând un motor construit special pentru serviciu intermitent.

În primul caz calculul se face în mod analog ca la serviciu continuu cu sarcină constantă sau cu sarcină variabilă, fiind de fapt un caz particular al acestora.

Dacă se adoptă un motor construit pentru serviciu intermitent, puterea motorului se alege pentru o anumită durată relativă de acționare DA_1 . Dacă durata relativă de acționare are în realitate valoarea DA_2 , diferită de valoarea standardizată DA_1 , puterea nominală a motorului se

deduce din relația:

$$P_2 = P_1 \sqrt{\frac{DA_1}{DA_2}} \quad (6.17)$$

în care P_1 reprezintă puterea rezultată inițial, din calcule, corespunzătoare lui DA_1 . Motorul de putere P_n se alege din seria adoptată (cu durată activă DA_1), puterea standardizată imediat superioară valorii obținute prin calcul.

Alegerea puterii motorului pentru serviciu de scurtă durată cu sarcină constantă sau variabilă în timpul duratei active, se face adoptând un motor construit anume pentru serviciu de scurtă durată sau un motor construit pentru serviciu continuu.

În cazul alegerii unui motor construit pentru serviciu continuu (DA=100%) - această situație este aplicată cel mai frecvent – puterea nominală a motorului se calculează cu relația:




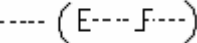
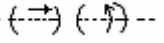

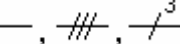

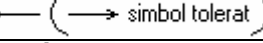








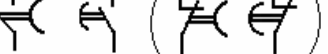
$$P_n = \frac{P}{k}, \quad (6.18)$$

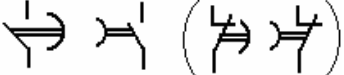


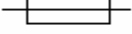
în care k este coeficientul de suprasarcină ($k = 1,8 \div 2,5$ pentru motoarele asincrone trifazate cu rotorul în scurtcircuit). În felul acesta se ține seama de suprasarcina pe care o poate suporta motorul ales, pentru un interval scurt de timp.

Deoarece aceste motoare pornesc, de obicei, cu o sarcină însemnată față de sarcina lor nominală, verificarea cuplului de pornire are o deosebită importanță.

6.4.4. Echipamente și scheme electrice de acționare

Echipamentul unei acționări electrice rezultă din schema electrică a acționării respective. Cele mai uzuale scheme pentru acționările electrice sunt schemele desfășurate, în care se reprezintă toate aparatele și mașinile electrice împreună cu conexiunile dintre ele, astfel încât funcționarea și legăturile electrice să fie ușor de înțeles. În acest scop se utilizează o serie de simboluri, în conformitate cu staturile în vigoare. Cele mai des întâlnite simboluri sunt date în tabelul 8.1.

Nr. crt.	Semn convențional	Tabel 8.1 Denumire
1.		Efect termic
2.		Efect electromagnetic
3.		Efect sau dependență de un câmp electromagnetic
4.		Comandă prin tragere (împingere, rotire)
5.		Legătura: mecanică, pneumatică, hidraulică (indicare sens, mișcare)
6.		Mișcare întârziată
7.		Reprezentare monofilară: un conductor; trei conductoare
8.		Priză sau pol al unei prize
9.		Fișă sau pol al unei fișe
10.		Priză și fișă monopolară
11.		Inductanță, bobină, înfășurare
12.		Inductanță cu miez
13.		Diodă
14.		Tiristor
15.		Înterupător mecanic (contact ND)
16.		Contactor(contact de forță)
17.		Contact N.I.
18.		Contact ND(NI) cu temporizare la închidere (deschidere)

19.		Contact ND(NI) cu temporizare la deschidere (închidere)
20.		Element de comandă a unui releu (bobină cu o înfășurare)
21.		Element de comandă, releu Temporizat la acționare
22.		Siguranță fuzibilă

Acționarea electrică a utilajelor tehnologice presupune realizarea unor operațiuni privind pornirea, reversarea (schimbarea sensului de rotație), modificarea turației, frânarea, etc..

