

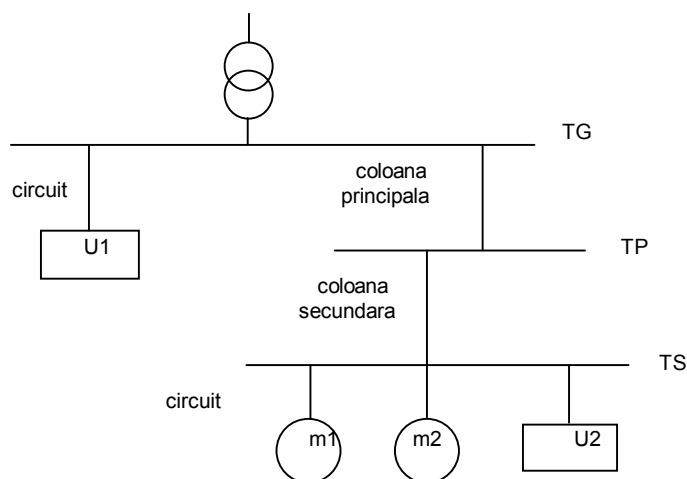
CALCULUL INSTALATIILOR ELECTRICE DE JOASA TENSIUNE

3.1. Generalitati

Instalațiile electrice de joasa tensiune au in componenta lor receptoare electrice, rețele electrice de alimentare si distribuție , precum si echipamente de comutație si protecție.

Dimensionarea instalațiilor electrice de joasa tensiune consta in determinarea secțiunii conductoarelor care intra in componenta rețelor de joasa tensiune si alegerea echipamentului care sa asigure protecția si condiția rețelor si receptoarelor sau utilajelor electrice.

Pentru aceasta trebuie cunoscuta configurația rețelor de joasa tensiune si a elementelor ei componente (receptoare de forță si lumină), adică stabilirea schemelor monofilare si a planurilor de montaj pentru instalația de lumina si forță.



3.2 Dimensionarea circuitelor de receptor sau utilaj

Calculul dimensionarii circuitelor de receptor sau utilaj se face pe baza datelor nominale ale receptoarelor (P_n [kw], U_n [v], $\cos \varphi_n$, η_n) si presupune parcurgerea urmatoarelor etape:

- 1) determinarea curentului de sarcina (calcul) al receptorului (I_{sm}) sau utilajului (I_{su})
- 2) determinarea curentului de pornire (virf) al receptorului (I_{pm}) sau utilajului (I_{pu})
- 3) dimensionarea protectiei
- 4) alegerea secțiunii conductoarelor de alimentare
- 5) verificarea secțiunii (Sstas) conductorului ales

1 determinarea curentului de sarcina (calcul) al receptorului (I_{sm})sau utilajului (I_{su})

$$I_{sm} = \beta \cdot I_n$$

$$I_{sn} = \sum_{j=1}^l I_{smj} \quad \text{sau} \quad I_{sn} = \frac{\beta \cdot \sum_{j=1}^l P_{nj} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \eta_m \cdot \cos \varphi_m}$$

unde:

- I_n , reprezinta curentul nominal al receptorului:

$$I_n = \frac{P_n \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \eta_m \cdot \cos \varphi_m}$$

- β , reprezinta factorul de incarcare sau coeficientul de sarcina (valoarea lui se precizeaza de tehnolog, in caz contrar se adopta o valoare intre 0.8-1);

$$\beta = \frac{P_s}{P_n}$$

- $\eta_m, \cos \varphi_m$, reprezinta randamentul mediu, respectiv factorul de putere mediu al celor l-receptoare montate pe utilaj;
- P_n , reprezinta puterea nominala la arborele motorului electric de actionare.

2 determinarea curentului de pornire (vârf) al receptorului (I_{pm}) sau utilajului (I_{pu})

$$I_{pm} = \lambda^* \cdot I_n$$

$$I_{pn} = (I_{pm})_{\max} + \sum_{j=1}^{l-1} I_{smj} = (I_{pm})_{\max} + I_{sn} - (I_{sm})_{\max}$$

unde:

- $(I_{pm})_{\max}, (I_{sm})_{\max}$, reprezinta curentul de pornire, respectiv de sarcina al receptorului pentru care diferenta " $I_{pm} - I_n$ " este maxima (soc mare la pornire);

- λ^* , reprezinta coeficientul relativ de pornire, a carui marime depinde de tipul pornirii si anume:

$$\lambda^* = \lambda_n \quad \text{la pornire directa}$$

$$\lambda^* = \frac{\lambda_n}{3} \quad \text{la pornirea Y - \Delta}$$

$$\lambda^* = \frac{\lambda_n}{k_t^2} \quad \text{la pornirea cu autotransformator}$$

$$\lambda^* = \frac{\lambda_n}{(1.2 \dots 2)} \quad \text{la pornirea cu reostat}$$

- λ_n , curentul relativ de pornire nominal;
- k_T , raportul de transformare standardizat.

