

III. SISTEME ELECTRICE

Cap. 10 ALIMENTAREA CU ENERGIE ELECTRICĂ A INTREPRINDERILOR

10.1 Introducere

Energia electrică constituie la ora actuală principala formă de energie pentru alimentarea roboților industriali și a echipamentelor periferice - mașini unelte, transportoare, prese, cuptoare etc. - care intră în componența sistemelor flexibile robotizate.

Instalațiile electrice la consumator - celulă flexibilă, linie flexibilă etc. - cuprind receptoarele electrice și rețelele de alimentare ale acestora, inclusiv aparatele de conectare, protecție și de măsură corespunzătoare.

După categoria receptorului, instalațiile electrice se clasifică în:

- instalații de iluminat;
- instalații de forță;
- instalații de automatizare, măsură și control (AMC).

Continuitatea alimentării cu energie electrică este o condiție de importanță deosebită pentru buna funcționare a unui receptor. Din acest punct de vedere, consumatorii de energie electrică (totalitatea receptorilor dintr-un atelier, secție, întreprindere) se împart în trei mari categorii:

- **categoria I** cuprinde consumatorii la care întreruperea alimentării cu energie electrică reprezintă un pericol pentru viața oamenilor sau pagube importante în economie (deteriorări de utilaje, rebuturi, întreruperi de lungă durată în reluarea procesului tehnologic etc.).
- **categoria II** cuprinde consumatorii la care întreruperea alimentării cu energie electrică conduce la pierderi de producție proporționale cu durata de întrerupere.
- **categoria III** cuprinde consumatori cu sarcini energetice de mică importanță.

Consumatorii de energie electrică din cadrul întreprinderilor robotizate se includ în general în consumatorii din **categoria I** și în puține cazuri în **categoria II**.

116 Sisteme de acționare

Alimentarea consumatorilor din categoria I se realizează prin două surse independente una de alta, fiecare putând asigura energia electrică necesară. În cazul consumatorilor din sistemele robotizate, sursa de energie suplimentară poate fi constituită și pentru o perioadă scurtă de timp astfel încât robotul industrial să poată fi adus “acasă” (poziția de “zero”), să poată fi descărcat de sarcină, etc.

Consumatorii din categoria II sunt prevăzuți cu sursă suplimentară de energie care nu este obligatoriu să fie independentă (de ex.: două cabluri de alimentare, fiecare putând să preia întreaga sarcină necesară).

Consumatorii din categoria III au în general o singură alimentare.

10.2 Instalațiile electrice de înaltă tensiune ale întreprinderilor

Alimentarea întreprinderilor industriale se face din rețelele sistemului energetic, la tensiuni înalte de 6-220 kV, astfel încât pierderile pe rețea să fie cât mai

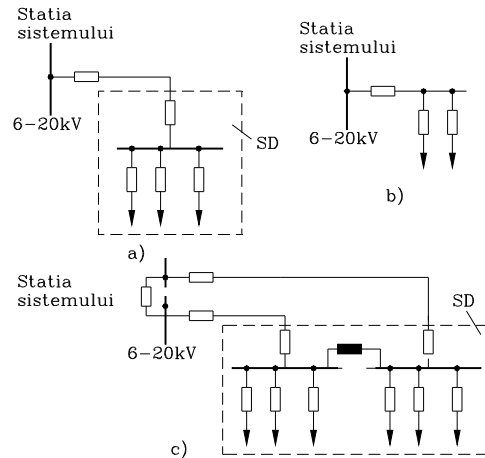


Fig.10.1

reduse.

Instalațiile de înaltă tensiune ale unei întreprinderi industriale se compun din:

- instalația de racordare la sistemul energetic
- instalația de distribuție a energiei electrice la consumatorii de pe teritoriul întreprinderii.

Instalația de racordare la sistemul energetic cuprinde liniile care alimentează stațiile de transformare coborâtoare, stațiile de distribuție sau posturile de transformare.

Scheme principale de alimentare la tensiuni 6-20 kV sunt prezentate în figura 10.1. Pentru alimentarea consumatorilor din categoria III și uneori II se folosește o

singură linie (fig.10.1a, b) iar pentru consumatori din categoria I și II se folosesc două linii (fig.10.1c) (SD - stația de distribuție).

Instalația de distribuție a energiei electrice la consumatorii de pe teritoriul întreprinderii cuprinde liniile care alimentează posturile de transformare PT ale atelierelor, de la barele stațiilor de distribuție SD. Schemele fundamentale de

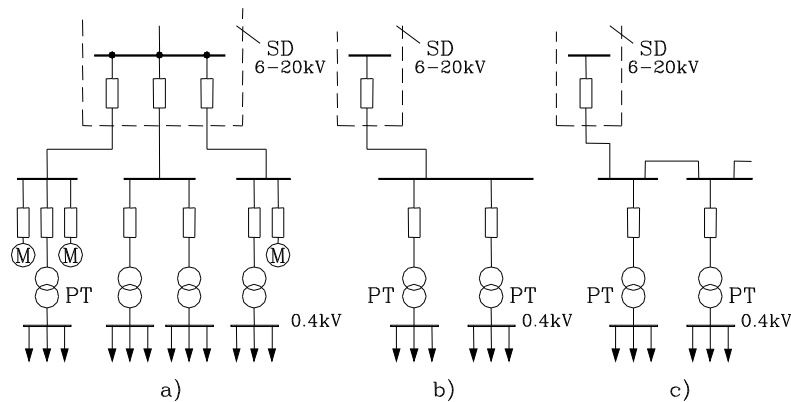


Fig.10.2

distribuție sunt cu linii radiale (fig.10.2a) și cu linii principale nesectionate (fig.10.2b) sau sectionate (fig.10.2c).

Avantajele variantelor radiale sunt simplitatea execuției și exploatarei, siguranța alimentării în cazul avariilor, posibilitatea automatizării centralizate.

Dezavantajele principale sunt consumul ridicat de material și deci investiții importante la construcția rețelei.

Variantele cu linie principală se pretează la puteri mici și conduc la investiții reduse.

Dezavantajele principale sunt siguranța redusă în funcționare și posibilități scăzute în utilizarea automatizărilor și a telecomenzilor.

10.3 Instalații electrice de joasă tensiune

Sistemul de distribuție cel mai utilizat pentru instalațiile la consumator este cel trifazat (R, S, T), cu sau fără conductor neutru (O), la frecvența de 50 Hz. Tensiunea de 380 V/220 V este cea mai des utilizată. Rețeaua monofazată permite și alimentarea la tensiunile de (12 V), 24 V, 36 V, (48 V), 100 V, (110 V), (127 V), 220 V. Valorile din paranteze sunt valori tolerate și se vor folosi numai dacă construcția aparatelor o impune.

Instalațiile electrice de joasă tensiune cuprind:

118 Sisteme de acționare

- punctele de alimentare și de distribuție compuse din posturi de transformare;
- rețele electrice compuse din linii principale, magistrale, derivații.

Rețelele electrice de joasă tensiune se proiectează ca scheme radiale (fig.10.3a) sau cu linii principale (fig.10.3b) (TG - tablou general; TP - tablou principal; PT - punct de transformare).

Instalațiile electrice pentru iluminat se realizează în variantele:

- pentru **iluminat normal** (care asigură condițiile necesare pentru desfășurarea activității de producție) (fig.10.4);
- pentru **iluminatul de siguranță** (se folosește în cazul avariei iluminatului normal sau lucrări la consumatorii de categoria I).

Tabloul general de distribuție TG cuprinde atât partea de forță cât și partea de iluminat. Iluminatul normal dispune de tabloul TL iar iluminatul de siguranță de tabloul TLS. Se observă că iluminatul de siguranță se realizează ca o rețea separată și se racordează înaintea întrerupătorului general K.