În cele ce urmează se vor analiza câteva din schemele clasice pentru comanda automată a acționărilor electrice. O schemă de acționare electrică poate fi considerată din două părți, una de forță și una de comandă.

Schema de forță conține: motorul electric, circuitul trifazat pentru alimentarea motorului, întreruptoare, contactele de forță ale contactoarelor, siguranțe, relee termice (bimetale sau elementul de încălzire ale acestora), bobinelor releelor primare și de protecție electromagnetică, sau ale unor relee de curent.

Schema de comandă conține: butoane de comandă, limitatoarele de cursă, relee de comandă de toate tipurile, bobinele contactoarelor precum și contactele normal închise NI, sau normal deschise ND ale acestora, elementele de semnalizare (lămpi, sonerii, etc.), controlere de comandă, elemente de protecție pentru circuitul de comandă, etc..

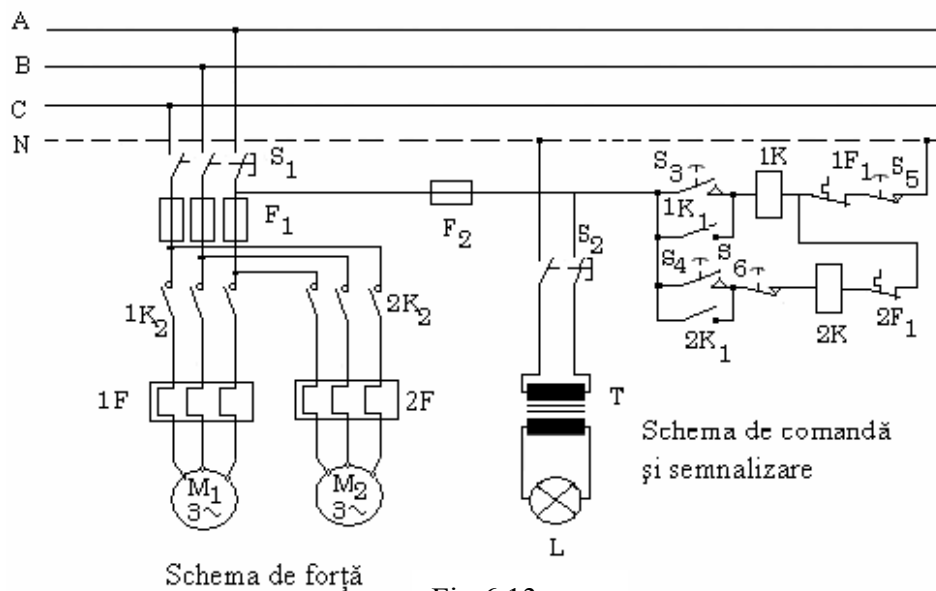
Rolul circuitului de forță este de a realiza alimentarea motorului sau de a modifica conexiunile acestuia astfel încât să îndeplinească scopul propus prin acționarea electrică (pornire, frânare, reversare, etc.).

Rolul circuitului de comandă este de a determina realizarea efectivă a operațiunilor în schema de forță, în funcție de: comenzile primite de la operator, secvența manevrelor impuse de principiul de funcționare a motorului, intercondiționările impuse diverselor operații, starea aparatului de protecție etc..

1. Acționarea electrică a două motoare asincrone trifazate cu rotorul în scurtcircuit

Schema de pornire directă a două motoarelor M1 și M2 este dată în fig.6.13. Schema de forță conține circuitul de alimentarea a motoarelor, motoarele M1 și M2, întrerupătorul manual S1, siguranțele F1, contactele de forță 1K2 și 2K2, bimetalele releelor termice 1F și 2F. Schema de comandă este alimentată între fază și nul, având următoarele elemente

