



**FACULTATEA DE INGINERIE ELECTRICĂ  
DEPARTAMENTUL DE MAȘINI ȘI ACȚIONĂRI ELECTRICE**

# **PROIECT DE SEMESTRU**

**LA DISCIPLINA**

## **INSTALAȚII ELECTRICE**

**Elaborat de: Luțaș Răzvan**

**Grupa/Semigrupa: 1231/2**

**Coordonator de proiect: conf. dr. ing. HORIA GHEORGHE BELEIU**

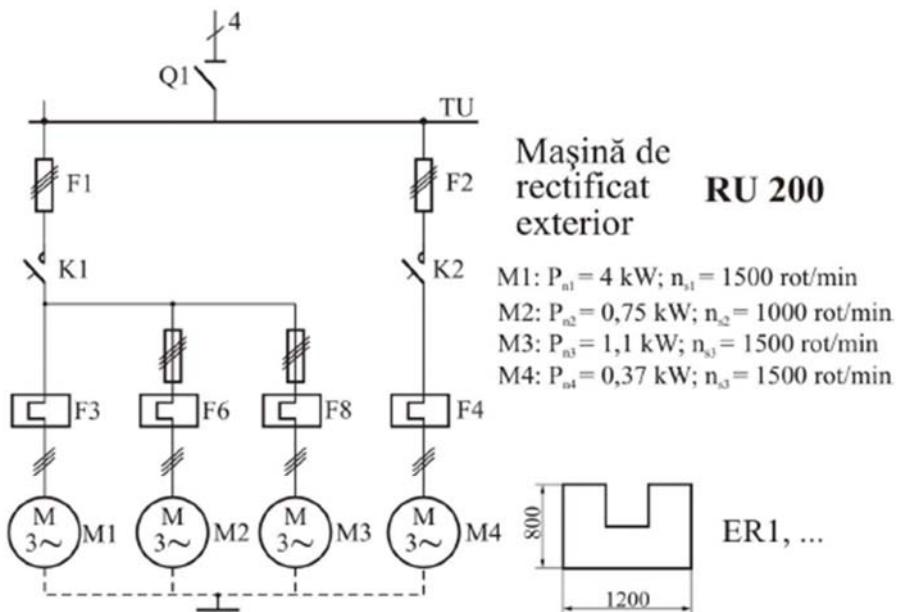
**An universitar**

**2021-2022**

## Anexe

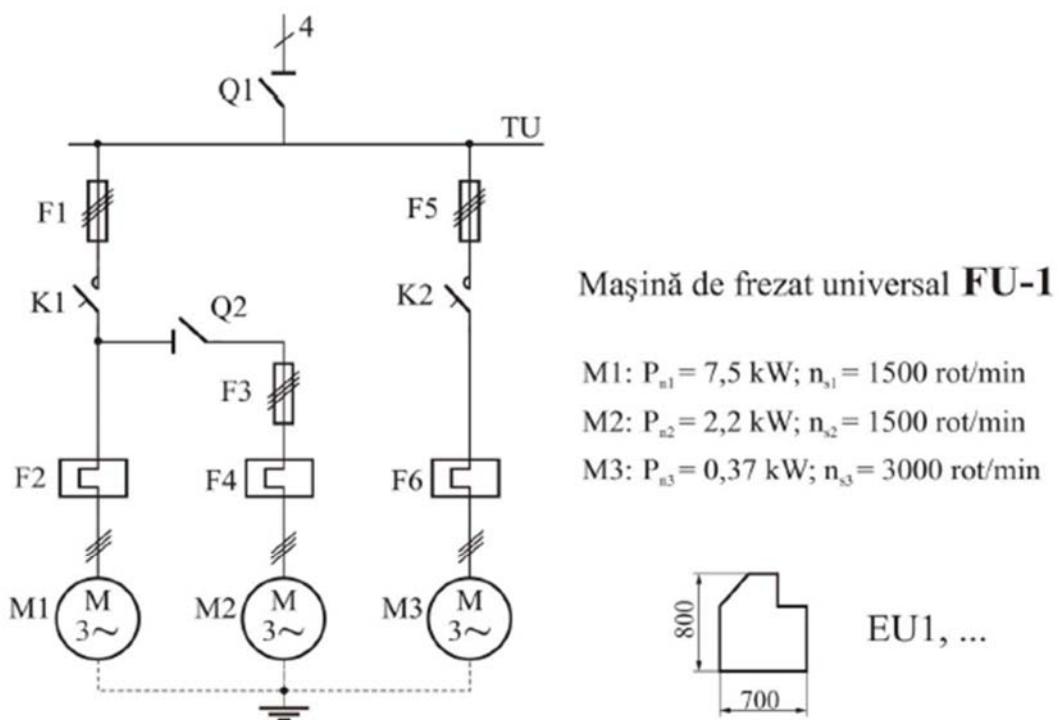
### Anexa 1.1

#### Schemele de distribuție ale unor utilaje



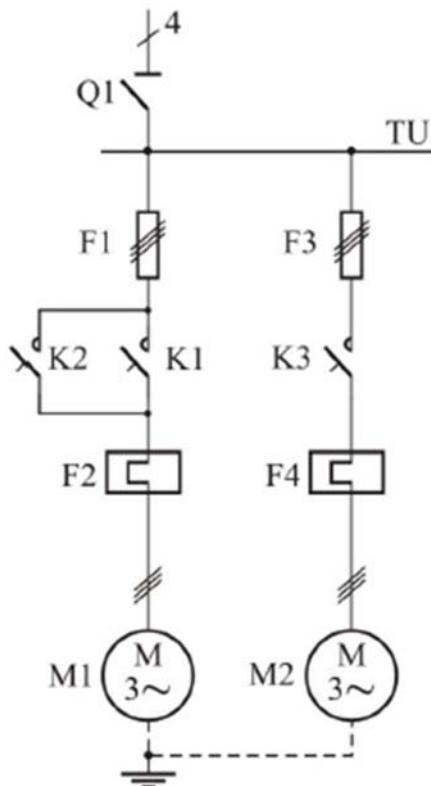
Schema de distribuție

Simbol pentru Planul instalației



Schema de distribuție

Simbol pentru Planul instalației

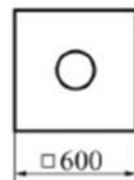


Schema de distribuție

### Mașină de găurit G40

M1:  $P_{s1} = 4 \text{ kW}$ ;  $n_{s1} = 1500 \text{ rot/min}$

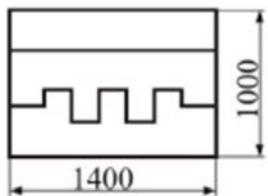
M2:  $P_{s2} = 0,37 \text{ kW}$ ;  $n_{s2} = 3000 \text{ rot/min}$



EG1, ...

Simbol pentru Planul instalației

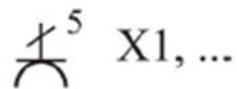
Simboluri pentru receptoare valabile atât pentru Planul instalației  
cât și pentru Schema de distribuție



Cuptor cu rezistoare



Ventilator



Priză trifazată

## Anexa 1.2

Caracteristici tehnice nominale ale motoarelor electrice asincrone trifazate cu o singură turație, de utilizare curentă în acționări electrice

$n_s$	750 rot/min (8 poli)			1000 rot/min (6 poli)		
$P_n$ , kW	$\eta_n$	$\cos\varphi_n$	$\lambda = \frac{I_p}{I_n}$	$\eta_n$	$\cos\varphi_n$	$\lambda = \frac{I_p}{I_n}$
1	2	3	4	5	6	7
<b>0,37</b>	-	-	-	0,66	0,67	4,0
<b>0,55</b>	-	-	-	0,69	0,68	4,5
<b>0,75</b>	0,66	0,63	4,0	0,71	0,70	4,5
<b>1,1</b>	0,69	0,65	4,5	0,73	0,71	4,5
<b>1,5</b>	0,72	0,67	4,5	0,75	0,72	5,5
<b>2,2</b>	0,75	0,69	4,5	0,77	0,74	5,5
<b>3</b>	0,78	0,70	5,0	0,79	0,75	6,0
<b>4</b>	0,80	0,72	5,0	0,81	0,76	6,0
<b>5,5</b>	0,81	0,73	5,5	0,83	0,77	5,0
<b>7,5</b>	0,83	0,75	5,5	0,84	0,78	6,0
<b>11</b>	0,84	0,76	5,5	0,85	0,79	6,0
<b>15</b>	0,86	0,77	5,5	0,86	0,81	6,0
<b>18,5</b>	0,87	0,78	6,0	0,87	0,82	6,5
<b>22</b>	0,88	0,79	6,0	0,88	0,83	6,5
<b>30</b>	0,89	0,80	6,0	0,89	0,84	7,0
<b>37</b>	-	-	-	0,90	0,84	7,0

$n_s$	1500 rot/min (4 poli)			3000 rot/min (2 poli)		
$P_n$ , kW	$\eta_n$	$\cos\varphi_n$	$\lambda = \frac{I_p}{I_n}$	$\eta_n$	$\cos\varphi_n$	$\lambda = \frac{I_p}{I_n}$
1	2	3	4	5	6	7
<b>0,25</b>	0,62	0,72	4,5	-	-	-
<b>0,37</b>	0,65	0,74	4,5	0,66	0,79	5,5
<b>0,55</b>	0,70	0,75	5,5	0,71	0,81	5,5
<b>0,75</b>	0,72	0,76	5,5	0,73	0,82	6,0
<b>1,1</b>	0,73	0,78	6,0	0,74	0,84	6,0
<b>1,5</b>	0,76	0,79	6,0	0,77	0,85	6,5
<b>2,2</b>	0,79	0,80	6,5	0,79	0,85	6,5
<b>3</b>	0,81	0,81	6,5	0,80	0,86	6,5
<b>4</b>	0,82	0,82	6,5	0,82	0,86	7,0
<b>5,5</b>	0,84	0,83	6,5	0,83	0,87	7,0
<b>7,5</b>	0,86	0,84	6,5	0,85	0,87	7,0
<b>11</b>	0,87	0,84	6,5	0,86	0,87	7,0
<b>15</b>	0,88	0,85	7,0	0,87	0,87	7,0
<b>18,5</b>	0,89	0,85	7,0	0,88	0,88	7,0
<b>22</b>	0,89	0,85	7,0	0,88	0,89	7,0
<b>30</b>	0,90	0,86	7,0	0,89	0,89	7,0
<b>37</b>	0,90	0,86	7,0	0,90	0,89	7,0
<b>45</b>	0,91	0,86	7,0	0,90	0,89	7,0
<b>55</b>	0,91	0,86	7,0	0,90	0,90	7,0

### Anexa 1.3

#### Gradele de protecție asigurate prin carcase pentru echipamentul electric definite de standardul SR EN 60529

Element	Cifre sau litere	Semnificația privind protecția echipamentului	Semnificația privind protecția persoanelor
Literele codului	IP	-	-
Prima cifră caracteristică		împotriva pătrunderii corporilor solide străine	împotriva accesului la părțile periculoase cu:
	0	(neprotejat)	(neprotejat)
	1	de diametru $\geq 50$ mm	dosul mâinii
	2	de diametru $\geq 12,5$ mm	degetul
	3	de diametru $\geq 2,5$ mm	unealtă
	4	de diametru $\geq 1,0$ mm	fir
	5	protejat contra prafului	fir
	6	etanș la praf	fir
A doua cifră caracteristică		împotriva pătrunderii apei cu efecte dăunătoare	
	0	(neprotejat)	
	1	Picături de apă verticală	
	2	Picături de apă ( $15^{\circ}\text{C}$ înclinare)	
	3	Apă pulverizată	
	4	Apă împroșcată	
	5	Stropire cu furtun	
	6	Stropire puternică cu furtun	
	7	Imersie temporară	
	8	Imersie prelungită	
Literă adițională (optional)			împotriva accesului la părțile periculoase cu:
	A		dosul mâinii
	B		deget
	C		unealtă
	D		fir
Literă suplimentară (optional)		Informații suplimentare specifice pentru:	
	H	Echipament înaltă tensiune	
	M	Mișcare în timpul încercării la apă	
	S	Staționare în timpul încercării în apă	
	W	Intemperii	

Exemple de utilizare: IP 54 – litere, fără opțiune; IP 5X – omiterea celei de-a doua cifră caracteristică; IP XXD – omiterea celor două cifre caracteristice, utilizarea unei litere adiționale; IP 23W – utilizarea unei litere adiționale.

# NOTĂ DE COMANDĂ

## 1. Date generale:

- 1.1. Denumirea obiectului: Instalații electrice aferente secției de Prelucrări mecanice;
- 1.2. Beneficiarul: Departamentul de Electroenergetică și Management;
- 1.3. Proiectantul: Luțaș Răzvan, 1231/2

## 2. Obiectul lucrării:

- 2.1. Lucrarea are ca scop elaborarea proiectului de execuție al instalației de alimentare cu energie electrică a secției de Prelucrări mecanice, care cuprinde: instalația de distribuție de joasă tensiune, postul de transformare, instalațiile de iluminat interior și exterior, instalația pentru compensarea puterii reactive, verificarea la acțiunea curenților de scurtcircuit, priza de pământ și instalația de legare la pământ.

## 3. Date de proiectare:

3.1.3.1. Rețeaua de joasă tensiune a secției are tensiunea nominală de 400/230V (50 Hz);

3.2.3.2. Postul de transformare al secției este alimentat la tensiunea medie de 20 kV;

3.3.3.3. Dimensiunile geometrice ale halei, sunt:

4. lungimea  $L_1 = 24$  m;
5. lățimea  $L_2 = 21$  m;
6. înălțimea  $H = 6,2$  m.

6.1.3.4. Tipul și numărul utilajelor și receptoarelor din dotarea secției:

7. Ru-200, 10 buc.;
8. FU-1, 8 buc.;
9. G 40, 13 buc.;
10. 2 cuptoare cu rezistoare, cu puterea nominală  $P_n = 36$  kW;
11. 5 ventilatoare cu puterea nominală  $P_n = 5,5$  kW,  $n_s = 1500$  rot/min;
12. 8 prize trifazate cu  $I_{Xn} = 16$  A.

12.1. 3.5. Nivelul normat al iluminării medii, corespunzător categoriei de lucrări care se execută în secție:  $E_{intmed} = 300$  lx.

12.2. 3.6. Instalația de iluminat exterior se execută pentru o iluminare medie minimă de  $E_{extmed} = 2$  lx.

12.3. 3.7. Încadrarea secției :

13. din punct de vedere al caracteristicilor mediului: **U<sub>0</sub>**;
14. din punct de vedere al pericolului de electrocutare: **periculoasă**;
15. rezistivitatea solului:  $\rho_p = 60 \Omega\text{m}$  (cf. datelor individuale);
16. tipul conductelor utilizate: FY sau AFY, bare și cabluri, în situații justificate.

16.1. 3.8. Încadrarea receptoarelor în funcție de natura efectelor produse de întreruperea în alimentarea cu energie electrică: **operaționale (categoria a II-a)**.

16.2. 3.9. Puterea de scurtcircuit în instalația de medie tensiune:  $S_{sc} = 36,5$  MVA.

16.3. 3.10. Compensarea puterii reactive se realizează centralizat, cu o baterie de condensatoare, conectată pe partea de JT a Postului de transformare.

## 1. Calculul puterii instalate totale

1.1. În coloana 1 a tabelului 1.1 sunt trecute trei tipuri de utilaje și trei tipuri de receptoare, cu anumite denumiri și date tehnice. Primul utilaj (RU 200 – figura 1.1) are patru receptoare, având reperele de identificare M1÷M4, al doilea (FU-1 – figura 1.2) are trei receptoare, cu reperele de identificare M1÷M3, iar al treilea (G 40 – figura 1.3) are două receptoare, M1 și M2.

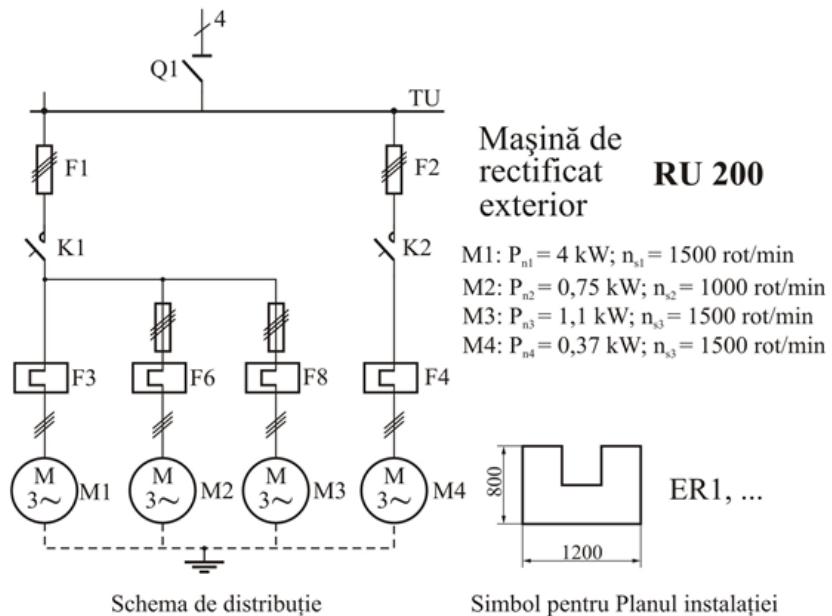


Figura 1.1. Mașină de rectificat exterior RU 200

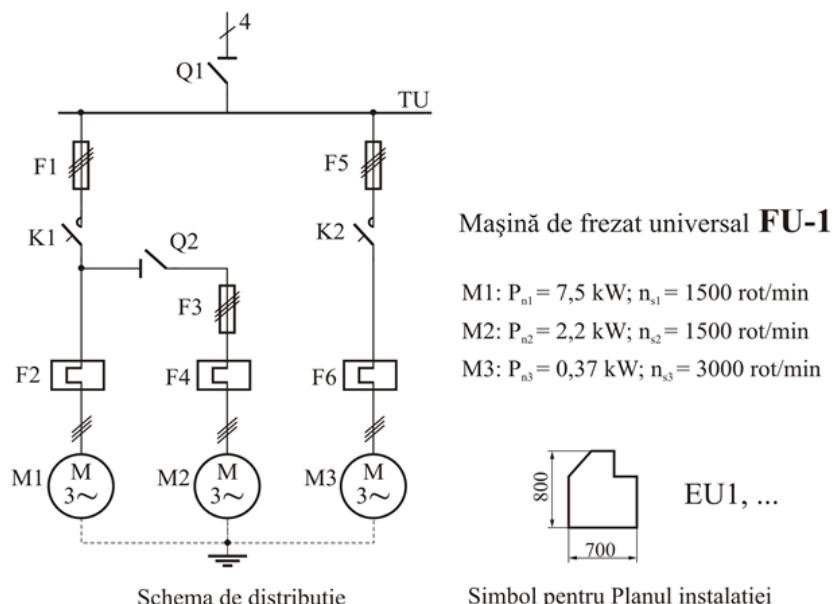


Figura 1.2. Mașină de frezat universal FU-1

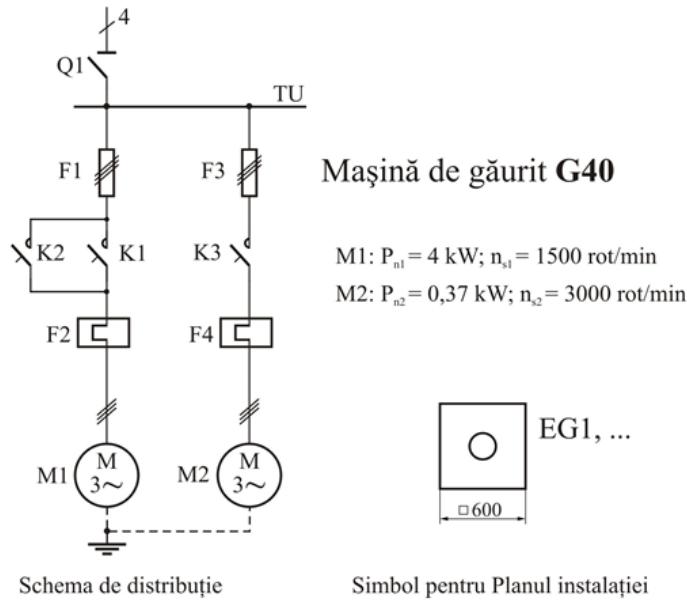


Figura 1.3. Mașină de găurit G 40

- 1.2. În coloana 3 a tabelului 1.1 sunt specificate puterile active nominale  $P_n$ , care are semnificația de putere activă, adică mecanică, la arbore.
- 1.3. Pentru prize, la care se consideră că se racordează unelte electrice portabile, se estimează receptorul ca fiind motor asincron, cu rotor în colivie, de putere maximă, care poate fi racordat la acestea, în raport cu curentul nominal al prizelor, conform datelor din tabelul 1.2.

Tabelul 1.2. Receptorul de tip MA, de putere maximă, care poate fi racordat la prize trifazată, în funcție de curentul nominal al acesteia

Curentul nominal al prizei, [A]	10	16	25	32
Puterea nominală, maximă, a motorului asincron, care poate fi racordat la priza trifazată, [kW]	2	4	5,5	7,5

- 1.4. Coloana 4 a tabelului 1.1 cuprinde turăția de sincronism  $n_{ns}$  a motoarelor electrice.
- 1.5. Caracteristicile tehnice, nominale (randamentul nominal  $\eta_n$ , factorul de putere nominal  $\cos \varphi_n$  și curentul relativ de pornire  $\lambda$ ), ale motoarelor asincrone (MA) cu rotorul în colivie, de uz general, sunt luate din Anexa 1.2.
- 1.6. Duratele de acționare ale receptoarelor  $DA_n$  se consideră conform cărților tehnice ale utilajelor sau se apreciază pe baza următoarelor considerații:
  - toate receptoarele care funcționează la un moment dat, neîntrerupt, cel puțin 15 minute adu  $DA_n = 1$ ;
  - pentru motoarele principale ale mașinilor unelte (cu puterea cea mai mare), se adoptă  $DA_n = \{0,4;0,6\}$ , iar pentru motoarele de translație (celealte, în afara celui mai mic, care deservește pompa de răcire) se recomandă  $DA_n = \{0,25;0,4\}$ .
- 1.7. Pentru mărimele din coloanele (9) și (10) ale tabelului 1.1 s-a introdus indicele de curent " $j$ " al receptorului, în cadrul utilajului, acesta putând lua valorile:

$$j = \{1,2, \dots, n_{ru}\}$$

în care  $n_{ru}$  reprezintă numărul de receptoare ale utilajului.

- 1.8. Puterea instalată  $P_{ij}$  (coloana 9, tabel 1.1) a unui receptor reprezintă puterea sa nominală  $P_{nj}$ , raportată la durata de acționare unitară, de referință,  $DA = 1$ , fiind dată de relația:

$$P_{ij} = P_{nj} \cdot \sqrt{DA_{nj}} \quad [\text{kW}]$$

Rezultă puterile instalate active ale receptoarelor:

$$P_{i1} = P_{n1} \cdot \sqrt{DA_{n1}} = 4 \cdot \sqrt{0,6} = 3,098 \quad [\text{kW}]$$

$$P_{i2} = P_{n2} \cdot \sqrt{DA_{n2}} = 0,75 \cdot \sqrt{0,25} = 0,375 \quad [\text{kW}]$$

$$P_{i3} = P_{n3} \cdot \sqrt{DA_{n3}} = 1,1 \cdot \sqrt{0,4} = 0,696 \quad [\text{kW}]$$

$$P_{i4} = P_{n4} \cdot \sqrt{DA_{n4}} = 0,37 \cdot \sqrt{1} = 0,37 \quad [\text{kW}]$$

$$P_{i5} = P_{n5} \cdot \sqrt{DA_{n5}} = 7,5 \cdot \sqrt{0,4} = 4,743 \quad [\text{kW}]$$

$$P_{i6} = P_{n6} \cdot \sqrt{DA_{n6}} = 2,2 \cdot \sqrt{0,6} = 1,704 \quad [\text{kW}]$$

$$P_{i7} = P_{n7} \cdot \sqrt{DA_{n7}} = 0,37 \cdot \sqrt{1} = 0,37 \quad [\text{kW}]$$

$$P_{i8} = P_{n8} \cdot \sqrt{DA_{n8}} = 4 \cdot \sqrt{0,6} = 3,098 \quad [\text{kW}]$$

$$P_{i9} = P_{n9} \cdot \sqrt{DA_{n9}} = 0,37 \cdot \sqrt{1} = 0,37 \quad [\text{kW}]$$

$$P_{i10} = P_{n10} \cdot \sqrt{DA_{n10}} = 36 \cdot \sqrt{1} = 36 \quad [\text{kW}]$$

$$P_{i11} = P_{n11} \cdot \sqrt{DA_{n11}} = 5,5 \cdot \sqrt{1} = 5,5 \quad [\text{kW}]$$

$$P_{i12} = P_{n12} \cdot \sqrt{DA_{n12}} = 4 \cdot \sqrt{0,25} = 2 \quad [\text{kW}]$$

Prin urmare, puterea instalată  $P_i$  a unui receptor este mai mică, cel mult egală cu puterea nominală  $P_{nj}$  a acestuia și păstrează caracterul neomogen al puterii active nominale, având semnificații distincte pentru receptoarele electromecanice de tip MA și pentru cele de alte tipuri.

1.9. Puterile instalate reactive,  $Q_{ij}$  (coloana 10, tabel 1.1) se determină cu una dintre relațiile de calcul, echivalente, de mai jos:

$$Q_{ij} = P_{ij} \cdot \operatorname{tg}(\arccos \varphi_{nj}) = P_{ij} \cdot \sqrt{\frac{1}{(\cos \varphi_{nj})^2} - 1} \quad [\text{kvar}]$$

Rezultă puterile instalate reactive ale receptoarelor:

$$Q_{i1} = P_{i1} \cdot \sqrt{\frac{1}{(\cos \varphi_{n1})^2} - 1} = 3,098 \cdot \sqrt{\frac{1}{0,82^2} - 1} = 2,163 \quad [\text{kvar}]$$

$$Q_{i2} = P_{i2} \cdot \sqrt{\frac{1}{(\cos \varphi_{n2})^2} - 1} = 0,375 \cdot \sqrt{\frac{1}{0,7^2} - 1} = 0,383 \quad [\text{kvar}]$$

$$Q_{i3} = P_{i3} \cdot \sqrt{\frac{1}{(\cos \varphi_{n3})^2} - 1} = 0,696 \cdot \sqrt{\frac{1}{0,78^2} - 1} = 0,558 \quad [\text{kvar}]$$

$$Q_{i4} = P_{i4} \cdot \sqrt{\frac{1}{(\cos \varphi_{n4})^2} - 1} = 0,37 \cdot \sqrt{\frac{1}{0,74^2} - 1} = 0,336 \quad [\text{kvar}]$$

$$Q_{i5} = P_{i5} \cdot \sqrt{\frac{1}{(\cos \varphi_{n5})^2} - 1} = 4,743 \cdot \sqrt{\frac{1}{0,84^2} - 1} = 3,064 \text{ [kvar]}$$

$$Q_{i6} = P_{i6} \cdot \sqrt{\frac{1}{(\cos \varphi_{n6})^2} - 1} = 1,704 \cdot \sqrt{\frac{1}{0,8^2} - 1} = 1,278 \text{ [kvar]}$$

$$Q_{i7} = P_{i7} \cdot \sqrt{\frac{1}{(\cos \varphi_{n7})^2} - 1} = 0,37 \cdot \sqrt{\frac{1}{0,79^2} - 1} = 0,287 \text{ [kvar]}$$

$$Q_{i8} = P_{i8} \cdot \sqrt{\frac{1}{(\cos \varphi_{n8})^2} - 1} = 3,098 \cdot \sqrt{\frac{1}{0,82^2} - 1} = 2,163 \text{ [kvar]}$$

$$Q_{i9} = P_{i9} \cdot \sqrt{\frac{1}{(\cos \varphi_{n9})^2} - 1} = 0,37 \cdot \sqrt{\frac{1}{0,79^2} - 1} = 0,287 \text{ [kvar]}$$

$$Q_{i10} = P_{i10} \cdot \sqrt{\frac{1}{(\cos \varphi_{n10})^2} - 1} = 36 \cdot \sqrt{\frac{1}{0,98^2} - 1} = 7,31 \text{ [kvar]}$$

$$Q_{i11} = P_{i11} \cdot \sqrt{\frac{1}{(\cos \varphi_{n11})^2} - 1} = 5,5 \cdot \sqrt{\frac{1}{0,84^2} - 1} = 3,696 \text{ [kvar]}$$

$$Q_{i12} = P_{i12} \cdot \sqrt{\frac{1}{(\cos \varphi_{n12})^2} - 1} = 4 \cdot \sqrt{\frac{1}{0,86^2} - 1} = 1,186 \text{ [kvar]}$$

1.10. Pentru utilajele cu mai multe receptoare, se impune determinarea puterii active instalate, la nivel de utilaj (coloana 11, tabel 1.1):

$$P_{iu} = \sum_{j=1}^{n_{ru}} P_{ij} \text{ [kW]}$$

$$P_{iu\ RU200} = P_{i1} + P_{i2} + P_{i3} + P_{i4} = 3,098 + 0,375 + 0,696 + 0,37 = 4,539 \text{ [kW]}$$

$$P_{iu\ FU-1} = P_{i5} + P_{i6} + P_{i7} = 4,743 + 1,704 + 0,37 = 6,818 \text{ [kW]}$$

$$P_{iu\ G\ 40} = P_{i8} + P_{i9} = 3,098 + 0,37 = 3,468 \text{ [kW]}$$

$$P_{iu\ EC} = P_{i10} = 36 \text{ [kW]}$$

$$P_{iu\ EV} = P_{i11} = 5,5 \text{ [kW]}$$

$$P_{iu\ X} = P_{i12} = 4 \text{ [kW]}$$

precum și a puterii reactive, instalate, la nivel de utilaj (coloana 12, tabel 1.1):

$$Q_{iu} = \sum_{j=1}^{n_{ru}} Q_{ij} \text{ [kvar]}$$

$$Q_{iu\ RU200} = Q_{i1} + Q_{i2} + Q_{i3} + Q_{i4} = 2,163 + 0,383 + 0,558 + 0,336 = 3,439 \text{ [kvar]}$$

$$Q_{iu\ FU-1} = Q_{i5} + Q_{i6} + Q_{i7} = 3,064 + 1,278 + 0,287 = 4,629 \text{ [kvar]}$$

$$Q_{iu\ G\ 40} = Q_{i8} + Q_{i9} = 2,163 + 0,287 = 2,449 \text{ [kvar]}$$

$$Q_{iu\ EC} = Q_{i10} = 7,310 \text{ [kvar]}$$

$$Q_{iu\ EV} = Q_{i11} = 3,696 \text{ [kvar]}$$

$$Q_{iu\ X} = Q_{i12} = 1,186 \text{ [kvar]}$$

1.11. Puterile active instalate, la nivelul tipurilor de utilaje și receptoare de putere dintr-o hală se determină cunoscând numerele de utilaje sau de receptoare individuale, de același tip  $n_u$ , din coloana 13-a a tabelului 1.1:

$$P_{i\ tu} = P_{iu} \cdot n_u \text{ [kW]}$$

rezultatele fiind trecute în coloana 14 a tabelului 1.1.

Rezultă puterile active instalate, la nivelul tipurilor de utilaje și receptoare de putere:

$$P_{i\ tu\ RU200} = P_{iu\ RU200} \cdot n_{u\ RU200} = 4,539 \cdot 10 = 45,391 \text{ [kW]}$$

$$P_{i\ tu\ FU-1} = P_{iu\ FU-1} \cdot n_{u\ FU-1} = 6,818 \cdot 8 = 54,540 \text{ [kW]}$$

$$P_{i\ tu\ G\ 40} = P_{iu\ G\ 40} \cdot n_{u\ G\ 40} = 3,486 \cdot 13 = 45,089 \text{ [kW]}$$

$$P_{i\ tu\ EC} = P_{iu\ EC} \cdot n_{u\ EC} = 36 \cdot 2 = 72 \text{ [kW]}$$

$$P_{i\ tu\ EV} = P_{iu\ EV} \cdot n_{u\ EV} = 5,5 \cdot 5 = 27,5 \text{ [kW]}$$

$$P_{i\ tu\ X} = P_{iu\ X} \cdot n_{u\ X} = 4 \cdot 8 = 16 \text{ [kW]}$$

1.12. Numărul total de receptoare  $n$ , din compunerea utilajului tehnologic, al consumatorului considerat, se determină făcând “inventarul” tuturor receptoarelor de forță, fie acestea din compunerea utilajelor, fie individuale:

$$n = n_{ru1} \cdot n_{u1} + n_{ru2} \cdot n_{u2} + \dots + n_{r(k-1)} + n_{r(k)}$$

Rezultă:

$$n = 4 \cdot 10 + 3 \cdot 8 + 2 \cdot 13 + 1 \cdot 2 + 1 \cdot 5 + 1 \cdot 8 = 105$$

1.13. Deoarece în acest stadiu al proiectării nu se cunosc tipurile și numerele aparatelor (corpurilor) de iluminat interior și exterior, se procedează la estimarea puterilor instalate în aceste două tipuri de instalații, pe baza puterilor instalate specifice, obținute prin raportarea puterilor instalate totale la suprafața planului util, indicate în tabelul 1.3 (datele se referă la iluminatul cu aparate de iluminat, echipate cu lămpi cu descărcări în gaze și vaporii metalici).

Determinarea puterilor instalate, atât pentru instalațiile de iluminat interior, cât și pentru cele de iluminat exterior, se face cu relația:

$$P_{i(L)} = p_i \cdot A_u \text{ [kW]}$$

în care  $p_i$  este puterea instalată specifică, iar  $A_u$  este aria planului util.

Tabelul 1.3. Puterile instalate pe unitatea de suprafață, în  $[W/m^2]$ , la iluminatul interior și exterior, în funcție de nivelul de iluminare

Iluminat interior, $E_{med}$ [lx]							Iluminat exterior, $E_{med}$ [lx]				
200	250	300	350	400	500	750	1	2	3	5	10
7÷8	9÷10	10÷12	13÷14	14÷15	17÷19	27÷29	0,65	0,9	1,2	1,6	2,8

1.14. Estimarea puterii instalate  $P_{i(Li)}$ , pentru sistemul de iluminat interior, considerând un nivel de iluminare  $E_{med\ i} = 300$  lx și ca dimensiuni ale halei  $L_1 = 20$  m,  $L_2 = 16,8$  m, având în vedere faptul că pentru nivelul de iluminare de 300 lx, conform tabelului 1.3, corespunde o putere specifică instalată  $p_i = 11$  W/m<sup>2</sup>:

$$P_{i(Li)} = p_i \cdot A_u = 11 \cdot (24 \cdot 21) = 5,544 \text{ [kW]}$$

1.15. Puterea instalată  $P_{i(Le)}$  în sistemul de iluminat exterior, care trebuie să ilumineze o arie  $A_{ue} = 1400$  m<sup>2</sup>, la un nivel de iluminare  $E_{med\ e} = 2$ , se determină cu relația:

$$P_{i(Le)} = p_i \cdot A_{ue} = 0,9 \cdot 4 \cdot (24 \cdot 21) = 1,814 \text{ [kW]}$$

unde s-a considerat că:  $A_{ue} = 4 \cdot A_u$

1.16. Puterea activă instalată totală  $P_{itf}$ , în receptoarele utilajului tehnologic, denumite și receptoare de forță, se determină ca sumă a puterilor instalate a utilajelor și receptoarelor de forță, din compunerea consumatorului:

$$P_{itf} = \sum P_{i\ tu} \text{ [kW]}$$

$$P_{itf} = P_{i\ tu\ RU200} + P_{i\ tu\ FU-1} + P_{i\ tu\ G\ 40} + P_{i\ tu\ EC} + P_{i\ tu\ EV} + P_{i\ tu\ X} = \\ = 45,391 + 54,540 + 45,089 + 72 + 27,5 + 16 = 260,520 \text{ [kW]}$$

1.17. Puterea instalată totală  $P_{it}$ , a consumatorului, cuprinzând atât receptoarele de forță, cât și cele de iluminat, se determină cu relația:

$$P_{it} = P_{itf} + P_{i(Li)} + P_{i(Le)}$$

Rezultă:

$$P_{it} = 260,520 + 5,544 + 1,814 = 267,879 \text{ [kW]}$$

1.18. Linia 14 a tabelului 1.1, în partea sa de început (în dreapta), pregătește determinarea numărului echivalent de receptoare, prin calculul prealabil al jumătății puterii instalate totale  $P_{it}/2$ , care se trece în spațiul rezervat din căsuță (18).

În continuare, se consideră receptoarele din compunerea consumatorului în ordinea descrescătoare a puterilor lor instalate și se cumulează puterile instalate ale receptoarelor celor mai mari, până când se obține un rezultat mai mare, cel puțin egal cu  $P_{it}/2$ , conform relației de calcul din aceeași căsuță (18). Numărul de receptoare cu puterile cele mai mari, a căror putere (activă) instalată, însumată reprezintă cel puțin jumătatea puterii instalate totale, notat cu  $n_{0,5}$ , este definit analitic prin relația:

$$\sum_{j=1}^{n_{0,5}} P_{ij} \geq 0,5 \cdot P_{it}, \quad \text{unde: } P_{i1} \geq P_{i2} \geq P_{i3} \geq \dots \geq P_{in}$$

Tabelul 1.5. Sirul descrescător al puterilor instalate, ale receptoarelor consumatorului

Puterea instalată $P_{ij}$ a receptorului, [kW]	36	5,5	4,743	3,098	2	1,704	0,695	0,3750	0,37	0,37	0,37
Numărul de receptoare, $n_j$	2	4	8	23	8	8	10	10	10	13	8

Pentru a acoperi valoarea jumătății puterii instalate,  $P_{it}/2 = 133,939$  kW, trebuie incluse cele 2 cuptoare cu rezistoare, toate cele 4 receptoare din utilajele tip FU-1 și toate cele 5 ventilatoare (aceste trei receptoare fiind cu puterile cele mai mari).

Însumând numerele receptoarelor, cu puterile cele mai mari, care au intrat în compunerea  $P_{it}/2$ , se obține pentru numărul  $n_{0,5}$  valoarea:

$$n_{0,5} = 2 + 4 + 7 = 14$$

1.19. Numărul echivalent de receptoare rezultă:

$$n' = 2 \cdot n_{0,5} = 2 \cdot 10 = 28$$

## Caracteristicile receptoarelor și determinarea puterii instalate totale

Nr. crt	Tip utilaj, receptor	Ident. rec.	$P_n$ , kW	$n_{ns}$ , rot/min	$\eta_n$	$\cos\varphi_n$	$\lambda = I_p/I_n$	$DA_n$	$P_{ij}$ , kW	$Q_{ij}$ , kvar	$P_{iu}$ , kW	$Q_{iu}$ , kvar	$n_u$ , buc.	$P_{itu}$ , kW	
0		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Ru 200	M1	4	1500	0,82	0,82	6,5	0,6	3,0984	2,1627	4,5391	3,4397	10	45,391	
2		M2	0,75	1000	0,71	0,7	4,5	0,25	0,3750	0,3826					
3		M3	1,1	1500	0,73	0,78	6	0,4	0,6957	0,5581					
4		M4	0,37	1500	0,65	0,74	4,5	1	0,3700	0,3363					
5	Fu - 1	M1	7,5	1500	0,86	0,84	6,5	0,4	4,7434	3,0639	6,8175	4,6292	8	54,540	
6		M2	2,2	1500	0,79	0,8	6,5	0,6	1,7041	1,2781					
7		M3	0,37	3000	0,66	0,79	5,5	1	0,3700	0,2872					
8	G40	M1	4	1500	0,82	0,82	6,5	0,6	3,0984	2,1627	3,4684	2,4498	13	45,089	
9		M2	0,37	3000	0,66	0,79	5,5	1	0,3700	0,2872					
10	Cupt.rez.	EC	36	/	/	0,98	1,4	1	36,0000	7,3101	36,0000	7,3101	2	72	
11	Ventilator	EV	5,5	1500	0,84	0,83	6,5	1	5,5000	3,6960	5,5000	3,6960	5	27,5	
12	Priza	X	4	3000	0,82	0,86	7	0,25	2,0000	1,1867	2,0000	1,1867	8	16	
<b>(13) Nr. total de recept. de forță: n= 105</b>				<b>(14) <math>P_{i(Li)}= 5,544 \text{ kW}</math></b>				<b>(15) <math>P_{i(Le)}= 1,8144 \text{ kW}</math></b>				<b>(16) <math>P_{itf}= 260,520 \text{ kW}</math></b>			
<b>(18) <math>P_{it}/2= 133,9393 \text{ kW} \leq 36 \times 2 + 5,5 \times 5 + 4,7434 \times 7 = 135,704 \text{ kW}</math></b>							<b>(19) <math>n_{0,5}=2+5+7=14; \quad n'=2 \times 14=28</math></b>				<b>(17) <math>P_{it}= 267,879 \text{ kW}</math></b>				

## 2. Calculul puterii cerute

- 2.1.Calculul puterilor cerute, pe baza metodei coeficienților de cerere se organizează conform tabelului 2.1, pentru consumatorul având structura, datele nominale și puterile instalate conform tabelului 1.1.
- 2.2.Pentru numărul echivalent de receptoare  $n' = 28$ , al consumatorului, se determină grafic din figura 2.1:  
 $k_a = 7,3$

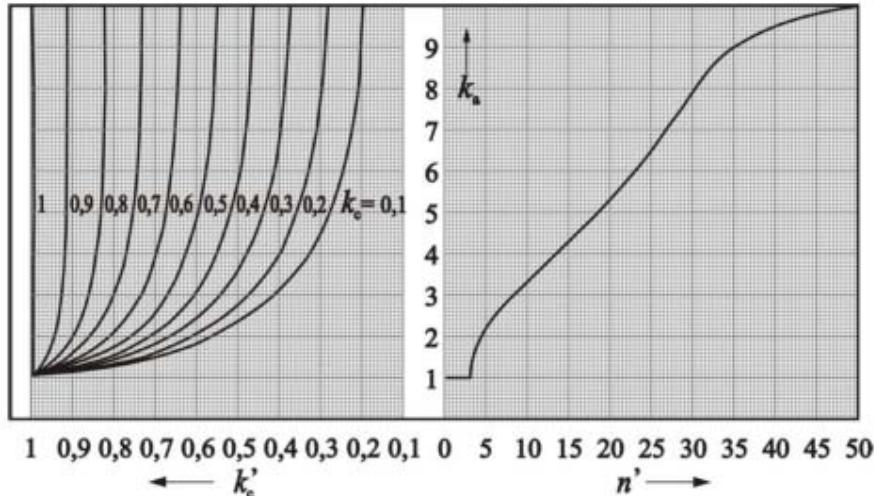


Fig. 2.1. Nomogramă pentru determinarea coeficienților  $k_a$  și  $k_e$ .