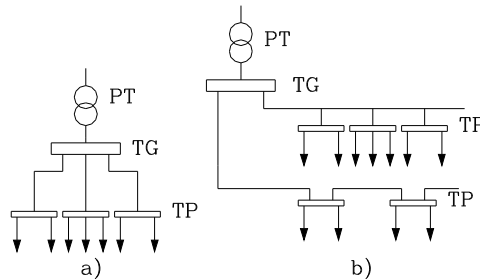


Fig.10.3

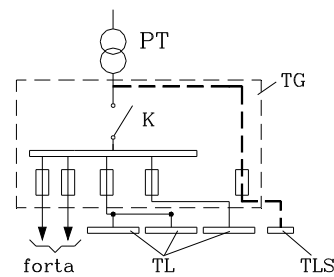


Fig.10.4

Iluminatul de siguranță poate prevedea și alimentarea de la o baterie de acumuloare sau de la un grup electrogen.

Instalațiile de automatizare, măsură și comandă se alimentează printr-un circuit separat, eventual prin intermediul transformatoarelor de separație. Alimentarea cu energie electrică a instalațiilor de automatizare de la transformatoare de separare se folosește în cazurile impuse de protecția muncii sau în cazul schemelor de comandă cu mai mult de 200 de circuite. În funcție de importanța consumatorului comandat poate fi prevăzută și posibilitatea alimentării instalației de automatizare fie de la o sursă de rezervă fie de la două surse (cea de-a doua constituind sursa de rezervă). Trecerea de la alimentarea de bază la cea de rezervă se face manual sau automat

Instalațiile de automatizare care deservește procese tehnologice importante, consumatori de gradul I sau II, sunt alimentate în întregime sau parțial de la surse de curent continuu, denumite surse de curent operativ. Sursele de curent continuu sunt constituite în general din baterii de acumuloare. Sursele de alimentare în curent continuu au următoarele tensiuni nominale: 12 V, 24 V, 48 V, 60 V, 110 V (220 V).

Realizarea practică a instalațiilor de forță, iluminare sau automatizare se bazează pe utilizarea unor materiale conductoare electric și aparate electrice pentru conectare, protecție, măsură, semnalizări etc.

Conductoarele electrice se realizează în general pe bază de cupru sau aluminiu cu secțiuni normalizate. În construcții interioare conductoarele se realizează în mod izolat funcție de domeniul de utilizare. În interiorul clădirilor, cablurile se montează pe pereți (cu ajutorul bridelor de susținere), pe stelaje, pe poduri din tablă profilată, în canale de beton sau suspendate pe cabluri portante din funie de oțel. Cablurile pentru instalații mobile au conductoarele din cupru multifilar cu izolație și manta de cauciuc sau PVC.

10. 4 Aparate electrice utilizate în instalațiile de joasă tensiune

10. 4. 1 Introducere

Un sistem de acționare electrică reprezintă o reuniune de elemente interconectate și interdependente cu scopul realizării conversiei electromecanice a energiei (fig.10.5).

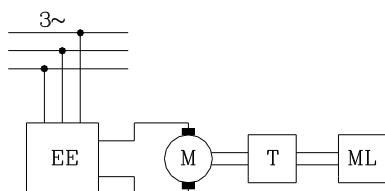


Fig.10.5

Elementul de execuție EE are drept scop alimentarea cu energie electrică a motorului M, comanda funcționării acestuia în conformitate cu cerințele impuse, protecția întregii instalații față de posibilele perturbații sau avarii. Se prezintă în acest scop în cele ce urmează o serie de aparate electrice utilizate curent în sistemele de acționare electrică.

Aparatele electrice utilizate în instalațiile de joasă tensiune pot fi clasificate pe baza funcțiilor pe care le îndeplinesc în următoarele categorii:

- **aparate electrice de conectare** ce servesc pentru stabilirea și întreruperea circuitelor parcurse de curentul nominal;
- **aparate electrice de protecție** împotriva suprasarcinilor, scurtcircuitelor sau lipsei de tensiune;
- **aparate electrice de măsurat** ;
- **aparate electrice pentru semnalizări luminoase sau acustice** ale situațiilor normale sau anormale de funcționare ale instalației.

10. 4. 2 Relee electromagnetice

Prin **releu** se înțelege un aparat care realizează, fără intervenția directă a unui operator, o variație în salt a mărimii de ieșire atunci când este supus unor acțiuni exterioare cu anumite caracteristici.

Principiul de funcționare al releului electromagnetic este următorul: la alimentarea bobinei electromagnetului, asupra armăturii mobile se exercită o forță de atracție care o pune în mișcare, realizându-se închiderea sau deschiderea unor contacte. În acest mod se închide sau se întrerupe un circuit electric. Releul electromagnetic realizează o dependență între mărimea de intrare - curentul i_i prin bobina "C" a electromagnetului - și mărimea de ieșire - curentul i_e din circuitul electric închis prin contactul "c" al releului (fig.10.6).

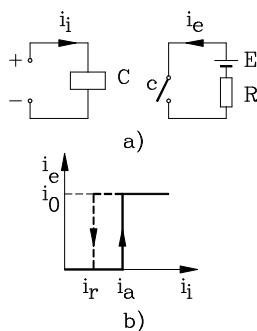


Fig.10.6

Dacă valorii zero a mărimii de intrare îi corespunde valoarea minimă a mărimii de ieșire, releul se **numește cu contacte normal deschise**. Dacă valorii zero a mărimii de intrare îi corespunde valoarea maximă a mărimii de ieșire, releul se numește **cu contacte normal închise**. Valorile critice ale semnalului de intrare i_a și i_r se numesc semnal de acționare și semnal de revenire. Pentru acționarea sigură a unui releu este necesar să se aplice un semnal i_L - semnal de lucru - ceva mai ridicat decât i_a . Coeficientul de siguranță $k_s = \frac{i_L}{i_a}$ variază în intervalul 1,1...4.

Un releu este caracterizat și prin capacitatea de "rupere", valoare care este indicată în catalogul firmei constructoare și care exprimă valoarea curentului maxim care poate fi întrerupt și tensiunea maximă între contacte la starea deschis. Capacitatea de "rupere" a releelor este extrem de redusă: amperi sau fracțiuni de amperi la tensiuni între contacte de ordinul zecilor de volți. Capacitatea de "rupere" este mai redusă în curent continuu decât în curent alternativ.

În figura 10.7 se prezintă varianta constructivă a unui releu electromagnetic. Armătura fixă 1 asigură sprijinul necesar pentru poziționarea bobinei 2. Ca urmare a forței electromagnetice rezultate, în urma alimentării cu tensiune a bobinei, armătura mobilă 3 execută o mișcare de translație comprimând arcul 4. În urma mișcării sunt închise contactele 5 și deschise contactele 6. La întreruperea alimentării cu energie a bobinei, armătura mobilă este adusă în starea inițială prin acțiunea arcului 4.

Varianta unui alt releu electromagnetic este prezentată în figura 10.8. Armătura fixă 1 asigură circuitul corespunzător pentru liniile câmpului magnetic creat de bobina 2. Datorită forței electromagnetice rezultate, armătura mobilă 3 ghidată pe un lagăr materializat pe armătura fixă execută o mișcare de rotație deformând arcurile lamelare și închizând contactele 4. Revenirea contactelor în starea inițială este asigurată de energia acumulată de arcurile lamelare prin deformare.

Rezistența mecanică a contactelor poate fi asigurată pentru câteva zeci de milioane de manevre, iar frecvența de conectare de câteva mii de cicluri pe minut. Consumul de putere al bobinei este redus.

În sistemele de acționări se utilizează deseori relee cu temporizări reglabile în privința închiderii și deschiderii contactelor. Temporizarea se poate realiza pe diverse căi:

- prin mecanisme de precizie cu roți dințate (mecanisme de ceasornic) se realizează temporizări de ordinul 0,5..... 20 s;
- antrenarea contactelor mobile prin intermediul unui micromotor și a unui reductor realizează temporizări de la secunde până la ore;
- prin circuite electrice RC montate în paralel cu bobina D a releului electromagnetic (fig.10.9) se realizează temporizări în intervalul 0,2..10 s. Tensiunea pe condensatorul C are relația binecunoscută:

$$u_c = u_0 \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \quad (10.1)$$

unde $\tau = RC$ este constanta de timp a circuitului.