componente: siguranța F2, butoanele de pornire S3 și S4, butoanele de oprire S5 și S6, bobinele contactoarelor 1K și 2K, contactele NI ale releelor termice 1F1 și 2F1. În schemă s-a intercalat și un circuit de semnalizare compus din întreruptorul S2, transformatorul coborâtor de tensiune T și lampa de semnalizare L. Pentru pornire se închide S1 și S2 și apoi, dacă lampa L se aprinde, se apasă fie pe S3 fie pe S4 (depinde care motor vrem să pornească mai întâi). Bobina contactorului 1K (sau 2K) va fi pusă sub tensiune, între faza A și nul, prin F2, S3, S5 și 1F1 (sau prin F2, S4, S6 și 2F1). În consecință contactorul 1K (sau 2K) acționează și se închid contactele 1K1 și 1K2 (sau 2K1 și 2K2), pornind motorul M1 (sau M2). Prin închiderea contactului 1K1 (sau 2K1), bobina contactorului 1K (sau 2K) rămâne alimentată, chiar dacă butonul S3 (sau S4) nu mai este acționat. Deoarece bobina contactorului se automenține conectată prin contactul 1K1 (sau 2K1), acest contact se numește de automenținere sau de autoreținere. După pornirea unuia din cele două motoare se face pornirea și a celui de-al doilea motor (nu este indicat de a se apăsa simultan pe S3 și pe S4, întrucât în acest caz curentul de pornire luat de la rețea este mult mai mare).



Pentru oprire se apasă pe S6, pentru oprirea motorului M2 și apoi pe S5, pentru oprirea motorului M1 (dacă se apasă întâi pe S5 se opresc ambele motoare). În acest caz alimentarea bobinei contactorului se întrerupe și contactele sale revin la poziția inițială, motorul fiind deconectat de la rețea. Butonul S5 nu s-a intercalat numai în serie cu bobina contac-

torului 1K pentru a nu permite oprirea motorului M1 înaintea motorului M2, aceasta fiind o cerință a procesului tehnologic.

Dacă acționează protecția termică (datorită unei suprasarcini), contactele 1F1 (sau 2F1) se deschid și fie că se opresc ambele motoare fie că se oprește numai M2.

2. Pornirea și inversarea sensului de rotație a unui motor asincron trifazat

Schimbarea sensului de rotație la motoarele asincrone trifazate se realizează prin inversarea a două faze în circuitul de alimentare al motorului (fig.6.14).

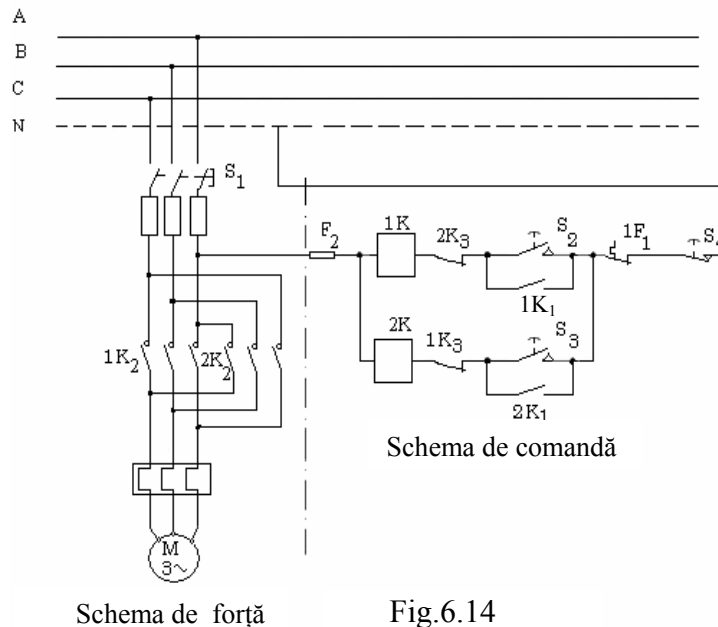


Fig.6.14

Pentru pornirea în sensul direct a motorului, se închide S1 și se apasă butonul de pornire S2. Bobina contactorului 1K se pune sub tensiune între faza A și nul, prin S4, 1F1, S2 și 2K3 și siguranța F₂.