Observatie:

- pornirea directa a motoarelor electrice este permisa, conform normativelor, in urmatoarele conditii:
- puterea motorului nu depaseste 20% din puterea postului de transformare propriu;
- puterea motoarelor pornite direct, in gol nu depaseste 30% din puterea motoarelor aflate simultan in functiune. In cazul instalatiilor alimentate de la centrale proprii, la pornirea in sarcina, aceasta putere se reduce in functie de natura sarcinii;
- la consumatorii alimentati direct din reseaua de joasa tensiune a furnizorului (3*380, 50Hz) se admite pornirea directa a motorului cu $P_n < 55 \text{ kV}$.
- in restul situatiilor se stabilesc modalitati adecvate de pornire avand in vedere tipul si puterea receptoarelor electrice, precum si specificul masinilor actionate sau a utilajului in componenta caruia intra.

3 dimensionarea protecției

Dimensionarea protecției se face la suprasarcina si in scurt-circuit cu observatia ca circuitul de:

- receptor este prevăzut cu siguranțe fuzibile si contactoare cu relee termice;
- utilaj este prevăzut cu siguranțe fuzibile.

Protecția la suprasarcina se realizează cu relee termice caracterizate prin:

- curent de serviciu al releului termic $I_{st} \geq I_{sm}$;
- curent de reglaj (I_{rt}) al releului termic care trebuie sa satisfaca conditiile:

$$I_{rt1} = (1, \dots, 12) \cdot I_{sm}$$

$$I_{rt2} = (0,67...1) \cdot k_{t0} \cdot I_{st}$$

unde k_{t0} este coeficientul de corecție a temperaturii mediului ambiant.

Prima condiție este impusa de domeniul curenților de suprasarcini ai receptorului , iar cea de-a doua condiție rezulta din domeniul posibil de reglaj al releului termic , din punct de vedere constructiv (varianta TSA). Se adopta un releu standardizat pentru care

$$I_{rtSTAS} \in \{I_{rt1}\} \cap \{I_{rt2}\}$$

Protecția la scurtcircuit se realizează prin siguranțe fuzibile care trebuie sa respecte atât condițiile de sarcina, cat si condițiile de pornire al acestuia, de unde rezulta condițiile de alegere a siguranței fuzibile:

$$\left\{ \begin{array}{l} I_{nf1} \geq I_{sm} \\ I_{nf2} \geq \frac{I_{pm}}{c} \end{array} \right. \quad \text{sau} \quad \left\{ \begin{array}{l} I_{nf1} \geq I_{sn} \\ I_{nf2} \geq \frac{I_{pn}}{c} \end{array} \right.$$

unde c reprezinta coeficientul de siguranta care are in vedere tipul si durata pornirii (tp) si poate avea valorile

- $c = 2.5$ pentru pornirea directa usoara $tp = (5...10)$ sec
- $c = 2$ pentru pornirea directa grea sau Y- Δ $tp = (10...40)$ sec
- $c = 1.6$ pentru pornirea foarte grea cu reostat $tp > 40$ sec

Se adopta o valoare standardizata a fuzibilului rezultata din conditia:

$$I_{nfSTAS} \geq \max(I_{nf1}, I_{nf2})$$

In cazul circuitelor prevazute si cu rele termice , selectivitatea protectiei se compara daca:

$$I_{nfSTAS} \geq 3 \cdot I_{rtSTAS} \quad \text{la sigurante cu putere de rupere medie}$$

$$I_{nfSTAS} \geq 2,5 \cdot I_{rtSTAS} \quad \text{la sigurante cu MPR}$$

4 alegerea sectiunii conductorului de alimentare

Alegerea sectiunii conductorului de alimentare se face pe baza conditiilor de stabilitate termica la

- incalzirea in regim permanent;
- incalzirea produsa de curenții de scurt-circuit;
- incalzirea produsa de curentul de reglaj al protectiei termice.

toate acestea ducand la urmatoarele relatii de dimensionare:

$$I_{ad1} \geq \frac{I_{sm}}{a \cdot k} \quad \text{sau} \quad I_{ad1} \geq \frac{I_{sn}}{a \cdot k}, \quad I_{ad2} \geq \frac{\Psi \cdot I_{nfSTAS}}{a \cdot k}, \quad I_{ad3} \geq \frac{I_{rtSTAS}}{1,5 \cdot k}$$

unde:

- a - este coeficient de corectie al regimului de lucru
 $a = 1$ pentru regim permanent

$a = 0,875 / \sqrt{DC}$ pentru regim intermitent, durata totala a ciclului este $t_c \geq 10$ min. si durata maxima de lucru de $t_f \leq 4$ min. , unde DC – reprezinta durata relativa de conectare

- k – factor de corectie care depinde de conditiile de racire si montaj ale tipului de conducta sau cablu

ales

$$k = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \quad (\text{v. note de curs})$$

- Ψ - coeficient de corectie functie de modul de executie al instalatiei si tipul retelei electrice

$\Psi = 0.33$ pentru circuite de receptor sau utilaj cu regim prelungit de functionare , executat in incaperi fara pericol de explozie sau incendiu

$$\Psi = 0.66$$

$$\Psi = 1$$

$$\Psi = 1.25$$

Se adopta o conducta sau un cablu a carui curent standardizat corespunde sectiunii normalizate S_{STAS} satisface conditia:

$$I_{adSTAS} \geq \max(I_{ad1}, I_{ad2}, I_{ad3})$$

5 verificarea secțiunii (S_{STAS}) conductorului ales

Verificarea secțiunii (S_{STAS}) conductorului ales se face la:

- rezistența mecanică, exprimată prin secțiuni minime admisibile normale. Se interzice adoptarea unor secțiuni mai mici, chiar dacă acestea satisfac din punct de vedere tehnic;
- încălzire, în regim de scurtă durată, la pornire

$$\begin{cases} J_p = \frac{I_{pm}}{S_{STAS}} \leq J_{pad} \\ J_p = \frac{I_{pn}}{S_{STAS}} \leq J_{pad} \end{cases}$$

unde

J_{pad} reprezintă densitatea de curent admisibilă la pornire

$$J_{pad} \leq 20 A/mm^2 \quad \text{pentru conductoarele din aluminiu}$$

$$J_{pad} \leq 35 A/mm^2 \quad \text{pentru conductoarele din cupru}$$

- pierderi de tensiune în sarcină și la pornire

$$\Delta U_{s(m,n)} \% = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{s(m,n)} \cdot l \cdot \cos \varphi_s}{\gamma \cdot S_{STAS} \cdot U_n} \cdot 100 \leq \Delta U_{s.ad} [\%]$$

$$\Delta U_{p(m,n)} \% = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{p(m,n)} \cdot l \cdot \cos \varphi_p}{\gamma \cdot S_{STAS} \cdot U_n} \cdot 100 \leq \Delta U_{p.ad} [\%]$$

unde:

l , este lungimea totală a circuitului [m];

$\cos \varphi_s$ factor de putere în sarcină (pentru tensiune $\cos \varphi_s = \cos \varphi_{med}$);

$\cos \varphi_p$ factor de putere la pornire ($\cos \varphi_p = 0.2 \dots 0.3$, valorile mai ridicate referindu-se la pornire);

γ conductivitatea materialului conductor [$\Omega \cdot mm^2 / m$]

$$\gamma_{Cu} = 57 \dots [\Omega \cdot mm^2 / m] \quad \gamma_{Al} = 35.7 \dots [\Omega \cdot mm^2 / mm]$$

$\Delta U_{s.ad}, \Delta U_{p.ad}$ reprezintă pierderile de tensiune maxime admise în sarcină

Pierderile de tensiune maxime admise în sarcină, la alimentarea directă din rețeaua furnizorului, pe traseul cel mai lung și mai încărcat începând de la tabloul general până la ultimul receptor în condițiile funcționării instalației la puterea maximă absorbită trebuie să fie de:

$$\Delta U_{s.ad} \% \leq 3\% \quad \text{la instalații electrice de iluminat}$$

$$\Delta U_{s.ad} \% \leq 5\% \quad \text{la instalații electrice de forță}$$

Pentru alimentarea din posturile de transformare sau din centralele proprii, în aceste condiții ca mai sus, este necesar ca:

$$\Delta U_{s.ad} \% \leq 8\% \quad \text{instalații de iluminat}$$

$$\Delta U_{s.ad} \% \leq 10\% \quad \text{instalații de forță}$$

În ceea ce privește pierderile de tensiune la pornire, aceasta se referă în special la receptoarele de forță și trebuie să satisfacă condiția:

$$\Delta U_{p.ad} \% \leq 12\% \quad \text{indiferent de condițiile de alimentare a instalației electrice.}$$

3.3. Dimensionarea coloanelor de alimentare

Pentru efectuarea calculului este necesară împărțirea receptoarelor sau utilajelor pe grupe caracterizate prin același grafic de sarcină. Această grupare se face pe tabloul de distribuție alimentat sau pe ansamblul tablourilor de distribuție, în funcție de schema adoptată.