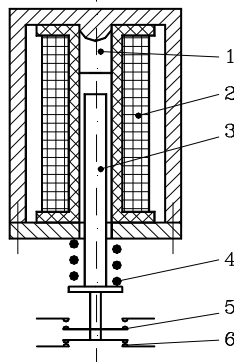


Fig.10.7

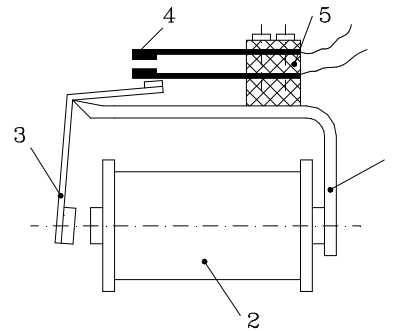


Fig.10.8

Notând cu u_a tensiunea minimă la care releul electromagnetic va anclanșa, se obține durata de temporizare:

$$t_t = RC \cdot \ln \left(\frac{1}{1 - \frac{u_a}{u_0}} \right) \quad (10.2)$$

122 Sisteme de acționare

Prin modificarea parametrilor R, C se poate regla durata de temporizare.

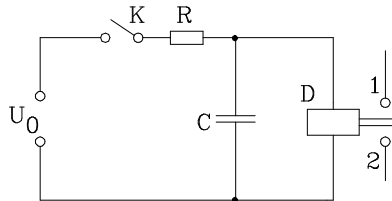


Fig.10.9

- prin circuite electronice (fig.10.10) se realizează temporizări de ordinul 0,1...100 s.

Temporizarea se realizează între momentul închiderii contactului k (de ex. butonul de comandă) și momentul închiderii contactelor 1 - 2 asociate releului electromagnetic. Reglarea temporizării este posibilă prin modificarea constantei de timp $\tau = RC$ care determină tensiunea $u_{bc} = U_0(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$. La un curent al bazei $i_b = 0$, curentul de colector este practic nul. La un curent $i_b \neq 0$, obținut prin creșterea potențialului negativ al bazei față de emitor, se obține un curent de colector (aceiași ca prin bobina releului) care asigură atragerea armăturii mobile a releului.

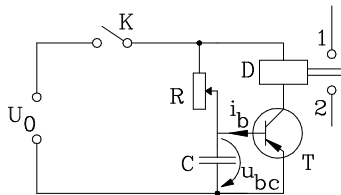


Fig.10.10

10. 4. 3 Contactoare

Contactoarele sunt aparate electrice de conectare (comandă), acționate altfel decât manual, capabile de a închide, de a suporta și de a întrerupe curenții în condiții normale ale circuitului. Schema constructivă de principiu a unui contactor este prezentată în figura 10.11. La alimentarea bobinei 1 este atrasă armătura mobilă 2 comprimându-se arcurile 3. La atingerea contactelor 4, 4' mișcarea armăturii 2 continuă până la atingerea întrefierului minim. În același timp are loc comprimarea arcului 5 asigurându-se presiunea de contact necesară.

Spre deosebire de relee, contactoarele au o capacitate mare de “rupere”, ajungând la 8..10 ori curentul nominal.

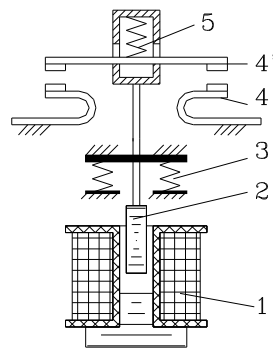


Fig.10.11

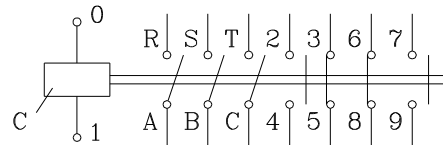


Fig.10.12

Închiderea, deschiderea sau comutarea circuitelor se realizează cu ajutorul unui electromagnet alimentat în curent continuu sau curent alternativ, a unor contacte principale (pentru curent de intensitate mare) și a unor contacte auxiliare (pentru curenți de intensitate redusă) pentru comenzi, semnalizare, autoblocare. Schema

electrică de principiu a unui contactor tripolar (pentru curent alternativ trifazat) este prezentată în figura 10.12.

Notațiile au următoarea semnificație:

- C - bobina electromagnetului;
- (2-4), (7-9) - contacte auxiliare normal deschise;
- (3-5), (6-8) - contacte auxiliare normal închise;
- R, S, T - bornele rețelei;
- A, B, C - bornele consumatorului.

Contactele care stabilesc circuitul între bornele R, S, T și A, B, C sunt contacte de forță pentru curenți intensi.

Datorită posibilităților de utilizare multiple, contactoarele prezintă o mare varietate de scheme de comandă. În figura 10.13 se prezintă schema de comandă a unui contactor echipat cu electromagnet de curent alternativ și buton dublu de comandă. Butonul BP permite alimentarea bobinei C cu o tensiune între fazele R și T ale rețelei de alimentare. Butonul BO este cel care prin acționare, întrerupe alimentarea cu energie a bobinei electromagnetului. Contactul auxiliar (7-9) are rolul de auto-menționare în realizarea blocării comenzii, după ce a încetat acțiunea butonului BP.

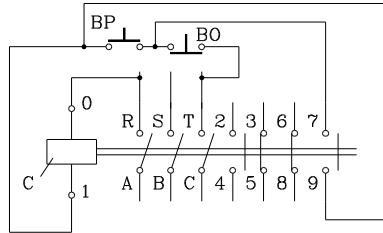


Fig.10.13

cu relee termice, pentru protecția la suprasarcină, sau cu relee termice și electromagnetice, pentru protecția la suprasarcină și scurtcircuitate.

Schemele pot deveni mai complicate când contactoarele sunt folosite la inversarea sensului de rotație al motoarelor electrice, la comutarea stea-triunghi, la reanclanșare automată.

Circuitele de comandă sunt prevăzute cu siguranțe fuzibile pentru protecție contra scurtcircuitelor.

Contactoarele se pot asocia

10. 4. 4 Relee termice

Releele termice sunt aparate electrice de protecție împotriva supracurenților. Principiul de lucru al acestora se bazează pe funcționarea unui arc lamelar bimetalic. Acesta este compus din două bare, confecționate din materiale metalice cu coeficienți de dilatare diferiți și îmbinate nedemontabil între ele prin sudură în puncte sau aliaj de lipire. Materialul cu coeficientul de dilatare mai mic se numește pasiv iar celălalt se numește activ. Prin încălzire ansamblul celor două materiale se încovoiaie, deoarece cele două componente se dilată în mod diferit. Bara 1, cu coeficient de dilatare mai mic, împiedică dilatarea în lungime a arcului, ceea ce îi determină încovoierea (fig.10.14).

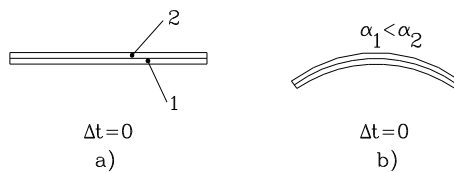


Fig.10.14

Dacă dispăre sursa de căldură, temperatura arcului bimetalic revine la valoarea inițială și ansamblul celor două lamele revine la forma inițială. Larga utilizare a arcurilor bimetalice se explică prin aceea că, la o variație de temperatură, care constituie semnalul de intrare, rezultă un semnal

care poate fi:

- o mișcare (deplasare) datorită deformării;
- o forță datorită tensiunilor interne, dacă forțe exterioare se opun producerii deformării.

În general, în aplicațiile tehnice, se utilizează ambele efecte, unul după altul sau simultan.

Încălzirea arcului bimetalic poate avea loc în mod direct (fig.10.15a), indirect (fig.10.15 b) sau combinat.

Aceste rele se utilizează pentru protecția motoarelor electrice. Releul termic "1" supraveghează curentul " I_0 " preluat de motor (fig.10.16) și declanșează contactul "2", conectat în schema de automatizare a motorului electric, întrerupând curentul " I_1 " care alimentează bobina contactorului.

