

## 10. ALEGEREA ȘI VERIFICAREA ECHIPAMENTELOR DE COMUTAȚIE ȘI MĂSURĂ PRIMARE

### 10.1. ALEGEREA ȘI VERIFICAREA ECHIPAMENTELOR DE COMUTAȚIE ȘI MĂSURĂ PRIMARE PENTRU PARTEA DE ÎNALTĂ TENSIUNE

Alegerea aparatelor de comutație și măsură primare se face în regim normal de funcționare de lungă durată. Verificarea aparatelor de comutație și măsură primare se face în regim de scurtcircuit.

Condițiile de alegere și verificare sunt:

- condiții generale;
- condiții specifice.

#### 10.1.1. Condiții generale

##### *Condițiile climatice*

- umiditate;
- temperatură;
- altitudine.

Pentru țara noastră sunt valabile condițiile de climă temperată caracterizate prin temperaturi cuprinse între  $-30^{\circ}\text{C} \div +40^{\circ}\text{C}$ . Atunci când echipamentul trebuie să reziste în alte condiții climatice, se adoptă unul din tipurile tropicalizate.

##### *Frecvența tensiunii*

Frecvența tensiunii echipamentului se alege astfel încât să fie egală cu frecvența de lucru din rețeaua în care se montează.

##### *Tensiunea electrică*

Echipamentul se alege astfel încât:  $U_{n_{\text{echip}}} \geq U_{\text{max}_{\text{sist}}}$  (10.1)

##### *Curentul nominal*

Echipamentul se alege astfel încât  $I_{n_{\text{echip}}} \geq I_{\text{sarc}_{\text{max}}}$  în regim normal de funcționare.

### *Curenții de suprasarcină*

#### a) Curentul de suprasarcină de lungă durată

Echipamentul se va alege astfel încât să se țină cont de curenții de suprasarcină de lungă durată deoarece majoritatea echipamentelor nu permit funcționarea în regim de suprasarcină de lungă durată.

#### b) Curenții de suprasarcină de scurtă durată

Acești curenți se folosesc pentru a verifica:

- stabilitatea termică;
- stabilitatea dinamică;
- capacitatea de rupere.

#### *Stabilitatea termică*

$$I_{1_t} \cdot \sqrt{t_{1_t}} \geq I_{sc_k}^{(3)} \sqrt{t_{sc}} \quad (10.2)$$

$t_{1_t}$  - dat de firma constructoare, de obicei este  $t_{1_t} = 1s$

$$t_{sc} = 0,05 \div 0,1 \text{ s}$$

$$t_{sc} = t_{1_p} + t_{d_i}$$

$t_{1_p}$  = timpul de lucru al protecțiilor

$t_{d_i}$  = timpul de declanșare al echipamentului

$$I_{1_t} \geq 0,316 \cdot I_{sc_k}^{(3)}$$

#### *Stabilitatea dinamică*

$$I_{1_d} \geq I_{soc_k}^{(3)} \quad (10.3)$$

#### *Capacitatea de rupere*

$$\text{- se dă prin puterea de rupere } S_r \geq S_{sc_k}^{(3)} \quad (10.4)$$

- se dă prin curenții de rupere:

$$I_{ri} > I_{soc_k}^{(3)} \quad (10.5)$$

$$I_{rd} \geq I_{sc_k}^{(3)} \quad (10.6)$$

### 10.1.2. Alegerea și verificarea întrerupătoarelor

Întrerupătoarele sunt aparatele destinate comutației circuitelor cât și protecției acestora fiind capabile să rupă curentul de scurtcircuit. El este cel mai important aparat din circuitele primare.

După principiul de stingere a arcului electric întrerupătoarele de înaltă tensiune pot fi:

- cu ulei mult;
- cu ulei puțin;
- cu aer comprimat;
- cu hexafluorură de sulf;
- cu suflaj magnetic;
- cu vid.

Întrerupătoarele cu ulei mult, IUM, sunt tot mai puțin folosite datorită pericolului de explozie și incendiu. Întrerupătoarele cu ulei puțin -IUP- sunt foarte răspândite până la cele mai mari tensiuni și puteri de rupere datorită avantajelor:

- construcție simplă și robustă;
- comportare bună în exploatare;
- revizie ușoară și rapidă.

Dispozitivele de acționare ale întrerupătoarelor pot fi:

- cu acțiune unilaterală, când se realizează numai închiderea întrerupătorului, deschiderea acestuia realizându-se cu ajutorul unui resort de deschidere.

- tipuri: MR, MRI, DRI, DSI

- cu acțiune bilaterală, când realizează atât închiderea cât și deschiderea întrerupătorului, fără resorturi.

- tipuri: MOP

Pentru alegerea întrerupătoarelor se mai ține seama și de următoarele condiții:

- modul de conectare: - monofazat;
- trifazat.
- tensiunea de comandă operațională;
- felul dispozitivului de acționare
  - electric;
  - pneumatic;
  - hidraulic.

Condițiile de alegere și verificare se prezintă tabelar.

Tab.10.1.

Nr. crt.	Condiții de alegere și verificare	Date aparat	Date calculate
1	$U_{n1} \geq U_{\max \text{ sist}}$		

2	$I_{ni} \geq I_{sarc\ max}$		
3	$I_{lt} \sqrt{t_{lt}} \geq I_{sc_k}^{(3)} \sqrt{t_{sc}}$		
4	$U_{ld} \geq S_{soc_k}^{(3)}$		
5	$S_r \geq S_{sc_k}^{(3)}$		

### 10.1.3. Alegerea și verificarea separatoarelor

Separatoarele sunt aparate de conectare care asigură pentru motive de securitate, în poziția deschis, o distanță de izolare vizibilă în cadrul circuitului din care fac parte.

Separatoarele neavând dispozitiv de stingere a arcului nu se deschid sub sarcină.

Clasificări ale separatoarelor:

a) După locul de montaj:

- de tip interior
- de tip exterior

b) După numărul de poli:

- monopolare
- bipolare
- tripolare

c) După modul de deplasare a contactelor mobile:

- separatoare tip cuțit
- separatoare rotative
- separatoare basculante
- separatoare pantograf

d) După prezența sau absența dispozitivelor de legare la pământ:

- cu cuțite de legare la pământ
- fără cuțite de legare la pământ

e) După sistemul de acționare:

- cu dispozitiv de acționare manuală
  - cu prăjini sau pîrghii
- cu dispozitive pneumatice
- cu acționare electrică

Condițiile de alegere și verificare sunt aceleași ca și la întrerupătoare, exceptând condiția a 5-a, respectiv condiția de verificare la puterea de rupere. Deoarece au apărut și separatoare de sarcină pentru acestea există și condițiile de verificare:

$$(1) I_{rd} \geq I_{sarc\ max} \quad (10.7)$$

$$(2) I_{ri} \geq I_{șoc} \quad (10.8)$$

#### 10.1.4. Alegerea și verificarea transformatoarelor de măsură

Transformatoarele de măsură sunt aparate electromagnetice care transformă valorile curentului și tensiunii la valori convenabile pentru alimentarea aparatelor de măsură, protecție și reglare.

- tensiune - 100,  $100/\sqrt{3}$  V sau 100/3 V
- curent - 5 sau 1 A

a) Transformatoarele de curent sunt aparate electromagnetice a căror înfășurare primară se conectează în serie cu circuitul primar iar înfășurarea secundară alimentează:

- relele de curent;
- ampermetrele;
- bobinele de curent ale:
  - wattmetrelor;
  - contoarelor;
  - fazmetrelor etc.