În cazul schemei cu linii principale cu alimentare în derivatie a tabloului de distribuție gruparea se face în punctul de încărcare maximă

În cazul schemei cu linii principale cu alimentare în serie a tabloului de distribuție, este necesară câte

o astfel de grupare pentru fiecare coloana dintre tablouri de fiecare data luandu-se in considerare toate receptoarele situate in aval de punctul de calcul.

1. determinarea curentului de calcul al unei coloane (I_c)

In acest caz , receptoarele sau utilajele trebuie impartite pe grupe caracterizate prin acelasi grafic de sarcina , aceasta grupare facandu-se pe tabloul sau ansamblul tablourilor de distributie, in functie de schema de alimentare aleasa.

Se poate face prin mai multe metode , dintre care cele mai utilizate sunt:

- metoda coeficientilor de cerere
- metoda coeficientilor curentului de calcul

Metoda coeficientilor de cerere

Conform acestei metode curentul de calcul pentru o grupa de receptoare este dat de relatia:

$$I_c = \left(k_c + \frac{1 - k_c}{k_a} \right) \frac{P_i \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi_c} , \quad 1$$

In care:

- P_i reprezinta puterea totala instalata a grupei de receptoare

$$P_i = \sum_{j=1}^s P_{nj}$$

- k_c , reprezinta coeficientul de cerere
- k_a , reprezinta coeficientul de influenta al numarului "s" de receptorul din grupa;

$k_a = f(s)$, pentru receptoarele cu puteri nominale aproximativ egale;

$k_a = f(s^*)$, pentru receptoare cu puteri nominale mult diferite intre ele;

unde- $s^* = 2 \cdot s_{0,5}$, reprezinta numarul de receptoare echivalente;

- $s_{0,5}$, reprezinta numarul de receptoare a caror puteri nominale, luate in ordinea descrescanda a puterilor, reprezinta aproximativ 50 din puterea totala instalata a grupei;
- $\cos \varphi_c$, reprezinta factorul de putere mediu al grupei de receptoare considerate.

In cazul receptoarelor cu regim de functionare intermitent , expresia curentului ia diferite forme:

- pentru macarale

$$I_c = \left(k_c + \frac{1 - k_c}{1,25} \right) \cdot \frac{P_i \cdot \sqrt{DA} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi_c}$$

- pentru receptoare cu regim intermitent de functionare

$$I_c = 1,15 \cdot \left(k_c + \frac{1 - k_c}{k_a} \right) \cdot \frac{P_i \cdot \sqrt{DA} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi_c}$$

- pentru linii de contact importante ale podurilor rulante

$$I_c = k_u \cdot \sum_{j=1}^s I_{nj}$$

unde:

- k_u , reprezinta coeficientul de utilizare al curentului total

$$k_u = f(DA_m, s_{ef})$$

- DA_m , durata medie de actionare

$$DA_m = DA_1 \frac{\sum_1 I_{n_1}}{\sum I_{n_j}} + DA_2 \frac{\sum_2 I_{n_2}}{\sum I_{n_j}} + DA_3 \frac{\sum_3 I_{n_3}}{\sum I_{n_j}}$$

- s_{ef} , reprezinta numarul de receptoare

$$S_{ef} = \frac{DA_m(1-DA_m)[\sum (I_n)_j]^2}{DA_1(1-DA_1)\sum_1 I_{n_1}^2 + DA_2(1-DA_2)\sum_2 I_{n_2}^2 + DA_3(1-DA_3)\sum_3 I_{n_3}^2}$$

- DA_1, DA_2, DA_3 sunt duratele relative de actionare ale motoarelor la podurile rulante
- $\sum_1 I_{n_1}, \dots$, reprezinta suma curentilor nominali ai motoarelor cu duratele de actionare DA_1, DA_2, DA_3
- $\sum I_{nj}$, reprezinta suma curentilor nominali ai tuturor receptoarelor, indiferent de durata relativa de actionare.