Schema electrică de principiu privind asocierea contactorului cu un releu termic și comandă prin butoane, este ilustrată în fig.10.17. Aceste scheme se folosesc pentru comanda automatizată a motoarelor.

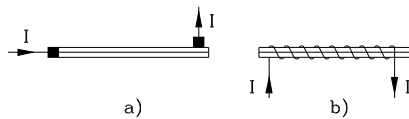


Fig.10.15

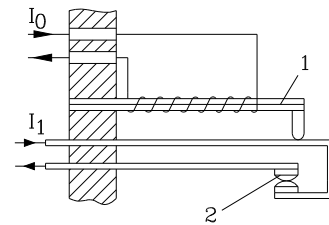


Fig.10.16

La apăsarea butonului BP, bobina C este parcursă de curentul I_1 dacă contactul c_{RT} (echivalentul contactului 2 din fig.10.16) al releului termic este închis. În acest fel se închid contactele de forță asigurându-se la consumator curentul de sarcină I_0 . Această stare este semnalizată de becul B prin închiderea contactelor (7-9). Eventualele depășiri ale valorii nominale ale curentului I_0 sunt sesizate de releul termic RT care determină deschiderea contactului c_{RT} din circuitul (0-1') al bobinei C. În acest fel se întrerupe alimentarea consumatorului.

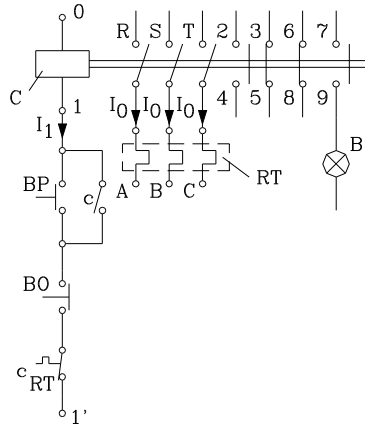


Fig.10.17

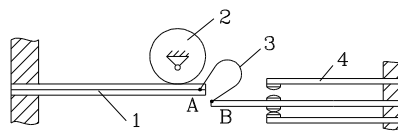


Fig.10.18

Deschiderea contactului 2 (fig.10.16) are loc în mod treptat, lent. Pentru a accelera deschiderea contactului se folosesc diverse soluții constructive, prin utilizarea unor arcuri lamelare suplimentare.

Varianta unui releu termic combinat cu un mecanism cu elemente elastice este prezentată în fig.10.18. Elementul bimetalic este executat sub forma unei bare 1 care este încastrată la un capăt iar cel de-al doilea se sprijină într-o parte pe cama 2 și se poate deplasa liber în sens invers. Capătul liber al bimetalului este conectat prin arcul lamelar curbat 3, în punctele A și B, de un set de arcuri lamelare 4 ale unui releu. Arcul lamelar 3 este montat pretensionat pentru a asigura presiunea de contact necesară între contactele releului 4. Asamblarea în punctele A și B nu reduce din

126 Sisteme de acționare

mobilitatea sistemului. La stare rece, arcul bimetalic este în contact cu cama 2. O dată cu creșterea temperaturii arcului bimetalic, acesta se și deformează. Poziția limită este cea în care punctele A și B sunt pe o aceeași orizontală. Orice deformație suplimentară a bimetalului face ca forța produsă de arcul 3 să deschidă un contact al releului 4 și eventual să-l închidă pe celălalt. La scăderea temperaturii, deformația se reduce și sistemul revine treptat în starea inițială.

La unele variante constructive ale releului termic revenirea în starea inițială a întregului mecanism are loc după deblocarea unui clichet de reținere în stare deformată a lamelelor bimetalice. Se recomandă acest lucru pentru a se evita o reanclanșare înainte de a se determina cauza care a condus la supracurentul ce a parcurs bimetalul.

Prin cama 2 se poate produce, lamelei bimetalice, o deformare inițială independentă de temperatura acesteia. În acest mod releul termic devine “sensibil” la o variație mai redusă a temperaturii.

Curentul de acționare al releului termic se reglează la valoarea:

$$I_{rt} = (1,05 \dots 1,2) \cdot I_c \quad (10.3)$$

unde I_c este curentul cerut.

Releele termice sunt construite pentru un curent nominal, cu posibilitatea de reglaj a limitei de declanșare în intervalul $(0,6 - 1) I_n$. Releele termice se reglează la valoarea curentului nominal al motorului protejat.

Exemplu

Un motor asincron cu rotorul în scurtcircuit având puterea $P_n = 4 \text{ kW}$, factorul de putere $\cos \varphi_n = 0,87$, randamentul $\eta_n = 0,85$ și tensiunea de alimentare $U = 380 \text{ V}$ are curentul nominal:

$$I = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi_n \cdot \eta_n} = \frac{4 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,87 \cdot 0,85} = 8,19 \text{ [A]} \quad (10.4)$$

Curentul de serviciu al contactorului este $I_s = 10 \text{ A}$. Conform relației (10.3) curentul de acționare al releului este $(1,05 \dots 1,2) \cdot 8,19 = 8,6 \dots 9,8 \text{ [A]}$. Utilizând un releu termic având curentul nominal de $I_n = 10 \text{ A}$, reglajul posibil este între $6 \dots 10 \text{ A}$, și se va realiza la valoarea $0,83 I_n$.

10.4.5 Siguranțe fuzibile

Siguranțele fuzibile sunt aparate destinate protecției circuitelor electrice împotriva scurtcircuitelor și supracurenților. Aceste aparate au la bază unul sau mai multe elemente fuzibile care se topesc într-un timp scurt la depășirea unei valori a curentului. Curenții nominali ai fuzibilelor sunt: 0,5 ; 2 ; 4 ; 6 ; 10 ; 16 ; 20 ; 25 A.

Fuzibilul este sub forma unui fir sau lamele conductoare. La siguranțele de mare putere, elementul fuzibil este realizat din bandă din argint (Ag) sau cupru (Cu).

Siguranțele unipolare cu filet (tip LF, LFi și LS), pentru iluminat și forță, au fuzibilul de argint (2...100 A) introdus într-un patron de porțelan care conține nisip de cuarț ca mediu de stingere.

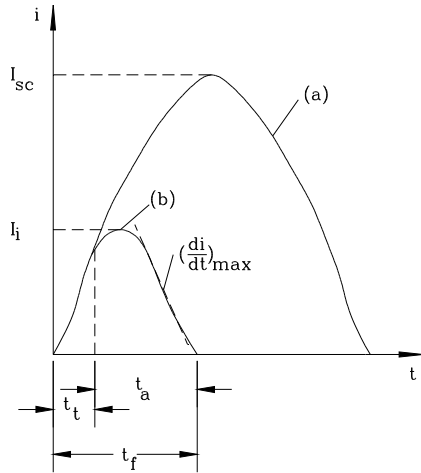


Fig. 10.19

Urmază perioada de arc, t_a , în care curentul este limitat la valoarea I_i (de obicei $I_{sc} / I_i \geq 10$) și apoi redus la zero. Durata totală de acționare este $t_f = t_t + t_a$. Acțiunea siguranței se bazează pe energia corespunzătoare fiecărei etape, exprimată prin integrale de curent corespunzătoare: $(I^2 t)_t$ etc.

O siguranță satisfăcătoare trebuie să prezinte un timp de arc aproape egal cu timpul de topire. În caz contrar, o scădere prea bruscă a curentului poate provoca supratensiuni periculoase pentru componentele electronice (diode semiconductoare, tranzistoare, etc).

Siguranța trebuie să fie capabilă să suporte curentul normal de funcționare, exprimat de obicei în valori medii. La alegerea unei siguranțe trebuie să se țină cont și de: curentul eficient de suprasarcină, integrala de curent, temperatura ambiantă, tensiunea tranzitorie maximă.

Alegerea siguranțelor fuzibile se face pe baza unor relații semiempirice, cu luarea în considerare a unei selectivități a protecției.

Siguranțele fuzibile lente sau rapide se aleg pe baza condiției:

$$I_{nf} \geq I_c \quad (10.5)$$

unde I_{nf} este curentul nominal al siguranței iar I_c este curentul cerut pentru consumator.