- 2.3.Se completează coloana (1) a tabelului 2.1 cu denumirile categoriilor de receptoare, identificate în cadrul consumatorului. În coloana a 2-a se completează cu denumirile utilajelor și receptoarelor individuale, care intră în fiecare categorie, iar în coloanele (3) și (4) se trec puterile instalate  $P_{iu}$ , respectiv numerele acestora  $n_u$ , extrase din tabelul 1.1.

- 2.4.În conformitate cu metoda coeficienților de cerere, toate tipurile de receptoare sunt încadrate în categorii, fiecare categorie fiind caracterizată din punct de vedere a consumului energetic prin perechea de mărimi coefficient de cerere – factor de putere cerut ( $k_c$ ,  $\cos \varphi_c$ ).

Tabelul 2.2 cuprinde câteva din categoriile mai importante de receptoare.

- 2.5.Se procedează la încadrarea utilajelor, receptoarelor și a instalațiilor de iluminat în categoriile de receptoare, conform metodei coeficienților de cerere. Se constată identificarea a șase categorii de receptoare, deci  $m = 6$ , de la “mașini unelte (MU) de prelucrat prin aşchiere, cu regim de lucru normal”, până la “iluminat exterior”.

În categoriile cu numerele de ordine  $k = \{2,3,\dots,6\}$  există câte un singur tip de utilaj sau receptor, iar în prima categorie cu  $k = 1$ , se regăsesc trei dintre utilajele consumatorului.

- 2.6.Puterea instalată pe fiecare categorie se determină prin însumarea puterilor instalate ale tuturor utilajelor sau receptoarelor individuale, din fiecare categorie, conform relației generale:

$$P_{ik} = \sum P_{iu} \cdot n_u$$

Rezultă:

$$P_{i1} = 4,539 \cdot 10 + 6,818 \cdot 8 + 3,468 \cdot 13 = 145,02 \text{ [kW]}$$

$$P_{i2} = 36 \cdot 2 = 72 \text{ [kW]}$$

$$P_{i3} = 5,5 \cdot 5 = 27,5 \text{ [kW]}$$

$$P_{i4} = 2 \cdot 8 = 16 \text{ [kW]}$$

$$P_{i5} = 5,544 \cdot 1 = 5,544 \text{ [kW]}$$

$$P_{i6} = 1,186 \cdot 1 = 1,186 \text{ [kW]}$$

Coefficientul de cerere  $k_c$  și factorul de putere  $\cos\varphi_c$  pentru categorii de receptoare

Tabelul 2.2

Categoria receptoarelor	$k_c$	$\cos\varphi_c$	$\tg\varphi_c$
a) Receptoare electromecanice			
Aeroterme	0,7	0,8	0,75
Compresoare	0,8	0,8	0,75
-acționate cu motor asincron	0,75	0,8	0,75
-acționate cu motor sincron	0,75	1,0	0,00
Grupuri motor-generator	0,65	0,8	0,75
Macarale			
-cu $DA=25\%$	<b>0,1</b>	<b>0,5-0,65</b>	1,73-1,17
-cu $DA=40\%$	0,15-0,2	0,5-0,65	1,73-1,17
Mașini unelte de prelucrat prin aşchieri			
-cu <b>regim normal de funcționare</b> (strunguri, raboteze, mașini de frezat, mortezat, găurit, etc.)	<b>0,12-0,14</b>	<b>0,5</b>	1,73
-cu <b>regim greu de lucru</b> (strunguri de degroșat, revolver, mașini unelte mari; prese ștanțat etc.)	<b>0,2-0,25</b>	<b>0,6-0,65</b>	1,33-1,17
-cu regim foarte greu de lucru (acționare ciocane, mașini de forjat, de trefilat)			
-acționarea tobelor de decapare etc.	0,3-0,4	0,65	1,17
Pompe			
-cu diafragmă, de filtrare, de ulei, verticale	0,7	0,8	0,75
-de alimentare	1	0,9	0,48
-de apă	0,7-0,8	0,8-0,85	0,75-0,62
-de vid	0,7	0,78	0,8
Unele electrice portabile	<b>0,1</b>	<b>0,45</b>	1,99
Ventilatoare	<b>0,65-0,75</b>	<b>0,8</b>	0,75
b) Receptoare electrotermice			
Agregate motor generator de sudare			
-pentru un singur post	0,3-0,35	0,5-0,6	1,73-1,33
-pentru mai multe posturi	0,6-0,7	0,6-0,7	1,33-1,02
Convertizoare de frecvență	0,4-0,6	0,7-0,6	1,00-1,33
Cuptoare de inducție de frecvență joasă			
-fără compensarea energiei reactive	0,75-0,8	0,35	2,67
-cu compensarea energiei reactive	0,72	0,95	0,32
Cuptoare cu rezistoare			
-cu încărcare continuă	0,8-0,85	0,95-1,0	0,33-0,00
-cu <b>încărcare periodică</b>	<b>0,6</b>	<b>0,95-1,0</b>	0,33-0,00
c) Receptoare electrochimice			
Redresoare			
-pentru instalații de acoperiri metalice	0,5	0,7	1,00
-pentru încărcat acumulatoare de electrocare	0,6	0,7	1,00
d) Receptoare de iluminat și prize			
Depozite	0,7	-fluorescent	compensat
Hale industriale			
-cu ateliere și încăperi separate	0,85	0,90	0,48
-cu mai multe deschideri, fără separații	0,95	-fluorescent 0,55	necompenzat 1,51
Iluminat de siguranță	1,0		
Iluminat exterior	0,9	-incandescent	
Magazii, posturi de transformare	0,6	1,00	0,00

2.7. Se procedează la însumarea pe verticală a datelor din coloana (5) a tabelului 2.1, obținându-se puterea instalată totală  $P_{it}$  a consumatorului, inclusiv instalațiile de iluminat interior și exterior, care se trec în căsuța de la începutul liniei a (7)-a a tabelului 2.1.

2.8. Coeficienții de cerere  $k_c$  și factorii de putere ceruți  $\cos\varphi_c$ , ai categoriilor de receptoare identificate conform tabelului 2.2, se trec în coloanele (6) și (7) a tabelului 2.1, procedându-se în continuare la corecția coeficienților de cerere, conform relației:

$$k'_{ck} = k_{ck} + \frac{1 - k_{ck}}{k_a}$$

Rezultă:

$$k'_{c1} = k_{c1} + \frac{1 - k_{c1}}{k_a} = 0,14 + \frac{1 - 0,14}{7,3} = 0,257$$

$$k'_{c2} = k_{c2} + \frac{1 - k_{c2}}{k_a} = 0,6 + \frac{1 - 0,6}{7,3} = 0,654$$

$$k'_{c3} = k_{c3} + \frac{1 - k_{c3}}{k_a} = 0,75 + \frac{1 - 0,75}{7,3} = 0,784$$

$$k'_{c4} = k_{c4} + \frac{1 - k_{c4}}{k_a} = 0,1 + \frac{1 - 0,1}{7,3} = 0,223$$

$$k'_{c5} = k_{c5} + \frac{1 - k_{c5}}{k_a} = 0,85 + \frac{1 - 0,85}{7,3} = 0,8705$$

$$k'_{c6} = k_{c6} + \frac{1 - k_{c6}}{k_a} = 0,9 + \frac{1 - 0,9}{7,3} = 0,9137$$

2.9. În coloana (9) a tabelului 2.1, se trec valorile  $\tan \varphi_{ck}$ , extrase din tabelul 2.2, odată cu perechea de mărimi ( $k_{ck}$ ,  $\cos \varphi_{ck}$ ). Dacă valoarea  $\tan \varphi_{ck}$  nu este dată în tabelul 2.2, atunci această mărime se calculează cu una dintre expresiile următoare:

$$\tan \varphi_{ck} = \sqrt{\frac{1}{(\cos \varphi_c)^2} - 1} = \tan(\arccos \varphi_c) = \tan(\cos^{-1} \varphi_c)$$

$$\tan \varphi_{c6} = \sqrt{\frac{1}{(0,9^2)} - 1} = \sqrt{\frac{1}{0,9^2} - 1} = 0,484$$

2.10. Puterile activă  $P_{cu}$  (coloana 10, tabel 2.1), reactivă  $Q_{cu}$  (coloana 11, tabel 2.1) și aparentă  $S_{cu}$  (coloana 12, tabel 2.1), cerute de fiecare utilaj, receptor individual sau instalație de iluminat; se determină cu relațiile următoare:

$$P_{cu} = k'_{ck} \cdot P_{iu} \quad [\text{kW}]$$

$$Q_{cu} = P_{cu} \cdot \tan \varphi_{ck} \quad [\text{kvar}]$$

$$S_{cu} = \sqrt{P_{cu}^2 + Q_{cu}^2} \quad [\text{kVA}]$$

Rezultă puterile active:

$$P_{cu\ RU200} = k'_{c1} \cdot P_{i\ RU200} = 0,257 \cdot 4,539 = 1,1702 \quad [\text{kW}]$$

$$P_{cu\ FU-1} = k'_{c1} \cdot P_{i\ FU-1} = 0,257 \cdot 6,818 = 2,062 \quad [\text{kW}]$$

$$P_{cu\ G\ 40} = k'_{c1} \cdot P_{i\ G\ 40} = 0,257 \cdot 3,468 = 3,351 \quad [\text{kW}]$$

$$P_{cu\ EC} = k'_{c2} \cdot P_{i\ EC} = 0,654 \cdot 36 = 23,572 \quad [\text{kW}]$$

$$P_{cu\ EV} = k'_{c3} \cdot P_{i\ EV} = 0,784 \cdot 5,5 = 4,313 \quad [\text{kW}]$$

$$P_{cu\ X} = k'_{c4} \cdot P_{i\ X} = 0,223 \cdot 2 = 0,446 \quad [\text{kW}]$$

$$P_{cu\ EL1} = k'_{c5} \cdot P_{i\ EL1} = 0,8705 \cdot 5,544 = 4,826 \quad [\text{kW}]$$

$$P_{cu\ EL2} = k'_{c6} \cdot P_{i\ EL2} = 0,9137 \cdot 1,186 = 1,084 \quad [\text{kW}]$$

Puterile reactive:

$$\begin{aligned}
 Q_{cu\ RU200} &= P_{cu\ RU200} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{c1} = 1,1702 \cdot 1,732 = 2,0268 \quad [\text{kvar}] \\
 Q_{cu\ FU-1} &= P_{cu\ FU-1} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{c1} = 2,062 \cdot 1,732 = 3,5722 \quad [\text{kvar}] \\
 Q_{cu\ G\ 40} &= P_{cu\ G\ 40} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{c1} = 3,351 \cdot 1,732 = 5,804 \quad [\text{kvar}] \\
 Q_{cu\ EC} &= P_{cu\ EC} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{c2} = 23,572 \cdot 0,329 = 7,755 \quad [\text{kvar}] \\
 Q_{cu\ EV} &= P_{cu\ EV} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{c3} = 4,313 \cdot 0,75 = 3,235 \quad [\text{kvar}] \\
 Q_{cu\ X} &= P_{cu\ X} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{c4} = 0,446 \cdot 1,985 = 0,886 \quad [\text{kvar}] \\
 Q_{cu\ EL1} &= P_{cu\ EL1} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{c5} = 4,826 \cdot 0,484 = 2,335 \quad [\text{kvar}] \\
 Q_{cu\ EL2} &= P_{cu\ EL2} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{c6} = 1,084 \cdot 0,484 = 0,524 \quad [\text{kvar}]
 \end{aligned}$$

Și puterile aparente:

$$\begin{aligned}
 S_{cu\ RU200} &= \sqrt{P_{cu\ RU200}^2 + Q_{cu\ RU200}^2} = \sqrt{1,1702^2 + 2,0268^2} = 2,340 \quad [\text{kVA}] \\
 S_{cu\ FU-1} &= \sqrt{P_{cu\ FU-1}^2 + Q_{cu\ FU-1}^2} = \sqrt{2,062^2 + 3,5722^2} = 4,124 \quad [\text{kVA}] \\
 S_{cu\ G\ 40} &= \sqrt{P_{cu\ G\ 40}^2 + Q_{cu\ G\ 40}^2} = \sqrt{3,351^2 + 5,804^2} = 6,702 \quad [\text{kVA}] \\
 S_{cu\ EC} &= \sqrt{P_{cu\ EC}^2 + Q_{cu\ EC}^2} = \sqrt{23,572^2 + 7,755^2} = 24,815 \quad [\text{kVA}] \\
 S_{cu\ EV} &= \sqrt{P_{cu\ EV}^2 + Q_{cu\ EV}^2} = \sqrt{4,313^2 + 3,235^2} = 5,391 \quad [\text{kVA}] \\
 S_{cu\ X} &= \sqrt{P_{cu\ X}^2 + Q_{cu\ X}^2} = \sqrt{0,446^2 + 0,886^2} = 0,992 \quad [\text{kVA}] \\
 S_{cu\ EL1} &= \sqrt{P_{cu\ EL1}^2 + Q_{cu\ EL1}^2} = \sqrt{4,826^2 + 2,335^2} = 5,361 \quad [\text{kVA}] \\
 S_{cu\ EL2} &= \sqrt{P_{cu\ EL2}^2 + Q_{cu\ EL2}^2} = \sqrt{1,084^2 + 0,524^2} = 1,204 \quad [\text{kVA}]
 \end{aligned}$$

2.11. Puterile cerute totale, pe categorii, activă  $P_{ck}$  (coloana 13, tabel 2.1) sau reactivă  $Q_{ck}$  (coloana 14, tabel 2.1), se calculează pe baza puterii instalate totale, pe fiecare categorie  $P_{ik}$ , cu următoarele relații:

$$\begin{aligned}
 P_{ck} &= k'_{ck} \cdot P_{ik} \quad [\text{kW}] \\
 Q_{ck} &= P_{ck} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{ck} \quad [\text{kvar}]
 \end{aligned}$$

Rezultă puterile active cerute totale, pe categorii:

$$\begin{aligned}
 P_{c1} &= k'_{c1} \cdot P_{i1} = 0,257 \cdot 145,02 = 37,387 \quad [\text{kW}] \\
 P_{c2} &= k'_{c2} \cdot P_{i2} = 0,654 \cdot 72 = 47,145 \quad [\text{kW}] \\
 P_{c3} &= k'_{c3} \cdot P_{i3} = 0,784 \cdot 27,5 = 21,566 \quad [\text{kW}] \\
 P_{c4} &= k'_{c4} \cdot P_{i4} = 0,223 \cdot 16 = 3,572 \quad [\text{kW}] \\
 P_{c5} &= k'_{c5} \cdot P_{i5} = 0,870 \cdot 5,544 = 4,826 \quad [\text{kW}] \\
 P_{c6} &= k'_{c6} \cdot P_{i6} = 0,913 \cdot 1,186 = 1,084 \quad [\text{kW}]
 \end{aligned}$$

și puterile reactive cerute totale, pe categorii:

$$\begin{aligned}
Q_{c1} &= P_{c1} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{c1} = 37,387 \cdot 1,732 = 64,755 \quad [\text{kvar}] \\
Q_{c2} &= P_{c2} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{c2} = 47,145 \cdot 0,329 = 15,510 \quad [\text{kvar}] \\
Q_{c3} &= P_{c3} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{c3} = 21,566 \cdot 0,75 = 16,175 \quad [\text{kvar}] \\
Q_{c4} &= P_{c4} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{c4} = 3,572 \cdot 1,985 = 7,091 \quad [\text{kvar}] \\
Q_{c5} &= P_{c5} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{c5} = 4,826 \cdot 0,488 = 2,335 \quad [\text{kvar}] \\
Q_{c6} &= P_{c6} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{c6} = 1,084 \cdot 0,488 = 0,524 \quad [\text{kvar}]
\end{aligned}$$

2.12. Prin însumarea valorilor puterilor active cerute, pe categorii de receptoare  $P_{ck}$ , se determină puterea activă cerută, totală, de către consumator  $P_c$ , conform relației:

$$P_c = \sum_{k=1}^m P_{ck} \quad [\text{kW}]$$

Se procedează similar și pentru puterea reactivă cerută, totală, de către consumator  $Q_c$ :

$$Q_c = \sum_{k=1}^m Q_{ck} \quad [\text{kvar}]$$

Rezultă:

$$\begin{aligned}
P_c &= P_{c1} + P_{c2} + P_{c3} + P_{c4} + P_{c5} + P_{c6} \\
&= 37,387 + 47,145 + 21,566 + 3,572 + 4,826 + 1,084 = 115,582 \quad [\text{kW}]
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Q_c &= Q_{c1} + Q_{c2} + Q_{c3} + Q_{c4} + Q_{c5} + Q_{c6} = \\
&= 64,755 + 15,510 + 16,175 + 7,091 + 2,335 + 0,524 = 106,393 \quad [\text{kvar}]
\end{aligned}$$

2.13. Puterea aparentă totală a consumatorului se calculează cu relația:

$$S_c = \sqrt{P_c^2 + Q_c^2} \quad [\text{kVA}]$$

$$S_c = \sqrt{115,582^2 + 106,393^2} = 157,095 \quad [\text{kVA}]$$

2.14. Se determină indicatorii energetici, cu caracter global, ai consumatorului:

- coeficientul mediu de cerere, dat de raportul dintre puterile activă, cerută, totală  $P_c$  și instalată, activă, totală  $P_{it}$  ale consumatorului:

$$k_{c\text{med}} = \frac{P_c}{P_{it}} = \frac{115,582}{267,250} = 0,432$$

- factorul de putere neutral (mediu), dat de relația:

$$\cos \varphi_{nat} = \frac{P_c}{S_c} = \frac{115,582}{157,095} = 0,73$$

**Calculul puterilor cerute la nivel de utilaj, categorii de receptoare și  
a întregului consumator de calcul**

*n=105 ; n'=28 ; k<sub>a</sub>= 7,3 Tabelul 2*

Nr. crt.	Categorie de receptoare	Denumire utilaj sau receptor	P <sub>iu</sub> ,	n <sub>u</sub> ,	P <sub>ik</sub> ,	k <sub>ck</sub>	cosφ <sub>ck</sub>	k' <sub>ck</sub>	tgφ <sub>ck</sub>	P <sub>cu</sub> ,	Q <sub>cu</sub> ,	S <sub>cu</sub> ,	P <sub>ck</sub> ,	Q <sub>ck</sub> ,
			kW	buc.	kW					kW	kvar	kVA	kW	kvar
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Mu cu regim normal de functionare	Ru 200	4,5391	10	145,02	0,14	0,5	0,2578	1,732	1,1702	2,0268	2,34038309	37,3874	64,7550
		Fu - 1	6,8175	8						2,0625	3,5722	4,12484076		
		G40	3,4684	13						3,3515	5,8048	6,70286623		
2	Cuptor cu rezistoare	EC	36	2	72	0,6	0,95	0,6548	0,329	23,5726	7,7554	24,8155922	47,1452	15,5108
3	Ventilatoare	EV	5,5	5	27,5	0,75	0,8	0,7842	0,75	4,3134	3,2350	5,39169521	21,5668	16,1751
4	Unelte electrice portabile	X	2	8	16	0,1	0,45	0,2233	1,985	0,4466	0,8865	0,99258591	3,5726	7,0916
5	Iluminat int.	EL1	5,544	1	5,544	0,85	0,9	0,8705	0,484	4,8263	2,3359	5,3618979	4,8263	2,3359
6	Iluminat ext.	EL2	1,1867	1	1,1867	0,9	0,9	0,9137	0,484	1,0843	0,5248	1,20461021	1,0843	0,5248
(7) P <sub>ii</sub> =267,25kW													Total P <sub>c</sub> = 115,582	Q <sub>c</sub> =106,393

$$S_c = \sqrt{P_c^2 + Q_c^2} = 157.095 \text{ kVA};$$

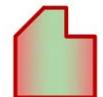
**Coeficientul mediu de cerere:**  $k_{cmed} = \frac{P_c}{P_i} = 0,432$ ; **factorul de putere natural (mediu):**  $\cos \varphi_{nat} = \frac{P_c}{S_c} = 0,73$

### 3. Planul de amplasamente

- 3.1.Pentru realizarea Planului de Amplasamente se utilizează mediul grafic Autocad.
- 3.2.După lansarea Autocad, după deschiderea unui proiect nou, se realizează setările inițiale, corespunzătoare unităților de măsură pentru distanțe și unghiuri și se stabilește formatul de desenare A3, în poziție orizontală, cu dimensiunile 420x297 mm.
- 3.3.Se reprezintă la scară, elementele constructive principale:
- pereții halei;
  - ferestrele prevăzute în structura pereților;
  - ușile de acces.
- 3.4.Se reprezintă și se amplasează în spațiul util al halei, toate elementele componente ale utilajului tehnologic, care pot fi utilaje propriu-zise sau receptoare individuale.  
Se alocă fiecărui receptor individual sau utilaj o reprezentare grafică și un identificator alfanumeric:



ER1 ÷ ER10 Mașină de rectificat RU 200,  $P_i = 4,539 \text{ kW}$



EU1 ÷ EU8 Mașină de frezat universal FU-1,  $P_i = 6,818 \text{ kW}$



EG1 ÷ EG13 Mașină de găurit G40,  $P_i = 3,468 \text{ kW}$



EC1, EC2 Cuptor cu rezistoare,  $P_i = 36 \text{ kW}$



EV1 ÷ EV5 Ventilator,  $P_i = 5,5 \text{ kW}$



X1 ÷ X8 Priză trifazată cu contact de protecție,  $I_n = 16 \text{ A}$

În desenul realizat se pot identifica toate elementele componente de tip utilaje și receptoare, care fac parte din secția de Prelucrări mecanice.

- 3.5.Se realizează indicatorul specific documentației desenate din domeniul instalațiilor electrice.

## 4. Postul de transformare

4.1. Coeficientul de umplere sau aplatizare, reprezentând coeficientul de utilizare  $K_{PM}$  a puterii maxime, din curba de sarcină zilnică, este utilizat pentru a defini suprasarcinile admisibile ale transformatoarelor, în concordanță cu regula celor 3%. Valoarea lui  $K_{PM}$  se allege din tabelul 4.1.

Coeficientul de utilizare  $K_{PM}$  a puterii active maxime, din curba de sarcină zilnică  
Tabelul 4.1

Felul consumatorului	$K_{PM}$
Combinat siderurgic	0,932
Fabrică de ciment	0,809
Fabrică de mobilă	0,689; 0,861*
Fabrică de tricotaj	0,730; 0,862*
Fabrică de zahăr	0,886
Iluminatul exterior	0,290 ÷ 0,400
Iluminatul interior	0,170 ÷ 0,290
Întreprindere chimică	0,861
Întreprindere de colectarea și prelucrarea laptelui	0,800
Întreprindere de industrializarea cărnii	0,623
Întreprindere industrială lucrând:	
-într-un singur schimb	0,230 ÷ 0,337
-în două schimburi	0,400 ÷ 0,570
-în trei schimburi	0,570 ÷ 0,834; 0,962*
Întreprindere metalurgică prelucrătoare	0,564; 0,595*
Întreprindere minieră	0,902; 0,889*
Turnătorie	0,558

\*Valorile corespund după aplicarea măsurilor de reducere a puterii, în orele de vârf.

Astfel se consideră că pentru o întreprindere industrială lucrând în două schimburi:

$$K_{PM} = 0,45$$

4.2. Suprasarcinile care pot fi admise în baza regulii celor  $p\%$ , legate de variația sarcinii după curba de sarcină anuală, se definesc în funcție de raportul dintre puterile maxime vara și iarna  $P_{Mv}/P_{Mi}$ . În lipsa unor date concrete, pot fi utilizate orientativ, următoarele valori pentru acest raport:

$$\frac{P_{Mv}}{P_{Mi}} \in [0,75 \dots 0,85], \text{ pentru întreprinderi lucrând într-unul sau două schimburi}$$

$$\frac{P_{Mv}}{P_{Mi}} \in [0,85 \dots 0,90], \text{ pentru întreprinderi lucrând în trei schimburi}$$

Se alege raportul  $P_{Mv}/P_{Mi}$  pentru o întreprindere lucrând în două schimburi:

$$\frac{P_{Mv}}{P_{Mi}} = 0,8$$

4.3. Puterea activă, de calcul, pentru PT, care ține seama de faptul că puterea maximă, la care sunt solicitate transformatoarele de putere din PT să fie suportată în regim de suprasarcină admisă, este dată de relația:

$$P_{PT} = P_{Mi} \cdot \frac{1 + \frac{P_{Mv}}{P_{Mi}}}{2 + 0,3 \cdot (1 - K_{PM})}$$

în care puterea maximă iarna se consideră egală cu puterea active, cerută, totală:

$$P_{Mi} = P_c$$

Rezultă:

$$P_{Mi} = P_c = 115,582 \quad [\text{kW}]$$

$$P_{PT} = P_{Mi} \cdot \frac{1 + \frac{P_{Mv}}{P_{Mi}}}{2 + 0,3 \cdot (1 - K_{PM})} = 84,821 \cdot \frac{1 + 0,8}{2 + 0,3 \cdot (1 - 0,45)} = 96,096 \quad [\text{kW}]$$

În același timp, puterea activă PT trebuie să corespundă valorilor maxim admise pentru capacitatea totală de suprasarcină, astfel că se impune condiția suplimentară:

$$P_{PT} \geq \frac{P_c}{1 + \alpha_M}$$

Având în vedere că transformatoarele sunt instalate în interior, rezultă  $\alpha_M = 0,2$ .

$$P_{PT} \geq \frac{115,582}{1 + 0,2} \Rightarrow P_{PT} \geq 96,318 \quad [\text{kW}]$$

Valoarea lui  $P_{PT}$  de 96,318 kW fiind mai mare decât 96,096 kW, se va utiliza în continuare această valoare pentru  $P_{PT}$ :

$$P_{PT} = 96,318 \quad [\text{kW}]$$

4.4.Puterea aparentă, de calcul, pentru PT se determină cu relația:

$$S_{PT} = \frac{P_{PT}}{\cos \varphi_{nat}} = \frac{96,318}{0,724} = 131,045 \quad [\text{kVA}]$$

4.5.Pentru cazul în care consumatorul este alcătuit din receptoare a căror nealimentare conduce numai la nerealizări de producție, care pot fi recuperate (de categoria a II-a, din punct de vedere al continuității în alimentare), condițiile de determinare a transformatoarelor din PT, sunt după cum urmează:

$$n_T = 2$$

$$S_{Tn} \geq \frac{S_{PT}}{2}$$

Rezultă:

$$S_{Tn} \geq \frac{131,045}{2} \Rightarrow S_{Tn} \geq 65,523 \quad [\text{kVA}]$$

4.6.Utilizând tabelul 4.2, se alege următorul tip de transformator pentru PT al consumatorului considerat:

Caracteristicile tehnice ale transformatoarelor de putere pentru PT,  
din fabricația Electroputere-Craiova, la 50Hz, 20/0,4 kV

Tabelul 4.2

Puterea nominală $S_{Tn}$ , kVA	Tipul	Pierderi nominale, kW		$i_o$ , %	$u_{sc}$ , %	Masa totală, kg
		$\Delta P_0$	$\Delta P_{sc}$			
40	Transformatoare trifazate, imersate în hexafluorură	0,185	0,985	3	6	550
63		0,25	1,35	2,9	6	675
100	Transformatoare trifazate de putere	0,32	1,75	2,5	6	825
						1600
160	Transformatoare trifazate, imersate în hexafluorură	0,46	2,35	2,2	6	1150
				2,2	6	1700
250	Transformatoare trifazate, imersate în hexafluorură	0,65	3,25	2,1	6	1150
				2,1	6	1900
400	Transformatoare trifazate de putere	0,93	4,6	2,1	6	2400
630		1,30	6,5	2,1	6	3200
1000		1,70	10,5	2,1	6	3800
1600		2,20	13,6	2,1	6	5500
2500		3,80	24,0	2,1	6	7000

Se alege:

$$S_{Tn} = 63 \quad [\text{kVA}]$$

4.7.Utilizând Planul de Amplasamente al receptoarelor de forță, se completează tabelul 4.3 cu puterile aparente, cerute  $S_{cu}$ , ale utilajelor și receptoarelor.

4.8.Numărul de abscise caracteristice, distințe, se notează cu  $n_x$ , acesta fiind egal cu numărul de coloane ale tabelului 4.3, iar numărul de ordonate caracteristice, distințe este  $n_y$ , acesta corespunzând numărului de linii ale tabelului respectiv.

$$n_x = 11$$

$$n_y = 11$$

4.9.Se completează căsuțele tabelului 4.3 cu puterile aparente cerute  $S_{cu}$  (coloana 12, tabel 2.1), ale utilajului sau receptorului situat la intersecția dintre abscisa caracteristică  $x_j$  și ordonata caracteristică  $y_k$  corespunzătoare. Căsuțele cărora nu le corespund niciun utilaj sau receptor, se marchează cu liniuță.

4.10. Se însumează pe verticală puterile aparente situate la aceeași abscisă caracteristică  $x_j$ , obținându-se puterile de formă  $S_{cxj}$ :

$$S_{cx1} = 2 + 5,5 + 2 = 9,5 \quad [\text{kVA}]$$

$$S_{cx2} = 4,5491 + 4,5491 + 6,817 + 4,5491 + 6,817 + 4,5491 + 4,5491 = 38,330 \quad [\text{kVA}]$$

$$S_{cx3} = 2 \quad [\text{kVA}]$$

$$S_{cx4} = 4,539 + 4,539 + 6,817 + 4,539 + 6,817 + 4,539 + 4,539 + 36 + 5,5 = 77,83 \text{ [kVA]}$$

$$S_{cx5} = 0 \text{ [kVA]}$$

$$S_{cx6} = 0 \text{ [kVA]}$$

$$S_{cx7} = 6,817 + 6,817 + 3,468 + 3,468 + 3,468 = 24,04 \text{ [kVA]}$$

$$S_{cx8} = 3,468 + 3,468 + 3,468 + 3,468 + 36 + 5,5 = 55,373 \text{ [kVA]}$$

$$S_{cx9} = 2 + 6,817 + 6,817 + 3,468 + 3,468 + 3,468 = 26,04 \text{ [kVA]}$$

$$S_{cx10} = 3,468 + 3,468 + 3,468 + 2 = 12,405 \text{ [kVA]}$$

$$S_{cx11} = 2 + 2 + 5,5 + 5,5 = 15 \text{ [kVA]}$$

Se procedează similar pe orizontală, determinându-se puterile aparente totale  $S_{cyk}$ , de la ordonata caracteristică  $y_k$ , care se trec în căsuțele corespunzătoare de pe ultima coloană a tabelului:

$$S_{cy1} = 2 \cdot 2 + 5,5 \cdot 2 = 15 \text{ [kVA]}$$

$$S_{cy2} = 36 \cdot 2 = 72 \text{ [kVA]}$$

$$S_{cy3} = 4,539 \cdot 2 + 3,468 \cdot 4 = 22,951 \text{ [kVA]}$$

$$S_{cy4} = 2 \cdot 2 + 4,539 \cdot 2 + 3,468 \cdot 4 = 26,951 \text{ [kVA]}$$

$$S_{cy5} = 6,817 \cdot 2 + 3,468 \cdot 4 = 27,508 \text{ [kVA]}$$

$$S_{cy6} = 5,5 \cdot 2 + 4,539 \cdot 2 + 3,468 = 23,546 \text{ [kVA]}$$

$$S_{cy7} = 2 \cdot 2 + 6,817 \cdot 4 = 31,27 \text{ [kVA]}$$

$$S_{cy8} = 4,539 \cdot 2 + 5,5 = 14,578 \text{ [kVA]}$$

$$S_{cy9} = 4,539 \cdot 2 + 6,817 \cdot 2 = 22,713 \text{ [kVA]}$$

$$S_{cy10} = 0 \text{ [kVA]}$$

$$S_{cy11} = 2 + 2 = 4 \text{ [kVA]}$$

4.11. Se calculează suma scalară, totală, a puterilor aparente, atât după abscisele caracteristice  $x_j$ , cât și după ordonatele caracteristice  $y_k$ :

$$\sum_{k=1}^{n_y} S_{cxj} = 9,5 + 38,330 + 2 + 77,830 + 24,040 + 55,3743 + 26,04 + 12,405 + 15 \\ = 260,52 \text{ [kVA]}$$

$$\sum_{j=1}^{n_x} S_{cyk} = 4 + 22,713 + 14,578 + 31,27 + 23,5466 + 27,508 + 26,951 + 22,951 + 72 \\ + 15 = 260,52 \text{ [kVA]}$$

Se observă, prin identitatea rezultatului, corectitudinea calculelor de determinare a sumelor  $S_{cxj}$  și  $S_{cyk}$ .

4.12. Se calculează coordonatele centrului de sarcină echivalentă:

- abscisa  $x_c$  a centrului de sarcină echivalentă este dată de relația:

$$x_c = \frac{\sum_{j=1}^{n_x} S_{cxj} \cdot x_j}{\sum_{j=1}^{n_x} S_{cxj}} = \\ = \frac{9,5 \cdot 0 + 38,33 \cdot 24 + 2 \cdot 48 + 77,83 \cdot 72 + 0 \cdot 98 + 0 \cdot 120}{250,115} \\ + \frac{24,04 \cdot 144 + 55,373 \cdot 168 + 26,04 \cdot 192 + 12,405 \cdot 216 + 15 \cdot 240}{260,52}$$

$$x_c = 11,77 \quad [\text{m}]$$

- ordonata  $y_c$  a centrului de sarcină echivalentă este dată de relația:

$$y_c = \frac{\sum_{k=1}^{n_y} S_{cyk} \cdot y_k}{\sum_{k=1}^{n_y} S_{cyk}} = \\ = \frac{15 \cdot 0 + 72 \cdot 21 + 22,951 \cdot 42 + 26,951 \cdot 63 + 27,508 \cdot 84 + 23,546 \cdot 105 + 31,27 \cdot 126 + 14,578 \cdot 147}{114,396} \\ + \frac{22,713 \cdot 168 + 0 \cdot 189 + 4 \cdot 210}{260,52}$$

$$y_c = 7,56 \quad [\text{m}]$$

4.13. Se definitivază poziția PT, ținându-se cont că nu este prevăzută amplasarea PT în interiorul halei, acesta poziționându-se în punctul cel mai apropiat de punctul  $C(x_c, y_c)$ . Astfel, PT se va amplasa la coordonatele:

$$x_{PT} = 12 \quad [\text{m}]$$

$$y_{PT} = 0 \quad [\text{m}]$$

adică în afara halei, în partea sudică, la stânga ușii din față.

4.14. Pentru definirea regimului de funcționare economică, în paralel, a transformatoarelor din PT, se determină mărimea de calcul  $S_{T0}$ :

$$S_{T0} = S_{Tn} \cdot \sqrt{\frac{\Delta P_0 + \mu_e \cdot S_{Tn} \cdot \left(\frac{i_0}{100}\right)}{\Delta P_{sc} + \mu_e \cdot S_{Tn} \cdot \left(\frac{u_{sc}}{100}\right)}} \quad [\text{kVA}]$$

în raport cu care se exprimă și se identifică mai ușor sarcinile limită, pentru funcționarea economică a PT, echipate cu două sau trei unități de transformator, identice. În relația anterioară,  $\mu_e$  reprezintă echivalentul energetic al puterii reactive, la bara de racordare a transformatorului ( $\mu_{emed} = 0,03 \text{ kW/kvar}$ ).