Metoda coeficientilor curentului de calcul

Aceasta metoda este aplicabila la nivelul tablourilor secundare si principale, conform careia:

$$I_c = \alpha \cdot P_x + \gamma \cdot P_{s-x},$$

unde

- α, γ, x sunt coeficienti dati tabelar functie de grupa de receptoare considerata;
- $P_x = \sum_{j=1}^x P_{nj}$, reprezinta suma puterilor instalate a primelor "x" receptoare, considerate in ordine

descrescand a puterilor nominale

- $P_{s-x} = \sum_{j=x+1}^s P_{nj}$, reprezinta suma puterilor nominale ale celorlalte receptoare din grupa

In cazul masinilor unelte actionate de motoare asincrone cu rotorul in scurt-circuit, la care $\cos \varphi_c = 0.5$, valoarea rezultata pentru curentul de calcul se majoreaza cu 30%, deci:

$$I_c = 1.3 \cdot (\alpha \cdot P_x + \gamma \cdot P_{s-x})$$

Daca prin aceeași coloana se alimenteaza mai multe grupe "t" de receptoare, atunci I_c total va fi:

$$I_{ct} = \sum_{j=1}^t I_{cj}$$

2. determinarea curentului de varf al unei coloane (I_v)

Se face diferentiat in functii de regimul de functionare al receptorului si de numarul "r" al celor care pornesc simultan.

In cazul receptoarelor cu regim prelungit de functionare, curentul de varf pentru o grupa (I_v) sau pentru mai multe grupe (I_{vt}) se calculeaza cu relatii

$$\begin{cases} I_v = \sum_{j=1}^r I_{pmj} + \sum_{j=r+1}^s I_{smj} \\ I_{vt} = \sum_{j=1}^r I_{pmj} + \sum_{j=r+1}^{t-s} I_{smj} \end{cases}$$

- daca se cunoaste numarul de receptoare care pornesc simultan
- daca nu se cunoaste numarul de receptoare care pornesc simultan:

$$I_v = (I_{pm})_{\max} + I_c - (I_{sm})_{\max}$$

$$I_{vt} = (I_{pm})_{\max} + I_{ct} - (I_{sm})_{\max}$$

Curentul de varf al coloanelor care alimenteaza liniile de contact ale macaralelor, podurilor rulante sau a altor receptoare cu regim intermitent de functionare, se calculeaza cu relatiile:

$$\begin{aligned}
I_{v1} &= \lambda_1 I_{n1} + I_{n2} \\
I_{v2} &= I_{v1} + \lambda_1^* I_{n1}^* \\
I_{v3} &= I_{v2} + \frac{\sum (I_n)_j - (I_{n1} + I_{n2} + I_{n1}^*)}{\sum (I_n)_j} I_c
\end{aligned}$$

unde:

- I_{n1}, I_n^* , reprezinta curentul nominal al motorului de putere maxima de pe prima, respectiv a doua macara;
- λ_1, λ_1^* , reprezinta curentul relativ de pornire al motorului de putere maxima de pe prima, respectiv a doua macara;
- $\sum (I_n)_j$, reprezinta suma curentilor nominali ai tuturor motoarelor de pe toate macarale;
- I_c , reprezinta curentul de calcul.

3. dimensionarea protectiei coloanelor

Se face in functie de echiparea coloanelor si anume:

a - coloana protejata la plecare cu sigurante fuzibile si prevazute la sosire cu separator (intrerupator manual cu parghie, maneta, comutator pachet sau came) pentru a avea controlul vizual al separatiei (fig.1).

Sigurantele sunt de tip unipolar cu filet sau cu putere mare, iar valoarea standardizata a fuzibilului rezulta din relatia:

$$I_{nf_{STAS}} = \max(I_{nf_1}, I_{nf_2}),$$

unde

$$\begin{aligned}
I_{nf_1} &\geq I_c \\
I_{nf_2} &\geq \frac{1}{c} \sum_{j=1}^r I_{pm_j} + \sum_{j=r+1}^s I_{sm_j}
\end{aligned}$$

sau

$$I_{nf_2} = \frac{(I_{pm})_{\max}}{2} + I_c - (I_{sm})_{\max}$$

respectiv:

$$I_{nf_1} \geq I_{ct}$$

$$I_{nf_2} \geq \frac{1}{2} \sum_{j=1}^r I_{pm_j} + \sum_{j=r+1}^s I_{sm_j}$$

sau

$$I_{nf_2} \geq \frac{1}{c} \sum_{j=1}^r (I_{pm})_{\max} + I_{ct} - (I_{sm})_{\max}$$

unde $c = 2$ sau $c = 2.5$ in functie de conditiile concrete de pornire.

Aceasta metoda de calcul se recomanda in cazul tablourilor principale sau secundare.

b - coloana protejata prin intrerupator automat (fig.b) si prevazuta cu separatoare atat la plecare, cat si la sosire.