În cazul siguranțelor rapide, pentru ca acestea să nu se topească la pornirea motoarelor, relația anterioară se completează cu condiția:

$$I_{nf} \geq \frac{I_p}{c} \quad (10.6)$$

unde I_p este curentul de pornire al motorului (λI_n) iar “c” un coeficient de siguranță egal cu 2,5 pentru porniri ușoare (durata pornirii este de 5...10 s) sau 1,5 pentru porniri grele (10...40 s).

La protecția componentelor electronice pe bază de semiconductoare se utilizează numai siguranțe ultrarapide:

$$I_{nf} = 1,57 \cdot I_n \text{ A, în curent monofazat}$$

$$I_{nf} = 1,73 \cdot I_n \text{ A, în curent trifazat.}$$

Exemplu

Pentru un motor asincron ASI –112 M / 4 kW curentul nominal este $I_n=8,19$ A iar valoarea relativă a curentului de pornire $\lambda = 6,5$. Curentul de pornire, identic cu curentul cerut, este:

$$I_p = 6,5 \cdot 8,19 = 53,15 \text{ A}$$

Condițiile (10.5) și (10.6) impun ca:

$$I_{nf} \geq 8,19 \text{ A}$$

$$I_{nf} \geq \frac{53,15}{2,5} = 21,2 \text{ A}$$

Ca urmare se alege o siguranță ce are curentul nominal de 25 A.

10. 4. 6 Aparate auxiliare pentru comandă și semnalizare

Aceste aparate servesc la echiparea instalațiilor de automatizare cu comandă secvențială. Se pot împărți în următoarele categorii:

- aparate de comandă și limitare a anumitor parametri: butoane , chei de comandă, microîntrerupătoare, limitatoare de cursă, relee minimale și maxime etc. **Butoanele de comandă** se utilizează în instalațiile electrice pentru comanda aparatelor de acționare. Acestea sunt prevăzute cu unul sau mai multe grupuri de contacte N-I și N-D, de diverse culori, culoarea roșie fiind pentru butoanele care comandă întreruperea circuitului. Se execută în variante diverse: de uz general, cu lampă de semnalizare, în execuție antiexplozivă și etanșă etc. **Cheile de comandă și semnalizare** se utilizează pentru închiderea și comutarea manuală a circuitelor electrice din instalații de automatizare, centrale, stații de distribuție. Se pot acționa prin cheie Yale sau cu manetă.
- aparate amplificatoare și de execuție (electroventile, electromagneți).
- aparate de semnalizare optică și acustică. **Lămpile de semnalizare** se montează pe panouri și pupitre de comandă și servesc la semnalizarea

luminoasă a poziției de funcționare a aparatelor de comandă, pentru a indica situațiile normale sau anormale din instalația supravegheată. **Hupele și sirenele** de semnalizare acustică servesc pentru atenționarea diverselor stări de avarii ce pot interveni în procesul urmărit.

- aparate de racordare (conectoare, doze, cleme de șir). **Conectoarele și clemele de șir** servesc la efectuarea legăturilor electrice în panourile de distribuție. **Dozele de derivație** se utilizează pentru efectuarea legăturilor în instalațiile industriale.

Reprezentarea schematică a unor aparate electrice de comutație, protecție, comandă și semnalizare este reglementată prin STAS.

10.4.7 Scheme electrice

Schemele electrice cuprinse în documentația tehnică servesc la execuția, montarea, exploatarea și depanarea instalației. Regulile ce trebuie să fie respectate în acest scop sunt reglementate prin norme STAS. Clasificarea schemelor electrice după scopul urmărit este prezentată în figura 10.20.

Schemele electrice explicative permit înțelegerea funcționării sau efectuarea calculului de proiectare a instalațiilor electrice (fig.10.21).

Schemele funcționale – scheme tehnologice, scheme bloc, scheme principale, diagrame funcționale – permit prezentarea structurii și a principiului de funcționare a unei instalații, precum și principiul de interacțiune dintre elementele componente ale acesteia.

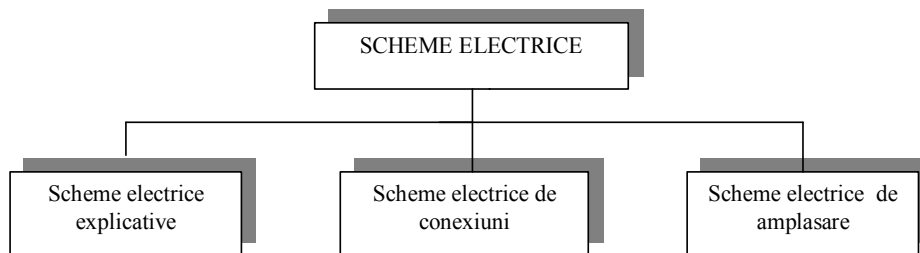


Fig. 10.20

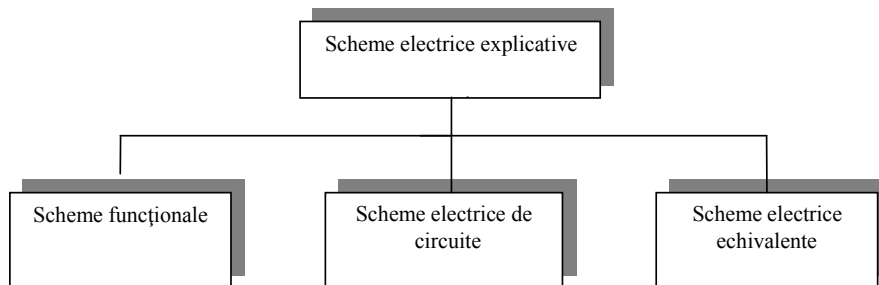


Fig.10.21

130 Sisteme de acționare

În figura 10.22 se prezintă, drept exemplu, schema tehnologică a unui complex robotizat și diagrama funcțională corespunzătoare. Complexul robotizat este compus din mașina unealtă MU, robotul industrial RI și conveiorul C. Diagrama de funcționare scoate în evidență succesiunea operațiilor: operația de încărcare a MU (timpul t_i), operația de manipulare (timpul de manipulare t_t), operația de descărcare pe conveior (timpul t_d), s.a.m.d. Diagrama de funcționare – ciclograma – poate fi prezentată sub diverse forme. Forma de prezentare trebuie aleasă după caz, criteriul fiind o redare cât mai clară a succesiunii fazelor de funcționare, a decalajelor și suprapunerilor în timp. Ciclograma va servi ca temă de proiectare pentru sistemele de acționare luate în considerare.

Schemele bloc reprezintă ansamblele funcționale ale instalației de acționare figurate prin dreptunghiuri, cercuri, triunghiuri etc., cu legăturile dintre ele sub forma unor drepte pe care se marchează prin săgeți sensul mărimilor. În figura 10.23 se prezintă schema bloc a sistemului de fabricație.

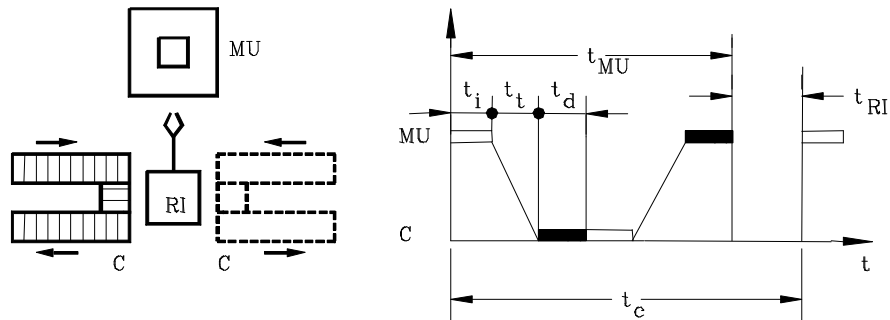


Fig.10.22

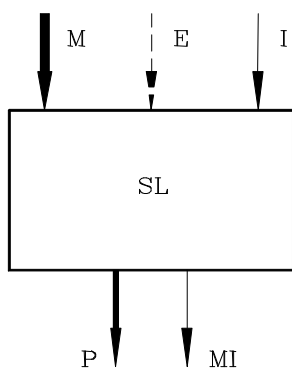


Fig.10.23

Produsul “P” sau materialul cu informație imprimată în formă “MI” se obține în sistemul de lucru SL pe baza consumului de materie “M”, a energiei “E” și a informației “I”. Schema bloc scoate în evidență, prin utilizarea unor linii corespunzătoare, fluxurile diferite care alimentează sistemul de lucru. Schema bloc prezentată este valabilă și pentru un sistem de fabricație.