Contactorul 1K acționează și închide contactele ND 1K1 și 1K2, iar contactele NI 1K3 se deschid. Prin contactele de forță 1K2 motorul se alimentează și pornește, prin contactul de autoreținere 1K1 bobina contactorului 1K se automenține alimentată, iar prin contactul 1K3 (contact de interblocare electrică) se elimină posibilitatea alimentării bobinei contactorului 2K atunci când s-ar apăsa S3 și deci, se elimină posibilitatea producerii unui scurtcircuit bifazat prin închiderea contactelor 2K2 simultan cu 1K2.

Pentru schimbarea sensului de rotație se apasă pe S4 și apoi pe S3. Bobina contactorului 1K nu va mai fi sub tensiune și deci contactele 1K1, 1K2 și 1K3 revin în poziția normală. Astfel contactele 1K2 și 1K1

se deschid și întrerup alimentarea motorului, iar 1K3 se închide. Când se apasă pe S3, bobina contactorului 2K este pusă sub tensiune și se vor închide contactele 2K1 și 2K2, iar contactele 2K3 se vor deschide. Prin închiderea contactelor 2K1 se produce autoreținerea, prin închiderea contactelor 2K2 se produce inversarea fazelor A cu C și motorul va porni în sens invers, iar prin deschiderea contactelor 2K3 se produce interblocarea electrică.

3. Pornirea automată stea-triunghi a motorului asincron trifazat (fig.6.15)

Se știe micșorarea curentului de pornire la motoarele trifazate cu rotorul în scurtcircuit, se poate face prin pornirea stea-triunghi. În locul comutatorului stea-triunghi se pot utiliza două contactoare: contactorul 2K pentru realizarea conexiunii în stea a înfășurării statorului și 3K pentru realizarea conexiunii în triunghi.

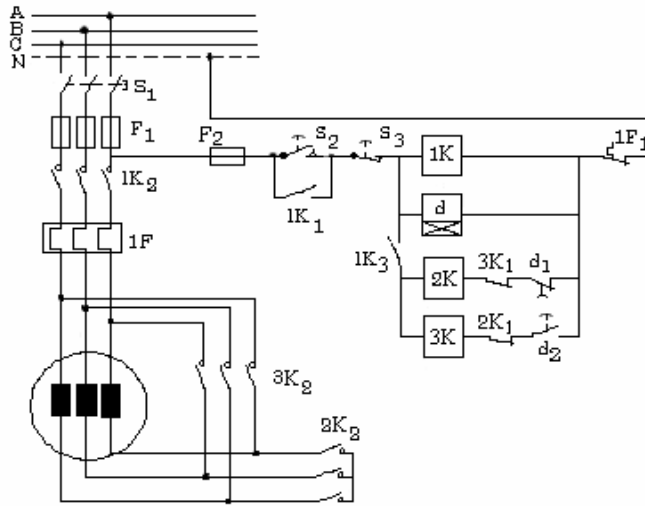


Fig.6.15

Funcționa-
rea schemei este următoarea: se închide întrerupătorul S₁. La apăsarea pe butonul de pornire S₂ este pusă sub tensiune bobina contactorului 1K, prin contactele S₂, S₃ și 1F₁. Contactorul 1K acționează și închide contactele 1K₁ (de autoreținere), 1K₂ (de forță) și 1K₃, care pune sub tensiune bobina contactorului 2K și 3K. Contactorul 2K va acționa imediat și va deschide contactele 2K₁ (de interblocare electrică) și va închide contactele 2K₂, care vor realiza conexiunea în stea a motorului și deci motorul va porni. Releul d, acționând cu întârziere, după un timp reglat, va deschide contactele d₁ (NI cu temporizare la deschidere) și va închide contactele d₂ (ND cu temporizare la închidere). Prin deschiderea contactelor d₁, bobina contactorului 2K este scoasă de sub tensiune și deci 2K₂ se deschid, iar 2K₁ se închid. Prin închiderea contactelor d₂

bobina contactorului 3K este pusă sub tensiune (prin contactele 1K1, S3, 1K3, 2K1 și d2), se vor închide deci și contactele 3K2, motorul funcționând în continuare cu conexiunea în triunghi și se vor deschide contactele 3K1 (de interblocare electrică). Se observă din schemă că, la funcționarea motorului cu conexiune în triunghi (funcționare de durată), rămâne sub tensiune contactorul 1K și 3K, precum și releul de timp d.