Regimul de funcționare este acela de scurtcircuit. Transformatoarele de curent în exploatare nu trebuie să fie lăsate cu secundarul deschis deoarece există pericolul inducerii unor tensiuni mari care să distrugă înfășurarea secundară.

#### *Criteriile de alegere și verificare ale transformatoarelor de curent*

Tab.10.2.

Nr. crt.	Condiții de alegere și verificare	Date aparat	Date calculate
1	$U_{nTC} \geq U_{max s}$		
2	$I_{1n} \geq I_{sarc max}$		
3	$k_t I_{1n} \sqrt{t_{1ti}} \geq I_{sc_k}^{(3)} \sqrt{t_{sc}}$		
4	$k_d I_{1n} \geq I_{soc}$		
5	$0,25S_{2n} \leq S_2 \leq S_{2n}$		

$$I_{2n} = 5(1) \text{ A}$$

$$k_t = 60 \text{ pentru JT}$$

$$k_t = 100-120 \text{ pentru IT}$$

$$k_d = 2,5 k_t$$

Pentru a asigura încadrarea în clasa de precizie, secțiunea conductoarelor de legătură se va lega astfel încât să se verifice condiția 5.

$$0,25S_{2n} \leq S_2 \leq S_{2n} \quad (10.9)$$

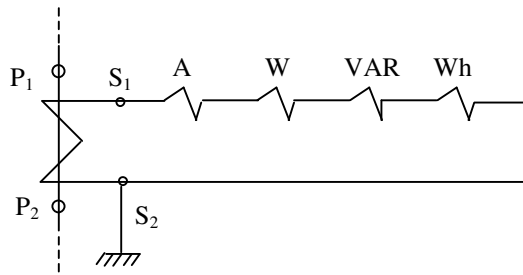


Fig.10.1. Conectarea transformatorului de curent

$$S_2 = \sum S_{ap} + I_{2n}^2 (R_{cond} + R_{cont}) \quad (10.10)$$

Pentru a determina rezistența conductoarelor vom lua  $S_2 = S_{2n}$ .

$$R_{cond} = \frac{S_{2n} - \sum S_{ap}}{I_{2n}^2} - R_{cont} \quad (10.11)$$

$$R_{cont} = 0,1 \Omega$$

$$R_{cond} = \rho \frac{l}{S} \quad (10.12)$$

$$s = \rho \frac{l_{calc}}{R_{cond}} \quad (10.13)$$

$l_{calc}$  = lungimea de calcul și depinde de tipul schemei folosite

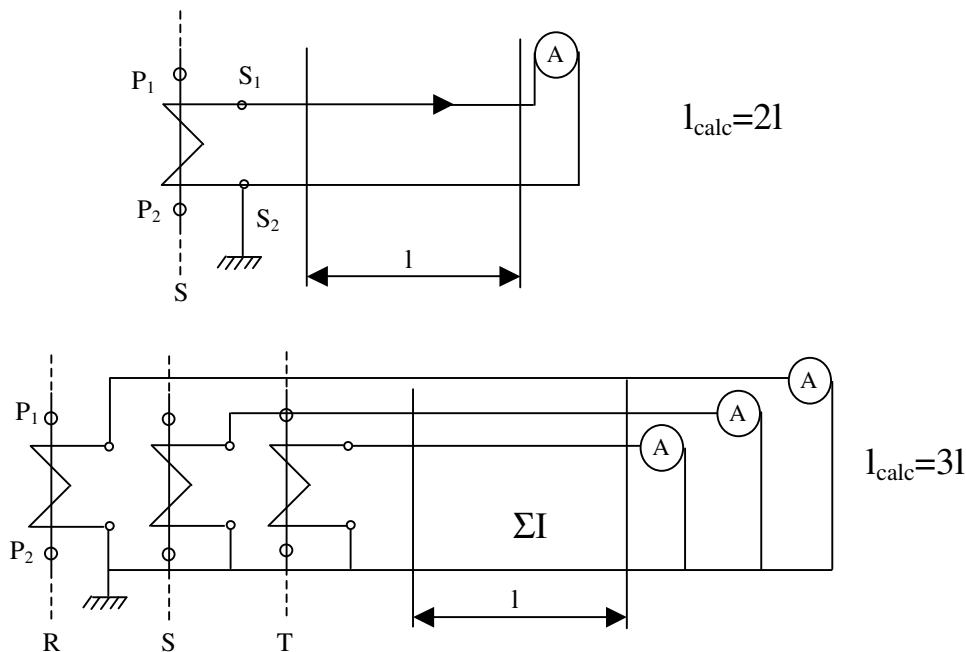


Fig.10.2. Scheme de măsură cu una sau trei TC

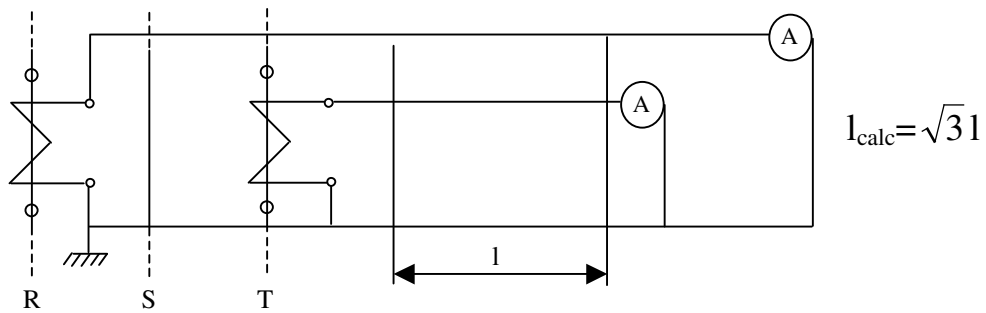


Fig.10.3. Schemă de măsură cu 2 TC

După ce s-a calculat secțiunea se alege conductorul cu secțiunea imediat următoare mai mare din Cu.

b) Transformatoarele de tensiune sunt aparate electromagnetice la care înfășurarea primară se conectează în paralel cu circuitul primar, iar înfășurarea secundară alimentează relele de tensiune, voltmetrele, bobinele de tensiune ale wattmetrelor, contoarelor, fazmetrelor etc.

Criteriile de alegere și verificare sunt:

Tab.10.3.

Nr. crt.	Condiții de alegere și verificare	Date aparat	Date calculate
1	$U_{1n} \geq U_{\max s}$ $U_{2n} = 100V$ - măsură $U_{2n} = 100/\sqrt{3}$ - protecție $U_{2n} = 100/3V$ - protecție homopolară		
2	$0,25S_{2n} \leq S_2 \leq S_{2n}$		

Scheme de conexiuni. Exemple:

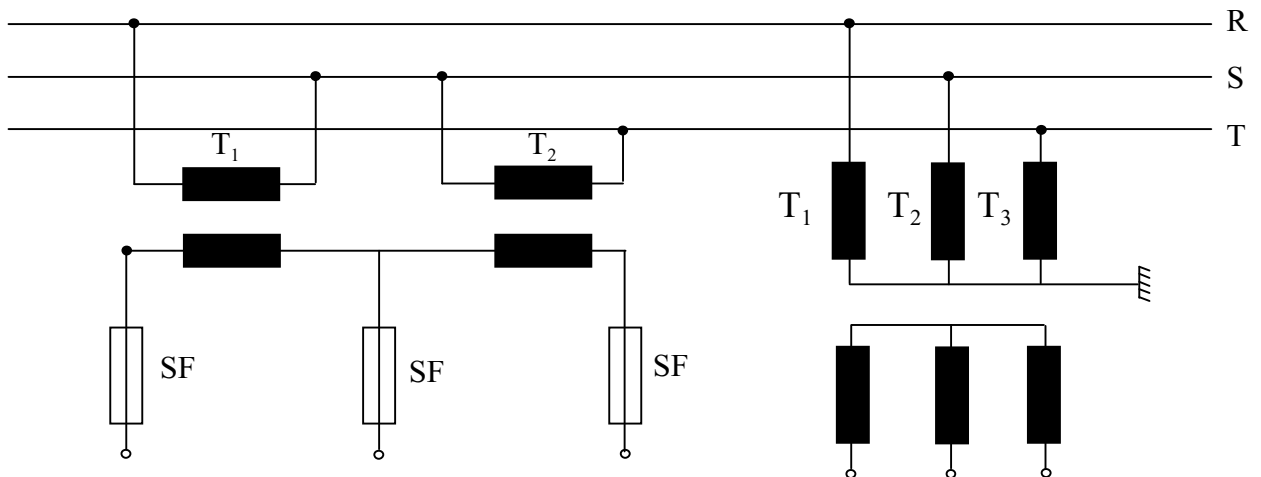


Fig. 10.4. Scheme de conectare în V și în Y

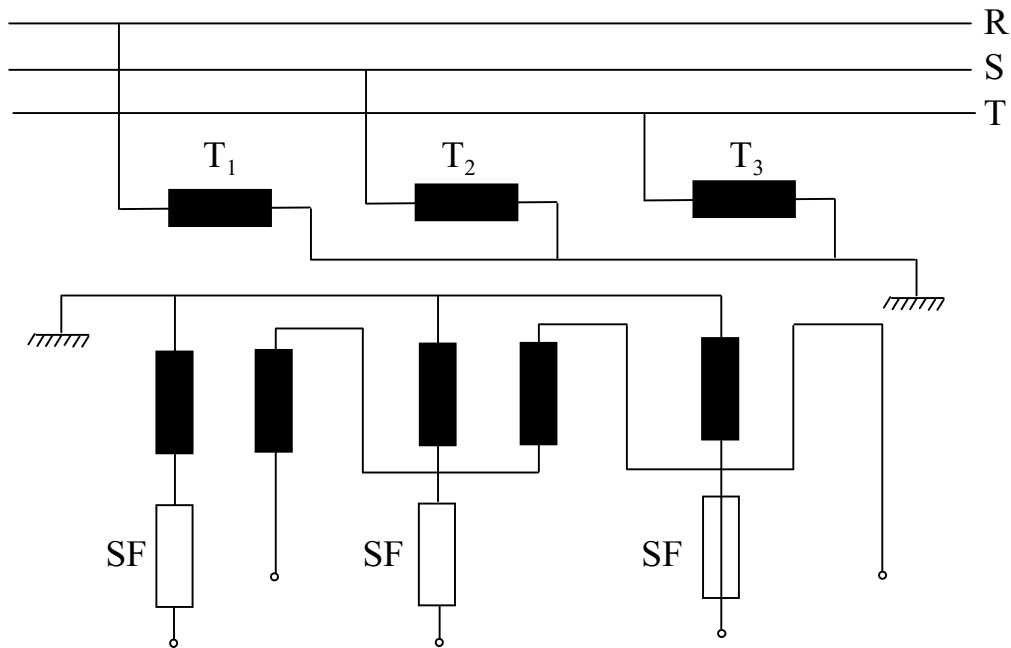


Fig.10.4 Schemă cu trei transformatoare cu două înfășurări secundare, una montată în stea și alta montată în triunghi deschis  $\nabla$

#### *Alegerea clasei de precizie pentru transformatoarele de curent*

Clasa de precizie se alege în funcție de aparatele montate în circuitul secundar și anume:

- clasa 0,2 se folosește la măsurători de precizie;
- clasa 0,5 pentru contoarele de energie electrică;
- clasa 1 pentru măsurători normale de exploatare și pentru relee de distanță și putere;
- clasa 3 pentru relee de curent, diferențiale și de semnalizare.

Clasa de precizie indicată în cataloagele transformatoarelor de curent se respectă dacă curentul prin transformator este cel nominal și dacă sarcina secundară este cuprinsă între 25% și 100% din cea indicată în catalog.

#### *Alegerea clasei de precizie pentru transformatoarele de tensiune*

Puterea consumată de fiecare înfășurare nu va depăși puterea nominală a acesteia. Se recomandă ca fazele să fie încărcate cât mai uniform.

Dacă puterea nominală a înfășurării este depășită se poate adopta una din soluțiile:

- alegerea unor transformatoare de tensiune cu o putere secundară mai mare;



- alegerea unor transformatoare de tensiune cu mai multe înfășurări secundare;
- dublarea transformatoarelor de tensiune.

Clasa de precizie se alege astfel:

- clasa 0,5 pentru alimentarea aparatelor de măsură;
- clasa 1 pentru reglatoare de tensiune, relee direcționale și de distanță;
- clasa 3 pentru relee de tip voltmetric.

Transformatoarele de tensiune nu se verifică la stabilitate dinamică și termică deoarece nu sunt supuse curenților de scurtcircuit.

### Aplicații

1. Pentru o stație electrică de 110/20 kV să se aleagă aparatele de comutație și măsură pentru partea de medie tensiune fiind date următoarele date:

$$I_n = 630 \text{ A}$$

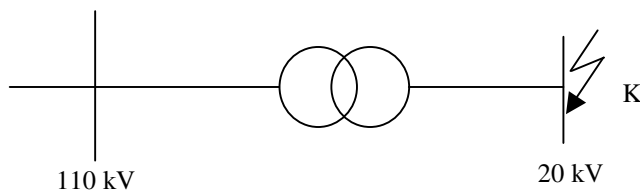
$$I_{sc_k}^{(3)} = 24 \text{ kA}$$

$$I_{soc_k}^{(3)} = 60 \text{ kA}$$

$$S_{sc_k}^{(3)} = 830 \text{ MVA}$$

$$S_2 = 50 \text{ VA} - \text{TC}$$

$$S_2 = 150 \text{ VA} - \text{TT}$$



Separatorul STI-24

$$I_{sarc.max} = 1,2 \quad I_n = 1,2 \cdot 630 = 756 \text{ A}$$

Nr. crt.	Condiții de alegere și verificare	Date aparat	Date calculate
1	$U_{ns} \geq U_{max \text{ sist}}$	24	20
2	$I_{ns} \geq I_{sarc \text{ max}}$	1050 A	756 A
3	$I_{lt} \geq 0,316 I_{sck}^{(3)}$	50 kA	7,58 kA
4	$I_{ld} \geq I_{soc}$	125 kA	60 kA

Întreruptorul: IUP-M 20÷1000

Nr. crt.	Condiții de alegere și verificare	Date aparat	Date calculate
1	$I_{nI} \geq U_{\text{sarc max}}$	1000 A	756 A
2	$U_{nI} \geq U_{\text{max sist}}$	20(24) kA	20 kA
3	$I_{It} \geq 0,316 I_{\text{sck}}^{(3)}$	30 kA	7,58 kA
4	$I_{Id} \geq I_{\text{soc}}$	76,5 kA	60 kA
5	$S_r \geq S_{\text{sck}}^{(3)}$	850 MVA	830 MVA

*Transformatorul de tensiune*

TIRM-25

Transformator de tensiune monofazat pentru montaj interior, cu izolație din rășini de turnare.