Alegerea protectiei se face pe baza curentului de serviciu al acesteia (I_{sr}) numeric egal cu cel al protectiei termice (I_{st}), conform relatiilor:

$$I_{se} \geq \frac{k_{pe}}{k_{re}} \cdot I_v \quad \text{respectiv} \quad I_{st} \geq \frac{k_{pe}}{k_{re}} \cdot I_{v_t}$$

unde:

- k_{pe} este coeficient de siguranta la pornire

$k_{pe} = 1.2 \dots 1.4$ pentru intrerupatoare automate cu relee electro-magnetice

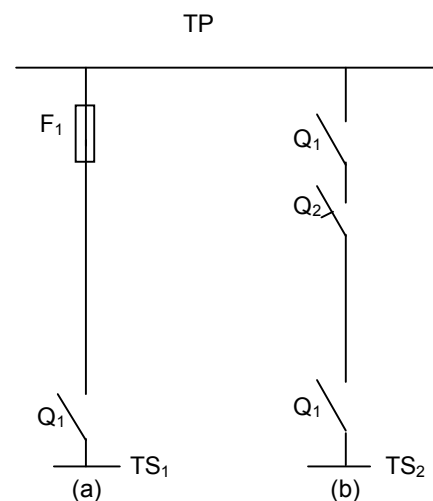


Fig. X.x

$k_{pe} = 1.4 \dots 1.6$ pentru intrerupatoare automate cu declansatoare electo-magnetice

- k_{re} este coeficient al domeniului de reglaj

$k_{re} = 3 \dots 6$ pentru relee electro-magnetice la intrerupatoarele de tip CAR si
AMT

$k_{re} = 3 \dots 10$ pentru intrerupatoarele de tip DITA

$k_{re} = \dots$ pentru diverse valori pentru intrerupătoarele USOL si OROMAX

Curentul de reglaj al protecției elector-magnetice $I_{re} + k_{re} \cdot I_{sc}$, poate avea o singura valoare (k_{re} este unic) sau un domeniu de reglaj. In ambele situații condițiile de nedeclansare la pornire sunt:

$$\begin{cases} I_{re} \geq k_{pe} \cdot I_v \\ I_{re} \geq I_{pe} \cdot I_{vt} \end{cases}$$

Curentul de reglaj al protecției termice trebuie sa se incadreze in intervalul:

$$I_{rt} = (1, \dots, 1, 2) \cdot I_{c(t)}$$

ce defineste domeniul curentilor de suprasarcina ai coloanelor , domeniul de reglaj al protecției termice fiind:

$$I_{rt} = (0, 8 \dots 1, 25) \cdot k_{t0} \cdot I_{c(t)} \text{ la declansatoarele termice de la USOL si OROMAX de tip } K_{SI}$$

$$I_{rt} = (0, 5 \dots 1) \cdot k_{t0} \cdot I_{c(t)} \text{ la declansatoarele termice de la OROMAX de tip H}$$

In cazul schemelor cu linii principale care alimentează in paralel tablourile de distributie se recomanda ca fiecare derivatie sa fie prevazuta cu sigurante si separatoare iar la alimentarea in cascada a tablourilor de distributie trebuie sa se asigure selectivitatea protecției, pentru fiecare tronson in parte , acestea fiind prevazute si cu separatoare (la sosire).

4 alegerea sectiunii conductoarelor de alimentare

Se face pe baza relatiei:

$$I_{ad STAS} = \max(I_{ad1}, I_{ad2}, I_{ad3}, I_{ad4})$$

unde:

$$I_{ad1} \geq \frac{I_{ct}}{a \cdot k}, \quad I_{ad2} \geq \frac{I_{nf STAS}}{a \cdot k}, \quad I_{ad3} \geq \frac{I_{rt STAS}}{1,5 \cdot k}, \quad I_{ad4} \geq \frac{I_{re STAS}}{4,5 \cdot k}$$

După precizarea secțiunii standardizate S_{STAS} se calculează:

- densitatea de curent la pornire
- pierderea de tensiune • in sarcina
• la pornire

In cazul in care nu se gaseste o sectiune normalizata capabila sa suporte sarcina de calcul , atunci se vor monta mai multe conducte in paralel (m = numarul lur), sarcina fiecaruia fiind de:

$$I_{ct}^* = \frac{I_{ct}}{m} \text{ și respectiv } I_{vt} = \frac{I_{vt}}{m}$$

iar apoi se redimensioneaza protectia pentru fiecare conductor precum si sectiunea necesara.