Pentru oprirea motorului se apasă pe S3 și se întrerupe alimentarea contactoarelor 1K și 3K, schema revine la situația inițială.

4. Pornirea automată a motorului asincron trifazat cu rotorul bobinat (fig.6.16).

În cap.5.2. s-a prezentat pornirea motorului asincron trifazat cu rotorul bobinat. Reostatul Rp intercalat în circuitul rotorului, la momentul pornirii, este pus pe valoare maximă și pe măsură ce viteza de rotație crește, Rp se micșorează treptat până la scurtcircuitare.

În cazul pornirii automate, Rp se construiește „în trepte” și scurtcircuitarea acestora se realizează la intervale de timp date.

Pentru pornire, se închide S₁ și se apasă pe butonul de pornire S2.

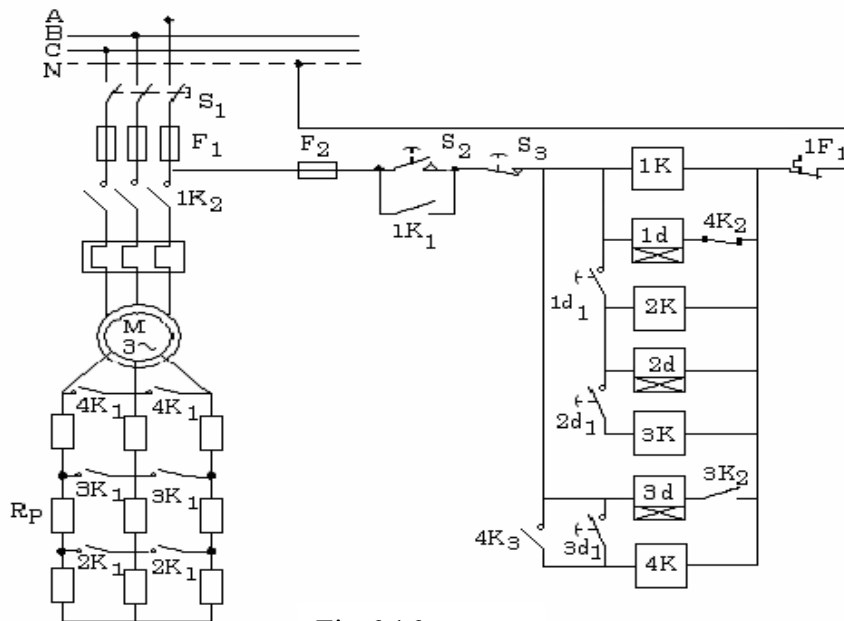


Fig 6.16

Bobinele contactorului 1K și a releului 1d sunt puse sub tensiune și se închid contactele 1K1 (de autoreținere) și 1K2 (de linie). Motorul pornește cu întreaga Rp și după un timp reglat la 1d se închid contactele 1d1,

punând sub tensiune bobinele contactorului 2K și a releului 2d. Contactorul 2K va închide contactele ND 2K1, scurtcircuitând prima treaptă a reostatului de pornire, iar releul 2d va acționa, după un timp reglat și va închide contactele sale 2d1, punând sub tensiune bobinele contactorului 3K și a releului 3d. Contactorul 3K va acționa închizând contactele 3K1 și deci se va scurtcircuita a doua treaptă din Rp. După un alt timp reglat va acționa și releul 3d închizându-și contactele 3d1 și pune sub tensiune bobina contactorului 4K. Contactorul 4K va acționa și va închide contactele 4K1, care scurtcircuitază ultima treaptă a reostatului de pornire. În continuare motorul funcționează cu rezistența naturală a rotorului fără Rp. Contactele 4K₂ și 3K₂ sunt folosite pentru a scoate de sub tensiune bobinele contactoarelor 2K și 3K și a releelor de timp 1d, 2d, 3d - care nu mai sunt utile după pornire - evitând astfel consumul suplimentar de energie electrică. Contactul 4K₃ are rolul de menține sub tensiune bobina releului 4K după scoaterea de sub tensiune a releului de timp 3d. Pentru oprirea motorului se apasă pe S3, întrerupându-se alimentarea bobinelor contactoarelor și releelor, schema revenind în situația inițială.