Nr. crt.	Condiții de alegere și verificare	Date aparat	Date calculate
1	$U_{InTT} \geq U_{\text{max sist}}$	25	20
2	$U_{2n} = 100; \frac{100}{\sqrt{3}}; \frac{100}{3}$		
3	$S_2 \leq S_{2n}$	150 VA	240 VA

*Transformatorul de curent*

CIRS-35 - transformator de curent tip suport, pentru montaj interior cu 1000/5 izolație din rășină

Nr. crt.	Condiții de alegere și verificare	Date aparat	Date calculate
1	$U_{nTC} \geq U_{\text{max sist}}$	35 kV	20 kV
2	$I_{1N} \geq I_{\text{sarc max}}$	1000	630
3	$K_t \cdot I_{1n} \geq 0,316 I_{\text{sc k}}^{(3)}$	37,8 kA	7,58 kA
4	$K_d \cdot I_{1N} \geq I_{\text{soc}}$	94,5 kA	60 kA
5	$S_2 \leq S_{2n}$	150 VA	240 VA

$$K_t = 60$$

$$K_d = 2,5 K_t$$

## 10.2. ALEGEREA ȘI VERIFICAREA ECHIPAMENTELOR DE COMUTAȚIE ȘI PROTECȚIA PENTRU PARTEA DE JOASĂ TENSIUNE

### 10.2.1. Generalități

Caracteristicile tehnice ale acestor echipamente sunt:

1. tensiunea nominală,  $U_n$ ;
2. curentul nominal,  $I_n$ ;
3. tensiunea de comandă,  $U_c$ ;
4. frecvența de conectare,  $f_c$ ;
5. capacitatea de rupere,  $I_r$  ( $I_{rd}$ ,  $I_{ri}$ );
6. durata de rupere,  $t_r$ ;
7. caracteristica de protecție,  $I_{act}=f(t)$ ;
8. gradul de protecție față de mediu,  $I_p(0\div 8)$ .

Pentru caracterizarea releelor se utilizează și următoarele mărimi:

1. curentul nominal,  $I_n$ ;
2. curentul de serviciu,  $I_s$ ;
3. curentul reglat,  $I_r$ .

Din punct de vedere al funcțiilor pe care le îndeplinesc aceste echipamente se deosebesc următoarele categorii:

1. aparate de conectare;
2. aparate de protecție;
3. aparate pentru pornirea motoarelor electrice;
4. aparate de semnalizare;
5. aparate de măsură.

1) *Aparatele de conectare* servesc pentru stabilirea și întreruperea manuală a circuitelor parcurse de curentul nominal, neputând asigura deconectarea receptoarelor în caz de defect.

Din această categorie fac parte:

- a) întrerupătoare (monopolare, bipolare, duble) și comutatoare (grup, serie, alternativ, cruce) pentru instalații interioare de maximum 10 A.
- b) întrerupătoare tripolare cu pârghie și manetă pentru circuite de lumină și forță în curent continuu și alternativ;
- c) întrerupătoare și comutatoare pachet;
- d) întrerupătoare și comutatoare cu came;
- e) prize și fișe bi sau tripolare pentru aparate electrocasnice;
- f) prize și fișe tripolare pentru instalații industriale.

2) *Aparate de protecție*

Aceste aparate realizează protecția receptoarelor sau a rețelelor electrice împotriva scurtcircuitelor, a suprasarcinilor și a lipsei sau scăderii tensiunii de alimentare.

Ele se împart în următoarele trei categorii:

- siguranțe fuzibile;
- contactoare cu relee termice;
- întrerupătoare automate.

### 10.2.2. Siguranțele fuzibile

Siguranțele fuzibile sunt elemente serie de circuit cu rol de protecție în regim de scurtcircuit. Ele au rolul de a întrerupe circuitul în care sunt instalate prin fuziunea unuia sau mai multor elemente concepute și calibrate în acest scop, când curentul care le parcurge depășește o anumită valoare pe o anumită durată.

Această dependență este indicată prin caracteristica de protecție (topire)  $I_{act}=f(t)$ . Din punct de vedere constructiv și al capacității de rupere se deosebesc:

- siguranțe mignon cu mică putere de rupere ( $I_r=350$  A);
- siguranțe cu filet, având capacitatea de rupere medie ( $I_r=4\div 16$  kA);
- siguranțe cu mare putere de rupere ( $I_r=25$  kA).

Siguranțele cu filet, executate din porțelan se compun din:

- soclu;
- capac filetat;
- patron cu fuzibil și piesă de contact.

Siguranțele cu mare capacitate de rupere se compun din:

- patron care este un corp ceramic având la capete două cuțite de contact între care se fixează fuzibilul.
- un suport cu două furci și un mâner de manevrare.

Patroanele fuzibile pot fi cu acțiune lentă, rapidă sau ultrarapidă, ultimile utilizându-se pentru protecția dispozitivelor semiconductoare. Ele au avantajul că produc o decumulare rapidă (pot lucra în prima semiperioadă).

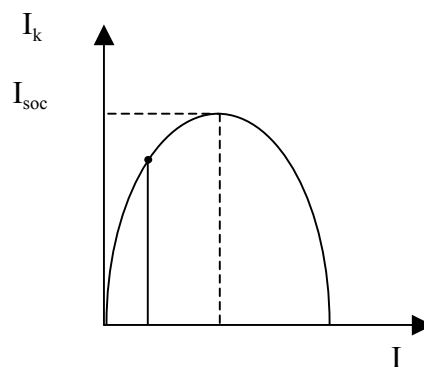


Fig.10.6. Modul de acționare al siguranței fuzibile

*Dezavantaje:*

1. Produc supratensiuni de comutație.
2. Înlocuirea lor se face după deconectarea instalației.
3. Arderea unei siguranțe pe o fază duce la funcționarea mașinilor electrice în două faze.

Siguranțele fuzibile se montează astfel:

- pe toate plecările din tablourile electrice;
- pe intrările în tablourile electrice care au mai mult de 5 intrări;
- pe orice plecare contorizată;
- la ramificații cu excepția consumatorilor casnici și de iluminat;
- ori de câte ori se modifică secțiunea conductoarelor dacă nu este asigurată selectivitatea protecției.

Siguranțele fuzibile se aleg în funcție de tipul receptorului.

### 1. Pentru motoare asincrone

a) Siguranța fuzibilă se alege astfel încât să nu se ardă la pornire.

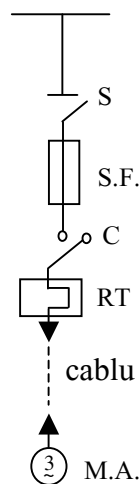


Fig.10.7. Protecția și comanda unui motor asincron

$$1. I_{nF} > I_{Fc}$$

$$I_{FC} = \frac{I_p}{C_s} \text{ pentru un circuit de motor} \quad (10.14)$$

$$I_{FC} = \frac{I_{p \max}}{C_s} + \sum_{i=1}^{n-1} I_{c_i} \text{ pentru o coloană ce alimentează} \quad (10.15)$$

mai multe motoare

$C_s$  = coeficient de siguranță la pornire

$C_s$  se alege în funcție de tipul pornirii.

- pornirea directă

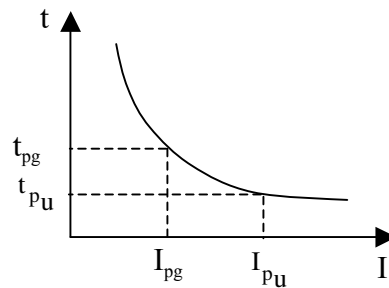


Fig.10.8. Caracteristica de protecție

$C_s=2,5$  ;  $I_p=6\div 8 I_N$   
 - pornirea  $\Upsilon / \Delta$  ;  $C_s=2$   
 $I_{p_{\Upsilon/\Delta}}=2,7 I_N$   
 - pornirea reostatică  
 $C_3=1,6$ ;  $P_{Pr}=1,6I_N$

2. Se verifică sensibilitatea protecției

$$K_{sens} = \frac{I_{kmin}}{I_{NF}} > 1,5 \quad (10.16)$$

3. Se verifică capacitatea dinamică de rupere

$$I_r \geq I_{soc} \quad (10.17)$$

2. Pentru coloane

$$I_{nF} \geq I_{FC} \quad (10.18)$$

$$I_{nF} \geq \frac{I_{vt}}{C} + I_{vp} \quad (10.19)$$

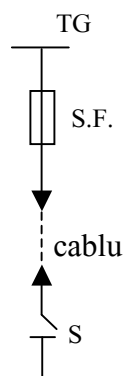


Fig.10.9. Protecția unei coloane

$c$ =coeficient de siguranță.

a) Cazul în care se cunoaște numărul de motoare care pornesc simultan.