În figura 10.24 se prezintă schema principală de funcționare a unui tahogenerator de curent continuu. Sunt puse în evidență elementele componente și modul de interconectare. Excitația este realizată de un magnet permanent N-S. Semnalul de intrare, viteza unghiulară ω , asigură mărimea de ieșire în tensiune U_e pe principiul clasic al generatorului electric. Schema electrică principală nu dă nici un detaliu privind modul de execuție a schemei.

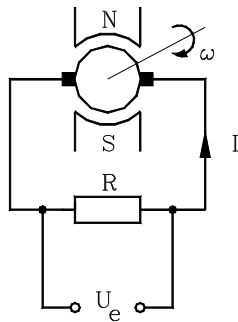


Fig. 10.24

Schemele de circuite desfășurate reprezintă prin semne convenționale toate circuitele unei instalații și permit înțelegerea în detaliu a funcționării.

Mașinile și aparatele sunt reprezentate prin elementele componente (înfășurări, bobine, contacte etc.) legate între ele în ordinea trecerii curentului electric și așezate în ordinea de funcționare, indiferent de poziția lor reală din ansamblu.

Pentru schemele electrice desfășurate de comandă și interblocare, circuitele se desenează între două linii orizontale (sursa de alimentare a circuitelor de comandă). Fiecare circuit (orice linie verticală pe care se prezintă consumatori și/sau contacte) se marchează cu un număr de

ordine. Circuitele polifazate se marchează cu același număr de ordine pentru toate fazele. În dreptul fiecărui element de execuție sau comandă (bobină) se vor simboliza contactele acționate, iar în dreptul fiecărui contact se va trece circuitul în care lucrează contactul respectiv.

În figura 10.25 se prezintă un exemplu orientativ de desenare a unei scheme desfășurate. Este schema electrică de pornire prin cuplare directă a motoarelor asincrone. Schema desfășurată cuprinde circuitul de alimentare (01) și circuitele de comandă (02), (03), (04). Rețeaua trifazată de alimentare este materializată prin cablurile L_1 , L_2 , L_3 , PEN. Sunt puse în evidență elementele componente ale circuitului de forță: siguranțele F_1 , F_2 , F_3 , întrerupătorul $a1$, contactorul c , releul termic $e1$, motorul trifazat M . Circuitele 02 și 03 corespund circuitului de comandă a pornirii și au în componență elementele corespunzătoare: butonul de pornire $b1$, butonul de oprire $b2$, bobina C a contactorului c . Circuitul 02 include și contactul releului termic (bornele a și b) iar circuitul 03 include contactul de automenținere. Semnalizarea pornirii este realizată prin intermediul circuitului 04 în care este inclus un contact normal deschis al contactorului c și lampa de semnalizare h .

132 Sisteme de acționare

În cadrul schemei sunt scoase în evidență existența șirului de cleme ($X1, X2, e01, e02, e04$) corespunzător conexiunilor, modul de notare a bornelor pentru fiecare aparat ($I, 2, R, S, T, a, b$), contactele acționate și circuitele în care acestea se află. Pentru a nu aglomera schema desfășurată, nu au fost numerotate cablurile de legătură dintre aparatele componente.

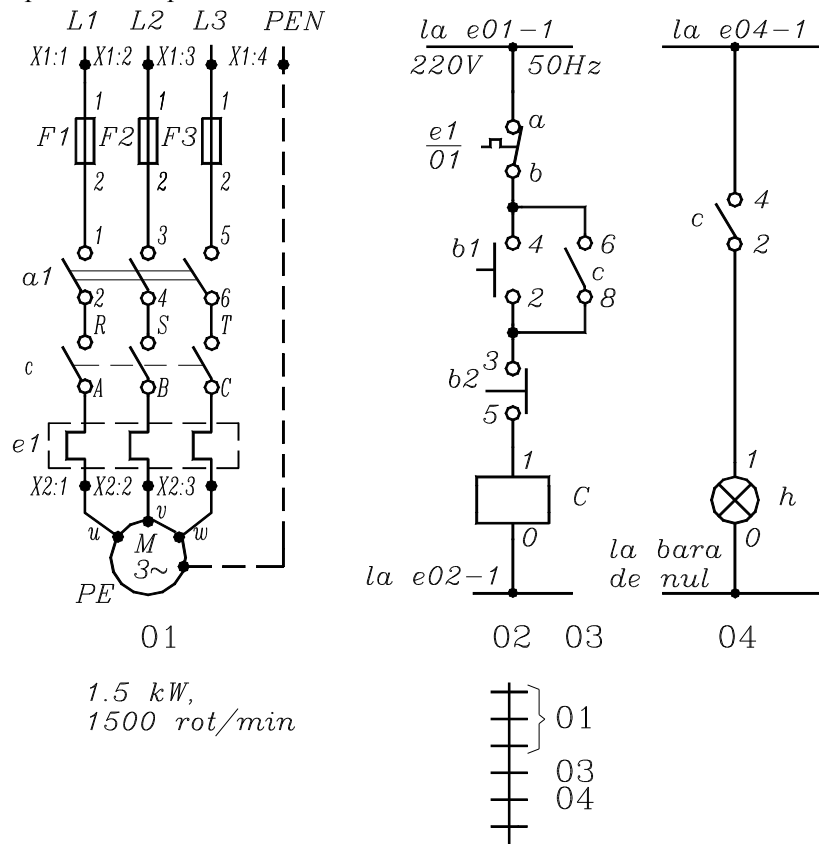


Fig. 10.25

Schemele electrice echivalente reprezintă circuite echivalente, din anumite puncte de vedere, ale elementelor componente ale instalației. Schemele de calcul cuprind doar elementele de circuit care se iau în considerare în calcul (de ex. contactele, butoanele de comandă etc. nu se regăsesc într-o astfel de schemă) și se pot baza pe scheme echivalente.

În figura 10.26 se prezintă schemele echivalente pentru o bobină reală (fig.10.26a) cu un circuit R, L serie (fig.10.26b) sau cu un circuit R, L, C (fig.10.26c)

dacă se ține cont de capacitatea electrică dintre spirele bobinei (doar în curent alternativ și frecvențe ridicate).