Rezultă:

$$S_{T0} = 63 \cdot \sqrt{\frac{0,25 + 0,03 \cdot 63 \cdot \left(\frac{2,9}{100}\right)}{1,35 + 0,03 \cdot 63 \cdot \left(\frac{6}{100}\right)}} = 28,75 \quad [\text{kVA}]$$

4.15. Se determină sarcina limită, pentru trecerea de la funcționarea cu un transformator, la cea a funcționării cu două transformatoare în paralel, sau invers:

$$S_l(1,2) = S_{T0} \cdot \sqrt{2} = 28,75 \cdot \sqrt{2} = 40,65 \quad [\text{kVA}]$$

Tabelul 4.3. Puteri aparente cerute la coordonatele caracteristice ale consumatorului și determinarea centrului de sarcină echivalentă

**Puteri aparente cerute la coordonatele caracteristice ale consumatorului  
și determinarea centrului de sarcină echivalentă**

Tabelul 3

Coordonatele utilajelor sau receptoarelor		Abscisele caracteristice, m											Puteri aparente cerute $S_{cyk}$ la ordonatele caracteristice, kVA	
		$j=1$	$j=2$	$j=3$	$j=4$	$j=5$	$j=6$	$j=7$	$j=8$	$j=9$	$j=10$	$j=11$		
		$x_1=0$	$x_2=2,4$	$x_3=4,8$	$x_4=7,2$	$x_5=9,8$	$x_6=12$	$x_7=14,4$	$x_8=16,8$	$x_9=19,2$	$x_{10}=21,6$	$x_{11}=24$		
Ordonatele caracteristice, m	$k=11$	$y_{10}=21$	-	-	2	-	-	-	-	2	-	-	4	
	$k=10$	$y_9=18,9$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	
	$k=9$	$y_8=16,8$	-	4,5391	-	4,5391	-	-	6,8175	-	6,8175	-	22,7132	
	$k=8$	$y_7=14,7$	-	4,5391	-	4,5391	-	-	-	-	-	-	14,5782	
	$k=7$	$y_6=12,6$	2	6,8175	-	6,8175	-	-	6,8175	-	6,8175	-	31,27	
	$k=6$	$y_5=10,5$	5,5	4,5391	-	4,5391	-	-	-	-	-	-	23,5466	
	$k=5$	$y_4=8,4$	-	6,8175	-	6,8175	-	-	3,4684	3,4684	3,4684	3,4684	-	
	$k=4$	$y_3=6,3$	2	4,5391	-	4,5391	-	-	3,4684	3,4684	3,4684	3,4684	2	
	$k=3$	$y_2=4,2$	-	4,5391	-	4,5391	-	-	3,4684	-	3,4684	-	22,9518	
	$k=2$	$y_1=2,1$	-	-	-	36	-	-	-	36	-	-	72	
	$k=1$	$y_1=0$	-	2	-	5,5	-	-	-	5,5	-	2	-	
Puteri aparente cerute $S_{cxj}$ la abscisele caracteristice, kVA		9,5	38,3305	2	77,8305	0	0	24,0402	55,3736	26,0402	12,4052	15	$\sum_{j=1}^{n_x} S_{cxj} = \sum_{k=1}^{n_y} S_{cyk} = 260,5202$	

$$x_C = \frac{\sum_{j=1}^{n_x} S_{cxj} \cdot x_j}{\sum_{j=1}^{n_x} S_{cxj}} = 11,701 \text{ m}; \quad y_C = \frac{\sum_{k=1}^{n_y} S_{cyk} \cdot y_k}{\sum_{k=1}^{n_y} S_{cyk}} = 7,56 \text{ m.}$$

## 5. Dimensionarea circuitelor de receptor

- 5.1.1 Mărimele de calcul se trec în tabelul 5.1, în succesiunea logică a determinării acestora. Primele mărimi care se trec în tabel sunt cele caracteristice receptoarelor, preluate din tabelul 1.1: puterea nominală  $P_n$  și turația de sincronism (în cazul MA), iar randamentul nominal  $\eta_n$ , factorul de putere nominal  $\cos \varphi_n$  și durata de acționare nominală  $DA_n$  – în rubricile corespunzătoare de pe liniile 1, 2 și 4.
- 5.1.2 Curentul nominal  $I_n$  se calculează pe baza datelor nominale ale receptoarelor, după cum urmează:
- pentru MA cu rotorul în colivie sau orice alte receptoare la care puterea activă, nominală  $P_n$  are semnificația de putere utilă (exprimată în W, dacă tensiunea se consideră în V):

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \eta_n \cdot \cos \varphi_n} \quad [A]$$

- pentru receptoare la care puterea activă, nominală  $P_n$  are semnificația de putere electrică absorbită:

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi_n} \quad [A]$$

- dacă se cunoaște puterea aparentă, nominală  $S_n$  (exprimată în VA, dacă tensiunea este în V):

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_n} \quad [A]$$

Rezultă curenții nominali, calculați pentru fiecare receptor:

$$I_{n(coloana\ 4)} = \frac{4000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,82 \cdot 0,82} = 8,58 \quad [A]$$

$$I_{n(coloana\ 5)} = \frac{750}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,71 \cdot 0,7} = 2,178 \quad [A]$$

$$I_{n(coloana\ 6)} = \frac{1100}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,73 \cdot 0,78} = 2,788 \quad [A]$$

$$I_{n(coloana\ 7)} = \frac{370}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,65 \cdot 0,74} = 1,11 \quad [A]$$

$$I_{n(coloana\ 8)} = \frac{7500}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,86 \cdot 0,84} = 14,985 \quad [A]$$

$$I_{n(coloana\ 9)} = \frac{2200}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,79 \cdot 0,8} = 5,024 \quad [A]$$

$$I_{n(coloana\ 10)} = \frac{370}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,66 \cdot 0,79} = 1,02 \quad [A]$$

$$I_{n(coloana\ 11)} = \frac{4000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 1 \cdot 0,98} = 53,022 \quad [A]$$

$$I_{n(coloana\ 12)} = \frac{370}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,84 \cdot 0,83} = 11,386 \quad [A]$$

$$I_n \text{ (coloana 13)} = \frac{36000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,82 \cdot 0,86} = 8,187 \quad [\text{A}]$$

5.1.3 Curentul cerut  $I_c$  se calculează cu ajutorul relației:

$$I_c = I_n \cdot \sqrt{DA_n} \quad [\text{A}]$$

Rezultă curenții ceruți, calculați pentru fiecare receptor:

$$I_c \text{ (coloana 4)} = 8,59 \cdot \sqrt{0,6} = 6,65 \quad [\text{A}]$$

$$I_c \text{ (coloana 5)} = 2,178 \cdot \sqrt{0,25} = 1,089 \quad [\text{A}]$$

$$I_c \text{ (coloana 6)} = 2,78 \cdot \sqrt{0,4} = 1,764 \quad [\text{A}]$$

$$I_c \text{ (coloana 7)} = 1,11 \cdot \sqrt{1} = 1,11 \quad [\text{A}]$$

$$I_c \text{ (coloana 8)} = 14,985 \cdot \sqrt{0,4} = 9,477 \quad [\text{A}]$$

$$I_c \text{ (coloana 9)} = 5,024 \cdot \sqrt{0,6} = 3,89 \quad [\text{A}]$$

$$I_c \text{ (coloana 10)} = 1,02 \cdot \sqrt{1} = 1,02 \quad [\text{A}]$$

$$I_c \text{ (coloana 11)} = 53,022 \cdot \sqrt{1} = 53,022 \quad [\text{A}]$$

$$I_c \text{ (coloana 12)} = 11,386 \cdot \sqrt{1} = 11,386 \quad [\text{A}]$$

$$I_c \text{ (coloana 13)} = 8,187 \cdot \sqrt{0,25} = 4,094 \quad [\text{A}]$$

5.1.4 Curentul de pornire prin conectare directă  $I_p$  se calculează pe baza curentului nominal  $I_n$  și a curentului relativ de pornire (conectare)  $\lambda$ , cu relația:

$$I_p = \lambda \cdot I_n \quad [\text{A}]$$

Rezultă curenții de pornire, calculați pentru fiecare receptor:

$$I_p \text{ (coloana 4)} = 6,5 \cdot 8,58 = 55,81 \quad [\text{A}]$$

$$I_p \text{ (coloana 5)} = 4,5 \cdot 2,178 = 9,801 \quad [\text{A}]$$

$$I_p \text{ (coloana 6)} = 6 \cdot 2,788 = 16,73 \quad [\text{A}]$$

$$I_p \text{ (coloana 7)} = 4,5 \cdot 1,11 = 4,99 \quad [\text{A}]$$

$$I_p \text{ (coloana 8)} = 6,5 \cdot 14,985 = 97,403 \quad [\text{A}]$$

$$I_p \text{ (coloana 9)} = 6,5 \cdot 5,024 = 32,65 \quad [\text{A}]$$

$$I_p \text{ (coloana 10)} = 5,5 \cdot 1,02 = 5,63 \quad [\text{A}]$$

$$I_p \text{ (coloana 11)} = 1,4 \cdot 53,022 = 74,231 \quad [\text{A}]$$

$$I_p \text{ (coloana 12)} = 6,5 \cdot 11,386 = 74,011 \quad [\text{A}]$$

$$I_p \text{ (coloana 13)} = 7 \cdot 8,187 = 57,309 \quad [\text{A}]$$

5.1.5 Pentru motoarele și orice alt tip de receptor care poate fi cuplat direct la rețea, nu se calculează un curent de pornire cu mijloace speciale. În schimb, pentru receptoarele care urmează să fie pornite cu mijloace special, care reduc curentul

relativ de pornire de la valoarea  $\lambda$ , la valoarea  $\lambda'$ , valorile curentului real de pornire se calculează cu relația:

$$I'_p = \lambda' \cdot I_n \quad [\text{A}]$$

### 5.2.1 Protecția la suprasarcină cu releu termic

5.2.2 Curentul de serviciu  $I_{st}$  al releului termic reprezintă curentul nominal al elementului sensibil, acesta fiind diferit de curentul nominal  $I_n$  al releului, care este curentul nominal al căilor de curent, care-l traversează. Tipurile și caracteristicile tehnice ale releeelor termice fabricate în România (“Contactoare” Buzău) sunt prezentate în tabelul 5.2:

Tabelul 5.2. Tipurile și caracteristicile tehnice ale releeelor termice fabricate în România

Tip	$I_n$ [A]	Curentul de serviciu $I_s$ [A]	Tip protecție
TSA 10 A	10	0,4; 0,55; 0,75; 1; 1,3; 1,8; 2,4; 3,3; 4,5; 6; 8	Fără protecție antibifazică
TSA 16 A	16	0,4; 0,55; 0,75; 1; 1,3; 1,8; 2,4; 3,3; 4; 6; 8; 11; 15	Cu protecție antibifazică
TSA 32 A	32	0,4; 0,55; 0,75; 1; 1,3; 1,8; 2,4; 3,3; 4,5; 6; 8; 11; 15; 20; 25; 32	
TSA 63 A	63	40; 63	

5.2.3 Domeniul curenților de serviciu, susceptibili de a permite un reglaj adecvat, pentru protecția unui receptor, care consumă curentul cerut  $I_c$ , este dat de relația:

$$I_{st} \in \left[ \frac{1}{k_{srM}} \div \frac{1,2}{k_{srM}} \right] \frac{I_c}{k_{t^0}} \quad [\text{A}]$$

în care  $k_{srM}$  și  $k_{srM}$  reprezintă limita inferioară, respectiv superioară a domeniului de reglare, pentru curentul de reglaj  $I_{rt}$  a releului termic;  $k_t$  este coeficientul de corecție al  $I_{st}$  în funcție de temperatura mediului ambient, cu valori indicate în tabelul 5.3, pentru relee termice tip TSA.

Pentru același tip de relee termice, sunt date următoarele limite ale domeniului de reglare, pentru curentul de reglaj  $I_{rt}$  al releului termic:

$$k_{srM} = 0,6; \quad k_{srM} = 1$$

Coeficientul de corecție  $k_t$ , al curentului de serviciu  $I_{st}$ , al releeelor termice, în funcție de temperatura mediului ambiant

Tabelul 5.3

Temperatura mediului, ${}^{\circ}\text{C}$	-20	-10	0	+10	+35	+40	+45	+50
Coeficientul de corecție $k_t$	0,87	0,90	0,93	0,96	1,07	1,10	1,13	1,15

5.2.4 Identificând în tabelul 5.2 curenții de serviciu  $I_{st}$  ai releeelor termice, se procedează la alegerea uneia dintre valorile găsite, luând în considerare următoarele:

- în general, se alege cea mai mică valoare posibilă pentru  $I_{st}$ , cu condiția ca aceasta să ofere un domeniu de reglaj real, suficient pentru desensibilizarea la erori a protecției;
  - dacă cea mai mică valoare a  $I_{st}$  nu oferă un domeniu de reglare de minim 20%, atunci se alege valoarea imediat următoare.
- 5.2.5 Pentru temperatura ambiantă din hală  $t_{amb}^0 = 18 \text{ } ^\circ\text{C}$ , se determină prin interpolare, pe baza datelor din tabelul 5.3, coeficientul de corecție  $k_{t^0}$ , al curentului de serviciu  $I_{st}$ , al releeelor termice:

$$k_{t^0} = 0,96 + \frac{1,07 - 0,96}{35 - 10} \cdot (18 - 10) = 0,995$$

- 5.2.6 Se alege releul termic de tip TSA, pentru care domeniul curenților de serviciu rezultă:

$$\begin{aligned} I_{st \text{ (coloana 4)}} &\in [6,68 \div 13,36] \quad [\text{A}] \\ I_{st \text{ (coloana 5)}} &\in [1,094 \div 2,189] \quad [\text{A}] \\ I_{st \text{ (coloana 6)}} &\in [1,77 \div 3,54] \quad [\text{A}] \\ I_{st \text{ (coloana 7)}} &\in [1,11 \div 2,23] \quad [\text{A}] \\ I_{st \text{ (coloana 8)}} &\in [9,525 \div 19,05] \quad [\text{A}] \\ I_{st \text{ (coloana 9)}} &\in [3,911 \div 7,822] \quad [\text{A}] \\ I_{st \text{ (coloana 10)}} &\in [1,02 \div 2,05] \quad [\text{A}] \\ I_{st \text{ (coloana 11)}} &\in [53,288 \div 106,577] \quad [\text{A}] \\ I_{st \text{ (coloana 12)}} &\in [11,444 \div 22,887] \quad [\text{A}] \\ I_{st \text{ (coloana 13)}} &\in [4,114 \div 8,228] \quad [\text{A}] \end{aligned}$$

- 5.2.7 Se alege releul termic conform tabelului 5.2:

$$\begin{aligned} I_{st \text{ (coloana 4)}} &= \text{TSA10A}, I_{st} = 8\text{A} \\ I_{st \text{ (coloana 5)}} &= \text{TSA10A}, I_{st} = 1.3\text{A} \\ I_{st \text{ (coloana 6)}} &= \text{TSA10A}, I_{st} = 1.8\text{A} \\ I_{st \text{ (coloana 7)}} &= \text{TSA10A}, I_{st} = 1.3\text{A} \\ I_{st \text{ (coloana 8)}} &= \text{TSA16A}, I_{st} = 11\text{A} \\ I_{st \text{ (coloana 9)}} &= \text{TSA10A}, I_{st} = 4.5\text{A} \\ I_{st \text{ (coloana 10)}} &= \text{TSA10A}, I_{st} = 1.3\text{A} \\ I_{st \text{ (coloana 11)}} &= \text{TSA63A}, I_{st} = 63\text{A} \\ I_{st \text{ (coloana 12)}} &= \text{TSA32A}, I_{st} = 15\text{A} \\ I_{st \text{ (coloana 13)}} &= \text{TSA10A}, I_{st} = 4.5\text{A} \end{aligned}$$

5.2.8 Curentul de reglaj al releului termic  $I_{rt}$  trebuie să aparțină domeniului curenților de suprasarcină, care se definește și se calculează cu relația:

$$I_{rt1} \in [1 \div 1,2) \cdot I_c \quad [\text{A}]$$

Parantezele dreaptă (inclusiv), pentru limita inferioară și rotunda (exclusiv), pentru limita superioară a domeniului sugerează orientare spre a alege o valoare cât mai apropiată de limita inferioară. Această primă condiție pe care trebuie să-o respecte curentul de reglaj al releului termic mai este numită “condiția de necesitate”.

Rezultă:

$$I_{rt1 \text{ (coloana 4)}} \in [6.68 \div 13.36] \quad [\text{A}]$$

$$I_{rt1 \text{ (coloana 5)}} \in [1.094 \div 2.189] \quad [\text{A}]$$

$$I_{rt1 \text{ (coloana 6)}} \in [1.77 \div 3.54] \quad [\text{A}]$$

$$I_{rt1 \text{ (coloana 7)}} \in [1.11 \div 2.23] \quad [\text{A}]$$

$$I_{rt1 \text{ (coloana 8)}} \in [9.525 \div 19.05] \quad [\text{A}]$$

$$I_{rt1 \text{ (coloana 9)}} \in [3.911 \div 7.822] \quad [\text{A}]$$

$$I_{rt1 \text{ (coloana 10)}} \in [1.02 \div 2.05] \quad [\text{A}]$$

$$I_{rt1 \text{ (coloana 11)}} \in [53.288 \div 106.577] \quad [\text{A}]$$

$$I_{rt1 \text{ (coloana 12)}} \in [11.444 \div 22.887] \quad [\text{A}]$$

$$I_{rt1 \text{ (coloana 13)}} \in [4.114 \div 8.228] \quad [\text{A}]$$

5.2.9 În al doilea rând, curentul de reglaj al releului termic  $I_{rt}$  se stabilește prin modificarea poziției butonului de reglare al acestuia, astfel încât, cea de-a doua condiție pentru  $I_{rt}$ , care se numește “condiția de posibilitate”, se exprimă prin relația:

$$I_{rt2} \in [k_{srM} \div k_{srM}] \cdot k_{t^0} \cdot I_{st} \quad [\text{A}]$$

$$\text{unde } k_{t^0} = 0,995$$

în care valorile limitei inferioare  $k_{srM}$  și superioare  $k_{srM}$ , ale coeficientului de reglare se iau în conformitate cu datele producătorului, pentru tipul de relee termice, care urmează a fi utilizat. Prin urmare, se are în vedere, pentru coeficientul domeniului de reglare  $k_{sr}$ , o relație de forma:

$$k_{sr} \in [k_{srM} \div k_{srM}] = [0.6 \div 1]$$

Rezultă:

$$I_{rt2 \text{ (coloana 4)}} \in [0,6 \div 1] \cdot 0,995 \cdot 8 = [4.77, 5.57, 6.36, \color{red}{7.16}, 7,96] \quad [\text{A}]$$

$$I_{rt2 \text{ (coloana 5)}} \in [0.776, 0.905, 1.035, \color{red}{1.164}, 1.294] \quad [\text{A}]$$

$$I_{rt2 \text{ (coloana 6)}} \in [1.075, 1.254, 1.433, 1.611, \color{red}{1.791}] \quad [\text{A}]$$

$$I_{rt2 \text{ (coloana 7)}} \in [0.776, 0.905, 1.035, \color{red}{1.164}, 1.294] \quad [\text{A}]$$

$$I_{rt2 \text{ (coloana 8)}} \in [6.567, 7.662, 8.756, \color{red}{9.85}, 10.945] \quad [\text{A}]$$

$$I_{rt2 \text{ (coloana 9)}} \in [2.687, 3.13, 3.58, \color{red}{4.02}, 4.478] \quad [\text{A}]$$

$$I_{rt2 \text{ (coloana 10)}} \in [0.77, 0.9, 1.03, 1.16, 1.29] \text{ [A]}$$

$$I_{rt2 \text{ (coloana 11)}} \in [37.611, 43.88, 50.148, 56.417, 62.685] \text{ [A]}$$

$$I_{rt2 \text{ (coloana 12)}} \in [8.955, 10.448, 11.94, 13.433, 14.925] \text{ [A]}$$

$$I_{rt2 \text{ (coloana 13)}} \in [2.687, 3.134, 3.582, 4.03, 4.478] \text{ [A]}$$

5.2.10 Se face intersecția domeniilor de valori ale curentului de reglaj al releeui termic  $I_{rt}$ , acesta trebuind să îndeplinească ambele condiții definite de acestea, cu recomandarea de a se alege pentru  $I_{rt}$  valoarea minimă, posibilă, din domeniul de intersecție:

$$I_{rt} = \text{Min}(I_{rt1} \cap I_{rt2}) \text{ [A]}$$

În alegerea valorii curentului de reglaj  $I_{rt}$ , se recomandă utilizarea valorilor marcate pe aparat, ale coeficientului domeniului de reglare  $k_{sr}$ . Pentru releele termice tip TSA, valorile coeficientului  $k_{sr}$ , marcate pe aparat, sunt următoarele:

$$k_{sr} \in \{0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1\}$$

astfel încât se poate calcula mulțimea de valori:

$$I_{rt} \in \{(0,6 \cdot I_{st}); (0,7 \cdot I_{st}); (0,8 \cdot I_{st}); (0,9 \cdot I_{st}); (I_{st})\}$$

alegându-se valoarea minimă, care aparține domeniului definit prin relația:

$$I_{rt} = \text{Min}(I_{rt1} \cap I_{rt2}) \text{ [A]}$$

astfel că se caută care dintre valorile marcate pe relee:

$$\begin{aligned} I_{rt2 \text{ (coloana 4)}} &\in \{0,6 \cdot k_{t^0} \cdot I_{st}; 0,7 \cdot k_{t^0} \cdot I_{st}; 0,8 \cdot k_{t^0} \cdot I_{st}; 0,9 \cdot k_{t^0} \cdot I_{st}; 1 \cdot k_{t^0} \cdot I_{st}\} \\ &= \{4,77; 5,57; 6,36; 7,16; 7,96\} \end{aligned}$$

$$I_{rt2 \text{ (coloana 5)}} \in \{0.776; 0.905; 1.035; 1,164; 1,294\}$$

$$I_{rt2 \text{ (coloana 6)}} \in \{1.075; 1.254; 1,433; 1,612; 1,791\}$$

$$I_{rt2 \text{ (coloana 7)}} \in \{0.776; 0.905; 1.035; 1,164; 1,294\}$$

$$I_{rt2 \text{ (coloana 8)}} \in \{6,567; 7,662; 8,756; 9,851; 10,945\}$$

$$I_{rt2 \text{ (coloana 9)}} \in \{2,687; 3,134; 3,582; 4,03; 4,478\}$$

$$I_{rt2 \text{ (coloana 10)}} \in \{0.776; 0.905; 1.035; 1,164; 1,294\}$$

$$I_{rt2 \text{ (coloana 11)}} \in [37.611, 43.88, 50.148, 56.417, 62.685]$$

$$I_{rt2 \text{ (coloana 11)}} \in [8.955, 10.448, 11.94, 13.433, 14.925]$$

$$I_{rt2 \text{ (coloana 11)}} \in [2.687, 3.134, 3.582, 4.03, 4.478]$$

se situează în acest interval, găsindu-se valorile:

$$I_{rt \text{ (coloana 4)}} = 7,16 \text{ [A]}$$

$$I_{rt \text{ (coloana 5)}} = 1,164 \text{ [A]}$$

$$I_{rt \text{ (coloana 6)}} = 1,791 \text{ [A]}$$

$$I_{rt \text{ (coloana 7)}} = 1,164 \text{ [A]}$$

$$\begin{aligned}
I_{rt \text{ (coloana 8)}} &= 9,85 \text{ [A]} \\
I_{rt \text{ (coloana 9)}} &= 4,02 \text{ [A]} \\
I_{rt \text{ (coloana 10)}} &= 1,03 \text{ [A]} \\
I_{rt \text{ (coloana 11)}} &= 56,41 \text{ [A]} \\
I_{rt \text{ (coloana 12)}} &= 11,94 \text{ [A]} \\
I_{rt \text{ (coloana 13)}} &= 4,478 \text{ [A]}
\end{aligned}$$

### 5.3.1 Siguranța fuzibilă și contactorul

- 5.3.2 Siguranțele fuzibile, care echipează un circuit de receptor, sunt de tip rapid, realizând numai protecția la scurtcircuit a liniei electrice, reprezentată de circuitul de receptor respectiv. Se consideră că siguranțele care se prevăd sunt de acest tip, cu caracteristică rapidă de protecție.
- 5.3.3 Solicitarea termică de durată este prima condiție pe care trebuie să-o îndeplinească o siguranță fuzibilă, montată pe orice linie electrică:

$$I_{Fn} \geq I_c$$

aceasta exprimând faptul că siguranța respectivă suportă un timp nelimitat curentul cerut  $I_c$ .

Rezultă:

$$\begin{aligned}
I_{Fn \text{ (coloana 4)}} &\geq 6,65 \text{ [A]} \\
I_{Fn \text{ (coloana 5)}} &\geq 1,089 \text{ [A]} \\
I_{Fn \text{ (coloana 6)}} &\geq 1,764 \text{ [A]} \\
I_{Fn \text{ (coloana 7)}} &\geq 1,11 \text{ [A]} \\
I_{Fn \text{ (coloana 8)}} &\geq 9,477 \text{ [A]} \\
I_{Fn \text{ (coloana 9)}} &\geq 3,89 \text{ [A]} \\
I_{Fn \text{ (coloana 10)}} &\geq 1,02 \text{ [A]} \\
I_{Fn \text{ (coloana 11)}} &\geq 53,022 \text{ [A]} \\
I_{Fn \text{ (coloana 12)}} &\geq 11,386 \text{ [A]} \\
I_{Fn \text{ (coloana 13)}} &\geq 4,094 \text{ [A]}
\end{aligned}$$

- 5.3.4 Condiția de nedeconectare la curentul de pornire  $I_p$ , exprimată prin relația:

$$I_{Fn} \geq \frac{I_p}{c}$$

se impune a fi asociată celei exprimate la punctul 5.3.2, pentru ca siguranța fuzibilă să suporte și solicitarea termică importantă, din timpul regimului de conectare/pornire. Mărimea notată cu  $c$ , reprezintă coeficientul de siguranță la pornire, cu următoarele valori:

- $c = 2,5$  pentru porniri ușoare, la care durata pornirii este mai mică de 5 s și rare, adică maxim o pornire la 15 min;

- $c \in [1,6 \div 2]$  pentru motoare cu pornire grea, adică în sarcină și de durată, la care timpul de pornire  $t_p \in [5 \div 10]$  s sau pentru motoarele cu porniri ușoare, dar dese (mai multe porniri pe un interval de 15 min);
- $c = 1,5$  pentru porniri foarte grele, la care durata pornirii  $t_p > 10$  s.

Rezultă:

$$I_{Fn} (\text{coloana } 4) \geq \frac{55,81}{2,5} \Rightarrow I_{Fn} (\text{coloana } 4) \geq 22,32 \text{ [A]}$$

$$I_{Fn} (\text{coloana } 5) \geq \frac{9,801}{2,5} \Rightarrow I_{Fn} (\text{coloana } 5) \geq 3,92 \text{ [A]}$$

$$I_{Fn} (\text{coloana } 6) \geq \frac{16,73}{2,5} \Rightarrow I_{Fn} (\text{coloana } 6) \geq 6,692 \text{ [A]}$$

$$I_{Fn} (\text{coloana } 7) \geq \frac{4,99}{2,5} \Rightarrow I_{Fn} (\text{coloana } 7) \geq 1,99 \text{ [A]}$$

$$I_{Fn} (\text{coloana } 8) \geq \frac{97,403}{2,5} \Rightarrow I_{Fn} (\text{coloana } 8) \geq 38,961 \text{ [A]}$$

$$I_{Fn} (\text{coloana } 9) \geq \frac{32,65}{2,5} \Rightarrow I_{Fn} (\text{coloana } 9) \geq 13,06 \text{ [A]}$$

$$I_{Fn} (\text{coloana } 10) \geq \frac{5,63}{2,5} \Rightarrow I_{Fn} (\text{coloana } 10) \geq 2,25 \text{ [A]}$$

$$I_{Fn} (\text{coloana } 11) \geq \frac{74,231}{2,5} \Rightarrow I_{Fn} (\text{coloana } 11) \geq 29,692 \text{ [A]}$$

$$I_{Fn} (\text{coloana } 12) \geq \frac{74,011}{2,5} \Rightarrow I_{Fn} (\text{coloana } 12) \geq 29,605 \text{ [A]}$$

$$I_{Fn} (\text{coloana } 13) \geq \frac{57,309}{2,5} \Rightarrow I_{Fn} (\text{coloana } 13) \geq 22,924 \text{ [A]}$$

5.3.5 Condiția de selectivitate cu releul termic din aval reprezintă cea dea treia condiție, care trebuie impusă la alegerea siguranței fuzibile și care se exprimă sub forma:

$$I_{Fn} \geq K_{tf} \cdot I_{rt}$$

în care:

- $K_{tf}$  este coeficientul de selectivitate dintre releul termic tip TSA și siguranța fuzibilă, ale cărui valori sunt:
  - $K_{tf} = 3$ , dacă siguranță este cu medie putere de rupere;
  - $K_{tf} = 2,5$ , pentru siguranță tip MPR.

Rezultă:

$$I_{Fn} (\text{coloana } 4) \geq 3 \cdot 7,16 \Rightarrow I_{Fn} (\text{coloana } 4) \geq 21,48 \text{ [A]}$$

$$I_{Fn} (\text{coloana } 5) \geq 3 \cdot 1,164 \Rightarrow I_{Fn} (\text{coloana } 5) \geq 3,492 \text{ [A]}$$

$$I_{Fn} (\text{coloana } 6) \geq 3 \cdot 1,791 \Rightarrow I_{Fn} (\text{coloana } 6) \geq 5,373 \text{ [A]}$$

$$I_{Fn} (\text{coloana } 7) \geq 3 \cdot 1,164 \Rightarrow I_{Fn} (\text{coloana } 7) \geq 3,492 \text{ [A]}$$

$$I_{Fn} (\text{coloana } 8) \geq 3 \cdot 9,85 \Rightarrow I_{Fn} (\text{coloana } 8) \geq 29,55 \text{ [A]}$$

$$I_{Fn}(\text{coloana 9}) \geq 3 \cdot 4,02 \Rightarrow I_{Fn}(\text{coloana 9}) \geq 12,06 \text{ [A]}$$

$$I_{Fn}(\text{coloana 10}) \geq 2,5 \cdot 1,03 \Rightarrow I_{Fn}(\text{coloana 10}) \geq 3,09 \text{ [A]}$$

$$I_{Fn}(\text{coloana 11}) \geq 2,5 \cdot 56,41 \Rightarrow I_{Fn}(\text{coloana 11}) \geq 169,23 \text{ [A]}$$

$$I_{Fn}(\text{coloana 12}) \geq 2,5 \cdot 11,94 \Rightarrow I_{Fn}(\text{coloana 11}) \geq 35,82 \text{ [A]}$$

$$I_{Fn}(\text{coloana 13}) \geq 2,5 \cdot 4,478 \Rightarrow I_{Fn}(\text{coloana 11}) \geq 13,434 \text{ [A]}$$

Pe baza celei mai restrictive dintre condiții, se alege din tabelul 5.5 siguranța fuzibilă cu curentul nominal cel mai mic, care o îndeplinește.

Siguranța fuzibilă aleasă este:

$$I_{Fn}(\text{coloana 4}): LFI 25/25$$

$$I_{Fn}(\text{coloana 5}): LFI 25/4$$

$$I_{Fn}(\text{coloana 6}): LFI 25/10$$

$$I_{Fn}(\text{coloana 7}): LFI 25/4$$

$$I_{Fn}(\text{coloana 8}): LF 63/50$$

$$I_{Fn}(\text{coloana 9}): LFI 25/16$$

$$I_{Fn}(\text{coloana 10}): MPR 25/4$$

$$I_{Fn}(\text{coloana 11}): LFI 200/200$$

$$I_{Fn}(\text{coloana 12}): LFI 63/50$$

$$I_{Fn}(\text{coloana 13}): LFI 25/25$$

Caracteristicile tehnice ale siguranțelor fuzibile de JT, fabricate în România

Tabelul 5.5

Tip		Tensiunea nominală $U_n$ , V	Curenți nominali $I_n$ , A		Caracteristica de protecție, $t_d(I)$ , s		Curent de rupere $I_r$ , kA	Inscripționare fuzibil
			Soclu, Capac	Patron fuzibil	la 1,75 $I_n$	la 7 $I_n$ cel mult		
Cu filet E16	LF, LFi LS, LSi	660 V.c.a. 220 V.c.c.	25	0,5; 2; 4; 6; 10; 16; 20; 25	-	-	0,35	(v. mai jos)
Cu filet, tip D	LF, LFi	660 V.c.a. 220 V.c.c.	25 (DII)	2 4 6 10 16 20 25	10	0,05	1,6	roz brun verde
				35 50 63		0,10		roșu gri
				100 (DIVH)		0,15		bleu galben
				80 100		0,20	5	negru alb arămiu
				125 160 200		0,35	8	argintiu roșu
Cu mare putere de rupere	MPR	660 V.c.a. 220 V.c.c.	100 315 630 1000	80; 100 125; 160; 200; 250; 315 400; 500; 630 1000	Conform [1]	50	În clar	galben arămiu bleu

5.3.6 Alegerea contactorului se face pe baza curentului nominal  $I_{Kn}$  al acestuia, care trebuie să îndeplinească inegalitatea:

$$I_{Kn} \geq 1,1 \cdot I_n \quad [\text{A}]$$

Tipul contactorului se alege conform cu tabelul 5.6.

Caracteristici tehnice ale contactoarelor forță, acționate în c.a.,  
cu regim de lucru AC3, seria TCA

Tabelul 5.6

Nr. crt.	Tip	$I_n, \text{A}$	$U_{lucr}, \text{V}$		$U_{bob}, \text{V}$	Căi de curent	
			c.a.	c.c.		principale	auxiliare
1	TCA 6A	6				3	IND
2	TCA 6A	6				3	2ND+2N1
3	TCA 10A	10				3	IND
4	TCA 10A	10	230; 400; 500	24; 48; 110; 220	24;48;110;230; 400;500,c.a.	3	2ND+2N1
3	TCA 16A	16				3	2ND+2N1
4	TCA 25A	25				3	2ND+2N1
5	TCA 32A	32				3	2ND+2N1
6	TCA 40A	40				3	2ND+2N1
7	TCA 63A	63				3	2ND+2N1

Rezultă:

$$I_{Kn} (\text{coloana 4}) \geq 1,1 \cdot 8,58 \Rightarrow I_{Kn} (\text{coloana 4}) \geq 9,43 \quad [\text{A}]$$

$$I_{Kn} (\text{coloana 5}) \geq 1,1 \cdot 2,178 \Rightarrow I_{Kn} (\text{coloana 5}) \geq 2,396 \quad [\text{A}]$$

$$I_{Kn} (\text{coloana 6}) \geq 1,1 \cdot 2,788 \Rightarrow I_{Kn} (\text{coloana 6}) \geq 3,067 \quad [\text{A}]$$

$$I_{Kn} (\text{coloana 7}) \geq 1,1 \cdot 1,11 \Rightarrow I_{Kn} (\text{coloana 7}) \geq 1,22 \quad [\text{A}]$$

$$I_{Kn} (\text{coloana 8}) \geq 1,1 \cdot 14,985 \Rightarrow I_{Kn} (\text{coloana 8}) \geq 16,484 \quad [\text{A}]$$

$$I_{Kn} (\text{coloana 9}) \geq 1,1 \cdot 5,024 \Rightarrow I_{Kn} (\text{coloana 9}) \geq 5,52 \quad [\text{A}]$$

$$I_{Kn} (\text{coloana 10}) \geq 1,1 \cdot 1,02 \Rightarrow I_{Kn} (\text{coloana 10}) \geq 1,12 \quad [\text{A}]$$

$$I_{Kn} (\text{coloana 11}) \geq 1,1 \cdot 53,022 \Rightarrow I_{Kn} (\text{coloana 11}) \geq 58,324 \quad [\text{A}]$$

$$I_{Kn} (\text{coloana 12}) \geq 1,1 \cdot 11,386 \Rightarrow I_{Kn} (\text{coloana 11}) \geq 12,525 \quad [\text{A}]$$

$$I_{Kn} (\text{coloana 13}) \geq 1,1 \cdot 8,187 \Rightarrow I_{Kn} (\text{coloana 11}) \geq 9,006 \quad [\text{A}]$$

Contactorul necesar este:

*Contactor<sub>(coloana 4)</sub>: TCA 10A*

*Contactor<sub>(coloana 5)</sub>: TCA 6A*

*Contactor<sub>(coloana 6)</sub>: TCA 6A*

*Contactor<sub>(coloana 7)</sub>: TCA 6A*

*Contactor<sub>(coloana 8)</sub>: TCA 25A*

*Contactor<sub>(coloana 9)</sub>: TCA 6A*

*Contactor<sub>(coloana 10)</sub>: TCA 6A*

*Contactor<sub>(coloana 11)</sub>: TCA 63A*

*Contactor<sub>(coloana 12)</sub>: TCA 16A*

*Contactor<sub>(coloana 13)</sub>: TCA 10A*

#### **5.4.1 Conducă electrică**

- 5.4.2 Alegerea conductelor electrice implică examinarea și respectarea unui șir de posibilități și condiții, începând cu alegerea materialului conductoarelor, a tipului de conducte electrice, a naturii izolațiilor și a tehnologiei de pozare, încheindu-se prin determinarea corespunzătoare a secțiunii conductoarelor de fază și nul.
- 5.4.3 Temperatura izolațiilor electrice nu trebuie să depășească anumite valori maxim admise, pentru a-și păstra proprietățile izolante, precum și durabilitatea. Luând ca puncte de referință conductoarele, temperaturile maximale  $t_{Cadm}^0$  în funcționare, conform tipurilor de izolație, pentru diversele conductoare de JT sunt următoarele:
- $t_{Cadm}^0 = +60$  °C, pentru conducte și cabluri cu izolație din cauciuc;
- $t_{Cadm}^0 = +65$  °C, pentru cabluri cu izolație din hârtie, bare de cupru și aluminiu;
- $t_{Cadm}^0 = +70$  °C, pentru bare de oțel, conducte cu izolație de PVC, cabluri cu izolație și manta de PVC;
- $t_{Cadm}^0 = +90$  °C, pentru conducte cu izolație din polietilenă reticulară (XLPE)
- 5.4.4 Se consideră că pozarea conductelor electrice isolate, pentru instalații fixe, precum și a cablurilor se face în sisteme de tuburi, țevi, sisteme de jgheaburi sau de tuburi profilate pentru instalații electrice, precum și în goluri ale elementelor de construcții.
- 5.4.5 Caracteristicile conductoarelor tip FY, pentru instalații fixe:
- conductor de cupru, masiv pentru gama de secțiuni  $s_C \in \{1,5 \div 10\}$  mm<sup>2</sup> (echivalent cu HO7V-U) și multifilar (5 toroane) pentru gama de secțiuni  $s_C \in \{16 \div 400\}$  mm<sup>2</sup> (echivalent cu HO7V-R);
  - izolație din PVC, cu întârziere la propagarea flăcării (conform SR EN 60332-1-2);
  - tensiune nominală  $U_0/U = 450 / 750$  V;
  - standard de produs SR HD 21.3S3.
- 5.4.6 Conductele electrice, de orice tip, sunt caracterizate atât prin secțiunea conductoarelor  $s_C$ , cât și prin curentul admisibil  $I_{Cadm}$  în acestea, valabil în anumite condiții, stabilite ca fiind de referință. Pentru condiții diferite de cele de referință, se consideră că ar trebui aplicate corecții curentului admisibil în conducte, prin multiplicare cu coeficienți de corecție, pentru recalcularea curentului admisibil, corespunzător condițiilor reale (temperatură ambientă, mod de pozare, altitudine, curenți de aer etc.). Este însă mult mai convenabil și practice să se aplique corecțiile curentului cerut  $I_c$ , în sens invers, adică prin împărțire, iar compararea curentului cerut, corectat, care este astfel reevaluat pentru condițiile de referință, să se facă direct cu intensitatea admisibilă  $I_{Cadm}$ , din tabele.
- 5.4.7 Deoarece pentru o conductă electrică există atât condiții referitoare la curenți admisibili, cât și pentru secțiunea acesteia, momentul alegerii finale a acesteia trebuie să asigure îndeplinirea celor mai restrictive condiții, din ambele tipuri.
- 5.4.8 Determinarea secțiunii conductoarelor pentru a satisface condiția de stabilitate termică la încălzire în regim permanent sau intermitent (în funcție de regimul de lucru al consumatorilor și receptoarelor) se face cu relația:

$$I_{cadm} \geq \frac{I_c}{a \cdot K} \quad [A]$$

în care:

- $I_c$  este curentul cerut de receptor sau de consumatorul de calcul;
- $a$  este coeficientul de corecție al regimului de lucru;
- $K$  este coeficientul de corecție al condițiilor de răcire, dependent de tipul conductei electrice, de condițiile de instalare a acesteia și de mediu.

5.4.9 Coeficientul de corecție al regimului de lucru pentru regimuri permanente are valoarea:

$$a = 1$$

5.4.10 În cazul conductelor neizolate și isolate, coeficientul de corecție  $K$  al condițiilor de răcire este egal cu coeficientul de corecție  $K_1$ , pentru temperaturi ale mediului ambient diferite de  $+25^\circ\text{C}$ , conform relației:

$$K = K_1$$

valorile coeficientului de corecție  $K_1$ , în raport cu temperatura mediului ambient fiind indicate în tabelul 5.7.