$I_{vt}$ =curentul de vârf tranzitoriu;

$I_{vp}$ =curentul de vârf permanent.

$$I_{vt} = \sum_{j=1}^k I_{pj} \quad (10.20)$$

$$I_{vp} = \sum_{j=k+1}^n I_{cj} \quad (10.21)$$

$$I_{nF} \geq \frac{\sum_{j=1}^k I_{pj}}{c} + \sum_{j=k+1}^n I_{cj} \quad (10.22)$$

b) Nu se cunoaște numărul de motoare care pornesc simultan

$$I_{nF} \geq \frac{I_{PM}}{c} + \sum_{j=1}^{n-1} I_{cj} \quad (10.23)$$

$I_{PM}$ =curentul de pornire maxim

3. Pentru baterii de condensatoare:

$$I_{nF} \geq (1,3 \div 1,8) I_{BC} \quad (10.24)$$

### 10.2.3. Contactoare

Sunt aparate serie de circuit utilizate pentru conectarea și deconectarea sarcinilor nominale. Ele nu pot rupe curenții de scurtcircuit. Din această cauză protecția la scurtcircuit se realizează cu siguranțe fuzibile montate în amonte.

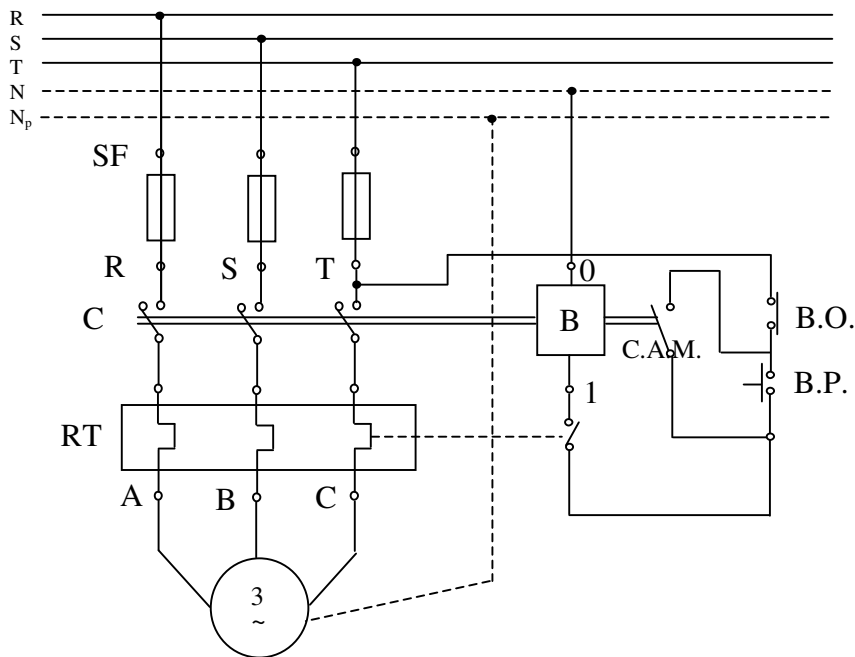


Fig. 10.10 Schema de comandă a unui motor asincron [7]

La alegerea contactoarelor se va avea în vedere și tensiunea de alimentare care are rol de protecție la minimă tensiune. Electromagnetul nu mai reține armătură dacă tensiunea scade la 0,7 din  $U_n$ .

### Condițiile de alegere și verificare

$$1. U_{nc} \geq U_{\max \text{ sist}} \quad (10.25)$$

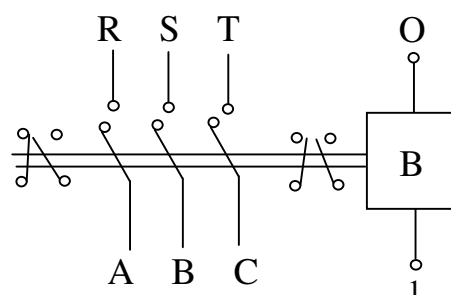
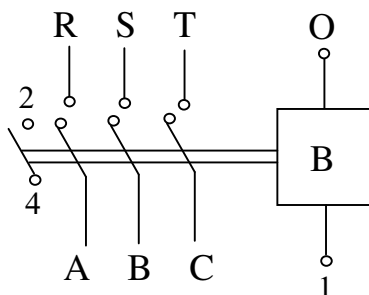
$$2. I_{nc} \geq I_{\text{sarc max}} \quad (10.26)$$

$$3. I_{rd} \geq I_{\text{sarc max}} \quad (10.27)$$

$$4. I_{ri} \geq I_p \quad (10.28)$$

De asemenea trebuie luate în considerare felul și numărul contactelor auxiliare. Există contactoare cu : [7]

- un singur contact auxiliar;
- cu patru contacte auxiliare.





Capacitatea de rupere a contactoarelor este dată de firmele constructoare în funcție de regimul de lucru al receptorului. Se cunosc patru regiuni de funcționare:

AC<sub>1</sub>-regimul de lucru al receptoarelor rezistive;

AC<sub>2</sub>-regimul de lucru al consumatorilor inductivi cu  $\cos\varphi=0,35\div 1$  cu număr redus de manevre;

AC<sub>3</sub>-regimul de lucru al consumatorilor inductivi cu  $\cos\varphi=0,25\div 1$  cu număr mare de manevre;

AC<sub>4</sub>-regimul de lucru al consumatorilor inductivi ce necesită porniri grele și inversări de sens precum și al consumatorilor capacitivi.

Tipuri de contactoare: TCA, AR, RG;

TCA: 6÷32 A;

AR=6÷630 A;

RG: 40÷400 A.

#### 10.2.4. Releele termice

Releele termice sunt elemente serie de circuit care asigură protecția la suprasarcină. Releul termic pentru protecția receptoarelor împotriva curenților de suprasarcină se alege în funcție de curentul de serviciu  $I_s$  astfel:

$$I_s \geq I_n \quad (10.29)$$

$I_s$ =curentul de serviciu;

$I_n$ =curentul nominal al receptorului.

Reglajul releului termic ales, caracterizat prin curentul de reglaj  $I_{rt}$  trebuie să țină cont pe de o parte de domeniul curenților de suprasarcină admiși de receptor iar pe de altă parte de domeniul reglajului posibil al releului termic, din punct de vedere constructiv.