5. Frânarea prin contra-conectare a motorului asincron trifazat

În timpul funcționării motorului asincron dacă se inversează sensul câmpului magnetic învârtitor statoric, rotorul motorului asincron frânează, turația motorului scade și va trece prin zero, după care își schimbă sensul.

Dacă în momentul opririi rotorului se întrerupe alimentarea statorului de la rețea, motorul va fi oprit. Pe acest principiu se bazează schema frânării prin contra-conectare, a motorului

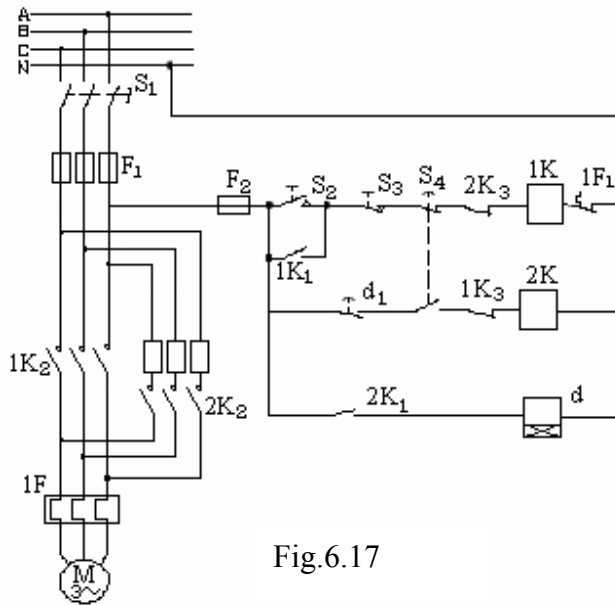


Fig.6.17

ului asincron trifazat, reprezentată în fig.6.17.

Pentru pornirea motorului se închide întrerupătorul S1 și apoi se apasă pe butonul de pornire S2. Bobina contactorului 1K fiind pusă sub tensiune, se vor închide contactele 1K1 (de autoreținere), 1K2 (de forță) și se vor deschide contactele NI 1K3 (de interblocare electrică). Circuitul de alimentare a motorului fiind închis, el va porni. Pentru frânare se apasă pe butonul de frânare cu acțiune dublă S4 (se deschid contactele NI și se închid contactele ND). Bobina contactorului 1K este scoasă de sub tensiune și deci contactele 1K1, 1K2 și 1K3 revin la poziția lor normală, iar bobina contactorului 2K va fi pusă sub tensiune și deci se vor închide contactele 2K1 și 2K2 și se vor deschide contactele 2K3 (de interblocare). Prin deschiderea contactelor 1K2 și închiderea contactelor 2K2, alimentarea motorului de la rețea se va face prin inversarea a două faze între ele (A cu C) și deci câmpul magnetic învârtitor statoric își va schimba sensul de învârtire, adică rotorul va fi frânat. Prin închiderea contactelor 2K1 se pune sub tensiune bobina releului de timp d care va acționa după un anumit timp reglat, deschizând contactele sale NI d₁. În felul acesta bobina contactorului 2K este scoasă de sub tensiune și se vor deschide contactele de forță 2K2, întrerupându-se alimentarea statorului de la rețea.

Dacă timpul de acționare a releului d, este astfel reglat încât deschiderea contactelor 2K2 să aibă loc în momentul opririi rotorului, acesta nu-și va schimba sensul de mișcare și va rămâne înfrânat.

Rezistoarele R intercalate în serie cu contactele 2K2 au rolul de a controla curentul absorbit din rețea și tot odată șocul frânării asupra motorului.