**Coeficientul de corecție  $K_1$  a intensității maxim admise în conducte, în funcție de temperatura admisă pe conductor și temperatura mediului ambiant**

Tabelul 5.7

Temperatura admisă pe conductor, $^\circ\text{C}$	Temperatura mediului ambiant, $^\circ\text{C}$											
	+5	+10	+15	+20	+25	+30	+35	+40	+45	+50	+55	+60
<b>60°</b> (conducte cu izolație din cauciuc)	1,25	1,195	1,135	1,070	<b>1</b>	0,926	0,845	0,757	0,655	0,535	-	-
<b>70°</b> (conducte neizolate, conducte cu izolație din PVC)	1,20	1,156	1,110	1,053	<b>1</b>	0,943	0,884	0,818	0,746	0,667	0,577	0,471

Pentru temperatura mediului ambiant  $t_{adm}^0 = 18^\circ\text{C}$ , coeficientul de corecție în raport cu temperatura, se calculează din ecuația dreptei între două puncte:

$$\frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1}$$

Rezultă:

$$K_{1 (colona 4)} = 1,11 + \frac{1,11 - 1,053}{20 - 15} \cdot (18 - 15) = 1,076$$

Stabilitatea termică la solicitarea de durată este:

$$I_{cadm (coloana 4)} \geq \frac{I_c}{a \cdot K} \Rightarrow I_{cadm (coloana 4)} \geq \frac{6,65}{1 \cdot 1,076} = 6,18 \quad [A]$$

$$I_{cadm (coloana 5)} \geq 1,012 \quad [A]$$

$$I_{cadm (coloana 6)} \geq 1,63 \quad [A]$$

$$I_{cadm (coloana 7)} \geq 1,03 \quad [A]$$

$$I_{Cadm} (\text{coloana } 8) \geq 8,808 \quad [\text{A}]$$

$$I_{Cadm} (\text{coloana } 9) \geq 3,61 \quad [\text{A}]$$

$$I_{Cadm} (\text{coloana } 10) \geq 0,95 \quad [\text{A}]$$

$$I_{Cadm} (\text{coloana } 11) \geq 49,277 \quad [\text{A}]$$

$$I_{Cadm} (\text{coloana } 12) \geq 10,582 \quad [\text{A}]$$

$$I_{Cadm} (\text{coloana } 13) \geq 3,804 \quad [\text{A}]$$

Stabilitatea termică la curenții de suprasarcină este asigurată dacă este îndeplinită inegalitatea exprimată în raport cu curentul de reglaj al releeului termic  $I_{rt}$ , prin condiția:

$$I_{Cadm} \geq \frac{I_{rt}}{1,5} \quad [\text{A}]$$

Rezultă:

$$I_{Cadm} (\text{coloana } 4) \geq 4,77 \quad [\text{A}]$$

$$I_{Cadm} (\text{coloana } 4) \geq 0,776 \quad [\text{A}]$$

$$I_{Cadm} (\text{coloana } 4) \geq 1,194 \quad [\text{A}]$$

$$I_{Cadm} (\text{coloana } 4) \geq 0,776 \quad [\text{A}]$$

$$I_{Cadm} (\text{coloana } 4) \geq 6,567 \quad [\text{A}]$$

$$I_{Cadm} (\text{coloana } 4) \geq 2,68 \quad [\text{A}]$$

$$I_{Cadm} (\text{coloana } 4) \geq 0,68 \quad [\text{A}]$$

$$I_{Cadm} (\text{coloana } 4) \geq 37,607 \quad [\text{A}]$$

$$I_{Cadm} (\text{coloana } 4) \geq 7,96 \quad [\text{A}]$$

$$I_{Cadm} (\text{coloana } 4) \geq 2,985 \quad [\text{A}]$$

Stabilitatea termică la curenții de scurtcircuit, semnificând ideea ca siguranța fuzibilă să protejeze conducta electrică și nu invers, se exprimă prin relația:

$$I_{Cadm} \geq \frac{I_{Fn}}{3} \quad [\text{A}]$$

Rezultă:

$$I_{Cadm} (\text{coloana } 4) \geq \frac{25}{3} \Rightarrow I_{Cadm} (\text{coloana } 4) \geq 8,33 \quad [\text{A}]$$

$$I_{Cadm} (\text{coloana } 5) \geq \frac{4}{3} \Rightarrow I_{Cadm} (\text{coloana } 5) \geq 1,33 \quad [\text{A}]$$

$$I_{Cadm} (\text{coloana } 6) \geq \frac{10}{3} \Rightarrow I_{Cadm} (\text{coloana } 6) \geq 3,33 \quad [\text{A}]$$

$$I_{Cadm} (\text{coloana } 7) \geq \frac{4}{3} \Rightarrow I_{Cadm} (\text{coloana } 7) \geq 1,33 \quad [\text{A}]$$

$$I_{Cadm\ (coloana\ 8)} \geq \frac{50}{3} \Rightarrow I_{Cadm\ (coloana\ 8)} \geq 16,66 \quad [A]$$

$$I_{Cadm\ (coloana\ 9)} \geq \frac{16}{3} \Rightarrow I_{Cadm\ (coloana\ 9)} \geq 5,33 \quad [A]$$

$$I_{Cadm\ (coloana\ 10)} \geq \frac{4}{3} \Rightarrow I_{Cadm\ (coloana\ 10)} \geq 1,33 \quad [A]$$

$$I_{Cadm\ (coloana\ 11)} \geq \frac{200}{3} \Rightarrow I_{Cadm\ (coloana\ 11)} \geq 21 \quad [A]$$

$$I_{Cadm\ (coloana\ 12)} \geq \frac{50}{3} \Rightarrow I_{Cadm\ (coloana\ 11)} \geq 16,667 \quad [A]$$

$$I_{Cadm\ (coloana\ 13)} \geq \frac{25}{3} \Rightarrow I_{Cadm\ (coloana\ 11)} \geq 8,33 \quad [A]$$

Se constată că cea mai restrictivă stabilitate termică este:

$$I_{Cadm\ (coloana\ 4)} \geq 8,33 \quad [A]$$

$$I_{Cadm\ (coloana\ 5)} \geq 1,33 \quad [A]$$

$$I_{Cadm\ (coloana\ 6)} \geq 3,33 \quad [A]$$

$$I_{Cadm\ (coloana\ 7)} \geq 1,33 \quad [A]$$

$$I_{Cadm\ (coloana\ 8)} \geq 16,66 \quad [A]$$

$$I_{Cadm\ (coloana\ 9)} \geq 5,33 \quad [A]$$

$$I_{Cadm\ (coloana\ 10)} \geq 1,33 \quad [A]$$

$$I_{Cadm\ (coloana\ 11)} \geq 49,277 \quad [A]$$

$$I_{Cadm\ (coloana\ 12)} \geq 16,667 \quad [A]$$

$$I_{Cadm\ (coloana\ 13)} \geq 8,33 \quad [A]$$

Prima dintre condițiile care se impune secțiunii conductoarelor, este ca aceasta să fie superioară secțiunii minime admise  $s_{min}$  pentru tipul de material al conductoarelor, precum și pentru poziția și rolul în rețeaua electrică respective, conform indicațiilor din tabelul 5.8. Semnificația acestei restricții este de natură tehnologică, asigurând rezistența mecanică necesară introducerii conductelor electrice în tuburi sau țevi, iar exprimarea analitică a acesteia este sub forma:

$$s_C \geq s_{min} \quad [\text{mm}^2]$$

Secțiunile minime admise pentru conductoare, în instalațiile electrice din interiorul clădirilor

Tabelul 5.8

Nr. crt.	Destinația conductoarelor din circuitele fixe	Secțiunile minime ale conductoarelor, mm <sup>2</sup>	
		Cupru	Aluminiu
<b>1</b>	<b>Conductoare de fază</b>	-	-
1.1	Circuite pentru iluminat	1,5	-
1.2	Circuite pentru prize monofazate	2,5	-
1.3	Circuite de forță	<b>1,5</b>	<b>4</b>
1.4	Coloane monofazate, individuale, din clădiri de locuit	4	6
1.5	Coloane electrice colective	10	16
<b>2</b>	<b>Conductorul neutru (N)</b>	-	-
2.1	Circuite sau coloane monofazate		
2.2	Circuite sau coloane trifazate, în care secțiunea conductorului de fază $s_F \leq 16 \text{ mm}^2$	Aceeași secțiune cu a conductorului de fază	
2.3	Circuite și coloane trifazate, cu armonici de rangurile (3k) și pondere <15%, pentru secțiuni ale conductoarelor de fază de:		
	25	16	25
	35	16	25
	50	25	25
	70	35	35
	95	50	50
	120	70	70
	150	70	70
	185	95	95
	240	120	120
	300	150	150
	400	185	185
	>400	$s_N \geq 0,5 \cdot s_F$	

Rezultă:

$$s_C (\text{coloana 4}) \geq 1,5 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$s_C (\text{coloana 5}) \geq 1,5 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$s_C (\text{coloana 6}) \geq 1,5 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$s_C (\text{coloana 7}) \geq 1,5 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$s_C (\text{coloana 8}) \geq 1,5 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$s_C (\text{coloana 9}) \geq 1,5 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$s_C (\text{coloana 10}) \geq 1,5 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$s_C (\text{coloana 11}) \geq 1,5 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Secțiunea minimă, corespunzătoare densității admisibile în regim de pornire/conectare reprezintă cea de-a doua condiție impusă secțiunii conductoarelor:

$$s_C \geq \frac{I_p}{J_{padm}} \quad [\text{mm}^2]$$

în care  $J_{padm}$  reprezintă densitatea admisibilă de curent în regim de pornire și care are valori în funcție de natura materialului conductoarelor, după cum urmează:

$$(J_{padm})_{Al} = 20 \text{ A/mm}^2,$$

pentru conductoare din aluminiu, iar pentru conductoare din cupru:

$$(J_{padm})_{Cu} = 35 \text{ A/mm}^2,$$

Rezultă:

$$\begin{aligned} s_C (\text{coloana 4}) &\geq \frac{55,83}{35} \Rightarrow s_C (\text{coloana 4}) \geq 1,59 \quad [\text{mm}^2] \\ s_C (\text{coloana 5}) &\geq 0,28 \quad [\text{mm}^2] \\ s_C (\text{coloana 6}) &\geq 0,478 \quad [\text{mm}^2] \\ s_C (\text{coloana 7}) &\geq 0,143 \quad [\text{mm}^2] \\ s_C (\text{coloana 8}) &\geq 2,783 \quad [\text{mm}^2] \\ s_C (\text{coloana 9}) &\geq 0,93 \quad [\text{mm}^2] \\ s_C (\text{coloana 10}) &\geq 0,16 \quad [\text{mm}^2] \\ s_C (\text{coloana 11}) &\geq 2,121 \quad [\text{mm}^2] \\ s_C (\text{coloana 12}) &\geq 2,115 \quad [\text{mm}^2] \\ s_C (\text{coloana 13}) &\geq 1,637 \quad [\text{mm}^2] \end{aligned}$$

Se constată că cea mai restrictivă secțiune minimă a conductoarelor este:

$$\begin{aligned} s_C (\text{coloana 4}) &\geq 1,59 \quad [\text{mm}^2] \\ s_C (\text{coloana 5}) &\geq 1,5 \quad [\text{mm}^2] \\ s_C (\text{coloana 6}) &\geq 1,5 \quad [\text{mm}^2] \\ s_C (\text{coloana 7}) &\geq 1,5 \quad [\text{mm}^2] \\ s_C (\text{coloana 8}) &\geq 2,783 \quad [\text{mm}^2] \\ s_C (\text{coloana 9}) &\geq 1,5 \quad [\text{mm}^2] \\ s_C (\text{coloana 10}) &\geq 1,5 \quad [\text{mm}^2] \\ s_C (\text{coloana 11}) &\geq 2,121 \quad [\text{mm}^2] \\ s_C (\text{coloana 12}) &\geq 2,115 \quad [\text{mm}^2] \\ s_C (\text{coloana 13}) &\geq 1,637 \quad [\text{mm}^2] \end{aligned}$$

În tabelul 5.9 sunt date intensitățile maxime admise  $I_{Cadm}$ , ale curenților în regim permanent, pentru conducte cu izolație de PVC sau cauciuc, utilizate în instalații fixe, la temperatura mediului ambiant  $t_{admod}^0 = +25^\circ\text{C}$ , în raport cu materialul și secțiunea

conductoarelor, precum și după modul de pozare: libere, în aer sau montate în același tub de protecție.

Intensitățile maxime admise  $I_{Cadm}$ , ale curenților în regim permanent, pentru conducte cu izolație de PVC sau cauciuc<sup>1)</sup>, utilizate în instalații fixe, la temperatura mediului ambiant  $t_{amb}^{\circ} = +25^{\circ} C$

Tabelul 5.9

Secțiunea $s_c, mm^2$	Intensitatea maxim admisă a curentului $I_{Cadm}, A$									
	Conducte FY					Conducte AFY				
	Libere, în aer	Montate în tub câte				Libere, în aer	Montate în tub câte			
		2	3 <sup>(2)</sup>	4	5; 6		2	3 <sup>(2)</sup>	4	5; 6
1	20	14	12	11	10	-	-	-	-	-
1,5	25	17	14	13	11	-	-	-	-	-
2,5	34	24	20	18	16	-	-	-	-	-
4	45	31	26	24	21	35	23	20	18	16
6	57	40	34	31	27	45	30	27	25	21
10	78	55	49	45	39	61	41	36	33	29
16	104	73	64	58	51	82	55	47	43	38
25	137	100	84	76	67	107	74	66	60	53
35	168	125	108	98	87	132	95	83	76	65
50	210	150	135	123	109	165	118	103	94	82
70	260	200	171	156	137	205	155	131	119	104
95	310	241	218	198	174	245	187	166	151	133
120	365	272	250	228	196	285	217	191	174	153
150	415	310	280	255	224	330	238	214	195	171
185	475	-	-	-	-	375	-	-	-	-
240	560	-	-	-	-	440	-	-	-	-
300	645	-	-	-	-	510	-	-	-	-
400	750	-	-	-	-	605	-	-	-	-

Se accesează tabelul 5.9 pe la secțiunea imediat superioară secțiunii minime, celei mai restrictive și se parurge pe orizontală, până la coloana corespunzătoare materialului conductoarelor și modului de pozare a conductelor; dacă valoarea  $I_{Cadm}$ , corespunzătoare acestei căsuțe a tabelului este superioară celei mai restrictive valori, atunci secțiunea de intrare în tabel este cea corespunzătoare. În caz contrar, se coboară pe coloana de situare în tabel, până când se îndeplinește și condiția referitoare la  $I_{Cadm}$ , identificându-se secțiunea care satisface totalitatea condițiilor impuse.

Conform indicațiilor de alegere a intensității maxime admise  $I_{Cadm}$ , se abordează tabelul 5.9 pe linia primei secțiuni normalize, imediat superioară celei mai restrictive valori:

- pentru coloana 4: conductă tip FY2,5
- pentru coloana 5: conductă tip FY1,5
- pentru coloana 6: conductă tip FY1,5
- pentru coloana 7: conductă tip FY1,5
- pentru coloana 8: conductă tip FY4
- pentru coloana 9: conductă tip FY1,5

- pentru coloana 10: conductă tip FY1,5
- pentru coloana 11: conductă tip FY2,5
- pentru coloana 12: conductă tip FY2,5
- pentru coloana 13: conductă tip FY2,5

Secțiunea conductorului de nul de lucru se stabilește în conformitate cu prevederile din tabelul 5.8. Se constată că secțiunea conductorului de nul este aceeași cu secțiunea conductorului de fază, pentru fiecare coloană.

Se determină densitatea de curent nominal cu relația:

$$J_n \geq \frac{I_n}{s_c} \quad [\text{A/mm}^2]$$

Rezultă:

$$J_{n(coloana\ 4)} \geq \frac{8,59}{2,5} \Rightarrow J_{n(coloana\ 4)} \geq 3,43 \quad [\text{A/mm}^2]$$

$$J_{n(coloana\ 5)} \geq \frac{2,178}{1,5} \Rightarrow J_{n(coloana\ 5)} \geq 1,452 \quad [\text{A/mm}^2]$$

$$J_{n(coloana\ 6)} \geq \frac{2,788}{1,5} \Rightarrow J_{n(coloana\ 6)} \geq 1,859 \quad [\text{A/mm}^2]$$

$$J_{n(coloana\ 7)} \geq \frac{1,11}{1,5} \Rightarrow J_{n(coloana\ 7)} \geq 0,74 \quad [\text{A/mm}^2]$$

$$J_{n(coloana\ 8)} \geq \frac{14,985}{4} \Rightarrow J_{n(coloana\ 8)} \geq 3,746 \quad [\text{A/mm}^2]$$

$$J_{n(coloana\ 9)} \geq \frac{5,024}{1,5} \Rightarrow J_{n(coloana\ 9)} \geq 3,35 \quad [\text{A/mm}^2]$$

$$J_{n(coloana\ 10)} \geq \frac{1,02}{1,5} \Rightarrow J_{n(coloana\ 10)} \geq 0,68 \quad [\text{A/mm}^2]$$

$$J_{n(coloana\ 11)} \geq \frac{53,022}{2,5} \Rightarrow J_{n(coloana\ 11)} \geq 21,609 \quad [\text{A/mm}^2]$$

$$J_{n(coloana\ 12)} \geq \frac{11,386}{2,5} \Rightarrow J_{n(coloana\ 11)} \geq 4,555 \quad [\text{A/mm}^2]$$

$$J_{n(coloana\ 13)} \geq \frac{8,187}{2,5} \Rightarrow J_{n(coloana\ 11)} \geq 3,275 \quad [\text{A/mm}^2]$$

### 5.5.1 Tubul de protecție

5.5.2 Alegerea tuburilor de protecție pentru conductoare se face în funcție de dimensiunile și numărul acestora, pe baza datelor din tabelul 5.10.



- 5.5.4 Tuburile și canalele pentru conducte sau cabluri, încastrate în pereți, trebuie montate integral, înaintea tragerii conductelor sau cablurilor.
- 5.5.5 Tragerea conductelor electrice în tuburi se execută numai după montarea tuburilor sau țevilor și după uscarea tencuielii, dacă acestea au fost montate sub tencuială.
- 5.5.6 Se interzice executarea legăturilor electrice între conductoare în interiorul tuburilor sau țevilor de protecție, al golurilor din elementele de construcție și al trecerilor prin acestea.
- 5.5.7 Dozele de tragere a conductelor electrice în tuburi se prevăd pe trasee drepte, la interval de maxim 25 m, iar pe traseele cu cel mult 3 curbe – la distanțe de cel mult 15 m. În cazurile în care distanțele dintre doze sunt mai mari, trebuie să se utilizeze tuburi cu diametre mai mari, cu o treaptă, față de cele necesare.
- 5.5.8 Alegerea tuburilor de protecție pentru conductoare se face în funcție de dimensiunile și numărul acestora, pa baza datelor din tabelul 5.10.
- 5.5.9 Din tabelul 5.10 se aleg tuburile de protecție:
- pentru coloana 4: IPY 20/13,9;
  - pentru coloana 5: IPY 16/11,4;
  - pentru coloana 6: IPY 16/11,4;
  - pentru coloana 7: IPY 16/11,4;
  - pentru coloana 8: IPY 20/15,9;
  - pentru coloana 9: IPY 16/11,4;
  - pentru coloana 10: IPY 16/11,4;
  - pentru coloana 11: IPY 20/13,9
  - pentru coloana 12: IPY 16/11,4
  - pentru coloana 13: IPY 20/13,9

Nr. crt.	Elementul	Mărimea	Relația sau notația	Receptor	
				$P_n=4 \text{ kW}; n_s=1500 \text{ rpm}$	$P_n=0,75 \text{ kW}; n_s=1000 \text{ rpm}$
0	1	2	3	4	5
1	Receptor	Rândamentul nominal	$\eta_n$	0,82	0,71
2		Factorul de putere nominal	$\cos\varphi_n$	0,82	0,7
3		Curentul nominal	$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \eta_n \cdot \cos \varphi_n}$	8,58	2,178
4		Durata de acționare nominală	$DA_n$	0,6	0,25
5		Curentul relativ de pornire	$\lambda$	6,5	4,5
6		Curentul cerut	$I_c = I_n \cdot \sqrt{DA_n}$	6,65	1,089
7		Curentul de pornire directă	$I_p = \lambda \cdot I_n$	55,81	9,801
8		Curentul de pornire cu mijloace speciale (ex. CST), - dacă este cazul -	$I'_p = \lambda' I_n$		
9	Releu termic	Curentul de serviciu $k_{sr} \in [0,6 \div 1]$ , pt. RT tip TSA	$I_{st} \in \left[ \frac{1}{k_{srM}} \div \frac{1,2}{k_{srM}} \right] I_c$	[6,68 ÷ 13,36]	[1,094 ÷ 2,189] [1,3 ÷ 1,8]
10		Tipul releului termic	TSA 10A, $I_{st}=8 \text{ A}$	TSA10A, $I_{st}=8 \text{ A}$	TSA10A, $I_{st}=1,3 \text{ A}$
11		Curentul de suprasarcină	$I_{rt1} \in [1 \div 2,1] I_c$	[6,65 ÷ 7,98]	[1,089 ÷ 1,306]
12		Reglajul posibil	$I_{rt2} \in [0,6 \div 1] k_t^{\circ} I_{st}$		[0,776, 0,905, 1,035, <span style="color:red">1,164</span> , 1,294]
13		Reglajul ales	$I_{rt} = \text{Min}(I_{rt1} \cap I_{rt2})$	7,16	1,164
14	Siguranță fuzibilă	Solicitarea termică de durată, A	$I_{Fn} \geq I_c$	6,65	1,089
15		Condiția de nedeconectare la curentul de pornire, A	$I_{Fn} \geq \frac{I_p}{c}$	22,32	3,92
16		Selectivitatea cu releul termic, A	$I_{Fn} \geq K_{tf} \cdot I_{rt}$	21,48	3,492
17		Siguranță fuzibilă aleasă	Tip $I_{n soclu}/I_{Fn}$ )	LFI 25/25	LFI 25/4
18	Contactor	Curentul nominal, A	$I_{Kn} \geq 1,1 \cdot I_n$	9,43	2,396
19		Tipul contactorului	TCA 10A	TC10A	TCA6A
20	Conductă electrică	Stabilitatea termică la solicitarea de durată, A	$I_{Cadm} \geq \frac{I_c}{aK}$	6,18	1,012
21		Stabilitatea termică la curenții de suprasarcină, A	$I_{Cadm} \geq \frac{I_{rt}}{1,5}$	4,77	0,776
22		Stabilitatea termică la curenții de scurtcircuit, A	$I_{Cadm} \geq \frac{I_{Fn}}{3}$	8,33	1,333
23		Secțiunea minimă admisă, $\text{mm}^2$	$s_c \geq s_{min}$	1,5	1,5
24		Secțiunea minimă coresp. densității curentului de pornire $\text{mm}^2$	$s_c \geq \frac{I_p}{J_{adm}}$	1,59	0,28
25		Conductă aleasă (tab. 4.5, p. 238)	3 FY/2,5+FY/2,5	4FY2.5	4FY1.5
26		Densitatea de crt. nominal, $\text{A/mm}^2$	$J_n = I_n / s_c$	3,43	1,452
27	Tub de protecție	Tip (IP, IPY, IPEY, PEL, $\dot{T}_v$ și.a.), Diametrele nominale	$D_{ext}/D_{int}$	IPY20/13.9	IPY16/11.4

Nr. crt.	Receptor							
	Pn = 1.1 kW ns = 1500rpm	Pn = 0.37 kW ns = 1500rpm	Pn = 7.5 kW ns = 1500rpm	Pn = 2.2 kW ns = 1500rpm	Pn = 0.37 kW ns = 3000rpm	Pn = 36 kW ns = -rpm	Pn = 5.5 kW ns = 1500rpm	Pn = 4 kW ns = 3000rpm
0	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0,73	0,65	0,86	0,79	0,66	1	0,84	0,82
2	0,78	0,74	0,84	0,8	0,79	0,98	0,83	0,86
3	2,788	1,11	14,985	5,024	1,02	53,022	11.386	8.187
4	0,4	1	0,4	0,6	1	1	1	0,25
5	6	4,5	6,5	6,5	5,5	1,4	6,5	7
6	1,764	1,11	9,477	3,89	1,02	53,022	11.386	4.094
7	16,73	4,99	97,403	32,65	5,63	74,231	74,011	57,309
8								
9	[1.77÷3.54]	[1.11÷2.23]	[9.525÷19.05]	[3.911÷7.822] ]	[1.02÷2.05]	[53.288÷106. 577]	[11.444÷22.8 87]	[4.114÷8.228 ]
10	TSA10A, Ist = 1.8A	TSA10A, Ist = 1.3A	TSA16A, Ist = 11A	TSA10A, Ist = 4.5A	TSA10A, Ist = 1.3A	TSA63A, Ist = 63A	TSA32A, Ist = 15A	TSA10A, Ist = 4.5A
11	[1.764÷2.116]	[1.11÷1.33]	[9.477÷11.373]	[3.892÷4.67]	[1.02÷1.22]	[53.022÷63.6 26]	[11.386÷13.6 64]	[4.094÷4.912 ]
12	[1.075,1.254,1. 433, 1.611, <b>1.791</b> ]	[0.776,0.905,1. 035, <b>1.164</b> ,1.294]	[6.567,7.662,8. 756, <b>9.85</b> ,10.945]	[2.687, 3.13, 3.58, <b>4.02</b> , 4.478]	[0.77, 0.9, <b>1.03</b> , 1.16, 1.29]	[37.611,43.8 8,50,148, <b>56</b> , <b>417</b> ,62.685]	[8.955,10.44 8, <b>11.94</b> ,13.4 33,14.925]	[2.687,3.134, 3.582,4.03, <b>4</b> . <b>478</b> ]
13	1,791	1,164	9,85	4,02	1,03	56,41	11.94	4,478
14	1,764	1,11	9,477	3,89	1,02	53,022	11,386	4,094
15	6,692	1,99	38,961	13,06	2,25	29,692	29,605	22,924
16	5,373	3,492	29,55	12,06	3,09	169,23	35,82	13.434
17	LFi 25/10	LFi 25/4	LFi 63/50	LFi 25/16	LFi 25/4	LFi 200/200	LFi 63/50	LFi 25/25
18	3,067	1,22	16,484	5,52	1,12	58,324	12.525	9.006
19	TCA6A	TCA6A	TCA25A	TCA6A	TCA6A	TCA63A	TCA16A	TCA10A
20	1,63	1,03	8,808	3,61	0,95	49,277	10.582	3.804
21	1,194	0,776	6,567	2,68	0,68	37,607	7.96	2.985
22	3,333	1,333	16,667	5,33	1,33	21	16.667	8.333
23	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
24	0,478	0,143	2,783	0,93	0,16	2.121	2.115	1.637
25	4FY1.5	4FY1.5	4FY4	4FY1.5	4FY1.5	4FY2.5	4Y2.5	4Y2.5
26	1,859	0,74	3,746	3,35	0,68	21.609	4.555	3.275
27	IPY16/11.4	IPY16/11.4	IPY20/15.9	IPY16/11.4	IPY16/11.4	IPY20/13.9	IPY16/11.4	IPY20/13.9

## 6. Dimensionarea circuitelor de utilaj

### 6.1 Caracteristici ale circuitelor de utilaj

- 6.1.1 Caracteristicile de utilaj realizează racordarea instalațiilor proprii, interne, ale utilajelor la TD, având astfel aceeași poziție în cadrul instalațiilor electrice la consumatori, ca și circuitele de receptor.
- 6.1.2 Dimensionarea circuitelor de utilaj se organizează și se efectuează în conformitate cu tabelul 6.1, în care sunt trecute datele pentru utilaje. La dimensionarea circuitului de utilaj se are în vedere numai receptoarele acestuia, considerând astfel că fiecare utilaj este un subconsumator distinct.
- 6.1.3 Prima mărime caracteristică pentru consumul de energie electrică, al unui utilaj este curentul cerut de întregul utilaj, calculat cu relația:

$$I_c = \frac{S_c}{\sqrt{3} \cdot U_{ln}} = \frac{\sqrt{\left(\sum_{j=1}^n \frac{P_{ij}}{\eta_{nj}}\right)^2 + \left(\sum_{j=1}^n \frac{Q_{ij}}{\eta_{nj}}\right)^2}}{\sqrt{3} \cdot U_{ln}} \quad [A]$$

în care mărimile de calcul  $P_{ij}$ ,  $Q_{ij}$  și  $\eta_{nj}$  se regăsesc în tabelul 1.1. Împărțirea puterilor instalate cu randamentul nominal al receptoarelor se face în toate cazurile, în care puterile nominale, precum și cele instalate ale receptoarelor reprezintă puteri utile (la motoare electrice), pentru celelalte cazuri se consideră  $\eta_{nj} = 1$ .

Rezultă:

$$I_{c(RU\ 200)} = \frac{\sqrt{\left(\frac{3098}{0,82} + \frac{375}{0,71} + \frac{696}{0,73} + \frac{370}{0,65}\right)^2 + \left(\frac{2163}{0,82} + \frac{383}{0,71} + \frac{558}{0,73} + \frac{336}{0,65}\right)^2}}{\sqrt{3} \cdot 400} = 10,6 \quad [A]$$

$$I_{c(FU-1)} = \frac{\sqrt{\left(\frac{4743}{0,86} + \frac{1704}{0,79} + \frac{370}{0,66}\right)^2 + \left(\frac{3064}{0,86} + \frac{1278}{0,79} + \frac{287}{0,66}\right)^2}}{\sqrt{3} \cdot 400} = 14,385 \quad [A]$$

$$I_{c(G\ 40)} = \frac{\sqrt{\left(\frac{3098}{0,82} + \frac{370}{0,66}\right)^2 + \left(\frac{2163}{0,82} + \frac{287}{0,66}\right)^2}}{\sqrt{3} \cdot 400} = 7,674 \quad [A]$$

Componenta tranzitorie a curentului de vârf, de pe circuitul de utilaj, este reprezentată de curentul de pornire / conectare  $I_{pM}$  al acelui receptor din utilaj, care produce cel mai mare salt de curent real, calculat ca diferență  $\Delta I_{pM} = (I_p - I_n)$ . Dacă toate motoarele din compunerea utilajului sunt cu pornire directă, curentul  $I_{pM}$  corespunde motorului cu puterea nominală cea mai mare. Curentul  $I_{pM}$  se denumește curent de pornire, maxim, având valorile:

$$I_{pM(RU\ 200)} = 55,81 \quad [A]$$

$$I_{pM(FU-1)} = 97,403 \quad [A]$$

$$I_{pM \text{ (G 40)}} = 55,81 \text{ [A]}$$

6.1.4 Se consideră oprit din funcționare receptorul căruia îi corespunde curentul de pornire, maxim  $I_{pM}$ , pentru numărul de ordine  $j = 1$  și se determină curentul cerut de celelalte  $(n-1)$  receptoare ale utilajului, aplicând relația:

$$I_{c(n-1)} = \frac{S_{c(n-1)}}{\sqrt{3} \cdot U_{ln}} = \frac{\sqrt{\left(\sum_{j=2}^n \frac{P_{ij}}{\eta_{nj}}\right)^2 + \left(\sum_{j=2}^n \frac{Q_{ij}}{\eta_{nj}}\right)^2}}{\sqrt{3} \cdot U_{ln}} \quad [\text{A}]$$

Rezultă:

$$I_{c(n-1) \text{ (RU 200)}} = \frac{\sqrt{\left(\frac{375}{0,71} + \frac{696}{0,73} + \frac{370}{0,65}\right)^2 + \left(\frac{383}{0,71} + \frac{558}{0,73} + \frac{336}{0,65}\right)^2}}{\sqrt{3} \cdot 400} = 3,95 \quad [\text{A}]$$

$$I_{c(n-1) \text{ (FU-1)}} = \frac{\sqrt{\left(\frac{1704}{0,79} + \frac{370}{0,66}\right)^2 + \left(\frac{1278}{0,79} + \frac{287}{0,66}\right)^2}}{\sqrt{3} \cdot 400} = 4,916 \quad [\text{A}]$$

$$I_{c(n-1) \text{ (G 40)}} = \frac{\sqrt{\left(\frac{370}{0,66}\right)^2 + \left(\frac{287}{0,66}\right)^2}}{\sqrt{3} \cdot 400} = 1,024 \quad [\text{A}]$$

6.1.5 Curentul de vârf al circuitului de utilaj este dat de relația:

$$I_v = I_{pM} + I_{c(n-1)} \quad [\text{A}]$$

Rezultă:

$$I_v \text{ (RU 200)} = 55,8 + 3,95 = 59,8 \quad [\text{A}]$$

$$I_v \text{ (FU-1)} = 97,403 + 4,916 = 102,319 \quad [\text{A}]$$

$$I_v \text{ (G 40)} = 55,81 + 1,024 = 56,834 \quad [\text{A}]$$

## 6.2 Protecția și comutația

6.2.1 Circuitele de utilaj pot fi protejate împotriva curenților de scurtcircuit prin siguranțe fuzibile sau întreruptoare automate. Dimensionarea protecției realizate cu întreruptoare automate se tratează în cadrul coloanei generale, din PT. Pentru curenți mici și pentru a nu complica problema selectivității protecțiilor la scurtcircuit, este mult mai rational și economic să se prevadă protecția la scurtcircuit prin siguranțe fuzibile.

6.2.2 Curentul nominal al fuzibilului reflectă solicitarea termică de durată a acesteia:

$$I_{Fn} \geq I_c \quad [\text{A}]$$

## Rezultāt:

$$I_{Fn(RU\,200)} \geq 10,6 \text{ [A]}$$

$$I_{Fn(FU-1)} \geq 14,385 \text{ [A]}$$

$$I_{Fn(G\ 40)} \geq 7,674 \text{ [A]}$$

6.2.3 Condiția de nedeconectare la curentul de vârf se exprimă prin relația:

$$I_{Fn} \geq \frac{I_{pM}}{c} + I_{c(n-1)} \quad [\text{A}]$$

care evidențiază faptul că numai componenta tranzitorie a curentului de vârf se reduce prin coeficientul de siguranță  $c$ .

Rezultă:

$$I_{Fn(RU\ 200)} \geq \frac{55,8}{2,5} + 3,95 \Rightarrow I_{Fn(RU\ 200)} \geq 26,3 \text{ [A]}$$

$$I_{Fn(FU-1)} \geq \frac{97,403}{25} + 4,916 \Rightarrow I_{Fn(FU-1)} \geq 43,877 \text{ [A]}$$

$$I_{Fn(G\ 40)} \geq \frac{55,81}{25} + 1,024 \Rightarrow I_{Fn(G\ 40)} \geq 23,348 \text{ [A]}$$

6.2.4 Altă condiție, care trebuie impusă siguranței fuzibile de pe circuitul de utilaj, este reprezentată de condiția de selectivitate cu cea mai mare dintre siguranțele fuzibile din aval, adică de pe unul dintre circuitele de receptor, din compunerea TU. Se notează cu  $I_{Fn\ pl\ M}$  curentul nominal maxim al fuzibilelor de pe circuitele de receptor din compunerea TU. Condiția de selectivitate dintre siguranța fuzibilă de pe circuitul de utilaj și siguranta maximă de pe plecările TU se scrie analitic sub forma:

$$I_{En} \geq q_F^2 \cdot I_{En\,nl\,M} \quad [\text{A}]$$

în care  $q_F$  reprezintă rația seriei de valori nominale, reprezentată de curenții nominali ai sigurantelor fuzibile, cu valori conform tabelului 6.2.

Tabelul 6.2. Valorile și rația seriei geometrice, reprezentată de curentii nominali ai fuzibilelor

$I_{Fn}$ , A	2	4	6	10	16	20	25	35	50	63	80
$q_F$	2,00	1,50	1,67	1,60	1,25	1,25	1,40	1,43	1,26	1,27	...
$q_{Fmed}$		1,71						1,346			
$I_{Fn}$ , A	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	1000
$q_F$	1,25	1,25	1,28	1,25	1,25	1,26	1,27	1,25	1,26	1,26	1,59
$q_{Fmed}$	1,346						1,292				

Valoarea minimă a rației  $q_F$  este 1,25, astfel încât relația de mai sus se scrie în formă concretă:

$$I_{Fn} \geq 1,5625 \cdot I_{Fn\ pl\ M} \quad [\text{A}]$$

reprezintă rația seriei de valori nominale, reprezentată de curenții nominali ai siguranțelor fuzibile, cu valori conform tabelului 6.2.

În tabelul 6.3 se prezintă corelația între curenții nominali ai fuzibilelor de același fel, pentru asigurarea selectivității, ca o ultimă verificare a îndeplinirii condițiilor anterioare.

Tabelul 6.3. Corelația între curenții nominali ai fuzibilelor de același fel, pentru asigurarea selectivității

Tipul siguranțelor	Poziția în raport cu sensul distribuției	Intensitatea nominală a fuzibilului, A								
		16	20	25	35	50	63	80	100	
Cu filet	amonte	16	20	25	35	50	63	80	100	
	aval	6	10	16	20	25	35	50	63	
MPR	amonte	160	200	250	315	400	500	630	800	1000
	aval	100	125	160	200	250	315	400	500	630

Rezultă:

$$I_{Fn(RU\ 200)} \geq 1,5625 \cdot 25 \Rightarrow I_{Fn(RU\ 200)} \geq 39,1 \quad [\text{A}]$$

$$I_{Fn(FU-1)} \geq 1,5625 \cdot 50 \Rightarrow I_{Fn(FU-1)} \geq 78,125 \quad [\text{A}]$$

$$I_{Fn(G\ 40)} \geq 1,5625 \cdot 25 \Rightarrow I_{Fn(G\ 40)} \geq 39,063 \quad [\text{A}]$$

6.2.5 Urmează alegerea siguranței fuzibile de pe circuitul de utilaj, pe baza condițiilor anterioare, utilizând caracteristicile siguranțelor fuzibile din tabelul 5.5.

Siguranța fuzibilă aleasă este:

$$I_{Fn(RU\ 200)}: LFI\ 63/50 \quad [\text{A}]$$

$$I_{Fn(FU-1)}: LFI\ 100/80 \quad [\text{A}]$$

$$I_{Fn(G\ 40)}: LFI\ 63/50 \quad [\text{A}]$$

6.2.6 Separatorul de bare al circuitului de utilaj, regăsit frecvent în chiar schema electrică a instalației utilajului, trebuie să suporte curentul cerut de utilaj, ca o expresie a solicitării termice de durată:

$$I_{Qn} \geq I_c \quad [\text{A}]$$

Rezultă:

$$I_{Qn(RU\ 200)} \geq 10,6 \text{ [A]}$$

$$I_{Qn(FU-1)} \geq 14,385 \text{ [A]}$$

$$I_{Qn(G\ 40)} \geq 7,674 \text{ [A]}$$

6.2.7 În tabelul 6.4 sunt prezentate câteva tipuri de separatoare de JT, fabricate în România (Electrocontact Botoșani), cu principalele caracteristici ale acestora, în vederea alegerii aparatului corespunzător, conform condiției anterioare  $I_{Qn}$ .

Tabelul 6.4. Tipuri de separatoare de JT, fabricate în România și principalele caracteristici tehnice

Tip separator	Cod produs	$I_m, A$	$I_{th}, A$	Aspect
Separator de sarcină tripolar cu siguranță	1210	4; 6; 10; 16; 20; 25; 32; 36; 50; 63; 80; 125;	160	
	1212R	160; 200; 224;	250	
	1213R	250; 300; 355;	400	
	1214R	400; 500; 630	630	
Separator de sarcină tripolar cu cuțite	1215	160	160	
	1217R	250	250	
	1218R	400	400	
	1219R	630	630	
Separator de sarcină cu siguranțe MPR gr.00, debroșabil, de exterior, tetrapolar	-	4; 6; 10; 16; 25; 32; 50; 63; 80; 100	100	
Separator de sarcină cu cuțite și acționare prin rotație	2180	160	160	
	2181	630	630	
Separator de sarcină cu acționare laterală	2262-2P 2262-3P 2262-4P	160	160	
	2272-2P 2272-3P 2272-4P	320	320	

6.2.8 În identificarea construcției, rolului și funcționării separatoarelor se utilizează următoarele simboluri: S – separator; M – monofazat; T – trifazat; I – de interior; E – de exterior; P – cu cuțite de punere la pământ; F – siguranțe fuzibile incluse; R – rotativ; S (la urmă) – de sarcină; AM – dispozitiv de acționare manuală; DPI – dispozitiv de acționare pneumatică, de interior; AS – dispozitiv de acționare electromagnetică; AP – dispozitiv de acționare a cuțitelor de punere la pământ.

Tipul de separator ales este:

$$I_{Qn(RU\ 200)}: C\ 16$$

$$I_{Qn(FU-1)}: C\ 16$$

### 6.3 Conducta electrică

6.3.1 La alegerea circuitului de utilaj, dintre condițiile referitoare la curentul admisibil în conducte, expuse la dimensionarea circuitelor de receptor, se păstrează numai cea corespunzătoare solicitării de regim permanent:

$$I_{Cadm} \geq \frac{I_c}{a \cdot K} \quad [\text{A}]$$

cea de stabilitate la curenții de scurtcircuit:

$$I_{Cadm} \geq \frac{I_{Fn}}{3} \quad [\text{A}]$$

precum și cele două condiții referitoare la secțiunea conductoarelor:

$$s_C \geq s_{min} \quad [\text{mm}^2]$$

$$s_C \geq \frac{I_v}{J_{adm}} \quad [\text{mm}^2]$$

Secțiunile minime ale circuitelor de utilaj se stabilesc la fel cu ale circuitelor de receptor.