5. alegerea aparatelor de comutatie

Se face , in general , pe baza tensiunii (U_{na}) si curentului (I_{na}) nominal , ultimul trebuind sa satisfaca conditia:

$$I_{na} \geq 1,1 \cdot I_{sm}(I_{sn}; I_c; I_{ct})$$

Se fac urmatoarele precizari:

- intreruperile manuale se aleg pe baza tensiunii si curentului lor nominal , dar tinand seama si de curentii de conectare si de deconectare in regim normal de functionare;
- montarea aparatelor de comutatie se face astfel incat contactele lor mobile sa nu fie sub tensiune atunci cand aparatul este deschis si nu se poate inchide sau deschide sub efectul vibratiilor, a greutatii proprii a contactelor sau influenta socurilor mecanice
- contactele trebuie sa intrerupa simultan toate conductoarele de lucru ale circuitului deservit;
- intreruperea conductoarelor de nul este admisa numai in instalatiile in care acesta nu este folosit si pentru protectie;

- aparatele de conectare utilizate în circuitele de iluminat fluorescent trebuie să aibă $I_N \geq 10 A$.

DIMENSIONAREA POSTURILOR DE TRANSFORMARE

Alegerea numărului, a locului de amplasare și a puterii posturilor de transformare

În cazul unui consumator industrial etapele de parcurs sunt:

- pe planul de situație al întreprinderii/secției se trec puterile aparente cerute S_c ale diferitelor secții sau a consumatorilor din secție;
- se determină centrele de greutate ale grupelor de sarcini;
- se marchează provizoriu locurile de amplasare a PT și se distribuie sarcinile între posturi astfel ca puterea unui PT să nu depășească 4800 kVA;
- se determină puterea transformatoarelor din PT și numărul acestora.

Alegerea și dimensionarea posturilor de transformare (PT) se face după principiul prevederii unui număr minim de transformatoare. Cel mai frecvent, posturile de transformare au două unități independente (distribuție cu rezervă), dar pentru consumatorii de mai mică importanță se poate folosi un singur transformator sau două transformatoare legate la același întreruptor.

Folosirea a două transformatoare în posturi poate fi indicată atunci când:

- graficul anual sau zilnic de sarcină este neuniform;
- puterea PT cu o singură unitate va trebui mărită în viitor;
- puterea transformatorului este limitată de dimensiunile spațiului în care se montează sau de condițiile de transport.

Folosirea a mai mult de două transformatoare se admite în anumite cazuri, precum:

- pentru sarcini concentrate de mare putere;
- pentru separarea alimentării receptoarelor de forță de cele de iluminat
- din considerente legate de dimensiunile spațiului în care se montează.

Puterile aparente nominale aparțin uzual gamei: 100, 160, 250, 400, 630, 1000 și 1600 kVA. Din punct de vedere constructiv, transformatoarele pot avea bobinaje din aluminiu sau bobinaje de cupru, iar în raport cu tehnica de izolare deosebim: transformatoare în ulei și transformatoare uscate (turnate în rășină), cu răcire naturală liberă.

Cel mai comun lichid izolant și de răcire utilizat la transformatoarele de putere este uleiul mineral, (biodegradabil). Deoarece uleiul este inflamabil, în mai multe țări sunt obligatorii măsuri de siguranță, în special pentru substații de interior. Transformatoarele cu ulei sunt protejate cu releul de protecție DGPT (Detecție de Gaz, Presiune și Temperatură). Atunci când uleiul mineral este înlocuit de un alt lichid izolant care acționează și ca mediu de răcire, fiindcă acesta are tendința de expandare la creșterea curentului de sarcină sau a temperaturii ambiante, trebuie luate măsuri pentru a limita creșterea presiunii în cuvă. Există două moduri de limitare a presiunii din cuvă: sistemul cuvei cu umplere totală, ermetic închisă și sigilată, până la 10 MVA (expansiunea lichidului este preluată de deformarea elastică a unor trasee de circulație a uleiului cuplate la cuvă) sau sistemul cu pernă de aer la presiunea atmosferică (se schimbă nivelul într-un vas de expansiune numit și "conservator").

Transformatoarele uscate capătă în prezent o tot mai largă răspândire. Înfășurările lor sunt izolate cu rășină, prin turnare sub vid (procedeu brevetat de majoritatea producătorilor), care asigură clasa de izolație F ($\Delta\theta=100K$) și o foarte bună rezistență la foc cu autostingere imediată (sunt considerate neinflamabile). Prezintă o comportare foarte bună atât în medii industriale grele (praf, umiditate etc.) cât și în situații de avarii sau incendiu, (nu pun în pericol personalul întrucât izolația înfășurărilor nu conține halogenuri sau alte componente cu efecte toxice sau poluante).