Prima condiție impune:

$$I_{rt}=(1,0\div 1,2)I_n \quad (10.30)$$

A doua condiție impune pentru relee de tip TSA

$$I_{rt}=(0,6\div 1)K_{t0} I_s \quad (10.31)$$

unde:  $K_{t0}$  = coeficient de corecție funcție de temperatură;

$$K_{t0}=1 \text{ dacă } t_a^0=10\div 35 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$K_{t0}\neq 1 \text{ dacă } t_a^0\neq 10\div 35 \text{ }^\circ\text{C}$$

Dacă temperatura mediului e variabilă în cursul unei zile, este indicat să se adopte  $K_{t0}=1$ . Pentru declanșatoarele termice ale întrerupătoarelor de tip USOL și cele de tip  $KS_i$  ale întrerupătoarelor OROMAX:

$$I_{rt}=(0,8\div 1,25) K_{t0} I_s \quad (10.32)$$

Pentru declanșatoarele de tip H (OROMAX):

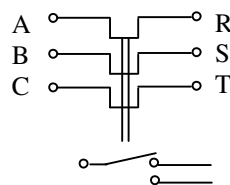
$$I_{rt}=(0,5\div 1) K_{t0} I_s \quad (10.33)$$

Se construiesc relee termice de tip:

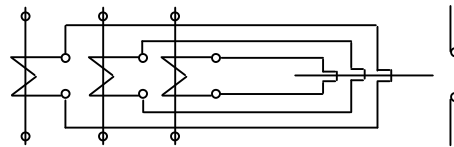
TSA - 6÷63 A;

TSAW - 400 A;

- 630 A;



a)



b)

Fig.10.11. Relee termice de tip TSA-a), respectiv TSAW-b)

### 10.2.5. Întrerupătoare automate

Întrerupătoarele automate sunt aparate care asigură comutația receptoarelor precum și protecția împotriva suprasarcinilor și curenților de scurtcircuit și împotriva lipsei sau scăderii tensiunii de alimentare.

Întrerupătoarele automate se utilizează în următoarele cazuri:

- când curentul fuzibilului calculat  $I_{FC}>1000$ ;
- când apar dese scurtcircuite;
- când este necesară interconectarea receptoarelor într-un flux tehnologic automatizat;
- când este depășită capacitatea de rupere a siguranței fuzibile utilizate.

Protecția este asigurată prin declanșatoare termice DT constituite din lamele bimetalice care nu acționează asupra unui contact electric din cuprinsul lor ca la RT, ci dau direct un impuls mecanic mecanismului de declanșare al întrerupătorului automat.

Protecția la scurtcircuit este asigurată de relee și declanșatoare electromagnetice DE cu acțiune instantanee sau temporizată.

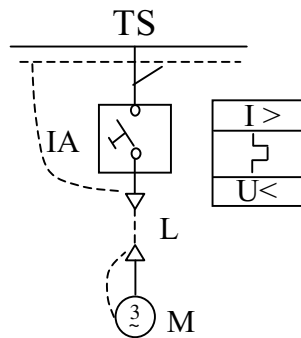


Fig.10.12. Schema de principiu

Protecția contra scăderii sau lipsei tensiunii de alimentare se face cu relee sau declanșatoare de minimă tensiune  $DT_m$  cu acțiune temporizată. Întrerupătoarele automate de tip USOL se utilizează pentru conectarea și protecția motoarelor electrice și a liniilor de joasă tensiune care au un curent  $I < 800$  A.

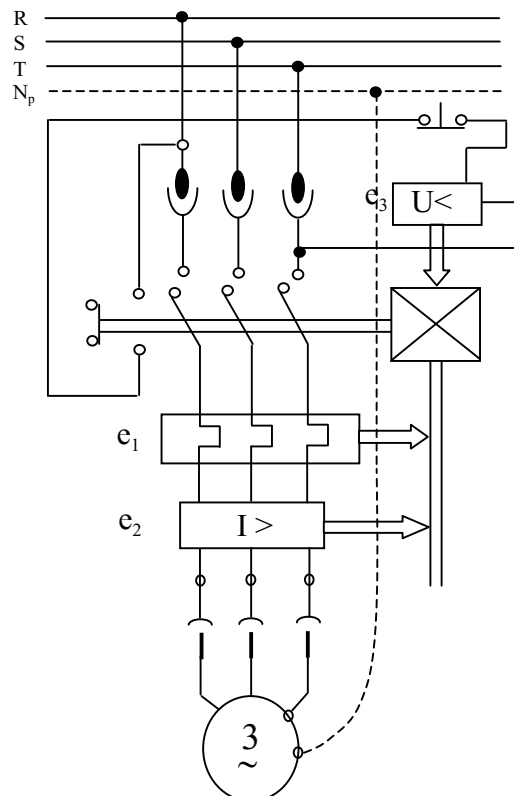


Fig.10.13. Schema de comandă a unui motor asincron cu întrerupător automat [7]

Întrerupătoarele automate de tip OROMAX sunt destinate conectării și protecției liniilor, motoarelor mari, generatoarelor și transformatoarelor. Ele se caracterizează prin capacități mari de închidere și rupere.

$I=1000, 1600, 2000, 2500, 4000 \text{ A}$

*Condițiile de alegere și verificare*

$$1. U_N \geq U_{\max \text{ sist}} \quad (10.34)$$

$$2. I_N \geq I_{\text{sarcina max}} \quad (10.35)$$

$$3. I_{rd} \geq I_{sck}^{(3)} \quad (10.36)$$

$$4. I_{ri} \geq I_{\text{șoc}} \quad (10.37)$$

*Reglarea protecției*

Protecția la suprasarcină:

$$I_{rT} = (1,05 \div 1,2) I_N \quad (10.38)$$

Domeniul de reglaj:

USOL și OROMAX cu  $K_{si}$

$$I_{rt} = (0,8 \div 1,25) K_{t0} I_s \quad (10.39)$$

Pentru a corespunde condițiilor de funcționare, curentul de serviciu al declanșatorului electromagnetic trebuie să satisfacă relația:

$$I_s \geq \frac{K_{pe}}{K_{re}} I_p \quad (10.40)$$

$I_p$  = curentul de pornire;

$K_{pe}$  = coeficient de siguranță la pornire;

$K_{re}$  = coeficientul domeniului de reglaj;

$K_{re} = 10$  pentru declanșatoare din USOL .

$K_{re} = 6 \div 8$  pentru declanșatoare tip H;

$K_{re} = 4 \div 8$  pentru declanșatoare tip  $K_{si}$ ;

$I_{re}$  = curentul de reglaj al declanșatorului electromagnetic.

$$I_{re} \geq K_{pe} \cdot I_p \quad (10.41)$$

$$I_{re} = K_{re} \cdot I_s \quad (10.42)$$

Valoarea pentru  $K_{re}$  variabil verifică relația anterioară.

*3) Aparate pentru pornirea motoarelor electrice*

Aceste aparate asigură reducerea curentului de pornire al acestora. Se clasifică în următoarele categorii:

- comutatoare stea-triunghi - CST

$U_N = 500 \text{ V}$ ;

$I_N = 32; 63 \text{ A}$ ;

$I_N=100; 200 \text{ A};$

- autotransformatoare de pornire TP

$U_N=0,4; 0,5; 1 \text{ kV};$

$S_N=320; 650; 1000 \text{ kVA};$

- reostate de pornire pentru motoare de c.a. sau c.c.

#### 4) Aparate de semnalizare

Aceste aparate au rolul de a indica acustic sau optic situații normale sau anormale de funcționare:

- relee de semnalizare;
- lămpi de semnalizare;
- hupe și sirene de semnalizare.

#### 5) Aparate de măsură:

- ampermetre, voltmetre, wattmetre, varmetre, contoare de energie, cosfimetre etc;

### 10.3. SELECTIVITATEA PROTECȚIILOR PENTRU INSTALAȚIILE DE JOASĂ TENSIUNE

Funcționarea selectivă a protecției se studiază în mod riguros prin trasarea caracteristicilor de protecție pentru dispozitivele care lucrează în serie și determinarea diferențelor de timp între timpii de acționare la anumite valori ale curenților.