Rezultă:

- pentru utilajul RU 200:

$$I_{Cadm(RU\ 200)} \geq \frac{10,6}{1 \cdot 1,076} \Rightarrow I_{Cadm(RU\ 200)} \geq 9,85 \quad [\text{A}]$$

$$I_{Cadm(RU\ 200)} \geq \frac{50}{3} \Rightarrow I_{Cadm(RU\ 200)} \geq 16,66 \quad [\text{A}]$$

$$s_{C(RU\ 200)} \geq 1,5 \quad [\text{mm}^2]$$

$$s_{C(RU\ 200)} \geq \frac{I_v}{J_{adm}} \Rightarrow s_{C(RU\ 200)} \geq \frac{59,8}{35} \Rightarrow s_{C(RU\ 200)} \geq 1,71 \quad [\text{mm}^2]$$

- pentru utilajul FU-1:

$$I_{Cadm(FU-1)} \geq \frac{14,38}{1 \cdot 1,076} \Rightarrow I_{Cadm(FU-1)} \geq 13,36 \quad [\text{A}]$$

$$I_{Cadm(FU-1)} \geq \frac{80}{3} \Rightarrow I_{Cadm(FU-1)} \geq 26,66 \quad [\text{A}]$$

$$s_{C(FU-1)} \geq 1,5 \quad [\text{mm}^2]$$

$$s_{C(FU-1)} \geq \frac{I_v}{J_{adm}} \Rightarrow s_{C(FU-1)} \geq \frac{102,319}{35} \Rightarrow s_{C(FU-1)} \geq 2,923 \quad [\text{mm}^2]$$

- pentru utilajul G 40:

$$I_{Cadm(G\ 40)} \geq \frac{7,67}{1 \cdot 1,076} \Rightarrow I_{Cadm(G\ 40)} \geq 7,132 \quad [\text{A}]$$

$$I_{Cadm(G\ 40)} \geq \frac{50}{3} \Rightarrow I_{Cadm(G\ 40)} \geq 16,66 \quad [\text{A}]$$

$$s_{C(G\ 40)} \geq 1,5 \quad [\text{mm}^2]$$

$$s_{C(G\ 40)} \geq \frac{I_v}{J_{adm}} \Rightarrow s_{C(G\ 40)} \geq \frac{56,834}{35} \Rightarrow s_{C(G\ 40)} \geq 1,624 \quad [\text{mm}^2]$$

6.3.2 Se identifică cele mai restrictive condiții, atât pentru curentul admisibil, cât și pentru secțiunea conductorilor, aplicând procedeul de alegere a secțiunii conductorilor, descris anterior:

- pentru utilajul RU 200:

$$I_{Cadm(RU\ 200)} \geq 16,66 \quad [\text{A}]$$

$$s_{C(RU\ 200)} \geq 1,71 \quad [\text{mm}^2]$$

- pentru utilajul FU-1:

$$I_{Cadm(FU-1)} \geq 26,66 \quad [\text{A}]$$

$$s_{C(FU-1)} \geq 2,923 \quad [\text{mm}^2]$$

- pentru utilajul G 40:

$$I_{Cadm(G\ 40)} \geq 16,66 \quad [\text{A}]$$

$$s_{C(G\ 40)} \geq 1,624 \quad [\text{mm}^2]$$

astfel încât:

- pentru utilajul RU 200: conductă tip FY2,5
- pentru utilajul FU-1: conductă tip FY4
- pentru utilajul G 40: conductă tip FY2,5

6.3.3 Secțiunea conductorului de nul este aceeași secțiune ca a conductorului de fază.

6.3.4 Dimensionarea se încheie cu alegere tubului de protecție:

- pentru utilajul RU 200: IPY 18/15,4;
- pentru utilajul FU-1: IPY 20/15,9;
- pentru utilajul G 40: IPY 20/15,5;

## Dimensionarea circuitelor de utilaj

Element	Mărimea sau solicitarea	Relația sau simbolul	Utilajul		
			RU 200	FU - 1	G40
Subconsumator	Curentul cerut	$I_c = \frac{\sqrt{\left(\sum_{j=1}^n P_{ij} / \eta_{nj}\right)^2 + \left(\sum_{j=1}^n Q_{ij} / \eta_{nj}\right)^2}}{\sqrt{3} \cdot U_{ln}}$	10,6 A	14,385 A	7,674 A
	Curentul de pornire maxim	$I_{pM}, \text{A}$	55,8 A	97,403 A	55,81 A
	Curentul cerut de celealte ( $n-1$ ) receptoare	$I_c = \frac{\sqrt{\left(\sum_{j=2}^n P_{ij} / \eta_{nj}\right)^2 + \left(\sum_{j=2}^n Q_{ij} / \eta_{nj}\right)^2}}{\sqrt{3} \cdot U_{ln}}$	3,95 A	4,916 A	1,024 A
	Curentul de vârf	$I_v = I_{pM} + I_{c(n-1)}, \text{A}$	59,8 A	102,319 A	56,834 A
Siguranță fuzibilă	Solicitarea termică de durată	$I_{Fn} \geq I_c$	10,6 A	14,385 A	7,674 A
	Nedeconectare la curentul de vârf	$I_{Fn} \geq \frac{I_{pM}}{c} + I_{c(n-1)}$	26,3 A	43,877 A	23,348 A
	Selectivitatea cu siguranță aval	$I_{Fn} \geq 1,5625 \cdot I_{Fn\ plM}$	39,1 A	78,125 A	39,063 A
	Siguranță fuzibilă aleasă	LFi; MPR ( $I_{n\ soclu}/I_{n\ fuzibil}$ )	LFi 63/50 A	LFi100/80 A	LFi63/50 A
Separator	Solicitarea de durată	$I_{Qn} \geq I_c$	10,6 A	14,385 A	7,674 A
	Tip separator	...	C16	C16	C10
Conductă electrică	Stabilitatea termică în regim permanent	$I_{Cadm} \geq \frac{I_c}{aK}$	9,85 A	13,369 A	7,132 A
	Stabilitatea termică la $I_{sc}$	$I_{Cadm} \geq \frac{I_{Fn}}{3}$	16,66 A	26,66 A	16,66 A
	Secțiunea minimă	$s_C \geq s_{min}$	1,5 mm <sup>2</sup>	1,5 mm <sup>2</sup>	1,5 mm <sup>2</sup>
	Stabilitatea termică la $I_v$	$s_C \geq \frac{I_v}{J_{adm}}$	1,71 mm <sup>2</sup>	2,923 mm <sup>2</sup>	1,624 mm <sup>2</sup>
	Conductă aleasă	4 FY...	4FY2,5	4FY4	4FY2,5
Tub protecție	Tip, diametre nominale	IPY D <sub>ext</sub> /D <sub>int</sub>	IPY 18/15,4	IPY20/15,9	IPY20/15,5

## 7. Determinarea numărului de tablouri de distribuție

### 7.1 Mărimi de calcul

7.1.1 Numărul optim economic de receptoare pe un TD reprezintă o mărime de calcul, cu ajutorul căreia se poate determina numărul optim de TD. Metoda a stat la baza realizării nomogramei de calcul din figura 7.1, care este dezvoltată pe cinci cadrane.

7.1.2 Densitatea de calcul  $J_n$  pentru curentul nominal, la plecările de la TD, se calculează ca medie pătratică a densităților de curent  $J_{nj}$ , de pe circuitele de receptor:

$$J_n = \sqrt{\frac{1}{N} \cdot \sum_{j=1}^N J_{nj}^2} \quad [\text{A/mm}^2]$$

în care  $N$  reprezintă numărul total de receptoare ale consumatorului, egal cu numărul  $n$ , din tabelele 1.1 și 2.1. Se consideră astfel că toate receptoarele din compunerea consumatorului sunt alimentate de la TD.

Rezultă:  $J_n =$

$$\begin{aligned} &= \sqrt{\frac{1}{105} \cdot (3,43^2 + 1,45^2 + 1,86^2 + 0,74^2 + 3,746^2 + 3,35^2 + 0,68^2 + 21,609^2 + 4,555^2 + 3,275^2)} \\ &= 2,272 \quad [\text{A/mm}^2] \end{aligned}$$

$J_n = 2,272$

7.1.3 Coeficientul mediu de utilizare  $\alpha_i$  a receptoarelor electrice, conectate la TD prin linii radiale, se mai numește coeficient de încărcare și se consideră echivalentul coeficientului de cerere mediu  $k_{cmed}$ , al consumatorului:

$$\alpha_i = k_{cmed}$$

putând fi extras din tabelul 2.1. În nomogramă (în primul cadran, din dreapta-sus) se constată că există drepte diferite pentru parametrul  $\alpha_i$ , în funcție de materialul conductoarelor (cupru sau aluminiu). Pentru valori intermediare ale parametrului  $\alpha_i$ , față de cele înscrise pe nomogramă, se recurge la interpolare.

$$\alpha_i = 0,483$$

7.1.4 Pornind de pe axa absciselor, a primului cadran (figura 7.1), de la valoarea  $J_n \approx 3 \text{ A/mm}^2$  și interpolând pe verticală, pentru  $\alpha_i = k_{cmed} = 0,483$ , se găsește punctul M<sub>1</sub>.

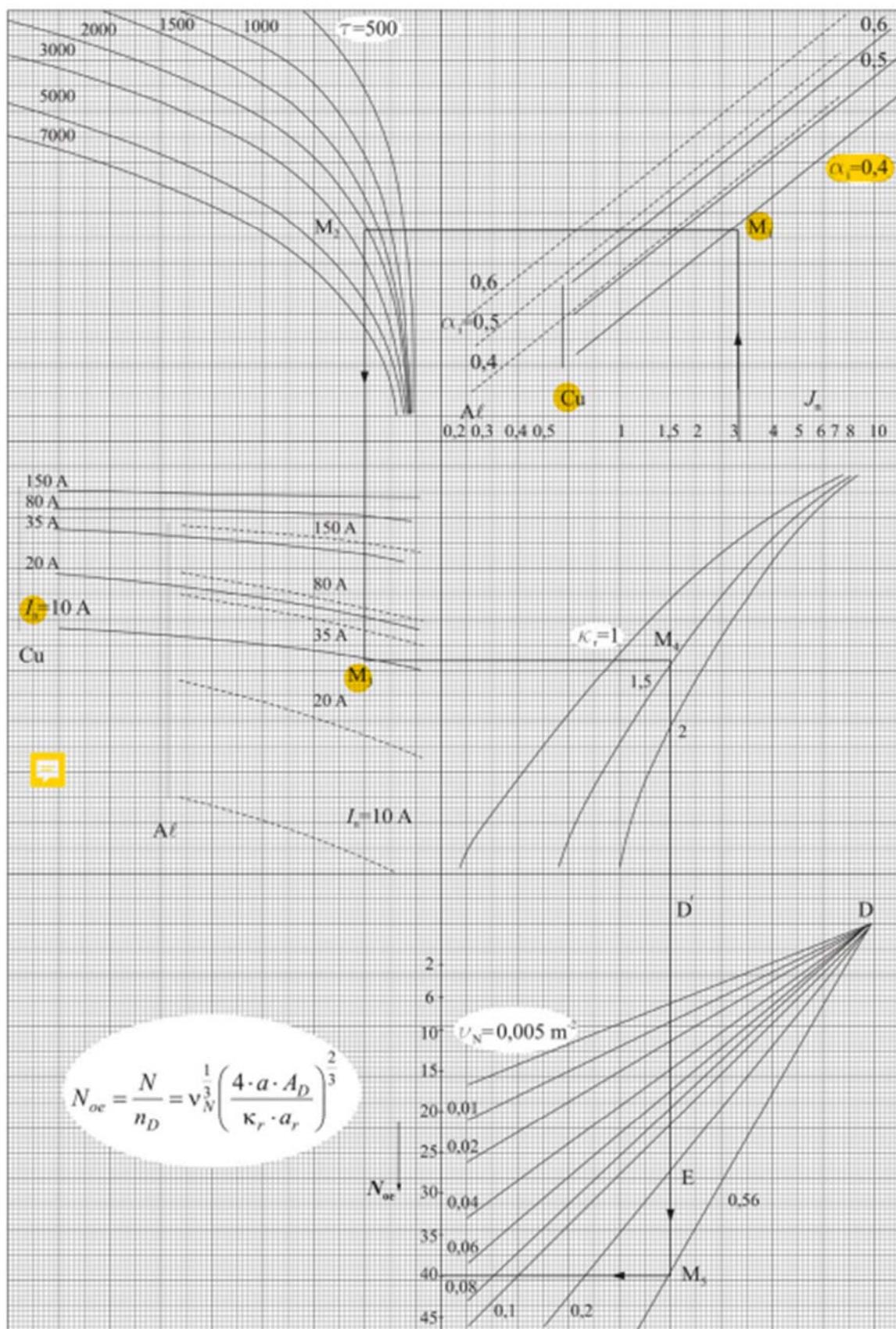
7.1.5 Durata pierderilor maxime  $\tau$ , reprezintă timpul conventional, în care instalația, funcționând la sarcina maximă, constantă (puterea cerută), are aceleași pierderi de energie ca și în cazul consumului real. Determinarea duratei pierderilor maxime se face pe baza curbelor din figura 7.2, redând dependența de forma  $\tau(t_{PM}, \cos \varphi_{nat})$ , în care durata de utilizare a puterii maxime  $t_{PM}$  este variabilă independentă, iar factorul de putere natural al consumatorului  $\cos \varphi_{nat}$  este parametru.

Durata de utilizare a puterii maxime  $t_{PM}$  este indicată în tabelul 7.1 pentru o serie de ramuri industriale, iar  $\cos \varphi_{nat}$  se preia din tabelul 2.1.

Rezultă:

$$\begin{aligned} t_{PM} &= 2500 \\ \cos \varphi_{nat} &= 0,75 \\ \tau &= 1800 \quad [\text{ore/an}] \end{aligned}$$

Pe paralela M<sub>1</sub>M<sub>2</sub> la axa absciselor ( $J_n$ ), se determină, prin interpolare, poziția punctului M<sub>2</sub>, între punctele de intersecție ale dreptei M<sub>1</sub>M<sub>2</sub> cu cele două curbe de parametrii  $\tau = 1500$  h și  $\tau = 2000$  h, care încadrează valoarea  $\tau = 1800$  h.



Duratele  $t_{PM}$  de utilizare a puterii active maxime, pentru ramuri industriale

Tabelul 7.1

Felul consumatorului	$t_{PM}$ , h	
	lucrul în două schimburi	lucrul în trei schimburi
Construcții de mașini	2.500	4.000÷4.400
Industria electrotehnică	-	5.000
Metalurgie	-	6.500
Reparații automobile și vagoane	3.400	-
Uzine de reparații	2.500	4.500
Industria chimică	-	5.800÷6.500
Industria hârtiei și celulozei	-	5.500
Industria textilă	4.000	4.500
Fabrici de încălăziminte	3.000÷3.500	5.000
Fabrici de cleiuri	-	6.200÷6.300
Fabrici de gelatină	-	5.300÷5.500
Poligrafie	3.000	-
Prelucrarea lemnului	2.200÷2.500	4.600
Industria minieră	-	5.000÷5.500
Combinante de carne	-	3.500÷3.800
Combinante mari de păsări	-	3.000÷3.100
Fabrici de conservat carne, Întreprinderi de prepararea cărnii	-	5.600÷5.800
Fabrici de preparare a păsărilor	-	6.400÷6.500
Industria alimentară	2.500	4.000÷5.000
Întreprinderi frigorifice	-	4.000
Întreprinderi de lapte dietetic	-	4.800÷5.000
Întreprinderi mari, de produse lactate	-	7.200÷7.500

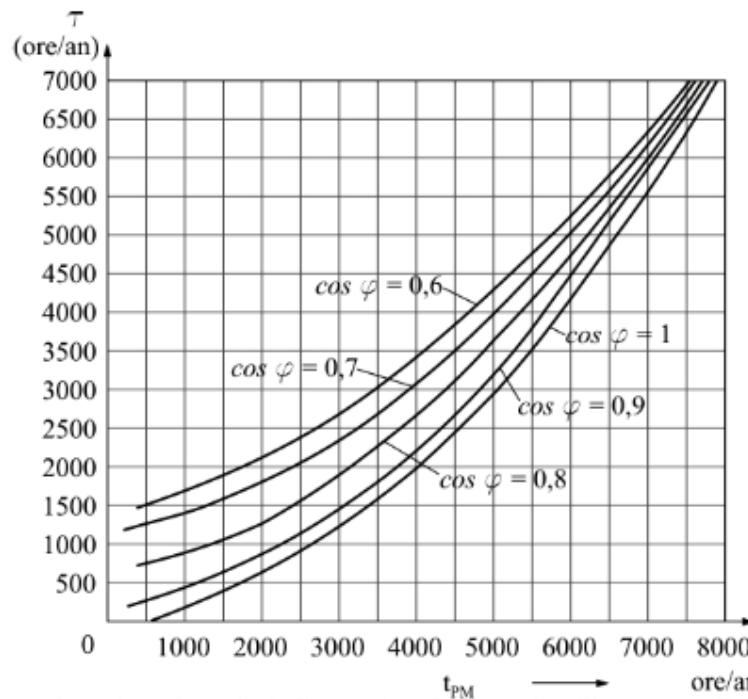


Fig. 7.2. Dependența duratei  $\tau$  a pierderilor maxime de durata de utilizare a puterii maxime  $t_{PM}$  și de factorul de putere  $\cos \varphi_{nat}$  al consumatorului.

7.1.6 Curentul nominal, mediu  $I_n$  reprezintă parametrul celui de al treilea cadran al nomogramei (figura 7.1) și se calculează ca medie pătratică a curenților nominali  $I_{nj}$ , ai receptoarelor:

$$I_n = \sqrt{\frac{1}{N} \cdot \sum_{j=1}^N I_{nj}^2} \quad [A]$$

Valorile curenților nominali  $I_{nj}$  ai receptoarelor se regăsesc în tabelul 5.1. Astfel:

$$I_n =$$

$$= \sqrt{\frac{1}{105} \cdot (8,58^2 + 2,178^2 + 2,788^2 + 1,11^2 + 14,985^2 + 5,024^2 + 1,02^2 + 53,022^2 + 11,386^2 + 8,187^2)} \quad [A]$$

$$I_n = 5,645$$

După calculul curentului nominal mediu, la identificarea punctului de pe graficul din cadrul al treilea al nomogramei, trebuie să se țină seama de natura materialului conductoarelor.

Astfel, se coboară în planul nomogramei (figura 7.1), paralel cu axa verticală, din punctul  $M_2$  până la intersecția cu curba de parametrii  $I_n \approx 10 \text{ A}$ , Cu, găsindu-se punctul  $M_3$ .

7.1.7 În al patrulea cadran al nomogramei din figura 7.1, parametrul funcției este reprezentat de coeficientul configurației rețelei radiale  $k_r$ , dat de relația:

$$k_r = \frac{1}{\sqrt{\gamma}} \cdot [\mu^2 + (1 - \mu)^2] + \sqrt{\gamma} \cdot [\nu^2 + (1 - \nu)^2]$$

în care  $\gamma$  este raportul de aspect al halei:

$$\gamma = \frac{L_2}{L_1} \leq 1$$

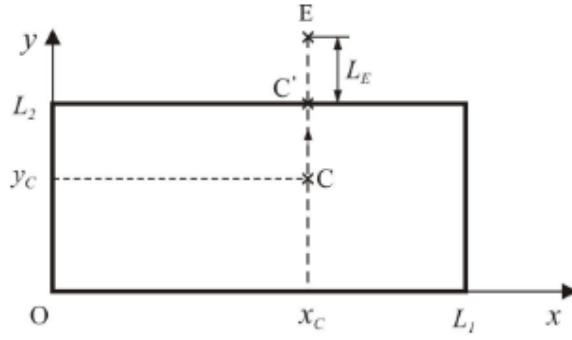
iar  $\mu$  și  $\nu$  reprezintă coordonatele relative ale punctului de alimentare (PA), care poate fi chiar centrul de sarcină:

$$\mu = \frac{x_c}{L_1}; \quad \nu = \frac{y_c}{L_2}$$

În figura 7.3 se prezintă planul halei, cu dimensiunile  $L_1 \times L_2$ ,  $L_1 \geq L_2$ , căruia i s-a asociat un sistem de axe de coordinate  $xOy$ . Relația anterioară de calcul a valorii coeficientului  $k_r$  este valabilă pentru un PA plasat în interiorul, inclusiv pe perimetrul dreptunghiului halei. Dacă din anumite considerente sau restricții, PA trebuie mutat în afara perimetru lui halei, atunci calculul coeficientului configurației rețelei radiale se efectuează cu relația:

$$k_{re} = k_{rc'} + \frac{2 \cdot L_E}{\sqrt{L_1 \cdot L_2}}$$

în care  $L_E$  reprezintă distanța dintre poziția reală a PA și proiecția acestuia pe cel mai apropiat perete al halei,  $L_E = \overline{C'E}$ .



Coordonat

Fig. 7.3. Poziții ale punctului de alimentare în planul halei.

$$x_c = 11,527 \quad [\text{m}]$$

$$y_c = 7,612 \quad [\text{m}]$$

Deoarece nu este prevăzută amplasarea PT în interiorul halei, acesta se va poziționa în cel mai apropiat punct de  $C(x_c, y_c) = C(11,527, 7,612)$ . În acest caz, coordonatele relative ale punctului de alimentare (PA), vor fi:

$$\mu_{C'} = \frac{x_{C'}}{L_1} = \frac{7,2}{20} = 0,3$$

$$\nu_{C'} = \frac{y_{C'}}{L_2} = \frac{0}{16,8} = 0$$

Distanța dintre poziția reală a PA și proiecția acestuia pe cel mai apropiat perete al halei, este:

$$L_E = 1 \quad [\text{m}]$$

Raportul de aspect al halei:

$$\gamma = \frac{21}{24} = 0,875 \leq 1$$

Coeficientul configurației rețelei radiale  $k_{rc'}$ :

$$k_{rc'} = \frac{1}{\sqrt{\gamma}} \cdot [\mu_{C'}^2 + (1 - \mu_{C'})^2] + \sqrt{\gamma} \cdot [\nu_{C'}^2 + (1 - \nu_{C'})^2]$$

$$k_{rc'} = \frac{1}{\sqrt{0,875}} \cdot [0,3^2 + (1 - 0,3)^2] + \sqrt{0,875} \cdot [0^2 + (1 - 0)^2] = 1,151$$

Coeficientul configurației rețelei radiale  $k_{re}$ :

$$k_{re} = 1,151 + \frac{2}{\sqrt{24 \cdot 21}} = 1,24$$

Astfel, se duce paralela din punctul M<sub>3</sub>, la axa absciselor (figura 7.1), care intersectează curba de parametru  $k_r = 1,57$ , în punctul M<sub>4</sub>.

7.1.8 Numărul mediu de receptoare pe unitatea de suprafață a secției constituie ultima mărime de luat în considerare, fiind dat de raportul dintre numărul total de receptoare  $N$  și aria  $A_s$  a arealului în care acestea sunt amplasate:

$$v_N = \frac{N}{A_s} \quad \left[ \frac{1}{m^2} \right]$$

Se consideră că la calculul ariei  $A_s$  trebuie eliminate acele suprafete, unde nu sunt amplasate receptoare, cum sunt spațiile de depozitare, căile de circulație etc.

Având în vedere că există o cale de acces principală cu dimensiunile 3,3 x 12,5 m, rezultă:

$$v_N = \frac{105}{21 \cdot 24 - 3 \cdot 24} = 0,238 \quad \left[ \frac{1}{m^2} \right]$$

Deoarece dreapta de parametru  $v_N = 0,22$  nu este trasată în figura 7.1 (cadranul 5) și nici drepte ale căror parametri să-l încadreze valoric pe cel determinat, se impune determinarea prin interpolare a poziției punctului din cadranul al cincilea, situat pe paralela la axa verticală a nomogramei, dusă prin punctul M4. Pentru aceasta, se consideră următoarele puncte: D – punctul de origine ale dreptelor de parametru  $v_N$ , D' – proiecția acestuia pe paralela dusă din M4 la axa verticală și E – punctul de intersecție al dreptei DD' cu dreapta de parametru  $v_N = 0,2$  (cea mai apropiată valoare de mărimea de interes).

Deducând de pe nomogramă că segmentul D'E are lungimea de 57 mm și ținând seama de relația dintre mărurile care intervin, se obține mărimea segmentului D'M5:

$$D'M_5 = 57 \cdot \left( \frac{0,22}{0,2} \right)^{\frac{1}{3}} \cong 59 \quad [mm]$$

7.1.9 Dacă prin punctul  $M_5$  o paralelă la axa absciselor, se intersectează axa verticală la ordonata corespunzătoare numărului optim economic de receptoare pe un TD (figura 7.1):

$$N_{oe} = 37,2$$

## 7.2 Numărul optim de TD

7.2.1 Relația pentru numărul optim economic de receptoare electrice  $N_{oe}$ , pe un TD, care a stat la baza construcției nomogramei, are forma:

$$N_{oe} = v_N^{\frac{1}{3}} \cdot \left( \frac{4a \cdot A_D}{k_r \cdot a_r} \right)^{\frac{2}{3}}$$

unde:

$v_N$  reprezintă numărul mediu de receptoare pe unitatea de suprafață a secției;

$a$  este rata de amortizare a investiției, cu valori în domeniul  $a \in [0,1 \div 0,2]$ ;

$A_D$  este componenta constantă a costului unui TD montat;

$k_r$  este coeficientul configurației rețelei radiale;

$a_r$  sunt cheltuielile specifice pentru o plecare cu curentul nominal  $I_n$ , date de relația:

$$a_r = a \cdot \alpha + 3 \cdot \beta' \cdot \tau \cdot \alpha_i^2 \cdot \rho \cdot I_n \cdot J_n$$

$\alpha$  este componenta constantă a costului unui metru liniar de conductă electrică;

$\beta'$  este costul specific al pierderilor de energie, în u.m./kWh pierdut;

$\tau$  este durata anuală a pierderilor maxime;

$\alpha_i = k_{cmed}$  este coeficientul mediu de utilizare a receptoarelor electrice;  
 $\rho$  este rezistivitatea materialului conductorilor, la temperatura mediului ambiant.

- 7.2.2 Formele analitice ale relațiilor anterioare pun în evidență caracterele dependențelor dintre  $N_{oe}$  și oricare dintre variabilele independente, importante pentru proiectant, atunci când unele dintre variabile ies în afara domeniului de valori, considerat la realizarea nomogramei și se impune efectuarea de interpolări.
- 7.2.3 Când pentru cel puțin una dintre mărimele de calcul, menționate anterior se consideră nu o singură valoare, ci un domeniu de valori, și pentru  $N_{oe}$  va rezulta un domeniu de valori, ceea ce va ușura alegerea numărului optim de TD.
- 7.2.4 Având determinat  $N_{oe}$ , numărul optim economic  $n_{D0}$  de TD se determină cu relația:

$$n_{D_0} = \left[ \frac{N}{N_{oe}} \right]$$

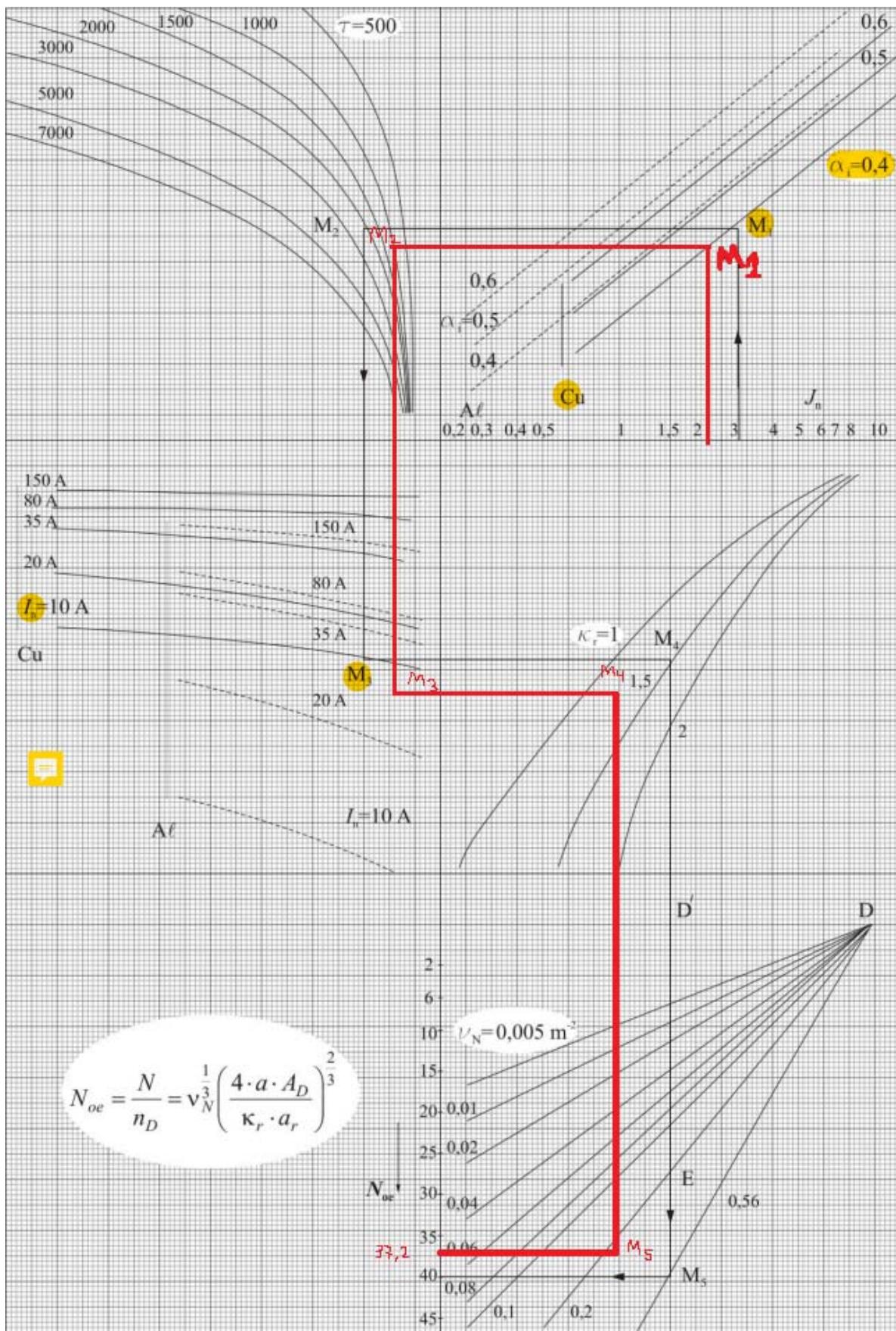
în care parantezele drepte au semnificația de parte întreagă.

Rezultă:

$$n_{D_0} = \left[ \frac{105}{37,2} \right] = [2,823]$$

astfel că, pentru numărul real  $n_D$  de TD va fi:

$$n_{D_0} = 2$$



## 8. Dimensionarea coloanelor

### 8.1 Structura TD

8.1.1 Fiind stabilit numărul de TD, se trece la împărțirea utilajelor și a receptoarelor de forță pe TD, respectând criteriul amplasării apropriate și urmărind o încărcare relativ echilibrată a acestora. Puterea instalată a utilajului tehnologic, care revine unui TD, trebuie să se situeze în jurul valorii:

$$P_{iD} = \frac{P_{it}}{n_D} \quad [\text{kW}]$$

în care  $P_{it}$  este puterea instalată, totală, a consumatorului, iar  $n_D$  este numărul de TD.  
Rezultă:

$$P_{iD} = \frac{267,879}{2} = 133,94 \quad [\text{kW}]$$

8.1.2 Cunoscând puterile instalate ale utilajelor și receptoarelor (tabelul 1.1), se consideră că se intră în hală pe intrarea principală și se urmează un traseu de jos în sus și de la stânga la dreapta, deci se ia ca referință sensul orar, cumulând treptat utilaje și receptoare, până la realizarea unei puteri instalate, cumulate, apropriată de valoarea dată de relația de mai sus; acestea aparțin primului TD. Se continua repartizarea pe TD a utilajelor și receptoarelor, până la epuizarea acestora.

8.1.3 Principalele variante de echipare a coloanelor cu dispozitive de protecție și comutație, prezentate în figura 8.1, sunt următoarele:

- coloană protejată la plecare prin siguranțele fuzibile F1A, având și separatorul de bare Q1A, prevăzută la intrarea în TD alimentat cu un separator Q2A (figura 8.1.a). Această structură de coloană este general recomandată, pentru cazul protecției cu siguranțe fuzibile, asigurând cele două puncte de separare, în caz de întrerupere a alimentării TD din aval, fără necesitatea extragerii patroanelor fuzibile;
- coloană protejată la plecare prin siguranțele fuzibile F1B și prevăzută la intrarea în TD cu separatorul Q1B (figura 8.1.b), acceptabilă pentru puteri mai mici;
- coloană protejată prin întreruptorul automat Q2C, care realizează o dublă protecție, la scurtcircuit și la suprasarcină, fiind prevăzută cu separatoarele de bare Q1C și Q3C, la plecare, respectiv la intrarea în TD alimentat (figura 8.1.c).

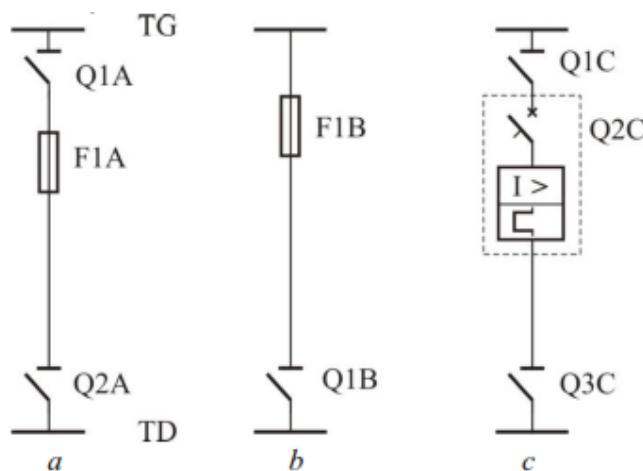


Fig. 8.1. Variantele principale de echipare ale coloanelor:  
a,b - cu siguranțe fuzibile; c - cu întreruptor automat.

- 8.1.4 Ca dispozitive cu rol de separator pot servi și întreruptoarele neautomate (cu pârghie, cu manetă) sau comutatoarele (pachet). Prevederea lor este necesară, în general, pentru a se asigura controlul vizual direct al separației și, în special, la intrarea în TD.
- 8.1.5 Pentru prima variantă de echipare, sunt special recomandate separatoarele cu siguranțe fuzibile incluse, care îndeplinesc cele două funcții de protecție și de separație sigură și vizibilă, prin același echipament.
- 8.1.6 Aceste variante de echipări de coloane, pun în evidență opțiunea pentru o rețea de distribuție radială. Totuși, proiectantul poate decide, când este cazul, să aplique distribuții de tipul linie principală sau chiar buclate.

## 8.2 Puteri cerute pe TD

- 8.2.1 Se completează tabelele 8.1 și 8.2 (de forma tabelului 2.1), care se întocmesc cu prilejul repartizării utilajelor și receptoarelor de forță pe TD, pentru fiecare TD.
- 8.2.2 În coloana 5 a tabelului 8.1 pentru TD1, se efectuează suma puterilor instalate pe TD1 și se determină numărul echivalent de receptoare  $n'$ , pentru cazul acestui subconsumator (devenit consumator de calcul). Se determină coeficientul de influență al numărului de receptoare  $k_a(n')$  din graficul redat în figura 2.1.

$$P_{ik} = \sum P_{iu} \cdot n_u$$

Rezultă:

$$P_{i1} = 4,5391 * 10 + 6,8175 * 4 + 3,4684 * 0 = 72,661 \text{ [kW]}$$

$$P_{i2} = 36 * 1 = 36 \text{ [kW]}$$

$$P_{i3} = 5,5 * 2 = 11 \text{ [kW]}$$

$$P_{i4} = 2 * 4 = 8 \text{ [kW]}$$

Puterea instalată totală  $P_{it}$ , a consumatorului:

$$P_{it} = Pi1 + Pi2 + Pi3 + Pi4 = 127,661 \text{ [kW]}$$

Numărul total de receptoare  $n$ , din compunerea utilajului tehnologic, al consumatorului considerat, se determină făcând “inventarul” tuturor receptoarelor de forță, fie acestea din compunerea utilajelor, fie individuale:

$$n = n_{ru1} \cdot n_{u1} + n_{ru2} \cdot n_{u2} + \dots + n_{r(k-1)} + n_{r(k)}$$

Rezultă:

$$n = 10 * 4 + 3 * 4 + 2 * 0 + 1 * 1 + 1 * 2 + 1 * 4 = 59$$

În continuare, se consideră receptoarele din compunerea consumatorului în ordinea descrescătoare a puterilor lor instalate și se cumulează puterile instalate ale receptoarelor celor mai mari, până când se obține un rezultat mai mare, cel puțin egal cu  $P_{it}/2$ . Numărul de receptoare cu puterile cele mai mari, a căror putere (activă) instalată, însumată reprezintă cel puțin jumătatea puterii instalate totale, notat cu  $n_{0,5}$ , este definit analitic prin relația:

$$\sum_{j=1}^{n_{0,5}} P_{ij} \geq 0,5 \cdot P_{it}, \quad \text{unde: } P_{i1} \geq P_{i2} \geq P_{i3} \geq \dots \geq P_{in}$$

Tabelul 8.3. Sirul descrescător al puterilor instalate, ale receptoarelor consumatorului

Puterea instalată $P_{ij}$ a receptorului, [kW]	36	5,5	4,7434	3,0984	3,0984	2	1,704	0,6957	0,3750	0,37	0,37	0,37
Numărul de receptoare, $n_j$	1	2	4	10	0	4	4	10	10	10	4	0

Pentru a acoperi valoarea jumătății puterii instalate,  $P_{it}/2 = 63.831$  kW, trebuie incluse un cupitor cu rezistoare, două ventilatoare și patru utilaje de tip FU-1.

Însumând numerele receptoarelor, cu puterile cele mai mari, care au intrat în compunerea  $P_{it}/2$ , se obține pentru numărul  $n_{0,5}$  valoarea:

$$n_{0,5} = 1 + 2 + 4 = 7$$

Numărul echivalent de receptoare rezultă:

$$n' = 2 \cdot n_{0,5} = 2 \cdot 7 = 14$$

Pentru numărul echivalent de receptoare  $n' = 14$ , al consumatorului, se determină grafic din figura 2.1:

$$k_a = 4,2$$

8.2.3 În coloana 5 a tabelului 8.2 pentru TD2, se efectuează suma puterilor instalate pe TD2 și se determină numărul echivalent de receptoare  $n'$ , pentru cazul acestui subconsumator (devenit consumator de calcul). Se determină coeficientul de influență al numărului de receptoare  $k_a(n')$  din graficul redat în figura 2.1.

$$P_{ik} = \sum P_{iu} \cdot n_u$$

Rezultă:

$$P_{i1} = 4,539 \cdot 0 + 6,818 \cdot 4 + 3,468 \cdot 10 = 61,952 \text{ [kW]}$$

$$P_{i2} = 36 \cdot 1 = 36 \text{ [kW]}$$

$$P_{i3} = 5,5 \cdot 3 = 16,5 \text{ [kW]}$$

$$P_{i4} = 2 \cdot 4 = 8 \text{ [kW]}$$

Puterea instalată totală  $P_{it}$ , a consumatorului:

$$P_{it} = 61,952 + 36 + 16,5 + 8 = 122,452 \text{ [kW]}$$

Numărul total de receptoare  $n$ , din compunerea utilajului tehnologic, al consumatorului considerat, se determină făcând “inventarul” tuturor receptoarelor de forță, fie acestea din compunerea utilajelor, fie individuale:

$$n = n_{ru1} \cdot n_{u1} + n_{ru2} \cdot n_{u2} + \dots + n_{r(k-1)} + n_{r(k)}$$

Rezultă:

$$n = 4 \cdot 0 + 3 \cdot 4 + 2 \cdot 13 + 1 \cdot 1 + 3 \cdot 1 + 4 \cdot 1 = 31$$

În continuare, se consideră receptoarele din compunerea consumatorului în ordinea descrescătoare a puterilor lor instalate și se cumulează puterile instalate ale receptoarelor celor mai mari, până când se obține un rezultat mai mare, cel puțin egal cu  $P_{it}/2$ . Numărul de receptoare cu puterile cele mai mari, a căror putere (activă) instalată, însumată reprezintă cel puțin jumătatea puterii instalate totale, notat cu  $n_{0,5}$ , este definit analitic prin relația:

$$\sum_{j=1}^{n_{0,5}} P_{ij} \geq 0,5 \cdot P_{it}, \quad \text{unde: } P_{i1} \geq P_{i2} \geq P_{i3} \geq \dots \geq P_{in}$$

Tabelul 8.4. Sirul descrescător al puterilor instalate, ale receptoarelor consumatorului

Puterea instalată $P_{ij}$ a receptorului, [kW]	36	5,5	4,7434	3,0984	3,0984	2	1,704	0,6957	0,3750	0,37	0,37	0,37
Numărul de receptoare, $n_j$	1	3	4	0	13	4	4	0	0	0	4	13

Pentru a acoperi valoarea jumătății puterii instalate,  $P_{it}/2 = 66.43$  kW, trebuie incluse un cuptor cu rezistoare, două receptoare M<sub>1</sub> din utilajele tip FU-1 și două ventilatoare.

Însumând numerele receptoarelor, cu puterile cele mai mari, care au intrat în compunerea  $P_{it}/2$ , se obține pentru numărul  $n_{0,5}$  valoarea:

$$n_{0,5} = 1 + 3 + 3 = 7$$

Numărul echivalent de receptoare rezultă:

$$n' = 2 \cdot n_{0,5} = 2 \cdot 7 = 14$$

Pentru numărul echivalent de receptoare  $n' = 10$ , al consumatorului, se determină grafic din figura 2.1:

$$k_a = 4,2$$

8.2.4 Se preiau din tabelul 2.1 mărimile  $k_{ck}$ ,  $\cos \varphi_{ck}$ ,  $\tg \varphi_{ck}$ , din coloanele respective (6, 7 și 9), iar în coloana a 8-a a tabelului 8.1 (pentru TD1), se trec coeficienții de cerere corectați  $k'_{ck}$ , pentru valoarea concretă a coeficientului  $k_a$ .