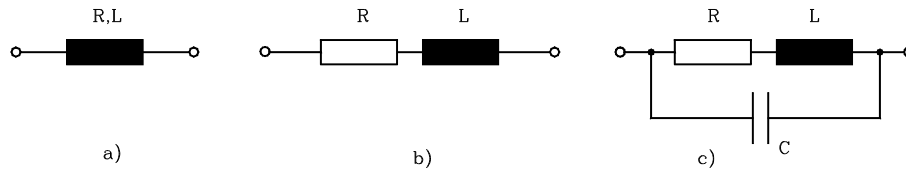


Fig.10.26

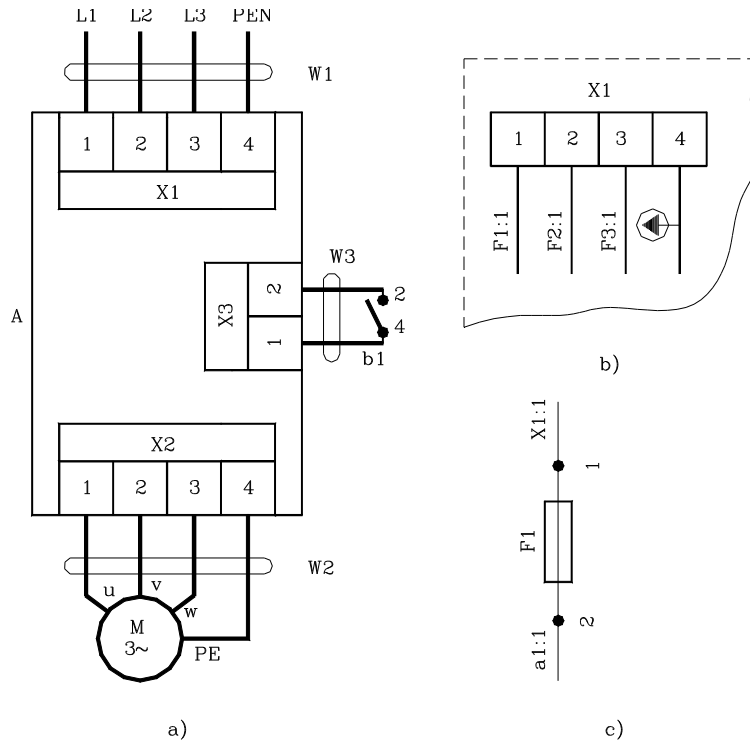


Fig.10.27

Pe baza schemei de circuite desfășurate se întocmesc schemele de conexiuni exterioare și interioare . Aceste scheme sunt destinate execuției și verificării conexiunilor unei instalații. Legăturile, realizate prin cabluri electrice, dintre diverse părți ale unei instalații – panou de comandă centralizată sau locală, tablou de alimentare, motoare electrice, aparate electrice amplasate pe utilaje tehnologice etc. – sunt reprezentate prin **conexiuni exterioare**.

134 Sisteme de acționare

Principiul și modul de realizare a legăturilor din interiorul unui echipament (de ex. panou de comandă) sunt prezentate prin **conexiunile interioare**.

O schemă de **conexiuni la borne** prezintă bornele unui aparat și conductoarele electrice conectate la acestea. În figura 10.27 sunt prezentate scheme de conexiuni exterioare (fig.10.27 a), conexiuni interioare (fig.10.27 b) și conexiuni la borne (fig.10.27 c) pe baza schemei desfășurate din figura 10.25.

Schema din figura 10.27a redă conexiunile realizate prin cablurile w1, w2, w3 între rețeaua de alimentare, motorul M, butonul b1 și panoul de acționare A. Schema poate evidenția și tipul conductorului utilizat. În figura 10.27 b se prezintă o fracțiune din schema de conexiuni interioare și redă conexiunile dintre șirul de cleme X1 și conductoarele de alimentare. Figura 10.27 c redă conexiunile de la bornele siguranței fuzibile F1.

Schemele de amplasare sunt destinate realizării practice a schemelor electrice și constituie desene de execuție pentru întreprinderea executoare.

Pe lângă schemele prezentate documentația tehnico-economică trebuie să mai cuprindă memoriul tehnic, specificația de echipamente, jurnalul de cabluri și conducte, instrucțiuni de exploatare, instrucțiuni de protecția muncii.

10. 5 Iluminatul electric

Instalațiile de iluminat electric constituie unul dintre consumatorii importanți întâlniți și care are influențe asupra activității operatorului uman. Un iluminat corespunzător contribuie la mărirea productivității muncii, la evitarea erorilor, la reducerea numărului de accidente.

Lumina face parte din domeniul radiațiilor electromagnetice, caracterizate de lungimea de undă “ λ ” și frecvența “ f ”:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (10.7)$$

unde $c = 3 \cdot 10^8$ m/s este viteza luminii în vid.

Radiațiile care impresionează ochiul (cele care produc senzații luminoase) se numesc **radiații vizibile sau luminoase** și au lungimea de undă cuprinsă între limitele 380 și 760 nm. Spectrul vizibil poate fi împărțit în șase zone, corespunzător culorilor fundamentale: violet, albastru, verde, galben, portocaliu și roșu.

Emisia radiațiilor luminoase de către sursele electrice de lumină au la bază transformarea energiei electrice.

Sursele electrice de lumină se pot împărți în trei categorii:

- **lămpi cu incandescență** la care filamentul încălzit la incandescență emite energie sub formă de radiații de putere și compoziție spectrală conforme cu legile radiației termice;

- **lămpi cu descărcări în gaze sau vapori metalici** care au la bază proprietatea descărcărilor electrice în gaze sau vapori metalici de a produce lumină (efectul de iluminiscentă);
- **lămpi cu arc** la care se produc atât radiații termice cât și efecte de luminiscentă.

Caracterizată de mărimi energetice și mărimi fotometrice radiația luminoasă este analizată și evaluată în cadrul capitolului de **fotometrie**.

Luminanța (strălucirea) este mărimea fotometrică percepută direct de ochi și se referă atât la sursele de lumină cât și la suprafețele iluminate.

Pentru corpuri de luminanță constantă în toate direcțiile, corpuri perfect difuzante, luminanța (valoarea medie) se exprimă prin:

$$L = \frac{I_e}{A \cdot \cos \varepsilon} \quad [\text{cd/m}^2] \quad (10.8)$$

unde “ I_e ” este intensitatea luminoasă iar “ $A \cdot \cos \varepsilon$ ” este aria proiecției suprafeței corpului pe un plan perpendicular pe direcția “ ε ”.

Ca surse de luminanță constantă se pot considera tuburile fluorescente, suprafețele reflectante mate (iluminate uniform), plăcile difuzante din sticlă opalină etc.

La lămpile cu incandescență emisia luminoasă se produce prin încălzirea unui filament de wolfram la o temperatură cuprinsă între 2000 și 3000 K.

Caracteristicile energetice, fotometrice și calorimetrice sunt determinate de temperatura filamentului incandescent. Eficacitatea luminoasă a unei lămpi cu incandescență normală are valori între 8 și 20 lm/W și depinde de temperatura filamentului.

Lămpile cu incandescență se fabrică într-o mare varietate de tipuri constructive, caracterizate prin puterea absorbită, tensiunea de alimentare, fluxul luminos, dimensiuni, forma balonului, tipul soclului.

Lampa cu incandescență clasică utilizează filamentul de wolfram, funcționând la o temperatură de aproximativ 3000 K, mediul din balon fiind gaz neutru sub presiune (argon, azot cu rol de micșorare a vitezei de evaporare a particulelor de wolfram incandescent). Codul de identificare a lămpii cuprinde: o literă ce indică forma balonului și o cifră care indică diametrul nominal în mm. O a doua sau chiar o a treia literă se poate adăuga pentru o identificare suplimentară a unor detalii.

Soclul lămpii cel mai des utilizat este de tip Edison (E 10, E 14, E 27, E 40) și cel de tip baionetă (B 15, B 22). Numărul indică diametrul soclului lămpii în mm.

Lampa cu ciclu regenerativ de halogeni elimină inconvenientul evaporării filamentului din Wo și a depunerii acestuia pe pereții balonului de sticlă. Particulele de Wo rezultate din evaporarea filamentului formează cu halogenul, la temperatura de (200-300) °C (adică în zona peretelui), o halogenură volatilă de Wo care la

136 Sisteme de acționare

temperatura filamentului (3000 K) se descompune în Wo (care se depune pe filament) și halogenul care revine în ciclu. În acest mod durata de funcționare a lămpii crește.

Multe tipuri de lămpi incandescente, în special cele cu ciclu regenerativ cu halogen, sunt echipate cu așa numitul “reflector dichroic”. Altele sunt prevăzute cu filtre colorate ce funcționează pe același principiu. Scopul acestuia este de a reflecta anumite radiații și de a transmite altele.

Datorită simplității sale, calităților sale de confort și culoare, datorită posibilității de conectare directă, lampa cu incandescență poate fi utilizată pentru: iluminat (locuințe, hoteluri, local industrial etc.), semnalizări (panouri de semnalizare, tablouri de comandă etc.), iluminat decorativ etc.

În **lămpile cu descărcări**, conversia energiei electrice în lumină se realizează prin excitarea atomilor de gaz sau vapori metalici asupra cărora acționează un câmp electric realizat fizic prin aplicarea unei tensiuni la cei doi electrozi, montați la capetele incintei (tubului) închise și vidate.