#### 10.3.1. Selectivitatea protecției între o siguranță fuzibilă și un releu termic

Selectivitatea este asigurată dacă fiecare dispozitiv acționează în domeniul corespunzător de curenți. Din figură se observă că cele două caracteristici de protecție se intersectează într-un punct A care are la stînga domeniul supracurenților de suprasarcină, pentru care protecția este asigurată de releul termic, conform caracteristicii doi, iar la dreapta domeniul supracurenților de scurtcircuit pentru care protecția este asigurată de siguranțele fuzibile  $e_1$ , conform caracteristicii 1.

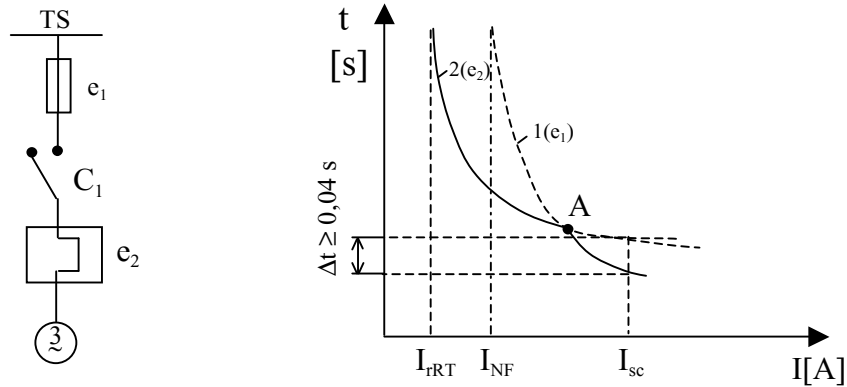


Fig.10.14. Schema de principiu și caracteristicile de protecție [7]

La valoarea curentului de scurtcircuit  $I_{sc}$  care s-ar stabili pe tronsonul considerat, diferența  $\Delta t$  între ordonatele corespunzătoare celor două caracteristici, dintre care cea a releului termic este deasupra, trebuie să fie  $\Delta t \geq 0,04 \text{ s}$ .

Folosirea unei siguranțe fuzibile cu un curent nominal prea mic ar determina neselectivitatea protecției în domeniul curenților de suprasarcină iar una cu un curent nominal mai mare neselectivitatea protecției în domeniul curenților de scurtcircuit.

Ultima situație este deosebit de periculoasă, deoarece ruperea curenților de scurtcircuit de către contactor atrage după sine deteriorarea acestuia. De aceea pentru a avea selectivitate, când se utilizează pentru protecția la suprasarcină rele termice tip TSA, trebuie să existe relațiile:

$$I_{nf} \geq 3I_{RT} \text{ (siguranță cu putere de rupere medie)}$$

$$I_{nf} \geq 2,5 I_{RT} \text{ (pentru siguranțe MPR)}$$

### 10.3.2. Selectivitatea între două siguranțe fuzibile ( $e_1$ și $e_2$ ) având curenții nominali $I_{nf1} > I_{nf2}$

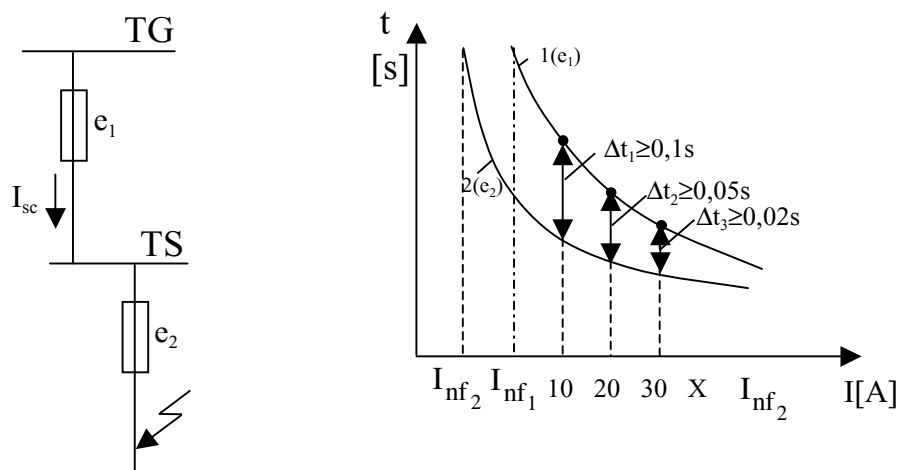


Fig.10.15. Schema de principiu și caracteristicile de protecție [7]

Selectivitatea este asigurată când:

- caracteristicile lor de protecție nu se intersectează sau punctul de intersecție se situează la o valoare a curentului mai mare decât curentul de scurtcircuit  $I_{sc}$ , de la locul instalării siguranței având curentul nominal cel mai mic.
- diferențele de timp măsurate pe diagramă au valorile indicate în figură.

Pentru rezolvarea mai rapidă a problemei selectivității, fără a mai fi necesar studiul caracteristicilor de protecție timp-curent, se recomandă ca între curenții nominali a două siguranțe consecutive, eșalonarea să fie cel puțin din două în două trepte pe scara normalizată dacă siguranțele sunt cu topire rapidă, și din treaptă în treaptă dacă sunt cu topire lentă.

Se evită montarea siguranțelor cu topire rapidă înaintea celor cu topire lentă.

### 10.3.3. Selectivitatea între un întrerupător automat $a_1$ și o siguranță fuzibilă $e_2$

Această selectivitate este asigurată atunci când caracteristicile nu se intersectează și diferența de timp măsurată între punctele cele mai apropiate ale caracteristicilor este  $\Delta t \geq 0,04$  s; dacă siguranța fuzibilă  $e_2$  este prea mare (cu linie întreruptă în figură), apare un triunghi de selectivitate (hașurat). [7]

Întrerupătorul automat este prevăzut cu rele termice și electromagnetice, astfel încât caracteristica sa se compune din două porțiuni:

- pe porțiunea AB acționează releul termic;
- pe porțiunea CD acționează releul electromagnetic.

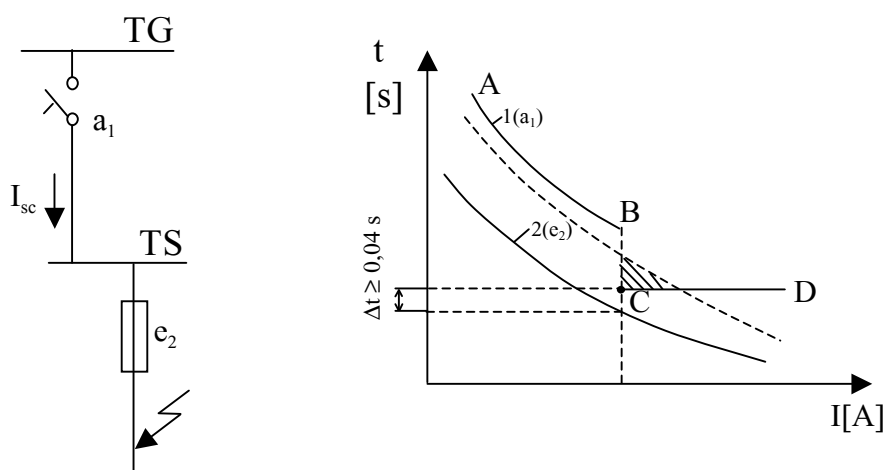


Fig.10.15. Schema de principiu și caracteristicile de protecție

### 10.3.4. Selectivitatea între două întrerupătoare automate $a_1$ și $a_2$

În general selectivitatea în domeniul curenților de suprasarcină este asigurată pentru că există relația:

$$I_{n1} > I_{n2} \quad (10.43)$$

La curenții de scurtcircuit, relele electromagnetice ale ambelor întrerupătoare declanșează practic simultan, deci neselectiv.