Corecția coeficienților de cerere se face conform relației:

$$k'_{ck} = k_{ck} + \frac{1 - k_{ck}}{k_a}$$

Rezultă:

$$k'_{c1} = k_{c1} + \frac{1 - k_{c1}}{k_a} = 0,14 + \frac{1 - 0,14}{4,2} = 0,344$$

$$k'_{c2} = k_{c2} + \frac{1 - k_{c2}}{k_a} = 0,6 + \frac{1 - 0,6}{4,2} = 0,695$$

$$k'_{c3} = k_{c3} + \frac{1 - k_{c3}}{k_a} = 0,75 + \frac{1 - 0,75}{4,2} = 0,809$$

$$k'_{c4} = k_{c4} + \frac{1 - k_{c4}}{k_a} = 0,1 + \frac{1 - 0,1}{4,2} = 0,45$$

8.2.5 Se preiau din tabelul 2.1 mărimile  $k_{ck}$ ,  $\cos \varphi_{ck}$ ,  $\tg \varphi_{ck}$ , din coloanele respective (6, 7 și 9), iar în coloana a 8-a a tabelului 8.2 (pentru TD2), se trec coeficienții de cerere corectați  $k'_{ck}$ , pentru valoarea concretă a coeficientului  $k_a$ .

Rezultă:

$$k'_{c1} = k_{c1} + \frac{1 - k_{c1}}{k_a} = 0,14 + \frac{1 - 0,14}{3,2} = 0,344$$

$$k'_{c2} = k_{c2} + \frac{1 - k_{c2}}{k_a} = 0,6 + \frac{1 - 0,6}{3,2} = 0,695$$

$$k'_{c3} = k_{c3} + \frac{1 - k_{c3}}{k_a} = 0,75 + \frac{1 - 0,75}{3,2} = 0,784$$

$$k'_{c4} = k_{c4} + \frac{1 - k_{c4}}{k_a} = 0,1 + \frac{1 - 0,1}{3,2} = 0,314$$

8.2.6 Se continuă completarea tabelelor 8.1 și 8.2 cu determinarea puterilor cerute pe utilaje, ajungând până la puterile totale pe cele două tablouri de distribuție TD1 și TD2.

8.2.7 Puterile activă  $P_{cu}$  (coloana 10, tabel 8.1), reactivă  $Q_{cu}$  (coloana 11, tabel 8.1) și aparentă  $S_{cu}$  (coloana 12, tabel 8.1), cerute de fiecare utilaj, receptor individual sau instalație de iluminat; se determină cu relațiile următoare:

Puterile active:

$$P_{cu\ RU200(TD1)} = k'_{c1(TD1)} \cdot P_{i\ RU200(TD1)} = 0,344 \cdot 4,539 = 1,564 \quad [\text{kW}]$$

$$P_{cu\ FU-1(TD1)} = k'_{c1(TD1)} \cdot P_{i\ FU-1(TD1)} = 0,344 \cdot 6,818 = 2,35 \quad [\text{kW}]$$

$$P_{cu\ G\ 40(TD1)} = k'_{c1(TD1)} \cdot P_{i\ G\ 40(TD1)} = 0,344 \cdot 3,468 = 1,195 \quad [\text{kW}]$$

$$P_{cu\ EC(TD1)} = k'_{c2(TD1)} \cdot P_{i\ EC(TD1)} = 0,695 \cdot 36 = 25,028 \quad [\text{kW}]$$

$$P_{cu\ EV(TD1)} = k'_{c3(TD1)} \cdot P_{i\ EV(TD1)} = 0,809 \cdot 5,5 = 4,452 \quad [\text{kW}]$$

$$P_{cu\ X(TD1)} = k'_{c4(TD1)} \cdot P_{i\ X(TD1)} = 0,45 \cdot 2 = 0,628 \quad [\text{kW}]$$

Puterile reactive:

$$Q_{cu\ RU200(TD1)} = P_{cu\ RU200(TD1)} \cdot \tg \varphi_{c1(TD1)} = 1,564 \cdot 1,73 = 2,71 \quad [\text{kvar}]$$

$$Q_{cu\ FU-1(TD1)} = P_{cu\ FU-1(TD1)} \cdot \tg \varphi_{c1(TD1)} = 2,35 \cdot 1,73 = 4,07 \quad [\text{kvar}]$$

$$Q_{cu\ G\ 40(TD1)} = P_{cu\ G\ 40(TD1)} \cdot \tg \varphi_{c1(TD1)} = 1,195 \cdot 1,73 = 2,07 \quad [\text{kvar}]$$

$$Q_{cu\ EC(TD1)} = P_{cu\ EC(TD1)} \cdot \tg \varphi_{c2(TD1)} = 25,028 \cdot 0,329 = 8,234 \quad [\text{kvar}]$$

$$Q_{cu\ EV(TD1)} = P_{cu\ EV(TD1)} \cdot \tg \varphi_{c3(TD1)} = 4,452 \cdot 0,75 = 3,33 \quad [\text{kvar}]$$

$$Q_{cu\ X(TD1)} = P_{cu\ X(TD1)} \cdot \tg \varphi_{c4(TD1)} = 0,628 \cdot 1,985 = 1,247 \quad [\text{kvar}]$$

Puterile aparente:

$$S_{cu\ RU200(TD1)} = \sqrt{P_{cu\ RU200(TD1)}^2 + Q_{cu\ RU200(TD1)}^2} = \sqrt{1,564^2 + 2,71^2} = 3,129 \quad [\text{kVA}]$$

$$S_{cu\ FU-1(TD1)} = \sqrt{P_{cu\ FU-1(TD1)}^2 + Q_{cu\ FU-1(TD1)}^2} = \sqrt{2,35^2 + 4,07^2} = 4,7 \quad [\text{kVA}]$$

$$S_{cu\ G\ 40(TD1)} = \sqrt{P_{cu\ G\ 40(TD1)}^2 + Q_{cu\ G\ 40(TD1)}^2} = \sqrt{1,195^2 + 2,07^2} = 2,391 \quad [\text{kVA}]$$

$$S_{cu\ EC(TD1)} = \sqrt{P_{cu\ EC(TD1)}^2 + Q_{cu\ EC(TD1)}^2} = \sqrt{25,028^2 + 8,234^2} = 26,348 \quad [\text{kVA}]$$

$$S_{cu\ EV(TD1)} = \sqrt{P_{cu\ EV(TD1)}^2 + Q_{cu\ EV(TD1)}^2} = \sqrt{4,452^2 + 3,33^2} = 5,565 \quad [\text{kVA}]$$

$$S_{cu\ X(TD1)} = \sqrt{P_{cu\ X(TD1)}^2 + Q_{cu\ X(TD1)}^2} = \sqrt{0,628^2 + 1,247^2} = 1,397 \quad [\text{kVA}]$$

8.2.8 Puterile activă  $P_{cu}$  (coloana 10, tabel 8.2), reactivă  $Q_{cu}$  (coloana 11, tabel 8.2) și aparentă  $S_{cu}$  (coloana 12, tabel 8.2), cerute de fiecare utilaj, receptor individual sau instalație de iluminat; se determină cu relațiile următoare:

Puterile active:

$$P_{cu\ RU200(TD2)} = k'_{c1(TD2)} \cdot P_{i\ RU200(TD2)} = 0,344 \cdot 4,539 = 1,564 \quad [\text{kW}]$$

$$P_{cu\ FU-1(TD2)} = k'_{c1(TD2)} \cdot P_{i\ FU-1(TD2)} = 0,344 \cdot 6,818 = 2,35 \quad [\text{kW}]$$

$$P_{cu\ G\ 40(TD2)} = k'_{c1(TD2)} \cdot P_{i\ G\ 40(TD2)} = 0,344 \cdot 3,468 = 4,481 \quad [\text{kW}]$$

$$P_{cu\ EC(TD2)} = k'_{c2(TD2)} \cdot P_{i\ EC(TD2)} = 0,695 \cdot 36 = 25,028 \quad [\text{kW}]$$

$$P_{cu\ EV(TD2)} = k'_{c3(TD2)} \cdot P_{i\ EV(TD2)} = 0,784 \cdot 5,5 = 4,313 \quad [\text{kW}]$$

$$P_{cu\ X(TD2)} = k'_{c4(TD2)} \cdot P_{i\ X(TD2)} = 0,314 \cdot 2 = 0,628 \quad [\text{kW}]$$

Puterile reactive:

$$Q_{cu\ RU200(TD2)} = P_{cu\ RU200(TD2)} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{c1(TD2)} = 1,564 \cdot 1,73 = 2,71 \quad [\text{kvar}]$$

$$Q_{cu\ FU-1(TD2)} = P_{cu\ FU-1(TD2)} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{c1(TD2)} = 2,35 \cdot 1,73 = 4,07 \quad [\text{kvar}]$$

$$Q_{cu\ G\ 40(TD2)} = P_{cu\ G\ 40(TD2)} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{c1(TD2)} = 4,481 \cdot 1,73 = 7,762 \quad [\text{kvar}]$$

$$Q_{cu\ EC(TD2)} = P_{cu\ EC(TD2)} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{c2(TD2)} = 25,028 \cdot 0,329 = 8,234 \quad [\text{kvar}]$$

$$Q_{cu\ EV(TD2)} = P_{cu\ EV(TD2)} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{c3(TD2)} = 4,313 \cdot 0,75 = 3,235 \quad [\text{kvar}]$$

$$Q_{cu\ X(TD2)} = P_{cu\ X(TD2)} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{c4(TD2)} = 0,628 \cdot 1,985 = 1,247 \quad [\text{kvar}]$$

Puterile aparente:

$$S_{cu\ RU200(TD2)} = \sqrt{P_{cu\ RU200(TD2)}^2 + Q_{cu\ RU200(TD2)}^2} = \sqrt{1,564^2 + 2,71^2} = 3,129 \quad [\text{kVA}]$$

$$S_{cu\ FU-1(TD2)} = \sqrt{P_{cu\ FU-1(TD2)}^2 + Q_{cu\ FU-1(TD2)}^2} = \sqrt{2,35^2 + 4,07^2} = 4,7 \quad [\text{kVA}]$$

$$S_{cu\ G\ 40(TD2)} = \sqrt{P_{cu\ G\ 40(TD2)}^2 + Q_{cu\ G\ 40(TD2)}^2} = \sqrt{4,481^2 + 7,762^2} = 8,963 \quad [\text{kVA}]$$

$$S_{cu\ EC(TD2)} = \sqrt{P_{cu\ EC(TD2)}^2 + Q_{cu\ EC(TD2)}^2} = \sqrt{25,028^2 + 8,234^2} = 26,348 \quad [\text{kVA}]$$

$$S_{cu\ EV(TD2)} = \sqrt{P_{cu\ EV(TD2)}^2 + Q_{cu\ EV(TD2)}^2} = \sqrt{4,313^2 + 3,235^2} = 5,391 \quad [\text{kVA}]$$

$$S_{cu\ X(TD2)} = \sqrt{P_{cu\ X(TD2)}^2 + Q_{cu\ X(TD2)}^2} = \sqrt{1,247^2 + 1,247^2} = 1,397 \quad [\text{kVA}]$$

8.2.9 Puterile cerute totale, pe categorii, activă  $P_{ck}$  (coloana 13, tabel 8.1) sau reactivă  $Q_{ck}$  (coloana 14, tabel 8.1), se calculează pe baza puterii instalate totale, pe fiecare categorie  $P_{ik}$ , cu următoarele relații:

Puterile active cerute totale, pe categorii:

$$P_{c1(TD1)} = k'_{c1(TD1)} \cdot P_{i1(TD1)} = 0,344 \cdot 72,661 = 25,05 \quad [\text{kW}]$$

$$P_{c2(TD1)} = k'_{c2(TD1)} \cdot P_{i2(TD1)} = 0,695 \cdot 36 = 25,028 \quad [\text{kW}]$$

$$P_{c3(TD1)} = k'_{c3(TD1)} \cdot P_{i3(TD1)} = 0,8 \cdot 11 = 8,9 \quad [\text{kW}]$$

$$P_{c4(TD1)} = k'_{c4(TD1)} \cdot P_{i4(TD1)} = 0,314 \cdot 8 = 2,514 \quad [\text{kW}]$$

Puterile reactive cerute totale, pe categorii:

$$Q_{c1(TD1)} = P_{c1(TD1)} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{c1(TD1)} = 25,05 \cdot 1,73 = 43,387 \quad [\text{kvar}]$$

$$Q_{c2(TD1)} = P_{c2(TD1)} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{c2(TD1)} = 25,028 \cdot 0,329 = 8,234 \quad [\text{kvar}]$$

$$Q_{c3(TD1)} = P_{c3(TD1)} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{c3(TD1)} = 8,9 \cdot 0,75 = 6,678 \quad [\text{kvar}]$$

$$Q_{c4(TD1)} = P_{c4(TD1)} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{c4(TD1)} = 2,514 \cdot 1,985 = 4,99 \quad [\text{kvar}]$$

8.2.10 Puterile cerute totale, pe categorii, activă  $P_{ck}$  (coloana 13, tabel 8.2) sau reactivă  $Q_{ck}$  (coloana 14, tabel 8.2), se calculează pe baza puterii instalate totale, pe fiecare categorie  $P_{ik}$ , cu următoarele relații:

Puterile active cerute totale, pe categorii:

$$P_{c1(TD2)} = k'_{c1(TD2)} \cdot P_{i1(TD2)} = 0,344 \cdot 72,359 = 24,946 \quad [\text{kW}]$$

$$P_{c2(TD2)} = k'_{c2(TD2)} \cdot P_{i2(TD2)} = 0,695 \cdot 36 = 25,028 \quad [\text{kW}]$$

$$P_{c3(TD2)} = k'_{c3(TD2)} \cdot P_{i3(TD2)} = 0,784 \cdot 16,5 = 12,94 \quad [\text{kW}]$$

$$P_{c4(TD2)} = k'_{c4(TD2)} \cdot P_{i4(TD2)} = 0,314 \cdot 8 = 2,514 \quad [\text{kW}]$$

Puterile reactive cerute totale, pe categorii:

$$Q_{c1(TD2)} = P_{c1(TD2)} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{c1(TD2)} = 24,946 \cdot 1,73 = 43,2 \quad [\text{kvar}]$$

$$Q_{c2(TD2)} = P_{c2(TD2)} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{c2(TD2)} = 25,028 \cdot 0,329 = 8,234 \quad [\text{kvar}]$$

$$Q_{c3(TD2)} = P_{c3(TD2)} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{c3(TD2)} = 12,94 \cdot 0,75 = 9,7 \quad [\text{kvar}]$$

$$Q_{c4(TD2)} = P_{c4(TD2)} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{c4(TD2)} = 2,514 \cdot 1,985 = 4,99 \quad [\text{kvar}]$$

8.2.11 Prin însumarea valorilor puterilor active cerute, pe categorii de receptoare  $P_{ck}$ , se determină puterea activă cerută, totală, de către consumator  $P_c$ , conform relației:

$$P_c = \sum_{k=1}^m P_{ck} \quad [\text{kW}]$$

Se procedează similar și pentru puterea reactivă cerută, totală, de către consumator  $Q_c$ :

$$Q_c = \sum_{k=1}^m Q_{ck} \quad [\text{kvar}]$$

Rezultă:

$$P_{c(TD1)} = P_{c1(TD1)} + P_{c2(TD1)} + P_{c3(TD1)} + P_{c4(TD1)} = 61,4984 \quad [\text{kW}]$$

$$Q_{c(TD1)} = Q_{c1(TD1)} + Q_{c2(TD1)} + Q_{c3(TD1)} + Q_{c4(TD1)} = 63,2917 \quad [\text{kvar}]$$

$$P_{c(TD2)} = P_{c1(TD2)} + P_{c2(TD2)} + P_{c3(TD2)} + P_{c4(TD2)} = 65,4296 \text{ [kW]}$$

$$Q_{c(TD2)} = Q_{c1(TD2)} + Q_{c2(TD2)} + Q_{c3(TD2)} + Q_{c4(TD2)} = 66,138 \text{ [kvar]}$$

8.2.12 Puterea aparentă totală a consumatorului se calculează cu relația:

$$S_c = \sqrt{P_c^2 + Q_c^2} \text{ [kVA]}$$

$$S_{c(TD1)} = \sqrt{61,4984^2 + 63,2917^2} = 88,249 \text{ [kVA]}$$

$$S_{c(TD2)} = \sqrt{65,429^2 + 66,138^2} = 93,033 \text{ [kVA]}$$

8.2.13 Se determină indicatorii energetici, cu caracter global, ai consumatorului:

- coeficientul mediu de cerere, dat de raportul dintre puterile activă, cerută, totală  $P_c$  și instalată, activă, totală  $P_{it}$  ale consumatorului:

$$k_{c\,med(TD1)} = \frac{P_{c(TD1)}}{P_{it(TD1)}} = \frac{61,498}{127,661} = 0,481$$

$$k_{c\,med(TD2)} = \frac{P_{c(TD2)}}{P_{it(TD2)}} = \frac{65,429}{132,859} = 0,492$$

- factorul de putere neutral (mediu), dat de relația:

$$\cos \varphi_{nat(TD1)} = \frac{P_{c(TD1)}}{S_{c(TD1)}} = \frac{61,498}{88,249} = 0,696$$

$$\cos \varphi_{nat(TD2)} = \frac{P_{c(TD2)}}{S_{c(TD2)}} = \frac{65,429}{93,033} = 0,703$$

## TD1

$$n=21 \quad ; \quad n'=14 \quad ; \quad k_a = 4,2$$

Nr. crt.	Categoria de receptoare	Denumire utilaj sau receptor	$P_{iu},$	$n_u,$	$P_{ik},$	$k_{ck}$	$\cos\varphi_{ck}$	$k'_{ck}$	$\operatorname{tg}\varphi_{ck}$	$P_{cu},$	$Q_{cu},$	$S_{cu},$	$P_{ck},$	$Q_{ck},$
			kW	buc.	kW					kW	kvar	kVA	kW	kvar
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Mu cu regim normal de functionare	Ru 200	4.5391	10	72.661	0.14	0.5	0.3448	1.732	1.5649	2.7104	3.12974867	25.0507	43.3879
		Fu - 1	6.8175	4						2.3504	4.0709	4.70072515		
		G40	3.4684	0						1.1958	2.0711	2.39149177		
2	Cuptor cu rezistoare	EC	36	1	36	0.6	0.95	0.6952	0.329	25.0286	8.2344	26.3483345	25.0286	8.2344
3	Ventilatorare	EV	5.5	2	11	0.75	0.8	0.8095	0.75	4.4524	3.3393	5.56547619	8.9048	6.6786
4	Unelte electrice portabile	X	2	4	8	0.1	0.45	0.3143	1.985	0.6286	1.2477	1.39710164	2.5143	4.9909
(5) $P_{ii}=127.661 \text{ kW}$						Total						$P_c= 61,498$	$Q_c= 63,2917$	

$$S_c = \sqrt{P_c^2 + Q_c^2} = 88,249 \text{ kVA};$$

Coeficientul mediu de cerere:  $k_{cmed} = \frac{P_c}{P_i} = 0,481$ ; factorul de putere natural (mediu):  $\cos\varphi_{nat} = \frac{P_c}{S_c} = 0,696$

## TD2

$$n=25 \quad ; \quad n'=14 \quad ; \quad k_a = 4,2$$

Nr. crt.	Categoria de receptoare	Denumire utilaj sau receptor	$P_{iu}$ ,	$n_u$ ,	$P_{ik}$ ,	$k_{ck}$	$\cos\varphi_{ck}$	$k'_{ck}$	$\operatorname{tg}\varphi_{ck}$	$P_{cu}$ ,	$Q_{cu}$ ,	$S_{cu}$ ,	$P_{ck}$ ,	$Q_{ck}$ ,
			kW	buc.	kW					kW	kvar	kVA	kW	kvar
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Mu cu regim normal de functionare	Ru 200	4.5391	0	72.359 2	0.14	0.5	0.3448	1.732	1.5649	2.7104	3.12974867	24.9467	43.2077
		Fu - 1	6.8175	4						2.3504	4.0709	4.70072515		
		G40	3.4684	13						4.4819	7.7627	8.96361232		
2	Cuptor cu rezistoare	EC	36	1	36	0.6	0.95	0.6952	0.329	25.0286	8.2344	26.3483345	25.0286	8.2344
3	Ventilatorare	EV	5.5	3	16.5	0.75	0.8	0.7842	0.75	4.3134	3.2350	5.39169521	12.9401	9.7051
4	Unelte electrice portabile	X	2	4	8	0.1	0.45	0.3143	1.985	0.6286	1.2477	1.39710164	2.5143	4.9909
(5) $P_{ii}=132.859 \text{ kW}$						Total						$P_c=65,4296$	$Q_c=66,138$	

$$S_c = \sqrt{P_c^2 + Q_c^2} = 93,033 \text{ kVA};$$

Coeficientul mediu de cerere:  $k_{cmed} = \frac{P_c}{P_i} = 0,492$ ; factorul de putere natural (mediu):  $\cos\varphi_{nat} = \frac{P_c}{S_c} = 0,703$

### 8.3 Alegerea elementelor coloanelor

8.3.1 Calculul de dimensionare a coloanelor se concentrează în tabelul 8.3, cu o organizare asemănătoare cu a tabelului utilizat la dimensionarea circuitelor de utilaj (tabel 6.1), având în vedere structura identică a circuitelor de utilaj cu cea a coloanelor. Se consideră că distribuția se realizează radial, iar protecția coloanelor împotriva curenților de scurtcircuit se realizează cu siguranțe fuzibile (variantele de echipare din figura 8.1, a și b).

8.3.2 Curentul cerut de întregul TD reprezintă prima mărime de calcul, caracteristică pentru solicitarea termică de durată a elementelor din compunerea coloanelor:

$$I_c = \frac{S_c}{\sqrt{3} \cdot U_{ln}} \quad [\text{A}]$$

Rezultă:

$$I_{c(TD1)} = \frac{88249}{\sqrt{3} \cdot 400} = 127,376 \quad [\text{A}]$$

$$I_{c(TD2)} = \frac{93033}{\sqrt{3} \cdot 400} = 134,282 \quad [\text{A}]$$

8.3.3 Componenta tranzitorie a curentului de vârf, de pe coloana de alimentare a unui TD, notată  $I_{vt}$ , reprezintă curentul de pornire/conectare al aceluia receptor, care produce cel mai mare salt de curent real.

$$I_{vt} = \sum_{j=1}^k I_{pj} \quad [\text{A}]$$

considerând că numărul motoarelor electrice, care pot porni simultan este  $k$ .

- pentru TD1, curentul de pornire maxim este al MA din compunerea mașinii de frezat universal FU-1, având intensitatea  $I_{pM} = 97,403 \text{ A}$ ; nu există motive pentru a lua în considerare pornirea simultană a mai multor motoare;
- pentru TD2, curentul de pornire maxim este al MA din compunerea mașinii de frezat universal FU-1, având intensitatea  $I_{pM} = 97,403 \text{ A}$ ; nu există motive pentru a lua în considerare pornirea simultană a mai multor motoare.

8.3.4 Determinarea curentului cerut de celelalte ( $n - 1$ ) receptoare ale TD se efectuează asemănător ca la circuitele de utilaj, scăzând însă, din puterile activă și reactive, cerute la nivelul TD, componentele de puteri, corespunzătoare receptorului, care urmează să pornească:

$$I_{c(n-1)} = \frac{S_{c(n-1)}}{\sqrt{3} \cdot U_{ln}} = \frac{\sqrt{(P_c - P_{iM} \cdot k'_{cM})^2 + (Q_c - P_{iM} \cdot k'_{cM} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{cM})^2}}{\sqrt{3} \cdot U_{ln}} \quad [\text{A}]$$

în care:

- $P_c, Q_c$  sunt puterile activă și reactivă, cerute la nivelul TD respectiv;
- $P_{iM}$  este puterea instalată a receptorului căruia îi corespunde curentul de pornire maxim  $I_{pM}$ ;
- $k'_{cM}, \operatorname{tg} \varphi_{cM}$  sunt caracteristicile de consum energetic, ale aceluiși receptor.

Rezultă:

$$I_{c(n-1)(TD1)} = \frac{\sqrt{(61498 - 6815,5 \cdot 0,3448)^2 + (63291 - 6815,5 \cdot 0,41 \cdot 1,732)^2}}{\sqrt{3} \cdot 400} = 120,81 \text{ [A]}$$

$$I_{c(n-1)(TD2)} = \frac{\sqrt{(54271 - 6815,5 \cdot 0,3448)^2 + (50880 - 6815,5 \cdot 0,3448 \cdot 1,732)^2}}{\sqrt{3} \cdot 400} = 100,902 \text{ [A]}$$

8.3.5 Curentul de vârf de pe coloană se compune din cele două componente, cea tranzitorie și cea permanentă:

$$I_v = I_{vt} + I_{c(n-1)} \text{ [A]}$$

Rezultă:

$$I_{v(TD1)} = 97,403 + 120,81 = 218,213 \text{ [A]}$$

$$I_{v(TD2)} = 97,403 + 100,902 = 198,305 \text{ [A]}$$

8.3.6 Trecând la alegerea siguranței fuzibile, care protejează coloana împotriva curenților de scurtcircuit, trebuie avute în vedere următoarele condiții:

- solicitarea termică de durată a acesteia:

$$I_{Fn} \geq I_c, \text{ [A]}$$

- condiția de nedeconectare la curentul de vârf:

$$I_{Fn} \geq \frac{I_{pM}}{c} + I_{c(n-1)}, \text{ [A]}$$

- condiția de selectivitate dintre siguranța fuzibilă de pe coloană și siguranța maximă de pe plecările TD:

$$I_{Fn} \geq 1,5625 \cdot I_{Fn\ p_{lM}}, \text{ [A]}$$

Alegerea siguranței fuzibile se face în baza condiției celei mai restrictive.

Rezultă:

- solicitarea termică de durată a acesteia:

$$I_{Fn(TD1)} \geq 120,81, \text{ [A]}$$

$$I_{Fn(TD2)} \geq 100,902, \text{ [A]}$$

- condiția de nedeconectare la curentul de vârf:

$$I_{Fn(TD1)} \geq \frac{120,81}{2,5} + 120,81 \Rightarrow I_{Fn(TD1)} \geq 159,771 \text{ [A]}$$

$$I_{Fn(TD2)} \geq \frac{100,902}{2,5} + 100,902 \Rightarrow I_{Fn(TD2)} \geq 139,863 \text{ [A]}$$

- condiția de selectivitate dintre siguranța fuzibilă de pe coloană și siguranța maximă de pe plecările TD:

$$I_{Fn(TD1)} \geq 1,5625 \cdot 200 \Rightarrow I_{Fn(TD1)} \geq 312,5 \text{ [A]}$$

$$I_{Fn(TD2)} \geq 1,5625 \cdot 160 \Rightarrow I_{Fn(TD2)} \geq 250 \quad [\text{A}]$$

Siguranța fuzibilă aleasă este:

$$I_{Fn(TD1)}: MPR 315/315$$

$$I_{Fn(TD2)}: MPR 315/250$$

8.3.7 Separatorul de la intrarea în TD trebuie să îndeplinească următoarea condiție

$$I_{Qn} \geq I_c \quad [\text{A}]$$

iar dacă se optează pentru varianta de coloană cu separator de bare la plecarea din TG (deci și la capătul amonte, figura 8.1.a), atunci vor fi prevăzute două separatoare, de același tip, ambele alese pe baza condiției anterioare.

Rezultă:

$$I_{Qn(TD1)} \geq 120,81 \quad [\text{A}]$$

$$I_{Qn(TD2)} \geq 100,902 \quad [\text{A}]$$

Tipul de separator ales este:

$$I_{Qn(TD1)}: C 160$$

$$I_{Qn(TD2)}: C 125$$

8.3.8 Conducta electrică din compunerea coloanei trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

- stabilitatea termică în regim permanent:

$$I_{cadm} \geq \frac{I_c}{a \cdot K} \quad [\text{A}]$$

- stabilitatea termică la curentii de scurtcircuit:

$$I_{cadm} \geq \frac{I_{Fn}}{3} \quad [\text{A}]$$

- secțiunea conductoarelor să fie mai mare decât secțiunea minimă, reglementată:

$$s_C \geq s_{min} \quad [\text{mm}^2]$$

- stabilitatea termică la currentul de vârf:

$$s_C \geq \frac{I_v}{J_{adm}} \quad [\text{mm}^2]$$

Rezultă:

- stabilitatea termică în regim permanent:

$$I_{Cadm(TD1)} \geq \frac{120,81}{1 \cdot 1,076} \Rightarrow I_{Cadm(TD1)} \geq 128,532 \quad [A]$$

$$I_{Cadm(TD2)} \geq \frac{100,902}{1 \cdot 1,076} \Rightarrow I_{Cadm(TD2)} \geq 97,787 \quad [A]$$

- stabilitatea termică la curentii de scurtcircuit:

$$I_{Cadm(TD1)} \geq \frac{315}{3} \Rightarrow I_{Cadm(TD1)} \geq 105 \quad [A]$$

$$I_{Cadm(TD2)} \geq \frac{250}{3} \Rightarrow I_{Cadm(TD2)} \geq 83,33 \quad [A]$$

- secțiunea conductoarelor să fie mai mare decât secțiunea minimă, reglementată:

$$s_C(TD1) \geq 1,5 \quad [\text{mm}^2]$$

$$s_C(TD2) \geq 1,5 \quad [\text{mm}^2]$$

- stabilitatea termică la currentul de vârf:

$$s_C(TD1) \geq \frac{218,213}{35} \Rightarrow s_C(TD1) \geq 6,235 \quad [\text{mm}^2]$$

$$s_C(TD2) \geq \frac{198,305}{35} \Rightarrow s_C(TD2) \geq 5,66 \quad [\text{mm}^2]$$

astfel încât:

- pentru TD1: conducta tip 3xFY45 + FY46 îndeplinește toate condițiile pentru a fi aleasă;
- pentru TD2: conducta tip 3xFY31 + FY31 îndeplinește toate condițiile pentru a fi aleasă.

#### 1.1.8.1. Alegerea tuburilor de protecție:

- pentru TD1: IPY 32/22,2;
- pentru TD2: IPY 32/27

### Dimensionarea coloanelor

Elementul	Mărimea sau solicitarea	Relația sau simbolul	Tabloul de distribuție	
			TD 1	TD 2
Subconsumator	Curentul cerut	$I_c = \frac{S_c}{\sqrt{3} \cdot U_{ln}}, \text{A}$	138.3	105.219
	Componenta tranzitorie a curentului de vârf	$I_{vt} = I_{pM}, \text{A}$	97.403	97.403
	Curentul cerut de celealte ( $n-1$ ) receptoare	$I_{c(n-1)} = \frac{\sqrt{(P_c - P_{iM} k'_{cM})^2 + (Q_c - P_{iM} k'_{cM} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{cM})^2}}{\sqrt{3} \cdot U_{ln}}$	127.316	101.179
	Curentul de vârf	$I_v = I_{vt} + I_{c(n-1)}, \text{A}$	224.719	198.582
Siguranța fuzibilă	Solicitarea termică de durată	$I_{Fn} \geq I_c, \text{A}$	138.3	105.219
	Nedeconectare la acțiunea curentului de vârf	$I_{Fn} \geq \frac{I_{pM}}{c} + I_{c(n-1)}, \text{A}$	166.277	140.14
	Selectivitatea cu siguranță aval maximă	$I_{Fn} \geq 1,5625 \cdot I_{Fn\ plM}, \text{A}$	312.5	250
	Siguranța fuzibilă aleasă	Tip $I_{n\ soclu}/I_{Fn}$	MPR 315/315	MPR 315/250
Separator	Solicitarea de durată	$I_{Qn} \geq I_c, \text{A}$	138.3	105.219
	Tip separator	...	C 160	C 125
Conducta electrică	Stabilitatea termică în regim permanent	$I_{Cadm} \geq \frac{I_c}{aK}, \text{A}$	128.532	97.787
	Stabilitatea termică la $I_{sc}$	$I_{Cadm} \geq \frac{I_{Fn}}{3}, \text{A}$	105	83.333
	Secțiunea minimă	$s_C \geq s_{C\ min}, \text{mm}^2$	1.5 mm <sup>2</sup>	1.5 mm <sup>2</sup>
	Stabilitatea termică la $I_v$	$s_C \geq \frac{I_v}{J_{adm}}, \text{mm}^2$	6.421 mm <sup>2</sup>	5.674 mm <sup>2</sup>
	Conducta aleasă	3 FY...+FY...	3 FY45+FY45	3 FY31+FY31
Tub de protecție	Tip, diametrele nominale	IPY, IPEY, PEL, $\bar{T}_V$ $D_{ext}/D_{int}$	IPY 32/22.2	IPY 32/27

## 8.4 Amplasarea TD

8.4.1 Momentul curenților ceruți reprezintă indicatorul sintetic cel mai expresiv al unei rețele electrice, fiind direct proporțional atât cu pierderile de putere, totale ale rețelei, cât și cu consumul de material conductor al acesteia. Momentul puterilor aparente cerute este proporțional cu momentul curenților ceruți și, ca urmare, dă rezultate identice cu acesta din urmă.

8.4.2 Pentru amplasarea TD în planul halei se utilizează criteriul minimizării momentului puterilor aparent cerute. Datorită particularității liniilor din compunerea RED de JT, de a fi compuse din segmente de dreaptă, trasee paralele cu pereții halei, de formă dreptunghiulară, momentul puterilor aparente cerute se descompune în două componente, în raport cu cele două axe, asociate planului halei:

$$M(S_c) = M_x(S_c) + M_y(S_c) \quad [\text{kVA} \cdot \text{m}]$$

în care componenta după axa  $Ox$  este dată de expresia:

$$M_x(S_c) = 3 \sum_{j=1}^{n_x} S_{cxj} |x - x_j| \quad [\text{kVA} \cdot \text{m}]$$

iar componenta după axa  $Oy$  se calculează cu o relație similară:

$$M_y(S_c) = 3 \sum_{k=1}^{n_y} S_{cyk} |y - y_k| \quad [\text{kVA} \cdot \text{m}]$$

în care:

- $n_x$  și  $n_y$  reprezintă numerele absciselor, respectiv ordonatelor caracteristice;
- $x_j, y_k$  sunt coordonatele caracteristice, adică abscise sau ordonate la care există cel puțin un punct de consum;
- $x \in [0, L_1], y \in [0, L_2]$  – abscisa, respectiv ordonata curentă, considerate drept coordonate variabile, ale unui posibil centru de sarcină. Barele verticale, care încadrează diferențele  $(x - x_j)$ , respectiv  $(y - y_k)$ , au semnificația de valoare absolută;
- $S_{cxj}, S_{cyk}$  – puterea aparentă, cerută, totală la abscisa caracteristică  $x_j$ , respectiv la ordonata caracteristică  $y_k$ .

8.4.3 Pe baza repartiției utilajelor și receptoarelor de forță pe TD, se alcătuiesc tabelele 8.4 (pentru TD1) și 8.5 (pentru TD2), după modelul tabelului 4.3. Față de tabelul 4.3 însă, puterile aparente, cerute, de fiecare dintre utilaje sau receptoare corespund cu valorile determinate la nivelul fiecărui TD, deci se extrag din tabelul 8.1 pentru TD1 și din tabelul 8.2 pentru TD2.