Luând în considerare caracteristica tensiune-curent a descărcării electrice într-un tub umplut cu gaz inert sau cu vapori metalici, lămpile cu descărcări în gaze sau vapori metalici se pot clasifica în :

- lămpi cu descărcări în regim de licărire folosind lumina catodică (atmosfera gazoasă din neon și heliu). Se utilizează pentru semnalizare, control, aparate cu efect stroboscopic etc. Durata de viață este de 1000...2000 ore;
- tuburi cu descărcări în regim de licărire, folosind coloana luminoasă pozitivă; culoarea radiației depinde de natura gazului folosit (de ex.: neon → roșu – portocaliu, heliu → galben). Se utilizează la iluminatul decorativ, reclame luminoase. Eficacitatea luminoasă variază între 2 și 18 lm/W și durata de viață atinge 5000 ore;
- lămpi cu vapori metalici (mercur, sodiu, etc.) sau gaze (xenon) la care amorsarea arcului impune circuite electrice speciale.

Amorsarea și funcționarea tubului fluorescent este condiționată de preîncălzirea electrozilor (emisia termoelectronică trebuie să fie puternică), realizarea unei tensiuni de amorsare, stabilizarea descărcării în arc. Realizarea acestor condiții este asigurată de dispozitivele de preconnectare: startere și balasturi (inductiv, capacitiv). Amorsarea descărcării se realizează la lămpile cu descărcări prin supratensiune (șoc de tensiune inițială), scăderea lentă prin ionizare a rezistenței mediului de descărcare sau prin combinarea celor două sisteme.

Balastul trebuie să îndeplinească următoarele condiții: să asigure stabilizarea descărcării, să prezinte un factor de putere ridicat, să aibe un procentaj scăzut de armonici, să fie echipat cu sisteme de atenuare a paraziților radio sau TV. Tipurile de balasturi clasice pot fi înlocuite cu unele electronice, prevăzute cu convertor de frecvență (până la 20 kHz).

În figurile 10.28 -10.31 se prezintă montajele de conexiune la rețea a lămpilor fluorescente (în variantele din figura 10.28 și figura 10.29 nu sunt figurate condensatoarele pentru ameliorarea factorului de putere, ce se prevăd în mod obișnuit).

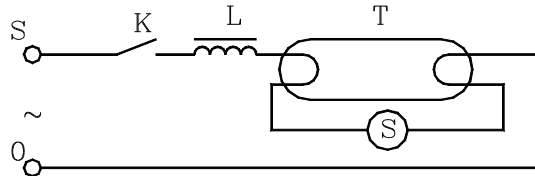


Fig. 10.28

Sursele de lumină se includ în **corpuri de iluminat**. Acestea se compun dintr-un sistem optic și o armătură de fixare.

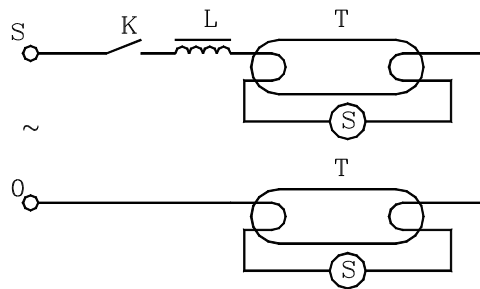


Fig.10.29

Reflexia sau transmisia fluxului luminos poate fi:

- **regulată**, când unei raze luminoase incidente îi corespunde o singură rază reflectată sau transmisă;
- **difuză**, când razele sunt reflectate sau transmise în mai multe direcții;
- **mixtă**, când reflexia sau transmisia este perfect regulată și parțial difuză;
- **perfect difuză**, dacă luminanța suprafeței materialului este aceeași în toate direcțiile.

Prin combinarea sistemelor de iluminat – directe, semidirecte, mixte, semiindirect, indirect – se pot obține:

- iluminatul dirijat, caracterizat prin faptul că lumina ajunge pe obiectele iluminate dintr-o direcție principală, care favorizează producerea umbrelor și realizarea contrastelor;
- iluminatul difuz, caracterizat prin faptul că lumina nu vine dintr-o direcție principală asupra obiectelor iluminate, ceea ce favorizează reducerea luminanțelor.

138 Sisteme de acționare

Luminanța determină, prin nivelul și modul de repartitie, calitatea unei instalații de iluminat. Datorită dificultăților de calcul a luminanțelor în diverse puncte ale suprafețelor de iluminat, normele din industrie dau recomandări privind nivelurile și repartitia luminanțelor.

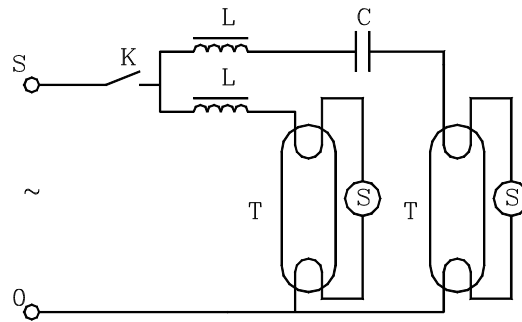


Fig.10.30

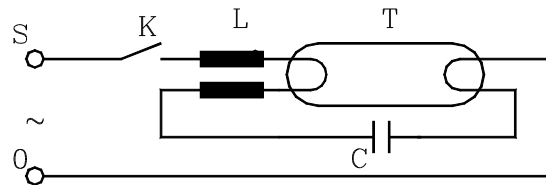


Fig.10.31

Condițiile care caracterizează calitatea unei instalații de iluminat sunt următoarele:

- nivelul de iluminare;
- uniformitatea iluminării;
- direcția luminii și umbre;
- luminanța și contrastele de luminanță;
- compoziția spectrală a luminii.

Gradul de satisfacere al acestor condiții depinde de importanța instalației și de activitatea care se desfășoară în spațiul iluminat. Din acest punct de vedere modul de iluminare în cadrul sistemelor robotizate trebuie corelat cu componentele sistemului senzorial – vedere artificială - utilizat.

Criteriile de ordin economic trebuie luate în considerare în analiza și proiectarea sistemului de iluminare.

Întrebări recapitulative

- Clasificați instalațiile electrice după categoria receptorului;
- Prezentați scheme fundamentale de distribuție dintr-o întreprindere industrială;
- Prezentați parametrii sistemului de distribuție de joasă tensiune;
- Precizați valori ale tensiunii nominale pentru sursele de curent continuu;
- Prezentați o clasificare a aparatelor electrice din instalațiile de joasă tensiune;
- Prezentați principiul funcțional al releului electromagnetic, rolul acestuia și posibilități de realizare;
- Să se determine care este constanta de timp pentru un circuit RC de temporizare a unui releu electromagnetic dacă tensiunea de alimentare este $U_0 = 12\text{ V}$ iar tensiunea de anclanșare este $0.8U_0$?
- Evidențiați posibilități de temporizare într-un sistem de acționare electric;
- Prezentați și explicați schema electrică de principiu a unui contactor tripolar și schema de comandă a acestuia;
- Care este rolul releului termic și care este principiul constructiv ?
- Explicați pe schema adecvată asocierea unui contactor cu un releu termic și comanda prin butoane;
- Precizați principiul de alegere a unui releu termic;
- Pentru un motor asincron seria ASI-112 M / 13 kW, $\cos \varphi_n=0.89$, randamentul nominal $\eta_n=0.88$ și tensiunea de alimentare $U=380\text{ V}$ să se precizeze care este curentul de serviciu al contactorului și curentul de acționare al releului;
- Precizați principiul constructiv și funcțional al siguranțelor fuzibile;
- Cum se stabilesc valorile curenților pentru siguranțele fuzibile din circuitele de protecție a componentelor electronice ?
- Pentru motorul electric asincron precizat anterior să se stabilească siguranța necesară dacă valoarea relativă a curentului de pornire este $\lambda=6.5$;
- Prezentați și exemplificați aparatele auxiliare de comandă și semnalizare;
- Prezentați clasificarea schemelor electrice și dați exemple;
- Prezentați o clasificare a instalațiilor de iluminat;
- Nominalizați trei surse de luminanță constantă;