Pentru determinarea puterii transformatoarelor din PT este necesar să se cunoască curba de sarcină zilnică pentru ziua de lucru în perioada cea mai încărcată (iarna), curba de sarcină anuală și puterea cerută de întreprindere sau secție la barele de JT (0,4 kV) ale PT (echivalentă cu puterea maximă cerută în lunile de iarnă).

A. Dacă se cunosc curbele de sarcină

Curbele de sarcină sunt specifice profilului industrial al întreprinderii (**v.fig**). Pentru curba de sarcină zilnică se definește coeficientul de utilizare a curbei:

$$K_u = \frac{S_{med}}{S_{max}} = \frac{\frac{1}{T} \int_0^T S dt}{S_{max}}, \text{ unde } T=24 \text{ ore}$$

iar pentru a se evita supraîncărcarea transformatoarelor datorită variațiilor zilnice sau anuale sarcinilor se definesc coeficienții:

$$\alpha_3 = 3 \cdot \frac{1-K_u}{10}, \text{ coeficient de suprasarcină datorat neuniformității graficului zilnic de sarcină};$$

$$\alpha_p = \frac{S_n - S_{maxv}}{S_n} \cdot 100[\%] \leq 15\%, \text{ coeficient de suprasarcină datorat neuniformității graficului zilnic}$$

de sarcină, unde: S_{maxv} = puterea maximă cerută de întreprinderi în lunile de vară, conform graficului anual.

Capacitatea de suprasarcină totală rezultă:

$$\alpha = \alpha_3 + \alpha_p \leq 30\% - \text{pentru transformatoare montate în exterior};$$

$$\alpha = \alpha_3 + \alpha_p \leq 20\% - \text{pentru transformatoare montate în interior}.$$

Puterea S_n a postului de transformare se alege astfel încât, ținând cont de suprasarcina totală, să se asigure puterea maximă cerută S_{maxi} :

$$S_{maxi} \leq S_n + \alpha \cdot S_n$$

$$\text{adică: } S_n \geq \frac{S_{maxi}}{1+\alpha} = \frac{S_{maxi}}{1+\alpha_3+\alpha_p} \cong \frac{S_{maxi} + S_{maxv}}{2 + \frac{3}{10} \cdot (1-K_u)}$$

Relațiile sunt stabilite pentru o temperatură maximă a mediului ambient de 35°C și minimă de -25°C, ceea ce impune ventilarea naturală sau forțată a PT.

Observație: Sarcina S_c se poate determina din puterea activă de calcul P_c și utilizând factorul de putere mediu total al grupe de receptoare considerată:

$$S_c = \frac{P_c}{\cos \varphi_{ct}}$$

Determinarea numărului transformatoare din PT se face pe baza asigurării continuității în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor. Astfel:

- dacă puterea consumatorilor din categoria I depășește 50% din sarcina totală a PT se recomandă utilizarea a două transformatoare, fiecare având puterea egală cu sarcina totală ($2 \times S_n$ unde $S_n \geq S_t$);
- în caz contrar, se recomandă utilizarea a două transformatoare având suma puterilor egală cu sarcina totală ($S_{n_1} + S_{n_2} \geq S_t$), puterea fiecăruia fiind cel puțin egală cu puterea consumatorilor din categoria I;
- pentru consumatorii de categoria II și III, transformatoarele vor avea puterea egală cu sarcina cerută.

B. Dacă nu se cunosc curbele de sarcină ale consumatorilor

Atunci puterea S_n a transformatoarelor din PT se determină pe baza puterilor active, reactive și aparente totale, astfel:

- Dacă $S_{ct} \leq 400$ kVA se adoptă $S_n \geq S_{ct}$
- Dacă $400 \text{ kVA} \leq S_{ct} \leq 1600 \text{ kVA}$, atunci se impune corectarea valorilor P_{ct} , Q_{ct} astfel:

$$\begin{cases} P_{ct}^* = K_{ra} \cdot P_{ct} \\ Q_{ct}^* = K_{rr} \cdot Q_{ct} \end{cases}$$

unde: $K_{ra} = 0,9$ – coeficient de reducere a puterilor active; $K_{rr} = 0,95$ – coeficient de reducere a puterilor reactive.

Se determină $S_{ct}^* = \sqrt{(P_{ct}^*)^2 + (Q_{ct}^*)^2}$ și se adoptă transformatoare cu $S_n \geq S_{ct}^*$.

Dacă $S_{ct} > 1600$ kVA atunci sarcina nu poate fi preluată de un singur transformator. Receptoarele se grupează pe două sau mai multe transformatoare și pentru fiecare din acestea se aplică, după caz, pașii de mai sus.