8.4.4 Se calculează puterile aparente, cerute, totale la fiecare dintre coordonatele caracteristice și se face verificarea sumelor după abscise și după ordonate, obținându-se:

- pentru tabelul 8.4:

$$\sum_{j=1}^4 S_{cxj} = \sum_{k=1}^6 S_{cyk} = 127,661 \quad [\text{kVA}]$$

- pentru tabelul 8.5:

$$\sum_{j=1}^4 S_{cxj} = \sum_{k=1}^6 S_{cyk} = 132,859 \quad [\text{kVA}]$$

TD1

Coordonatele utilajelor sau receptoarelor			Abscisele caracteristice, m					Puteri aparente cerute $S_{cyk}$ la ordonatele caracteristice, kVA
			j=1	j=2	j=3	j=4	j=5	
Ordonatele caracteristice, m	$k=11$	$y_{10}=21$	-	-	2	-	-	2
	$k=10$	$y_9=18,9$	-	-	-	-	-	0
	$k=9$	$y_8=16,8$	-	4.5391	-	4.5391	-	9.0782
	$k=8$	$y_7=14,7$	-	4.5391	-	4.5391	-	9.0782
	$k=7$	$y_6=12,6$	2	6.8175	-	6.8175	-	15.635
	$k=6$	$y_5=10,5$	5.5	4.5391	-	4.5391	-	14.5782
	$k=5$	$y_4=8,4$	-	6.8175	-	6.8175	-	13.635
	$k=4$	$y_3=6,3$	2	4.5391	-	4.5391	-	11.0782
	$k=3$	$y_2=4,2$	-	4.5391	-	4.5391	-	9.0782
	$k=2$	$y_1=2,1$	-	-	-	36	-	36
	$k=1$	$y_1=0$	-	2	-	5.5	-	7.5
Puteri aparente cerute $S_{cxj}$ la abscisele caracteristice, kVA			9.5	38.3305	2	77.8305	0	$\sum_{j=1}^{n_x} S_{cxj} = \sum_{k=1}^{n_y} S_{cyk} \\ = 127,661$

TD2

Coordonatele utilajelor sau receptoarelor			Abscisele caracteristice, m						Puteri aparente cerute $S_{cyk}$ la ordonatele caracteristice, kVA
			j=6	j=7	j=8	j=9	j=10	j=11	
Ordonatele caracteristice, m	$k=11$	$y_{10}=21$	-	-	-	2	-	-	2
	$k=10$	$y_9=18,9$	-	-	-	-	-	-	0
	$k=9$	$y_8=16,8$	-	6.8175	-	6.8175	-	-	13.635
	$k=8$	$y_7=14,7$	-	-	-	-	-	5,5	5,5
	$k=7$	$y_6=12,6$	-	6.8175	-	6.8175	-	2	15.635
	$k=6$	$y_5=10,5$	-	-	3,4684	-	-	5,5	8,968
	$k=5$	$y_4=8,4$	-	3,4684	3,4684	3,4684	3,4684	-	13.8736
	$k=4$	$y_3=6,3$	-	3,4684	3,4684	3,4684	3,4684	2	15.8736
	$k=3$	$y_2=4,2$	-	3,4684	3,4684	3,4684	3,4684	-	13,873
	$k=2$	$y_1=2,1$	-	-	36	-	-	-	36
	$k=1$	$y_1=0$	-	-	5,5	-	2	-	7.5
Puteri aparente cerute $S_{cxj}$ la abscisele caracteristice, kVA			0	24,0402	55,3736	26,0402	12,4052	15	$\sum_{j=1}^{n_x} S_{cxj} = \sum_{k=1}^{n_y} S_{cyk} \\ = 132,859$

Pentru TD1

$$x_C = \frac{\sum_{j=1}^{n_x} S_{cj} \cdot x_j}{\sum_{j=1}^{n_x} S_{cj}} = 5,185 \text{ m}; \quad y_C = \frac{\sum_{k=1}^{n_y} S_{cyk} \cdot y_k}{\sum_{k=1}^{n_y} S_{cyk}} = 7,645 \text{ m}.$$

Pentru TD2

$$x_C = \frac{\sum_{j=1}^{n_x} S_{cj} \cdot x_j}{\sum_{j=1}^{n_x} S_{cj}} = 18,097 \text{ m}; \quad y_C = \frac{\sum_{k=1}^{n_y} S_{cyk} \cdot y_k}{\sum_{k=1}^{n_y} S_{cyk}} = 5,496 \text{ m}$$

8.4.5 Pentru TD1, se calculează pe rând valorile componentei  $M_x(S_c)$ , dându-i lui  $x$ , pe rând, valorile absciselor caracteristice:

$$x \in \{0; 2,4; 4,8, 7,2; 9,8\} \quad [\text{m}]$$

rezultând următoarele valori pentru componenta după axa  $Ox$ , a momentului total la puterilor aparente, cerute:

$$\begin{aligned} M_{x1}(S_c) &= 3[9,5 \cdot |0 - 0| + 38,33 \cdot |0 - 2,4| + 2 \cdot |0 - 4,8| + 77,8305 \cdot |0 - 72| + 0] \\ &= 1985,915 \quad [\text{kVA} \cdot \text{m}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{x2}(S_c) &= 3[9,5 \cdot |2,4 - 0| + 38,33 \cdot |2,4 - 2,4| + 2 \cdot |2,4 - 4,8| + 77,8305 \cdot |2,4 - 72| \\ &\quad + 0] = 1203,559 \quad [\text{kVA} \cdot \text{m}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{x3}(S_c) &= 3[9,5 \cdot |4,8 - 0| + 38,33 \cdot |4,8 - 2,4| + 2 \cdot |4,8 - 4,8| + 77,8305 \cdot |4,8 - 72| \\ &\quad + 0] = 973,156 \quad [\text{kVA} \cdot \text{m}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{x4}(S_c) &= 3[9,5 \cdot |7,2 - 0| + 38,33 \cdot |7,2 - 2,4| + 2 \cdot |7,2 - 4,8| + 77,8305 \cdot |7,2 - 7,2| \\ &\quad + 0] = 771,552 \quad [\text{kVA} \cdot \text{m}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{x5}(S_c) &= 3[9,5 \cdot |9,8 - 0| + 38,33 \cdot |9,8 - 2,4| + 2 \cdot |9,8 - 4,8| + 77,8305 \cdot |9,8 - 7,2| \\ &\quad + 0] = 1767,304 \quad [\text{kVA} \cdot \text{m}] \end{aligned}$$

Componenta după axa  $Ox$  a momentului total, al puterilor aparente, cerute, este:

Tabelul 8.6. Componenta după axa  $Ox$  a momentului total, al puterilor aparente, cerute

$j$	1	2	3	4	5
$x_j$ [m]	0	2,4	4,8	7,2	9,8
$M_{xj}(S_c)$ [ $\text{kVAm}$ ]	1985,915	1203,559	973,156	771,552	1767,304

Valoarea minimă a componentei momentului total al puterilor aparente, cerute este:

$$M_{x3}(S_c) = 771,552 \quad [\text{kVA} \cdot \text{m}], \quad \text{pentru } x = 7,2 \quad [\text{m}]$$

8.4.6 Se procedează similar pentru componenta după axa  $Oy$ , a momentului total, al puterilor aparente, cerute:

$$y \in \{0; 2,1; 4,2; 6,3; 8,4; 10,5; 12,6; 14,7; 16,8; 18,9; 21\} \quad [\text{m}]$$

rezultând următoarele valori pentru componenta după axa  $Oy$ , a momentului total la puterilor aparente, cerute:

$$\begin{aligned} M_{y1}(S_c) &= 3[7,5 \cdot |0 - 0| + 36 \cdot |0 - 2,1| + 9,078 \cdot |0 - 4,2| + 11,078 \cdot |0 - 6,3| \\ &\quad + 13,635 \cdot |0 - 8,4| + 14,578 \cdot |0 - 10,5| + 15,635 * |0 - 12,6| + 9,0782 \\ &\quad * |0 - 14,7| + 9,0782 * |0 - 16,8| + 2 * |0 - 21|] = 2928,259 \quad [\text{kVA} \cdot \text{m}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{y2}(S_c) &= 3[7,5 \cdot |2,1 - 0| + 36 \cdot |2,1 - 2,1| + 9,078 \cdot |2,1 - 4,2| + 11,078 \cdot |2,1 - 6,3| \\ &\quad + 13,635 \cdot |2,1 - 8,4| + 14,578 \cdot |2,1 - 10,5| + 15,635 * |2,1 - 12,6| \\ &\quad + 9,0782 * |2,1 - 14,7| + 9,0782 * |2,1 - 16,8| + 2 * |2,1 - 21|] \\ &= 2218,498 \quad [\text{kVA} \cdot \text{m}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{y3}(S_c) &= 3[7,5 \cdot |4,2 - 0| + 36 \cdot |4,2 - 2,1| + 9,078 \cdot |4,2 - 4,2| + 11,078 \cdot |4,2 - 6,3| \\ &\quad + 13,635 \cdot |4,2 - 8,4| + 14,578 \cdot |4,2 - 10,5| + 15,635 * |4,2 - 12,6| \\ &\quad + 9,0782 * |4,2 - 14,7| + 9,0782 * |4,2 - 16,8| + 2 * |4,2 - 21|] \\ &= 1962,338 \quad [\text{kVA} \cdot \text{m}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{y4}(S_c) &= 3[7,5 \cdot |6,3 - 0| + 36 \cdot |6,3 - 2,1| + 9,078 \cdot |6,3 - 4,2| + 11,078 \cdot |6,3 - 6,3| \\ &\quad + 13,635 \cdot |6,3 - 8,4| + 14,578 \cdot |6,3 - 10,5| + 15,635 * |6,3 - 12,6| \\ &\quad + 9,0782 * |6,3 - 14,7| + 9,0782 * |6,3 - 16,8| + 2 * |6,3 - 21|] \\ &= 1820,56 \quad [\text{kVA} \cdot \text{m}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{y5}(S_c) &= 3[7,5 \cdot |8,4 - 0| + 36 \cdot |8,4 - 2,1| + 9,078 \cdot |8,4 - 4,2| + 11,078 \cdot |8,4 - 6,3| \\ &\quad + 13,635 \cdot |8,4 - 8,4| + 14,578 \cdot |8,4 - 10,5| + 15,635 * |8,4 - 12,6| \\ &\quad + 9,0782 * |8,4 - 14,7| + 9,0782 * |8,4 - 16,8| + 2 * |8,4 - 21|] \\ &= 1818,365 \quad [\text{kVA} \cdot \text{m}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{y6}(S_c) &= 3[7,5 \cdot |10,5 - 0| + 36 \cdot |10,5 - 2,1| + 9,078 \cdot |10,5 - 4,2| + 11,078 \\ &\quad \cdot |10,5 - 6,3| + 13,635 \cdot |10,5 - 8,4| + 14,578 \cdot |10,5 - 10,5| + 15,635 \\ &\quad * |10,5 - 12,6| + 9,0782 * |10,5 - 14,7| + 9,0782 * |10,5 - 16,8| + 2 \\ &\quad * |10,5 - 21|] = 1987,971 \quad [\text{kVA} \cdot \text{m}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{y7}(S_c) &= 3[7,5 \cdot |12,6 - 0| + 36 \cdot |12,6 - 2,1| + 9,078 \cdot |12,6 - 4,2| + 11,078 \\ &\quad \cdot |12,6 - 6,3| + 13,635 \cdot |12,6 - 8,4| + 14,578 \cdot |12,6 - 10,5| + 15,635 \\ &\quad * |12,6 - 12,6| + 9,0782 * |12,6 - 14,7| + 9,0782 * |12,6 - 16,8| + 2 \\ &\quad * |12,6 - 21|] = 2341,26 \quad [\text{kVA} \cdot \text{m}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{y9}(S_c) &= 3[7,5 \cdot |14,7 - 0| + 36 \cdot |14,7 - 2,1| + 9,078 \cdot |14,7 - 4,2| + 11,078 \\ &\quad \cdot |14,7 - 6,3| + 13,635 \cdot |14,7 - 8,4| + 14,578 \cdot |14,7 - 10,5| + 15,635 \\ &\quad * |14,7 - 12,6| + 9,0782 * |14,7 - 14,7| + 9,0782 * |14,7 - 16,8| + 2 \\ &\quad * |14,7 - 21|] = 2891,55 \quad [\text{kVA} \cdot \text{m}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{y9}(S_c) &= 3[7,5 \cdot |16,8 - 0| + 36 \cdot |16,8 - 2,1| + 9,078 \cdot |16,8 - 4,2| + 11,078 \\ &\quad \cdot |16,8 - 6,3| + 13,635 \cdot |16,8 - 8,4| + 14,578 \cdot |16,8 - 10,5| + 15,635 \\ &\quad * |16,8 - 12,6| + 9,0782 * |16,8 - 14,7| + 9,0782 * |16,8 - 16,8| + 2 \\ &\quad * |16,8 - 21|] = 3556,225 \quad [\text{kVA} \cdot \text{m}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{y10}(S_c) &= 3[7,5 \cdot |18,9 - 0| + 36 \cdot |18,9 - 2,1| + 9,078 \cdot |18,9 - 4,2| + 11,078 \\ &\quad \cdot |18,9 - 6,3| + 13,635 \cdot |18,9 - 8,4| + 14,578 \cdot |18,9 - 10,5| + 15,635 \\ &\quad * |18,9 - 12,6| + 9,0782 * |18,9 - 14,7| + 9,0782 * |18,9 - 16,8| + 2 \\ &\quad * |18,9 - 21|] = 4335,286 \quad [\text{kVA} \cdot \text{m}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{y11}(S_c) &= 3[7,5 \cdot |21 - 0| + 36 \cdot |21 - 2,1| + 9,078 \cdot |21 - 4,2| + 11,078 \cdot |21 - 6,3| \\ &\quad + 13,635 \cdot |21 - 8,4| + 14,578 \cdot |21 - 10,5| + 15,635 * |21 - 12,6| \\ &\quad + 9,0782 * |21 - 14,7| + 9,0782 * |21 - 16,8| + 2 * |21 - 21|] \\ &= 5114,346 \quad [\text{kVA} \cdot \text{m}] \end{aligned}$$

Componenta după axa  $Oy$  a momentului total, al puterilor aparente, cerute, este:

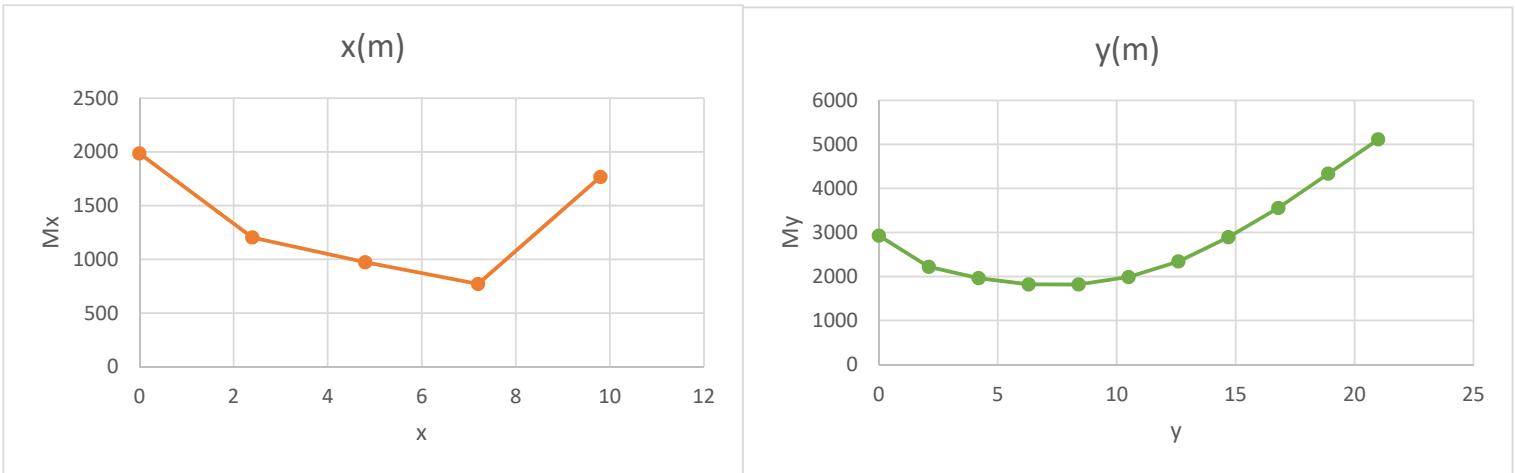
Tabelul 8.7. Componenta după axa  $Oy$  a momentului total, al puterilor aparente, cerute

$k$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$y_k$ [m]	0	2,1	4,2	6,3	8,4	10,5	12,6	14,7	16,8	18,9	21
$M_{yk}(S_c)$ [kVAm]	2928,259	2218,498	1962,338	1820,56	1818,365	1987,971	2341,26	2891,55	3556,225	4335,286	5114,346

Valoarea minimă a componentei momentului total al puterilor aparente, cerute este:

$$M_{y4}(S_c) = 1818,365 \text{ [kVA} \cdot \text{m}], \text{ pentru } y = 8,4 \text{ [m]}$$

8.4.7 În figura 8.3, se prezintă graficele celor două componente  $M_x(S_c)$  și  $M_y(S_c)$ , care evidențiază variațiile specifice ale acestor mărimi, precum și coordonatele punctului optim de amplasare a celor două tablouri de distribuție.



Rezultă coordonatele de amplasare a TD1:

$$x_{C(TD1)} = 7,2 \text{ [m]}$$

$$y_{C(TD1)} = 8,4 \text{ [m]}$$

8.4.8 Pentru comparație, se calculează coordonatele centrului de sarcină echivalentă, cu datele din tabelul 8.4:

$$x_{c(TD1)} = \frac{\sum_{j=1}^{n_x} S_{cxj} \cdot x_j}{\sum_{j=1}^{n_x} S_{cxj}} == \frac{9,5 \cdot 0 + 38,33 \cdot 2,4 + 2 \cdot 4,8 + 77,83 \cdot 9,8}{127,661} = 5,185 \text{ [m]}$$

$$x_{c(TD1)} = 5,185 \text{ [m]}$$

$$\begin{aligned}
y_{c(TD1)} &= \frac{\sum_{k=1}^{n_y} S_{cyk} \cdot y_k}{\sum_{k=1}^{n_y} S_{cyk}} \\
&= \frac{7,5 \cdot 0 + 36 \cdot 2,1 + 9,078 \cdot 4,2 + 11,078 \cdot 6,3 + 13,635 \cdot 8,4 + 14,5782 \cdot 10,5 + 15,635 \cdot 12,6 + 9,078 \cdot 14,7}{70,951} \\
&= \frac{+9,078 \cdot 16,8 + 0 + 2 \cdot 21}{70,951}
\end{aligned}$$

$$y_{c(TD1)} = 7,645 \quad [\text{m}]$$

Se verifică faptul că pentru acesta, coordonatele rezultă în vecinătatea coordonatelor, corespunzătoare componentelor minime, de moment total, al puterilor aparente, cerute.

8.4.9 Pentru TD2, se aplică a doua metodă, astfel că mai întâi se determină coordonatele centrului de sarcină echivalentă, cu datele din tabelul 8.5:

$$\begin{aligned}
x_{c(TD2)} &= \frac{\sum_{j=1}^{n_x} S_{cxj} \cdot x_j}{\sum_{j=1}^{n_x} S_{cxj}} \\
&= \frac{0 \cdot 12 + 24,04 \cdot 14,4 + 55,373 \cdot 16,8 + 26,04 \cdot 19,2 + 12,405 \cdot 21,6 + 15 \cdot 24}{127,661} \\
&= 18,972 \quad [\text{m}]
\end{aligned}$$

$$x_{c(TD1)} = 18,097 \quad [\text{m}]$$

$$\begin{aligned}
y_{c(TD2)} &= \frac{\sum_{k=1}^{n_y} S_{cyk} \cdot y_k}{\sum_{k=1}^{n_y} S_{cyk}} \\
&= \frac{7,5 \cdot 0 + 36 \cdot 2,1 + 13,873 \cdot 4,2 + 15,873 \cdot 6,3 + 13,873 \cdot 8,4 + 8,968 \cdot 10,5 + 15,635 \cdot 12,6 + 5,5 \cdot 14,6}{132,859} \\
&\quad + \frac{13,635 \cdot 16,8 + 0 \cdot 18,9 + 2 \cdot 21}{132,859} \\
&= 5,496 \quad [\text{m}]
\end{aligned}$$

8.4.10 Pentru găsirea poziției de minim a componentei momentului după axa  $Ox$ ,  $M_x(S_c)$ , se calculează valorile acesteia numai pentru cele două abscise caracteristice, învecinate abscisei  $x_C = 15,68$ :

$$x \in \{4,8; 7,2\} \quad [\text{m}]$$

rezultând următoarele două valori pentru componența după axa  $Ox$ , a momentului total la puterilor aparente, cerute:

$$\begin{aligned}
M_{x6}(S_c) &= 3[0 \cdot |4,8 - 12| + 24,0402 \cdot |4,8 - 14,4| + 55,373 \cdot |4,8 - 16,8| + 26,040 \\
&\quad \cdot |4,8 - 19,2| + 12,405 \cdot |4,8 - 21,6| + 15 \cdot |4,8 - 24|] \\
&= 5299,926 \quad [\text{kVA} \cdot \text{m}]
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_{x6}(S_c) &= 3[0 \cdot |7,2 - 12| + 24,0402 \cdot |7,2 - 14,4| + 55,373 \cdot |7,2 - 16,8| + 26,040 \\
&\quad \cdot |7,2 - 19,2| + 12,405 \cdot |7,2 - 21,6| + 15 \cdot |7,2 - 24|] \\
&= 4343,347 \quad [\text{kVA} \cdot \text{m}]
\end{aligned}$$

Valoarea minimă a componentei momentului total al puterilor aparente, cerute este:

$$M_{x6}(S_c) = 4343,347 \quad [\text{kVA} \cdot \text{m}], \quad \text{pentru } x = 7,2 \quad [\text{m}]$$

8.4.11 Pentru găsirea poziției de minim a componentei momentului după axa  $Oy$ ,  $M_y(S_c)$ , se calculează valorile acesteia numai pentru cele două abscise caracteristice, învecinate abscisei  $y_C = 5,496$ :

$$y \in \{4,2; 6,3\} \quad [\text{m}]$$

rezultând următoarele două valori pentru componenta după axa  $Oy$ , a momentului total la puterilor aparente, cerute:

$$\begin{aligned}
M_{y2}(S_c) &= 3[7,5 \cdot |4,2 - 0| + 36 \cdot |4,2 - 2,1| + 9,078 \cdot |4,2 - 4,2| + 11,078 \cdot |4,2 - 6,3| \\
&\quad + 13,635 \cdot |4,2 - 8,4| + 14,578 \cdot |4,2 - 10,5| + 15,635 \cdot |4,2 - 12,6| \\
&\quad + 9,0782 \cdot |4,2 - 14,7| + 9,0782 \cdot |4,2 - 16,8| + 2 \cdot |4,2 - 21|] \\
&= 1962,338 \quad [\text{kVA} \cdot \text{m}]
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_{y4}(S_c) &= 3[7,5 \cdot |6,3 - 0| + 36 \cdot |6,3 - 2,1| + 9,078 \cdot |6,3 - 4,2| + 11,078 \cdot |6,3 - 6,3| \\
&\quad + 13,635 \cdot |6,3 - 8,4| + 14,578 \cdot |6,3 - 10,5| + 15,635 \cdot |6,3 - 12,6| \\
&\quad + 9,0782 \cdot |6,3 - 14,7| + 9,0782 \cdot |6,3 - 16,8| + 2 \cdot |6,3 - 21|] \\
&= 1820,56 \quad [\text{kVA} \cdot \text{m}]
\end{aligned}$$

Valoarea minimă a componentei momentului total al puterilor aparente, cerute este:

$$M_{y4}(S_c) = 1820,56 \quad [\text{kVA} \cdot \text{m}], \quad \text{pentru } y = 6,3 \quad [\text{m}]$$

Rezultă coordonatele de amplasare a TD2:

$$\begin{aligned}
x_{C(TD2)} &= 7,2 \quad [\text{m}] \\
y_{C(TD2)} &= 6,3 \quad [\text{m}]
\end{aligned}$$

8.4.12 Tablourile de distribuție se amplasează în imediata apropiere a coordonatelor calculate:

- pentru TD1, coordonatele finale vor fi:

$$\begin{aligned}
x_{C(TD1)} &= 4,8 \quad [\text{m}] \\
y_{C(TD1)} &= 8,4 \quad [\text{m}]
\end{aligned}$$

- pentru TD2, coordonatele finale vor fi:

$$\begin{aligned}
x_{C(TD2)} &= 4,8 \quad [\text{m}] \\
y_{C(TD2)} &= 6,3 \quad [\text{m}]
\end{aligned}$$

## 9. Celula transformator și TGJT

### 9.1 Transformatorul de putere cu pierderi

9.1.1 Transformatorul de putere din compunerea PT prezintă atât pierderi active, cât și reactive, variabile cu sarcina. Dacă se are în vedere faptul că puterea nominală a unui transformator  $S_{Tn}$  se referă la înfășurarea secundară a acestuia, atunci pentru înfășurarea primară, puterea aparentă a acestuia trebuie calculată având în vedere și pierderile în transformator. Calculele se concentrează în tabelul 9.1.

9.1.2 Piederile de putere activă în transformator sunt date de relația:

$$\Delta P_T = \Delta P_0 + k_T^2 \cdot \Delta P_{sc} \quad [\text{kW}]$$

în care:

- $\Delta P_0, \Delta P_{sc}$  reprezintă pierderile active, nominale, la mers în gol, respectiv în scurtcircuit;
- $k_T$  este gradul de încărcare a transformatorului, când acesta tranzitează puterea aparentă  $S_T$ , dat de relația ( $k_T = 1$ , la sarcină nominală):

$$k_T = \frac{S_T}{S_{Tn}} \quad [\text{kW}]$$

Rezultă pierderile de putere activă în transformator:

$$\Delta P_T = 0,25 + 1^2 \cdot 1,35 = 1,6 \quad [\text{kW}]$$

9.1.3 Piederile de putere reactivă se determină cu relația:

$$\Delta Q_T = (i_{0\%} + k_T^2 \cdot u_{sc\%}) \cdot \frac{S_{Tn}}{100} \quad [\text{kvar}]$$

în care:

- $i_{0\%}$  este curentul de mers în gol;
- $u_{sc\%}$  este tensiunea de scurtcircuit a transformatorului.

Rezultă pierderile de putere reactivă în transformator:

$$\Delta Q_T = (2,9 + 1^2 \cdot 6) \cdot \frac{63}{100} = 5,607 \quad [\text{kvar}]$$

9.1.4 Luând în considerare și pierderile, curentul nominal primar, al transformatorului de putere se calculează corect cu relația:

$$I_{Tnp} = \frac{\sqrt{(S_{Tn} \cdot \cos \varphi_c + \Delta P_T)^2 + (S_{Tn} \cdot \sin \varphi_c + \Delta Q_T)^2}}{\sqrt{3} \cdot U_{ln}} \quad [\text{A}]$$

în care, pentru factorul de putere cerut, se recomandă să se adopte valoarea:

$$\cos \varphi_c = \cos \varphi_{nat} = 0,73$$

adică să nu se considere că mijloacele de compensare a puterii reactive sunt în funcțiune (aceasta în virtutea creșterii siguranței în exploatare), iar  $U_{ln}$  reprezintă tensiunea de linie, nominală, primară.

Rezultă:

$$I_{Tnp} = \frac{\sqrt{(63000 \cdot 0,73 + 1600)^2 + (63000 \cdot \sqrt{1 - 0,683^2} + 5607)^2}}{\sqrt{3} \cdot 20000} = 1,965 \text{ [A]}$$

9.1.5 Curentul nominal secundar poate fi calculat cu relația:

$$I_{Tn2} = \frac{S_{Tn}}{\sqrt{3} \cdot U_{ln2}} \text{ [kW]}$$

în care  $U_{ln2}$  reprezintă tensiunea de linie, nominală, la bornele secundare ale transformatorului.

Rezultă curentul nominal secundar:

$$I_{Tn2} = \frac{63}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 90,933 \text{ [kW]}$$

## 9.2 Configurații ale Celulei Trafo

9.2.1 Celulele de bază ale PT sunt cele care conțin transformatoarele de putere și aparatura de protecție, comutație și măsură aferentă. În figura 9.1, este indicată o structură generală a celulei transformator, cu prezentarea unor alternative pentru unele dintre aparatelor din schema de distribuție. Celula trafo face legătura dintre barele de MT, WI și cele de joasă tensiune, WJ.

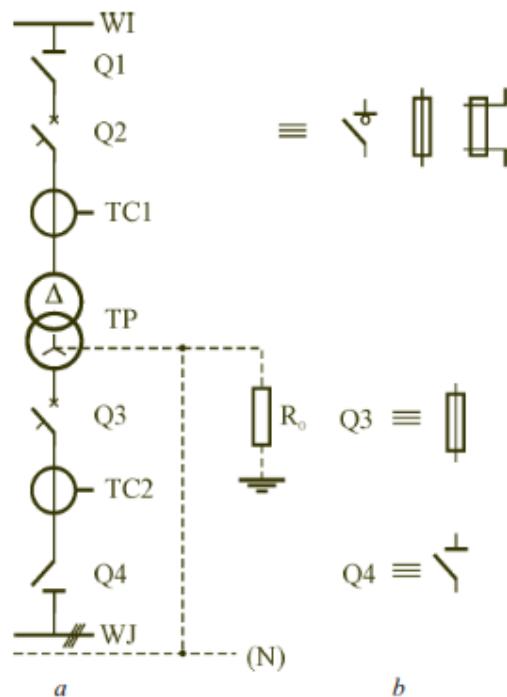


Fig. 9.1. Structura generală a celulei transformator:  
**a** - schema monofilară; **b** - variante de echipare.

9.2.2 Pe partea de MT, celula conține în primul rând separatorul de bare Q1, de MT, urmat de aparatul de protecție/comutație, de pe partea de MT, marcat prin Q2, care poate fi de unul din următoarele tipuri:

- intreruptor automat;
- separator cu rupere sub sarcină;
- siguranță de MT.

De asemenea, mai poate fi o parte de măsură în curent, reprezentată prin transformatoarele de măsură, de curent TC1.

9.2.3 Pe partea de JT, protecția se asigură prin intreruptorul automat Q3 sau, la PT de puteri mai mici, prin siguranțe fuzibile. Separatorul de bare Q4 este reprezentat în schema de bază ca pentru un sistem dublu de bare, pe partea de JT, existând și alternativa (figura 9.1.b) ca sistemul de bare să fie simplu. Transformatoarele de măsură de curent TC2 furnizează aparatelor de măsură, ca ampermetre, wattmetre, contoare etc, semnale proporționale cu curenții din părțile de JT.

9.2.4 Cu linie intreruptă este reprezentat în figură conductorul de nul, prezent în sistemul de bare WJ și legat la pământ prin rezistența  $R_0$  a prizei de pământ, ceea ce semnifică opțiunea pentru realizarea unei rețele de alimentare, de JT, legată direct la pământ prin conductorul neutru (codificată prin prima literă T, în stabilirea codului sistemului de legare la pământ).

### 9.3 Alegerea elementelor Celulei Trafo

9.3.1 După cum este structurat în tabelul 9.1, acesta prezintă următoarea opțiune pentru echiparea celulei trafo:

- pe partea de MT se prevăd separator de bare și protecție la scurtcircuit prin siguranțe fuzibile;
- pe partea de JT se echipăză cu intreruptor automat, având protecția la scurtcircuit dezactivată, precum și cu separator de bare.

Dezactivarea protecției la scurtcircuit a intreruptorului automat de JT are ca scop eliminarea problemelor de selectivitate, care pot să apară la prevederea a două aparete de protecție la scurtcircuit, inseriate pe același circuit electric, chiar dacă funcționează la tensiuni diferite.

9.3.2 Separatorul de bare, de MT, se alege pe baza condițiilor pentru tensiune și pentru curent:

$$U_{Qn} \geq U_{ln1} \quad [\text{kV}]$$

$$I_{Qn} \geq I_{Tnp} \quad [\text{A}]$$

În tabelul 9.2 sunt prezentate tipuri de separatoare de MT, cu caracteristicile acestora, în vederea alegării tipului de separator de bare, de MT, care îndeplinește cele două condiții de mai sus.

Rezultă:

$$U_{Qn} \geq 20 \quad [\text{kV}]$$

$$I_{Qn} \geq 1,96 \quad [\text{A}]$$

Separatorul de bare de MT ales, este:

9.3.3 Determinarea domeniului de valori pentru curentul nominal al fuzibilului  $I_{Fn}$ , de pe partea de MT a transformatorului de putere, se face în funcție de curentul nominal, primar, al acestuia  $I_{Tnp}$ , în baza relației:

$$I_{Fn} \in [1,3 \div 2] \cdot I_{Tnp} \quad [\text{A}]$$

Pentru tipurile FIn și FEn, de siguranțe fuzibile, de MT, se prezintă principalele caracteristici în tabelul 9.3, din care se alege siguranța corespunzătoare, al cărei curent nominal îndeplinește condiția de mai sus.

Tipuri de separatoare de MT și caracteristici tehnice principale, ale acestora  
Tabelul 9.2

Tipul aparatului	$U_n$ , kV	$I_n$ , kA	Valoarea efectivă a curentului limită termic la 1 s, kA	Valoarea de vârf a curentului limită dinamic, kA
Separatoare de interior	SMI, STI, STIP	10	200	10
			400	10
			630	15
			800	20
	SMI, STI, STIP	(15) 20	200	10
			400	10
			630	10
			800	20
	SMI, STI, STIP	35	200	10
			400	10
			630	10
			800	20
Separatoare de exterior	STI	3	1250	30
			2000	50
			3150	50
	SMI, STI	10	1250	30
			2000	50
			3150	50
	STIP	10	1250	30
			1250	30
	SMI, STI	15	2000	40
			3150	50
	STIP	15	1250	30
	SMI, STI, STIP	35	1250	20
	STE	10	200	10
			400	15
	STE	20	400	10
			400	10
	SME, SMEP, SBE, SBEP, STE, STEP	35	1250	30*
	STE, STEP, SME, SMEP, SBE, SBEP	110	1250	30
			1600	40
	SME, SMEP	220	1600	31,5*
	SME, SMEP	400	1600	40

\*Valoarea pentru 4 s.

Rezultă:

$$I_{Fn} \in [1,3 \div 2] \cdot 1,965 \Rightarrow I_{Fn} \in [2,555 \div 3,93] \quad [\text{A}]$$

Siguranța fuzibilă aleasă este:

FIn 20/4

Caracteristicile siguranțelor fuzibile de MT, de tipurile FIn și FEn

Tabelul 9.3

Tipul patronului fuzibil	Tensiunea nominală $U_{Fn}$ , kVef	Tensiunea max. de serv. $U_{sM}$ , kVef	Curentul nominal $I_{Fn}$ , A	Curentul de rupere $I_{Frup}$ , kAef	Puterea de rupere, calc., $S_{Frup}$ , MVA
FIn 6/2,5	6	7,2	2,5	37,5	400
FIn 6/4			4		
FIn 6/6,3			6,3		
FIn 6/10			10		
FIn 6/16			16		
FIn 6/25			25		
FIn 6/31,5			31,5		
FIn 6/40			40		
FIn 6/63			63		
FIn 6/80			80		
FIn 6/100			100		300
FIn 10/2,5	10	12	2,5	25,8	450
FIn 10/4			4		
FIn 10/6,3			6,3		
FIn 10/10			10		
FIn 10/16			16		
FIn 10/25			25	17,9	325
FIn 10/31,5			31,3		
FIn 10/40			40		
FIn 10/63			63		
FIn 20/2,5	20	24	2,5	18,1	700
FIn 20/4			4		
FIn 20/6,3			6,3		
FIn 20/10			10		
FIn 20/16			16		
FIn 20/25			25	11,2	425
FIn 20/31,5			31,5		
FIn 20/40			40		

9.3.4 Alegerea conductelor electrice de MT se face pe baza densității economice de curent  $J_{ec}$ , astfel că se poate scrie condiția pentru secțiunea conductoarelor de forma:

$$s_c \geq \frac{I_{Tnp}}{J_{ec}} \quad [\text{mm}^2]$$

Rezultă:

$$s_c \geq \frac{1,965}{0,48} \Rightarrow s_c \geq 4,094 \quad [\text{mm}^2]$$

9.3.5 Datorită curentului mic pe partea de MT a transformatorului de putere, pentru conducta electrică de MT corespunde conductorul funie de Ol-Al, de secțiunea cea mai mică: 16/2,5.

9.3.6 Trecând pe partea de JT a celulei trafo, se alege mai întâi intreruptorul automat de JT, pe baza condiției referitoare la curentul nominal  $I_{Qn2}$ , al acestuia:

$$I_{Qn2} \geq I_{Tn2} \quad [\text{A}]$$

În plus, deoarece din blocul declanșatoarelor sau releelor de protecție se va utiliza cel destinat protecției la suprasarcină și numai cel pentru protecția la scurtcircuit va fi dezactivat, se determină și domeniul curenților de serviciu, ai blocului de protecție:

$$I_s \in \left[ \frac{1}{k_{srM}} \div \frac{1,2}{k_{srM}} \right] \frac{I_{Tn2}}{k_t^0} \quad [\text{A}]$$

În care valorile limită inferioară  $k_{srM}$  și  $k_{srM}$ , ale coeficientului domeniului de reglare se identifică din catalogele fiecărui tip de întreruptor automat, luat în considerare.

Rezultă:

$$I_{Qn2} \geq 90,93 \quad [\text{A}]$$

$$I_s \in \left[ \frac{1}{1} \div \frac{1,2}{0,8} \right] \frac{90,93}{1,08} \Rightarrow I_s \in [84,19 \div 126,29] \quad [\text{A}]$$

Pentru protecția la suprasarcină a transformatorului și pentru comutație pe partea de JT a Celulei Trafo, s-a ales un întreruptor automat USOL 100, cu blocul de protecție având  $I_s = 100 \text{ A}$  (declanșatorul electromagnetic al acestuia urmează să fie dezactivat, pentru a nu dubla protecția la scurtcircuit, pe circuitul Celulei Trafo).

Pentru aceste întreruptoare, nu se dă explicit coeficientul de corecție  $k_t^0$  al declanșatorului termic, în raport cu temperatura mediului ambient, însă acesta se determină cunoscând curentul de serviciu  $I_s$  și valoarea reglată maximă  $I_{rtM}$ , la temperatura considerată a mediului ambient, fie aceasta  $t_{amb}^0 = 30^\circ\text{C}$ , cu relația:

$$k_t^0 = \frac{I_{rtM}}{I_s} = \frac{108}{100} = 1,08$$

9.3.7 Reglajul termic al întreruptorului de JT se argumentează cu relația:

$$I_{rt} = \text{Min}\{(1 \div 1,2)I_{Tn2} \cap [(k_{sr\min} \div k_{srM})k_t^0 \cdot I_s]\} \quad [\text{A}]$$

Rezultă:

$$I_{rt} = \text{Min}\{(1 \div 1,2) \cdot 90,93 \cap [(0,8 \div 1) \cdot 1,08 \cdot 100]\} \quad [\text{A}]$$

$$I_{rt} = \text{Min}\{(90,93 \div 109,12) \cap (86,4 \div 108)\} \quad [\text{A}]$$

$$I_{rt} = 90,93 \quad [\text{A}]$$

9.3.8 Separatorul de bare de JT, se alege ca la coloane, dar în acest caz condiția se exprimă în raport cu curentul nominal, secundar, al transformatorului de putere:

$$I_{Qsn2} \geq I_{Tn2} \quad [\text{A}]$$

Rezultă:

$$I_{Qsn2} \geq 90,93 \quad [\text{A}]$$

9.3.9 Conexiunile dintre elementele de pe partea de JT a Celulei Trafo se realizează prin conducte izolate sau cabluri de JT, în funcție de opțiunile constructive, intensitatea curentului și caracteristicile de mediu.

- 9.3.10 Primele două condiții, referitoare la intensitatea maxim admisă  $I_{Cadm}$  în conductă electrică de JT, sunt similare celor scrise pentru un circuit de receptor:

$$I_{Cadm} \geq \frac{I_{Tn2}}{a \cdot K} \quad [A]$$

$$I_{Cadm} \geq \frac{I_{rt}}{1,5} \quad [A]$$

în timp ce condiția de stabilitate termică la curenții de scurtcircuit trebuie pusă în raport cu intensitatea curentului nominal al fuzibilului de pe partea de MT, prin raportarea acestuia la partea de JT, cu relația:

$$I_{Cadm} \geq \frac{I_{Fn1}}{3} \cdot \left( \frac{U_{ln1}}{U_{ln2}} \right) \quad [A]$$

Coefficientul  $K$  de corecție a condițiilor de răcire se consideră determinat pentru tipul de conductă, preconizată și utilizată, și pentru condițiile concrete de pozare și de mediu.

Deoarece curentul nominal secundar al transformatorului nu depășește 100 A, se consideră că nu este cazul să se recurgă la cabluri electrice de JT, interconexiunile pe partea de JT a Celulei Trafo putând fi realizate cu conducte pentru instalații fixe, tip FY. Pentru temperatura ambiantă din Celula Trafo  $t_{amb}^0 = 30^\circ C$ , condiția de stabilitate termică la solicitarea de durată, conduce la valoarea:

$$I_{Cadm} \geq \frac{I_{Tn2}}{a \cdot K} \Rightarrow I_{Cadm} \geq \frac{90,93}{1 \cdot 0,943} \Rightarrow I_{Cadm} \geq 96,42 \quad [A]$$

$$I_{Cadm} \geq \frac{I_{rt}}{1,5} \Rightarrow I_{Cadm} \geq \frac{90,93}{1,5} \Rightarrow I_{Cadm} \geq 60,62 \quad [A]$$

$$I_{Cadm} \geq \frac{I_{Fn1}}{3} \cdot \left( \frac{U_{ln1}}{U_{ln2}} \right) \Rightarrow I_{Cadm} \geq \frac{4}{3} \cdot \left( \frac{20}{0,4} \right) \Rightarrow I_{Cadm} \geq 66,66 \quad [A]$$

Cea mai restrictivă condiție pentru curentul admisibil din conducte este:

$$I_{Cadm} \geq 96,42 \quad [A]$$

- 9.3.11 Se impune condiția de secțiune minima:

$$s_C \geq s_{Cmin} \quad [\text{mm}^2]$$

Rezultă:

$$s_C \geq 2,5 \quad [\text{mm}^2]$$

- 9.3.12 Pentru luarea în considerare a condiției de stabilitate termică, la curentul de vârf, se evaluatează solicitarea prin însumarea curentului de pornire maxim  $I_{pM}$ , cel mai mare ca valoare, evidențiat la dimensionarea coloanelor (tabelul 8.3), cu intensitatea curentului din secundarul transformatorului, când acesta funcționează la sarcina limită  $S_l(1,2)$ , determinată la punctul 4.15, conform relației:

$$I_v = I_{pM} + \frac{S_l(1,2)}{\sqrt{3} \cdot U_{ln2}} \quad [A]$$

Rezultă:

$$I_v = 97,37 + \frac{40,65}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 156,076 \quad [A]$$

Cu această valoare se determină condiția cea mai restrictivă pentru secțiunea conductei, sub forma:

$$s_c \geq \frac{I_v}{J_{adm}} \quad [\text{mm}^2]$$

$$s_c \geq \frac{156,04}{35} \Rightarrow s_c \geq 4,46 \quad [\text{mm}^2]$$

Având în vedere aceste condiții și pe baza datelor din tabelul 5.9, rezultă o conductă de tip 3xFY35+FY16, care îndeplinește toate condițiile pentru a fi aleasă.

9.3.13 Alegerea tuburilor de protecție: pe baza datelor din tabelul 5.9, rezultă tubul de protecție necesar de tipul IPOY 50/37,8.

#### 9.4 Sistemele de bare

9.4.1 Sistemul de bare de MT face legătura între celulele sosire/plecare linii de MT, celula de măsură și Celulele Trafo. În cazul funcționării unui singur transformator, acesta funcționează în schemă bloc cu linia de alimentare și TGJT.

9.4.2 Barele de MT pot fi realizate cu conductoare flexibile, sub formă de funii mono sau bimetalice, precum și cu conductoare rigide, sub formă de bare cu secțiune dreptunghiulară, rotundă, tubulară sau de alt profil.

9.4.3 Secțiunea barelor de MT se alege pentru puterea aparentă, cerută, totală, a consumatorului alimentat prin PT considerat, astfel că acesta trebuie să suporte curentul:

$$I_{ct} = \frac{s_c}{\sqrt{3} \cdot U_{ln1}} \quad [A]$$

Rezultă:

$$I_{ct} = \frac{157,095}{\sqrt{3} \cdot 20} = 4,535 \quad [A]$$

9.4.4 Sistemul de bare de JT interconectează părțile de JT ale Celulelor Trafo, plecările de JT spre TD sau spre receptoare importante, de mare putere, care se conectează direct la TG, precum și Celula Compensare, atunci când aceasta se face pe partea de JT a PT.

9.4.5 Barele electrice de JT se realizează din conductoare neizolate, rigide, montate pe izolatoare sau pe suporturi de izolatoare, executate din materiale incombustibile sau care nu propagă flacăra.

9.4.6 Solicitările electrice la nivelul barelor se pun în legătură cu puterile cerute, totale, ale consumatorului, astfel că, pentru barele de JT se reiau numai condițiile cele mai restrictive, identificate în tabelul 9.1, pentru parte de JT a Celulei Trafo. Prima dintre acestea este reprezentată de solicitarea de regim permanent a barelor:

$$I_{cadm} \geq \frac{I_c}{a \cdot K} \quad [A]$$

în care  $I_c$  reprezintă curentul cerut total, pe partea de JT:

$$I_c = \frac{S_c}{\sqrt{3} \cdot U_{ln2}} \quad [A]$$

iar pentru coeficientul de corecție al condițiilor de răcire s-a determinat  $K = K_3 = 1,0$ .