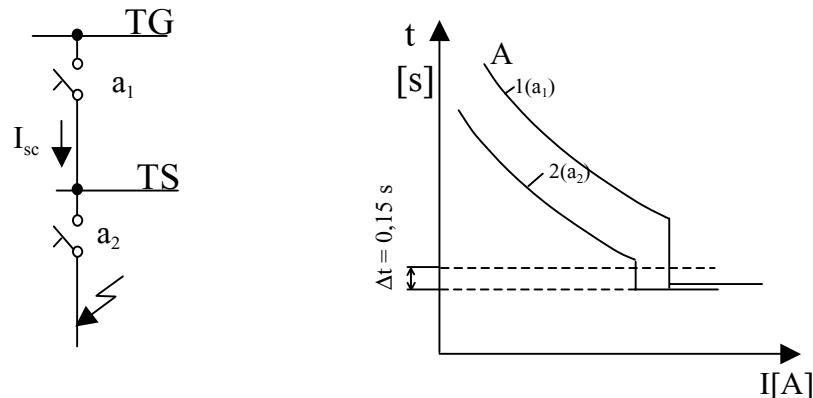


Fig.10.16. Schema de principiu și caracteristica de protecție [7]

Pentru obținerea selectivității este necesar ca acțiunea releului electromagnetic al întrerupătorului  $a_1$  să fie temporizată cu treapta de timp  $\Delta t \geq 0,15$  s (posibilă la întrerupătoarele de tip ORNOMAX cu declanșatoare de tip KSI).

#### Aplicații

1. Să se aleagă și să se verifice echipamentele de comutație și protecție pentru un motor asincron ce are următoarele date:

$$P_n = 7,5 \text{ kW}$$

$$\eta = 85,5\%$$

$$\cos \varphi = 0,84$$

$$k_s = I_p / I_n = 6,5$$

Motorul este alimentat printr-un cablu cu  $S = 6 \text{ mm}^2$  și cu  $I_m = 34 \text{ A}$ .

*Rezolvare:*

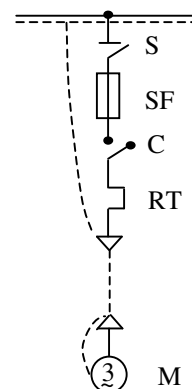
$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} U_n \cos \varphi_n \eta_n} = 15,87 \text{ A}$$

$$I_p = k_p \cdot I_n = 103,15 \text{ A}$$

$$I_{sarc \text{ max}} = I_n \cdot 1,2 = 19,044 \text{ A}$$

*Separatorul:*

Se alege un separator de JT de tip





Electrocontact - Botoșani cu:

$$U_{ns}=1 \text{ kV} \quad U_{ns} \geq U_{\max} ?$$

$$I_{ns}=100 \text{ A} \quad I_{ns} \geq I_{\text{sarc max}}$$

Se alege un contactor TCA-32 astfel încât să verifice condițiile din tabel.

Nr.	Condiții de alegere și verificare	Date aparat	Date
1	$U_{nc} \geq U_{\max \text{ sist}}$	500 V	380 V
2	$I_{nc} \geq I_{\text{sarc. max}}$	32 A	19,044 A
3	$U_{ri} \geq I_p$	320 A	103,15 A
4	$I_{rd} \geq I_{\text{sarc max}}$	256 A	19,044 A

*Siguranța fuzibilă:*

$$I_F \geq I_n = 15,87 \text{ A}$$

$$I_F \geq \frac{I_p}{C_s} = \frac{102,15}{2,5} = 41,26 \text{ A}$$

$$I_F \leq 3I_{ma} = 3 \cdot 34 = 102 \text{ A}$$

Se alege o siguranță de tipul LF

cu  $I_F = 50 \text{ A}$

$$I_s = 63 \text{ A}$$

$$LF = \frac{50}{63}$$

*Releul termic*

Se calculează:

$$I_{rRT} = (1,05 \div 1,2) I_n$$

$$I_{rRT} = 1,2 I_n = 19,044 \text{ A}$$

Se găsește în total cea mai apropiată valoare a curentului de reglare dar mai mare ca acesta:

$$I_s > I_{rRT}$$

rezultă:  $I_s = 20 \text{ A}$ , TSA-32,  $I_{nRT} = 32 \text{ A}$

Releul este reglabil în limitele:

$$(0,67 \div 1) I_s = (13,4 \div 20) \text{ A}$$

Rezultă: TSA-32

$$I_{NRT} = 32, \text{ TSA } 32$$

$$13,4 \div 20$$

$$I_s = 20 \text{ A}$$

$$I_{rRT} = 19,044 \text{ A} \in (13,4 \div 20) \text{ A}$$

TSA-32 A:

$$I_s = 0,4; 0,55; 0,75; 1; 1,3; 1,8; 2,4; 3,3; 4,5; 6; 8; 10; 15; 20; 25; 32.$$

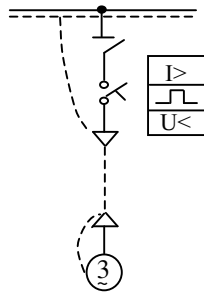
2. Comanda și protecția unui motor asincron trifazat având  $P=22$  kW,  $\eta=89,5\%$ ,  $\cos\varphi=0,85$ ,  $k_p=7$ , alimentat printr-un cablu ACYY  $3 \times 25$  mm<sup>2</sup> se realizează cu un întrerupător automat.

Să se aleagă întrerupătorul și declanșatoarele montate pe întrerupător. La un scurtcircuit trifazat la bornele motorului apare un curent  $I_k=2,09$  kA și  $I_{soc}=3,54$  kA.

*Rezolvare:*

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi \cdot \eta} = 43,94 \text{ A}$$

Se alege întrerupătorul cu curentul nominal cel mai apropiat, USOL 100.



Nr. crt.	Condiții de alegere și verificare	Date aparat	Date calculate
1.	$U_{n\hat{A}} > U_{\max \text{ sist}}$	500 V	380 V
2.	$U_{n\hat{A}} > I_{\text{sarc max}}$	1000 V	57,7 V
3.	$I_{ri} > I_{\text{soc}}$	14 kA	3,54 kA
4.	$I_{rd} > I_{\text{sc r}}$	8 kA	2,09 kA

Separatorul este de același tip ca și la problema anterioară.

Declanșatorul termic

$$I_{r_{DT}} = 1,2I_n = 57,72 \text{ A}$$

Se alege din tabelul întrerupătorului curentul de serviciu cel mai apropiat.

$$I_s = 63 \text{ A}$$

$$I_{r_{DT}} = \frac{I_s}{0,8 \div 1}$$

Declanșatorul poate fi reglat în limitele:

$$(0,8 \div 1)I_s = 50,4 \div 63 \text{ A}; \quad I_{r_{DT}} \in (50,4 \div 63) \text{ A}$$

Declanșatorul electromagnetic

$$I_{r_{em}} \geq 1,2I_p = 1,2 \cdot 7 \cdot 43,94 = \text{A}$$

Declanșatorul electromagnetic pentru USOL se reglează la  $10 I_s$ .

$$10I_s = 10 \cdot 63 = 630 \text{ A}$$

$$I_{m_{\text{cablu}}} = 82 \text{ A}$$

A doua condiție

$$I_{r_{\text{em}}} < 4,5I_{m_a} \text{ nu mai este îndeplinită}$$

$$I_{r_{\text{em}}} = 630 \text{ A} > 4,5 \cdot I_{m_a} = 369 \text{ A}$$

Rezultă că declanșatorul electromagnetic nu asigură și protecția la scurtcircuit a cablului.

Soluția este: - creșterea secțiunii cablului;

- asigurarea protecției la scurtcircuit cu siguranțe fuzibile.