6. Pornirea automată și frânarea dinamică a motorului de c.c. cu excitația în derivație(fig.6.18)

În cazul pornirii motoarelor de c.c. se știe că, pentru limitarea curentului de pornire, trebuie să se introducă în serie cu desfășurarea rotorului un reostat de pornire Rp, care în cazul schemei din fig.6.18 este compus din Rp₁ și Rp₂. Pe măsură ce rotorul își mărește viteza de rotație se micșorează Rp prin scurtcircuitarea succesivă, la intervale de timp date, a celor două trepte Rp₁ și Rp₂.

Pentru frânarea dinamică, după deconectarea motorului de la rețea, se cuplează la perii o rezistență Rf, numită rezistență de frânare. Rotorul continuându-și micșorarea de rotație, datorită inerției, mașina intră în regim de generator, debitând un curent prin Rf. Cuplul la arborele generatorului, proporțional cu curentul debitat în rezistența de frânare, este un cuplu rezistent, astfel încât se va produce frânarea mașinii.

Funcționarea schemei: se închide S_1 și se apasă pe butonul de pornire S_2 . Bobina contactorului 1K fiind pusă sub tensiune, se vor închide contactele $1K_1$ (de autoreținere), $1K_3$ (de forță) și $1K_4$, iar contactele $1K_2$ se vor deschide. Motorul fiind alimentat de la rețea, va porni cu $R_p = R_{p1} + R_{p2}$ (R_{cx} se pune la valoare minimă). Prin închiderea contactelor $1K_4$ releul 1d este pus sub tensiune și după un timp reglat își va închide contactele ND $1d_1$ cu temporizare la închidere punând bobinele contactorului 2K și a releului 2d sub tensiune. Contactorul 2K va acționa și va închide contactele $2K_1$, scurtcircuitând prima treaptă R_{p1} din reostatul de pornire, iar releul 2d, după un timp reglat va închide contactele $2d_1$, punând sub tensiune bobina contactorului 3K. Contactorul 3K va acționa și își va închide contactele $3K_1$, scurtcircuitându-se a doua treaptă a reostatului de pornire, adică motorul va funcționa în continuare cu R_{p1} și R_{p2} scurtcircuitate.

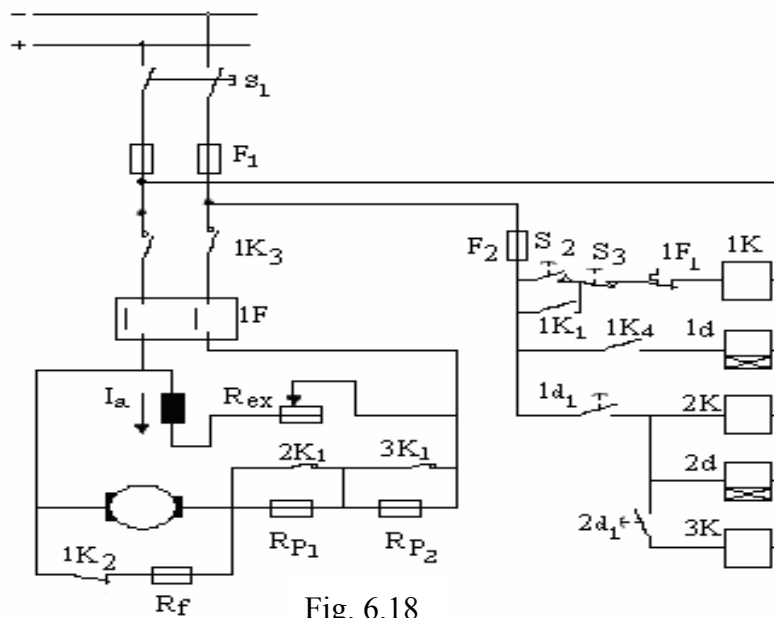


Fig. 6.18

Oprirea motorului se face deschizând întrerupătorul S_1 sau apăsând pe butonul de oprire S_3 , această oprire însă se face cu frânare dinamică întrucât contactele $1K_2$ revenind la pozițiile lor normale, cuplează rezistența de frânare R_f la periile mașinii. Mașina intră în regim de generator, debitând pe R_f și deci la arbore apare un cuplu rezistent care produce frânarea rapidă a mașinii.