Rezultă:

$$I_c = \frac{S_c}{\sqrt{3} \cdot U_{ln2}} = \frac{157,095}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 226,747 \quad [A]$$

$$I_{Cadm} \geq \frac{I_c}{a \cdot K} \Rightarrow I_{Cadm} \geq \frac{226,747}{1,0} \Rightarrow I_{Cadm} \geq 226,747 \quad [A]$$

Cea de-a doua condiție, cea mai restrictivă pentru secțiunea barelor, este reprezentată de relația:

$$s_c \geq \frac{I_v}{J_{adm}} \quad [\text{mm}^2]$$

în care, pentru curentul de vârf se consideră expresia:

$$I_v = I_{c(n-1)} + I_{pM} \quad [A]$$

Curentul cerut total, mai puțin componenta corespunzătoare receptorului care are curentul de pornire maxim (MA de 7,5 kW, din compunerea FU-1), necesită mai întâi calculul contribuției acestui receptor la puterile cerute, totale (tabelul 1.1 și 2.1):

$$\begin{aligned} P_{c1} &= P_{cu} \cdot \frac{P_{i1}}{P_{iu}} = 2,0625 \cdot \frac{4,743}{6,817} = 1,435 \quad [\text{kW}] \\ Q_{c1} &= Q_{cu} \cdot \frac{Q_{i1}}{Q_{iu}} = 3,572 \cdot \frac{3,064}{4,629} = 2,364 \quad [\text{kvar}] \end{aligned}$$

Având consumurile generale, de putere, din tabelul 2.1, se calculează  $I_{c(n-1)}$ :

$$\begin{aligned} I_{c(n-1)} &= \frac{\sqrt{(P_c - P_{c1})^2 + (Q_c - Q_{c1})^2}}{\sqrt{3} \cdot U_{ln2}} = \frac{\sqrt{(115,582 - 1,435)^2 + (106,393 - 2,364)^2}}{\sqrt{3} \cdot 0,4} \\ &= 222,914 \quad [A] \end{aligned}$$

Rezultă:

$$s_c \geq \frac{I_v}{J_{adm}} \Rightarrow s_c \geq \frac{I_{c(n-1)} + I_{pM}}{J_{adm}} \Rightarrow s_c \geq \frac{222,914 + 97,37}{35} \Rightarrow s_c \geq 9.152 \quad [\text{mm}^2]$$

#### 9.4.7 Asociind condițiile:

$$I_{Cadm} \geq \frac{I_c}{a \cdot K} \Rightarrow I_{Cadm} \geq \frac{226,747}{1,0} \Rightarrow I_{Cadm} \geq 226,747 \quad [A]$$

$$s_c \geq \frac{I_v}{J_{adm}} \Rightarrow s_c \geq \frac{I_{c(n-1)} + I_{pM}}{J_{adm}} \Rightarrow s_c \geq \frac{222,914 + 97,37}{35} \Rightarrow s_c \geq 9,151 \text{ [mm}^2\text{]}$$

se alege pentru barele de JT (conform tabelului 9.11), conductorul dreptunghiular, de cupru, cu dimensiunile 20x3 mm.

#### 9.4.8 Se raportează curentul cerut

$$I_c = \frac{S_c}{\sqrt{3} \cdot U_{ln2}} = \frac{112,948}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 226,747 \text{ [A]}$$

la primar, obținându-se valoarea:

$$\frac{I_c}{I_{ct}} = \frac{226,747}{3,26} = 69,554 \text{ [A]}$$

Astfel, se aleg și barele de MT: conductor funie de Ol-Al 16/2,5.

Tabelul 9.1. Dimensionarea coloanei generale din Celula Transformator

Element	Mărimea sau solicitarea	Relația sau simbolul	Celula Trafo
1	2	3	4
Transformator	Pierderile active la sarcina nominală, $k_T = 1$	$\Delta P_T = \Delta P_0 + k_T^2 \cdot \Delta P_{sc}$ [kW]	1,6
	Pierderile reactive la sarcina nominală, $k_T = 1$	$\Delta Q_T = (i_{0\%} + k_T^2 \cdot u_{sc\%}) \cdot \frac{S_{Tn}}{100}$ [kvar]	5,607
	Curentul nominal primar, inclusiv pierderile în transformator [A]	$I_{Tnp} = \frac{\sqrt{(S_{Tn} \cdot \cos \varphi_c + \Delta P_T)^2 + (S_{Tn} \cdot \sin \varphi_c + \Delta Q_T)^2}}{\sqrt{3} \cdot U_{ln}}$ [A]	1,965
	Curentul nominal secundar [A]	$I_{Tn2} = \frac{S_{Tn}}{\sqrt{3} \cdot U_{ln2}}$ [A]	90,933
Separator MT	Solicitarea de durată	$I_{Qn1} \geq I_{Tnp}$ , [A]	$I_{Qn1} \geq 1,965$
	Tip separator MT	-	STI 20 200A
Siguranta fuzibilă MT	Domeniul de valori al curentului nominal al fuzibilului de MT	$I_{Fn1} \in [1,3 \div 2] \cdot I_{Tnp}$ , [A]	$I_{Fn} \in [2,55 \div 3,93]$
	Siguranța fuzibilă aleasă	FIn sau FEn $U_{ln} / I_{Fn}$	FIn 20/4
Conducta electrică MT	Secțiunea minimă corespunzătoare densității economice [ $\text{mm}^2$ ]	$s_c \geq \frac{I_{Tnp}}{J_{ec}}$ [ $\text{mm}^2$ ]; $J_{ec Al} = 0,48 \text{ A/mm}^2$	$s_c \geq 4,46$
	Conductă electrică aleasă (tip conductă)	Al, Ol-Al, Cu	Ol-Al 16/2,5
Întreruptor automat JT	Curentul nominal al întreruptorului	$I_{Qn2} \geq I_{Tn2}$ , [A]	$I_{Qn2} \geq 90,933$
	Întreruptorul JT ales	Ex. USOL, OROMAX	USOL 100
	Domeniul curentului de serviciu al blocului de protecție	$I_s \in \left[ \frac{1}{k_{srM}} \div \frac{1,2}{k_{srM}} \right] \frac{I_{Tn2}}{k_{t0}}$ [A]	$I_s \in [84,19 \div 126,29)$
	Curentul de serviciu ales	$I_s$ , [A]	100
	Reglajul termic ales (protectia la scurtcircuit dezactivată)	$I_{rt} = \text{Min}\{[(1 \div 1,2)I_{Tn2}] \cap [(k_{sr min} \div k_{srM})k_t^0 \cdot I_s]\}$ [A]	90,93
Element	Mărimea sau solicitarea	Relația sau simbolul	Celula Trafo

1	2	3	4
Separator JT	Solicitarea de durată	$I_{Qsn2} \geq I_{Tn2}$ , [A]	$I_{Qsn2} \geq 90,933$
	Tip separator JT	STI 0,4	STI 0,4/200
Conductă electrică JT	Stabilitatea termică la solicitarea de durată	$I_{cadm} \geq \frac{I_{Tn2}}{a \cdot K}$ [A]	$I_{cadm} \geq 90,933$
	Stabilitatea termică la curentul de suprasarcină	$I_{cadm} \geq \frac{I_{rt}}{1,5}$ [A]	$I_{cadm} \geq 60,62$
	Stabilitatea termică la curentul de scurtcircuit	$I_{cadm} \geq \frac{I_{Fn1}}{3} \cdot \left( \frac{U_{ln1}}{U_{ln2}} \right)$ [A]	$I_{cadm} \geq 66,66$
	Secțiunea minimă admisă	$s_c \geq s_{min}$ [mm <sup>2</sup> ]	$s_c \geq 2,5$
	Stabilitatea termică la $I_v$	$s_c \geq \frac{I_v}{J_{adm}}$ [mm <sup>2</sup> ]	$s_c \geq 9,151$
	Conductă electrică aleasă	(FY; AFY; Cablu el. JT)	$4 \cdot FY45$

## 10. Bateria de condensatoare centralizată

### 10.1 Structura și dimensionarea bateriei

- 10.1.1 Compensarea centralizată, la PT, a puterii reactive se realizează prin prevederea unor celule de compensare, în JT sau MT. O configurație posibilă pentru aceste celule este prezentată în figura 10.1, în opțiunea JT, prevăzută cu o treaptă fixă C0 și trei trepte comutabile C1 ÷ C3, care pot fi de valori egale sau diferite.

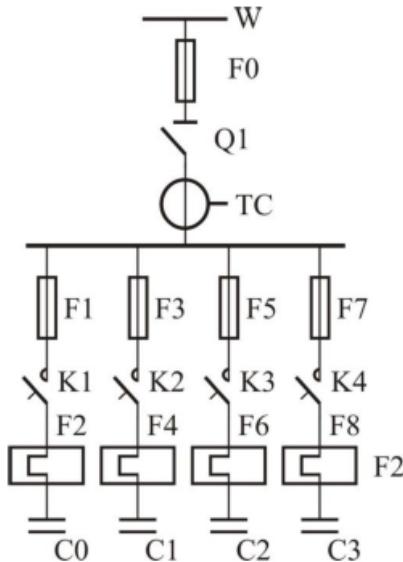


Fig. 10.1. Baterie centralizată pentru compensarea puterii reactive, cu o treaptă fixă și trei trepte comutabile.

- 10.1.2 Circuitul comun (coloana) se prevede cu protecție, comutație și măsură, iar circuitele individuale ale treptelor bateriei de condensatoare se prevăd cu protecție și comutație.

- 10.1.3 Puterea reactivă totală  $Q_{Bc}$  a bateriei de condensatoare se determină cu relația:

$$Q_{Bc} > \frac{P_c \cdot (\operatorname{tg} \varphi_{nat} - \operatorname{tg} \varphi_N)}{1 + p_c \cdot \operatorname{tg} \varphi_N} \quad [\text{kvar}]$$

în care:

- $P_c$  este puterea cerută totală a consumatorului, la nivelul de tensiune la care se face compensarea puterii reactive, la factorul de putere neutral, căruia îi corespunde  $\operatorname{tg} \varphi_{nat}$ ;
- $p_c$  sunt pierderile specifice în condensatoarele de putere. În lipsa unor date concrete, se poate considera  $p_c = 3 \cdot 10^{-3}$  [kW/kvar];
- $\operatorname{tg} \varphi_N$  este tangenta unghiului corespunzător factorului de putere, egal de obicei cu cel neutral,  $\cos \varphi_N = 0,92$ , pentru care  $\operatorname{tg} \varphi_N = 0,426$ .

Rezultă:

$$Q_{Bc} > \frac{115,582 \cdot \left( \sqrt{\frac{1}{0,73^2}} - 1 - 0,426 \right)}{1 + 0,0035 \cdot 0,426} = 58,885 \quad [\text{kvar}]$$

10.1.4 Treapta fixă a bateriei de condensatoare se alege conform relației:

$$Q_{c0} < 0,2 \cdot S_{Tn} \quad [\text{kvar}]$$

ceea ce ar trebui să reprezinte cel mult 90% din puterea reactivă, la mersul în gol, a unui singur transformator.

$$Q_{c0} < 0,2 \cdot 63 = 12,6 \quad [\text{kvar}]$$

10.1.5 Alegerea tipului de condensator se face pe baza datelor caracteristice din tabelul 10.1, principalele condiții fiind ca acesta să poată suporta în funcționare continuă o tensiune cu 10% mai mare decât tensiunea nominală a rețelei  $U_r$ , iar condensatoarele să fie de tip trifazat:

$$U_{cn} \geq 1,1 \cdot U_r; \quad m = 3$$

tensiunea rețelei putând fi  $U_{ln}$ , dacă se utilizează conexiunea triunghi, sau  $U_r = U_{fn}$ , dacă legarea condensatoarelor se face în stea.

Se aleg cu precădere condensatoare cu dielectric impregnat cu ulei electroizolant, biodegradabil.

Caracteristicile nominale ale condensatoarelor de JT, fabricate în România

Tabelul 10.1

Tipul condensatorului	$Q_{cn}$ , kvar	$U_{cn}$ , V	$C_{nf}$ , $\mu\text{F}$	Nr. de faze $m$
CU-0,50-15-1	15	500	193	1
CU-0,50-15-3	15	500	64	3
CS-0,50-15-1	15	500	193	1
CS-0,50-15-3	15	500	64	3

Obs. CU – cu ulei mineral; CS - cu ulei sintetic.

Astfel, se alege condensatorul CS-0,5-15-3.

10.1.6 Puterea reactivă, reală, a unui condensator, care funcționează la o tensiune a rețelei  $U_r$  diferită de cea nominală  $U_{cn}$  a acestuia, este dată de relația:

$$Q_{cr} = Q_{cn} \cdot \left( \frac{U_r}{U_{cn}} \right)^2 \quad [\text{kvar}]$$

ceea ce conduce la observația că mărimea fizică, ce rămâne constantă, atunci când condensatorul funcționează la diferite tensiuni, este capacitatea (nominală) a acestuia.

Condensatorul CS-0,5-15-3 are puterea reactivă, la tensiunea nominală a rețelei, valoarea:

$$Q_{cr} = Q_{cn} \cdot \left( \frac{U_r}{U_{cn}} \right)^2 = 15 \cdot \left( \frac{400}{500} \right)^2 = 9,6 \quad [\text{kvar}]$$

10.1.7 Numărul total de condensatoare ale bateriei se determină cu relația:

$$n_{Bc} = \left[ \frac{Q_{Bc}}{Q_{cr}} \right]$$

parantezele drepte având semnificația de parte întreagă, precum și numărul de condensatoare incluse în treapta fixă:

$$n_{Bc0} = \left[ \frac{Q_{c0}}{Q_{cr}} \right]$$

Rezultă:

$$n_{Bc} = \left[ \frac{Q_{Bc}}{Q_{cr}} \right] = \left[ \frac{58,885}{9,6} \right] = 6$$

din care, pentru treapta fixă, se repartizează numărul de condensatoare:

$$n_{Bc0} = \left[ \frac{Q_{c0}}{Q_{cr}} \right] = \left[ \frac{12,6}{9,6} \right] = 1$$

10.1.8 Diferența dintre numărul total  $n_{Bc}$  de condensatoare și numărul de condensatoare alocate treptei fixe  $n_{Bc0}$  se repartizează pe un număr de trepte  $n_{BT} \in \{3, 4, 5\}$ , de obicei inegale, pentru a mări flexibilitatea bateriei de condensatoare, în ceea ce privește puterea reactivă compensată.

Ponderile treptelor comutabile ale bateriei de condensatoare pot fi proporționale cu numerele  $\{1, 2, 2\}$  sau  $\{1, 2, 4\}$ , în cazul a trei trepte sau cu numerele  $\{1, 2, 2, 4, 4\}$ , în cazul a cinci trepte, ceea ce mărește numărul de combinații posibile.

10.1.9 Se alege o baterie de condensatoare automatizată, cu trei trepte comutabile, având următoarea structură:

- trei trepte comutabile, fiecare cu câte un condensator;

10.1.10 Bateriile de condensatoare se instalează, de regulă, în încăperi separate, de categoria BA5(EE), pe stelaje metalice sau în dulapuri speciale. În încăperile unde sunt montate baterii de condensatoare, se asigură menținerea condițiilor de temperatură și de umiditate indicate de producătorul condensatoarelor. Prin măsuri de protecție corespunzătoare, bateriile de condensatoare trebuie ferite de apă, praf, agenți corozivi, căldură, foc, lovituri sau vibrații.

10.1.11 În cazul consumatorilor alimentați prin PT proprii, având prevăzute baterii de condensatoare centralizate, se interzice funcționarea în gol a transformatorului, cu bateria de condensatoare conectată (total).

## 10.2 Alegerea elementelor bateriei

10.2.1 Curentul de linie al treptei  $j$  a bateriei de condensatoare, independent de conexiune utilizată, este dat de relația:

$$I_{lcj} = \frac{Q_{cj}}{\sqrt{3} \cdot U_{ln}} = \frac{n_{cj} \cdot Q_{cr}}{\sqrt{3} \cdot U_{ln}} \quad [\text{kvar}]$$

în care  $Q_{cj}$  este puterea reactivă a treptei  $j$ , având  $n_{cj}$  condensatoare, la tensiunea nominală a rețelei.

Curentul de linie al treptei cu un singur condensator este:

$$I_{lc1} = \frac{Q_{cr}}{\sqrt{3} \cdot U_{ln}} = \frac{9600}{\sqrt{3} \cdot 400} = 13,85 \quad [\text{A}]$$

iar pentru două condensatoare –

$$I_{lc2} = 13,85 * 2 = 27,7 \text{ [A]}$$

10.2.2 Amplitudinea curentului de conectare a treptei  $j$  se determină cu relația:

$$I_{Mccj} = \sqrt{2} \cdot I_{lcj} \cdot \left( 1 + \sqrt{\frac{S_{sc}}{Q_{cj}}} \right) \text{ [A]}$$

iar dacă valoarea obținută este mai mare decât ( $10I_{lcj}$ ), atunci se recomandă adoptarea pentru  $I_{Mccj}$  a valorii:

$$I_{Mccj} = 10 \cdot I_{lcj} \text{ [A]}$$

Amplitudinea curentului de conectare, pentru treapta cu un condensator, dacă puterea de scurtcircuit este  $S_c = 3,7$  MVA, are valoarea:

$$I_{Mcc1} = \sqrt{2} \cdot I_{lc1} \cdot \left( 1 + \sqrt{\frac{S_{sc}}{Q_{cj}}} \right) = \sqrt{2} \cdot 13,85 \cdot \left( 1 + \sqrt{\frac{3700}{9,6}} \right) = 405,57 \text{ [A]}$$

$$I_{Mcc2} = \sqrt{2} \cdot I_{lc2} \cdot \left( 1 + \sqrt{\frac{S_{sc}}{Q_{cj}}} \right) = \sqrt{2} \cdot 13,85 \cdot \left( 1 + \sqrt{\frac{3700}{9,6}} \right) = 808,233 \text{ [A]}$$

Deoarece aceste valori au rezultat mai mari decât 10 ori curentul de linie al treptelor respective, se consideră că, datorită efectului limitativ al reactanțelor de regim tranzitoriu, ale liniilor, valorile de calcul ale amplitudinilor curenților de conectare sunt:

$$I_{Mcc1} = 10 \cdot I_{lc1} = 10 \cdot 13,85 = 138,5 \text{ [A]}$$

$$I_{Mcc2} = 10 \cdot I_{lc2} = 10 \cdot 13,85 = 277,7 \text{ [A]}$$

10.2.3 Curentul de serviciu  $I_{st}$  al releeelor termice, pentru protecția condensatoarelor împotriva curenților de suprasarcină, se alege din condiția:

$$I_{st} \in \left[ \frac{1,3 \cdot I_{lc}}{k_{srM} \cdot k_t^0} \div \frac{1,3 \cdot I_{lc}}{k_{srmin} \cdot k_t^0} \right] \text{ [A]}$$

astfel încât după alegerea curentului de serviciu, dintre valorile posibile, se efectuează reglajul releeului termic cât mai apropiat de valoarea:

$$I_{rt} = 1,3 \cdot I_{lc} \text{ [A]}$$

10.2.4 Curentul de serviciu  $I_{st1}$  al releeului termic, pentru protecția la suprasarcină a treptei cu un singur condensator, aparține domeniului definit de relația ( $k_t^0 = 1,05$ , pentru  $t_{amb}^0 = 30^0\text{C}$ ):

$$I_{st1} \in \left[ \frac{1,3 \cdot I_{lc1}}{k_{srM} \cdot k_t^0} \div \frac{1,3 \cdot I_{lc1}}{k_{srmin} \cdot k_t^0} \right] \Rightarrow I_{st1} \in \left[ \frac{1,3 \cdot 13,85}{1 \cdot 1,05} \div \frac{1,3 \cdot 13,85}{0,6 \cdot 1,05} \right] \text{ [A]}$$

$$I_{st1} \in [17,15 \div 28,57] \text{ [A]}$$

Se alege releul termic conform tabelului 5.2:

$$TSA32, \quad I_{st1} = 20 \text{ [A]}$$

Reglajul releului termic se efectuează la valoarea:

$$I_{rt1} = 0,9 \cdot 20 \cdot 1,05 = 18,9 \text{ [A]}$$

care este destul de apropiată de condiția:

$$I_{rt1} = 1,3 \cdot I_{lc1} = 1,3 \cdot 13,85 = 18 \text{ [A]}$$

Pentru treapta cu două condensatoare, domeniul curentului de serviciu al releului termic se obține:

$$I_{st2} \in [34,3 \div 57,2] \text{ [A]}$$

astfel că  $I_{st2} = 40 \text{ A}$  (TSA 63) este unica soluție, iar reglajul releului termic se efectuează la valoarea:

$$I_{rt2} = 0,85 * 40 * 1,05 = 35,7 \text{ [A]}$$

acceptabilă pentru dezideratul reglării cât mai apropiat de valoarea

$$I_{rt2} = 1,3 * 27,7 = 36 \text{ [A]}$$

Contactorul ales (rel. 10.12), pentru treapta cu un condensator, este TCA 32, iar pentru treapta cu două condensatoare – TCA 40.

**10.2.5** Contactorul pentru comutația treptelor bateriei de condensatoare trebuie să aibă curentul nominal conform relației:

$$I_{kn} \geq 1,4 \cdot I_{lc} \text{ [A]}$$

Pentru treapta cu un condensator:

$$I_{k1} \geq 1,4 \cdot I_{lc1} \Rightarrow I_{k1} \geq 1,4 \cdot 13,85 \Rightarrow I_{k1} \geq 19,39 \text{ [A]}$$

Conform tabelului 5.6, contactorul necesar pentru treapta cu un condensator este TCA 25A.

**10.2.6** Siguranța fuzibilă pentru protecția la scurtcircuit a unei trepte a bateriei de condensatoare se alege în baza setului de condiții, după cum urmează:

$$I_{Fn} \geq I_{lc} \text{ pentru SF rapidă sau } I_{Fn} \geq 1,8 \cdot I_{lc} \text{ pentru SF lentă}$$

$$I_{Fn} \geq \frac{I_{Mcc}}{2,5}$$

$$I_{Fn} \geq K_{tf} \cdot I_{rt}$$

în care  $K_{tf} \in \{2,5_{MPR}; 3_{med\ PR}\}$  reprezintă factorul de multiplicare, asigurând selectivitatea protecției dintre releul termic și siguranța fuzibilă, după cum aceasta din urmă este de tip cu mare, respectiv cu medie putere de rupere.

Siguranța fuzibilă pentru circuitul treptei cu un singur condensator, se alege pe baza condițiilor anterioare, pentru optiunea de SF cu caracteristică rapidă:

$$I_{Fn1} \geq I_{lc1} \Rightarrow I_{Fn1} \geq 13,85 \text{ [A]}$$

$$I_{Fn1} \geq \frac{I_{Mcc1}}{2,5} \Rightarrow I_{Fn1} \geq \frac{138,5}{2,5} \Rightarrow I_{Fn1} \geq \frac{138,5}{2,5} \Rightarrow I_{Fn1} \geq 55,4 \text{ [A]}$$

$$I_{Fn1} \geq K_{tf} \cdot I_{rt1} \Rightarrow I_{Fn1} \geq 3 \cdot 18,9 \Rightarrow I_{Fn1} \geq 56,7 \text{ [A]}$$

Cea mai restrictivă condiție pentru siguranța fuzibilă:

$$I_{Cadm} \geq 56,7 \text{ [A]}$$

Se alege siguranța fuzibilă de tipul:

$$LFI 63/63$$

Siguranța fuzibilă pentru protecția la scurtcircuit a treptei cu două condensatoare rezultă în mod similar:

$$I_{Fn2} \geq I_{lc2} \text{ pentru SF rapidă sau } I_{Fn} \geq 27,7 \text{ pentru SF lentă}$$

$$I_{Fn} \geq \frac{277}{2,5} = 111 \text{ [A]}$$

$$I_{Fn} \geq K_{tf} \cdot 107,1 \text{ [A]}$$

astfel că se alege siguranța LFI 200/125.

$$LFI 200/125$$

10.2.7 Conductele electrice pentru circuitele treptelor bateriei de condensatoare se aleg pe baza unor condiții similare cu cele de la instalațiile electrice de forță, dintre care unele se referă la intensitatea de curent admisă, iar altele la secțiunea conductoarelor:

$$I_{Cadm} \geq \frac{1,4 \cdot I_{lc}}{K} \text{ [A]}$$

$$I_{Cadm} \geq \frac{I_{rt}}{1,5} \text{ [A]}$$

$$I_{Cadm} \geq \frac{I_{Fn}}{3} \text{ [A]}$$

$$s \geq s_{min} \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$s \geq \frac{I_{Mcc}}{J_{adm}} \text{ [mm}^2\text{]}$$

cu aceleași semnificații ale mărimilor de calcul, ca la instalațiile electrice de forță.

Ansamblul de condiții pentru conducta electrică, a circuitului treptei cu un singur condensator, reunește următoarele inegalități:

$$I_{Cadm} \geq \frac{1,4 \cdot I_{lc}}{K} \Rightarrow I_{Cadm} \geq \frac{1,4 \cdot 13,85}{0,943} \Rightarrow I_{Cadm} \geq 20,56 \text{ [A]}$$

$$I_{Cadm} \geq \frac{I_{rt}}{1,5} \Rightarrow I_{Cadm} \geq \frac{18,9}{1,5} \Rightarrow I_{Cadm} \geq 12,6 \text{ [A]}$$

$$I_{Cadm} \geq \frac{I_{Fn}}{3} \Rightarrow I_{Cadm} \geq \frac{63}{3} \Rightarrow I_{Cadm} \geq 21 \text{ [A]}$$

$$s \geq s_{min} \Rightarrow s \geq 1,5 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$s \geq \frac{I_{Mcc}}{J_{adm}} \Rightarrow s \geq \frac{138,5}{35} \Rightarrow s \geq 3,95 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Pe baza acestor condiții, se alege conductă electrică FY4 mm<sup>2</sup>.

Procedând la fel pentru circuitul treptei cu două condensatoare:

$$I_{Cadm} \geq \frac{1,4 \cdot I_{lc}}{K} \Rightarrow I_{Cadm} \geq \frac{1,4 \cdot 27,7}{0,943} \Rightarrow I_{Cadm} \geq 36,041 \text{ [A]}$$

$$I_{Cadm} \geq \frac{I_{rt}}{1,5} \Rightarrow I_{Cadm} \geq \frac{35,7}{1,5} \Rightarrow I_{Cadm} \geq 23,8 \text{ [A]}$$

$$I_{Cadm} \geq \frac{I_{Fn}}{3} \Rightarrow I_{Cadm} \geq \frac{125}{3} \Rightarrow I_{Cadm} \geq 41,7 \text{ [A]}$$

$$s \geq s_{min} \Rightarrow s \geq 1,5 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$s \geq \frac{I_{Mcc}}{J_{adm}} \Rightarrow s \geq \frac{277}{35} \Rightarrow s \geq 7,9 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Pe baza acestor condiții, se alege conductă electrică FY10 mm<sup>2</sup>.

10.2.8 Pentru coloana de alimentare a tabloului de compensare (TC), de pe care pleacă circuitele pentru fiecare din treptele bateriei de condensatoare, se ia în considerare o echipare cu siguranțe fuzibile, la capătul amonte (TG) și cu separator, la capătul aval.

$$\begin{aligned} I_{lBc} &= 4 * I_{lc1} = 4 * 13,85 = 55,4 \text{ [A]} \\ I_{McTM} &= I_{Mcc2} = 277,7 \text{ [A]} \\ I_{lc(n-1)} &= 3 * I_{lc1} = 3 * 13,85 = 41,55 \text{ [A]} \\ I_{FnTM} &= 125 \text{ [A]} \end{aligned}$$

10.2.9 Siguranța fuzibilă de pe coloana TC se alege pe baza următorului ansamblu de condiții:

$$\begin{aligned} I_{Fn} &\geq I_{lBc} \text{ [A]} \\ I_{Fn} &\geq \frac{I_{McTM}}{2,5} + I_{lc(n-1)} \text{ [A]} \\ I_{Fn} &\geq 1,5625 \cdot I_{FnTM} \text{ [A]} \end{aligned}$$

în care:

- $I_{lBc}$  reprezintă curentul de linie al întregii baterii de condensatoare;
- $I_{McTM}$  este curentul maxim de conectare al treptei celei mai mari a bateriei;
- $I_{lc(n-1)}$  este curentul de linie al celorlalte (n-1) trepte, inclusiv cea fixă;
- $I_{FnTM}$  este curentul nominal al celui mai mare fuzibil, dintre cele prevăzute pe circuitele bateriei.

În cazul în care pentru protecția coloanei care alimentează TC al bateriei comutabile în trepte, se utilizează siguranțe fuzibile având o caracteristică lentă de rupere, atunci în locul condiției  $I_{Fn} \geq I_{lBc}$ , pentru curentul nominal al fuzibilului se consideră condiția:

$$I_{Fn} \geq 1,6 \cdot I_{lBc} \text{ [A]}$$

Siguranța fuzibilă de pe coloana TC trebuie să aibă un curent nominal, care să îndeplinească

următoarele inegalități:

$$I_{Fn} \geq I_{lBc} \Rightarrow I_{Fn} \geq 55,4 \text{ [A]}$$

$$I_{Fn} \geq \frac{I_{McTM}}{2,5} + I_{lc(n-1)} \Rightarrow I_{Fn} \geq \frac{277,7}{2,5} + 41,55 = 152,63 \text{ [A]}$$

$$I_{Fn} \geq 1,5625 \cdot I_{FnTM} \Rightarrow I_{Fn} \geq 1,5625 \cdot 125 \Rightarrow I_{Fn} \geq 195,3 \text{ [A]}$$

Se alege siguranța fuzibilă de tipul:

*LFI 200/200*

10.2.10 Separatorul de pe intrarea TC se alege pe baza condiției:

$$I_{Qn} \geq I_{lBc} \text{ [A]}$$

Rezultă:

$$I_{Qn} \geq I_{lBc} = 13,85 \text{ [A]}$$

Se alege întrerupătorul tripolar cu pârghie ITP 100/63.

10.2.11 Conducta electrică, din compunerea coloanei de alimentare a TC, se alege pe baza următorului set de condiții:

$$I_{Cadm} \geq \frac{1,4 \cdot I_{lBc}}{K} \text{ [A]}$$

$$I_{Cadm} \geq \frac{I_{Fn}}{3} \text{ [A]}$$

$$s \geq s_{min} \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$s \geq \frac{I_{McTM} + I_{lc(n-1)}}{J_{adm}} \text{ [mm}^2\text{]}$$

Rezultă:

$$I_{Cadm} \geq \frac{1,4 \cdot I_{lBc}}{K} \Rightarrow I_{Cadm} \geq \frac{1,4 \cdot 13,85}{K} = 18,02 \text{ [A]}$$

$$I_{Cadm} \geq \frac{I_{Fn}}{3} \Rightarrow I_{Cadm} \geq \frac{200}{3} = 66,7 \text{ [A]}$$

$$s \geq s_{min} \Rightarrow s \geq 2,5 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$s \geq \frac{I_{McTM} + I_{lc(n-1)}}{J_{adm}} \Rightarrow s \geq \frac{277,7 + 44,5}{35} = 9,206 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Se alege conducta electrică: 4FY25 mm<sup>2</sup>

10.2.12 Bateriile de condensatoare se prevăd cu dispozitive de descărcare automate sau manual, cu rezistențe de descărcare, astfel alese încât tensiunea reziduală la bornele acesteia să scadă sub 42 V, după cel mult 1 minut de la deconectarea bateriei sau a oricărei dintre treptele acesteia, de la rețea. Bateriile de condensatoare cu trepte comutabile se prevăd cu dispozitive de descărcare cuplate automat, în momentul deconectării de la rețea.

10.2.13 Alegerea valorii rezistenței de descărcare se face pe baza relației:

$$R_R \leq \frac{t_d}{\chi \cdot C \cdot \ln \left( \frac{U_0}{U_{adm}} \right)} \quad [\Omega]$$

în care:

- $t_d$  reprezintă timpul de descărcare, în s;
- $\chi \in \left\{ \frac{1}{3}; 1; 3 \right\}$  este un factor care ține seama de conexiunea concretă condensatoare-rezistențe. Acest factor se ia  $\chi = 1/3$ , dacă rezistoarele sunt conectate în triunghi la bornele condensatoarelor montate în stea,  $\chi = 1$  pentru cazurile în care rezistoarele sunt cuplate în paralel cu condensatoarele conectate în triunghi sau dacă atât condensatoarele, cât și rezistoarele sunt conectate în stea și  $\chi = 3$  dacă rezistoarele de descărcare, conectate în stea, sunt cuplate la bornele condensatoarelor, conectate în triunghi;
- $U_0$  este tensiunea remanentă, inițială, adică tensiunea la bornele treptei bateriei de condensatoare cu capacitatea  $C$ , în momentul deconectării acesteia de la rețea;
- $U_{adm}$  este tensiunea maxim admisă pentru tipul de baterie (JT sau MT), considerat.

După determinarea valorii maxime a rezistenței de descărcare, se alege o valoare a rezistenței de descărcare din seria de valori nominale, care să îndeplinească inegalitatea respectivă. Dacă se consideră seria de valori E12 (cu toleranță  $\pm 10\%$ ), atunci pentru  $R_R$  se pot avea în vedere multipli sau submultipli ai următoarelor valori:

$$R_{E12} \in \{1,0; 1,2; 1,5; 1,8; 2,2; 2,7; 3,3; 3,9; 4,5; 5,6; 6,8; 8,2\} \quad [\Omega]$$

Pentru cazul unei trepte de baterie de condensatoare cu capacitatea  $C = 64 \mu F$ , de JT, cu conexiune triunghi, la care se conectează în paralel cu fiecare condensator un resistor de descărcare, rezultă pentru rezistență de descărcare:

$$R_R \leq \frac{60}{1 \cdot 64 \cdot 10^{-6} \cdot \ln \left( \frac{\sqrt{2} \cdot 400_0}{42} \right)} \Rightarrow R_R \leq 360525,82 \quad [\Omega] \Rightarrow R_R \leq 360,52 \quad [k\Omega]$$

Astfel, din seria E12 se alege valoarea nominală:

$$R_{Rn} = 330 \quad [k\Omega]$$

10.2.14 După alegerea valorii normalize  $R_{Rn}$  a rezistenței de descărcare, se calculează puterea disipată minimă la care trebuie aceasta să corespundă:

$$P_{Rd} \geq \frac{U_R^2}{R_{Rn}} \quad [W]$$

în care  $U_R$  reprezintă valoarea efectivă a tensiunii la bornele rezistorului de descărcare, în funcție de conexiunea utilizată. Puterea disipată se definitivează prin alegerea unei valori imediat superioare celei determinate cu relația anterioară, din seria de puteri disipate nominale (STAS 6838):

$$P_{Rn} \in \{0,05; 0,1; 0,125; 0,25; 0,5; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 16; 25; 40; \dots; 500\} \text{ [W]}$$

Puterea disipată minimă a rezistorului de descărcare:

$$P_{Rd} \geq \frac{400^2}{330 \cdot 10^3} = 0,485 \text{ [W]}$$

Astfel, se alege:  $P_{Rn} = 0,5 \text{ W}$

## 11.Pierderi de tensiune

### 11.1 Parametrii rețelei

- 11.1.1 Pierderile de tensiune se determină pentru puterea cerută, pe traseul cel mai lung și mai încărcat dintre TG, respectiv cofretul de branșament sau contorul, la clădirile de locuit, și receptorul electric cel mai îndepărtat.
- 11.1.2 Pentru calculul parametrilor electrici  $R_L$  și  $X_L$  ai liniilor electrice de JT, având secțiunile  $s_C$ , în  $\text{mm}^2$  și lungimile  $l_C$ , în km, se recomandă relațiile:

$$R_{L(Cu)} = \frac{17,9 \cdot 10^3}{s_C} \cdot l_C \quad [\text{m}\Omega]$$

pentru cazul conductoarelor din cupru, iar pentru conductoare din aluminiu:

$$R_{L(Al)} = \frac{28,6 \cdot 10^3}{s_C} \cdot l_C \quad [\text{m}\Omega]$$

- 11.1.3 Fabricanții de conducte electrice indică, cel mai frecvent, parametrii electrici, specifici lineici ai acestora și anume:
- $R_0$  – rezistență specifică, pe unitatea de lungime a conductei, în  $\text{m}\Omega/\text{km}$ ;
  - $X_0$  – reactanță specifică, pe unitatea de lungime a conductei, în  $\text{m}\Omega/\text{km}$ .

Pe baza unor asemenea date concrete, rezistența electrică a liniei se determină cu relația:

$$R_L = R_0 \cdot l_C \quad [\text{m}\Omega]$$

iar reactanța liniei:

$$X_L = X_0 \cdot l_C \quad [\text{m}\Omega]$$

În tabelul 11.1 sunt indicate relații de calcul simplificate pentru determinarea parametrilor electrici ai liniilor electrice de JT.

**Relații de calcul pentru parametrii  $R_L$  și  $X_L$  ai liniilor electrice de JT**

**Tabelul 11.1**

Tipul liniei	Rezistență $R_L$ , $\text{m}\Omega$	Reactanță $X_L$ , $\text{m}\Omega$
Cabluri	$R_{L(Cu)} = \frac{17,9 \cdot 10^3}{s} l$ ;	$(75 \dots 100)l$
Linii electrice aeriene		$(300 \dots 400)l$
Bare	$R_{L(Al)} = \frac{28,6 \cdot 10^3}{s} l$	$(100 \dots 300)l$

- 11.1.4 Reactanța inductivă, specifică, a cablurilor poate fi determinată, dacă se cunosc datele constructive ale cablului, în baza relației:

$$X_0 = 0,1445 \cdot \lg \frac{d_m}{r} \quad [\Omega/\text{km}]$$

în care:

- $d_m$  este distanța medie geometrică, între faze, în cm;
- $r$  este raza unui conductor, în cm.

- 11.1.5 Calea de alimentare aleasă pentru calculul verificării instalației de distribuție de JT, la pierderile de tensiune, se compune din următoarele tronsoane:

- coloana de alimentare a tabloului de distribuție TD2, acesta fiind mai încărcat decât TD1.
- circuitul de alimentare a utilajului EU1 (mașină de găurit FU-1), acesta fiind relativ încărcat, mai îndepărtat și are în componență receptorul căruia îi corespunde curentul de pornire maxim  $I_{pM}$ , al consumatorului.

11.1.6 Circuitul de utilaj, al mașinii de găurit FU -1 este realizat cu conducte 4FY4 și are lungimea  $l_{Cu} = 16,5$  m, astfel că parametrii electrici ai acestuia au următoarele valori:

$$R_L = \frac{17,9 \cdot 10^3}{s_C} \cdot l_c = \frac{17,9 \cdot 10^3}{4} \cdot 0,0165 = 73,838 \text{ [m}\Omega\text{]}$$

$$X_L = X_0 \cdot l_c = 200 \cdot 0,0165 = 3,3 \text{ [m}\Omega\text{]}$$

## 11.2 Determinarea pierderilor de tensiune

- 11.2.1 Calculul pierderilor de tensiune se face pe tronsoanele rețelei, acestea putând fi circuite de receptor, circuite de utilaj, coloane și chiar bare, pentru puterile cerute, determinate pe fiecare tronson în parte.
- 11.2.2 Pentru linii electrice radiale, cu sarcini concentrate la capăt, de valoarea puterilor cerute, pierderile de tensiune se determină pentru regimul permanent, cu următoarele relații:
- pentru linii electrice trifazate:

$$\Delta U \% = \frac{R_L \cdot P_c + X_L \cdot Q_c}{U_n^2} \cdot 100 \text{ [%]}$$

- pentru linii electrice monofazate:

$$\Delta U \% = \frac{R_L \cdot P_c + X_L \cdot Q_c}{U_n^2} \cdot 200 \text{ [%]}$$

- pentru o linie de curent continuu:

$$\Delta U \% = \frac{R_L \cdot I_c}{U_n} \cdot 200 \text{ [%]}$$

11.2.3 Pierderea de tensiune totală, pe o direcție de distribuție, se obține prin însumarea pierderilor parțiale de pe diferite tronsoane.

11.2.4 Cunoscând puterile cerute, la nivelul utilajului EU1, care este o mașină de găurit FU1 (tabelul 1.4) și anume  $P_c = 2,35$  kW;  $Q_c = 4,07$  kvar, se calculează pierderea de tensiune pe circuitul de utilaj, în regim permanent:

$$(\Delta U \%)_u = \frac{R_L \cdot P_c + X_L \cdot Q_c}{U_n^2} \cdot 100 = \frac{73,838 \cdot 2,35 + 3,3 \cdot 4,07}{400^2} \cdot 100 = 0,117 \text{ [%]}$$

11.2.5 Parametrii coloanei care alimentează TD2, realizată din conducte FY31 și de lungime  $l_C = 13,23$  m, sunt următorii:

$$R_L = \frac{17,9 \cdot 10^3}{s_C} \cdot l_c = \frac{17,9 \cdot 10^3}{31} \cdot 0,0132 = 7,622 \text{ [m}\Omega\text{]}$$

$$X_L = X_0 \cdot l_c = 200 \cdot 0,0132 = 2,64 \text{ [m}\Omega\text{]}$$

11.2.6 Pierderea de tensiune pe coloana de la TG, la TD2, care transportă puterile  $P_c = 65,429$  kW;  $Q_c = 66,138$  kvar, rezultă la valoarea:

$$(\Delta U_{\%})_D = \frac{R_L \cdot P_c + X_L \cdot Q_c}{U_n^2} \cdot 100 = \frac{7,622 \cdot 65,429 + 2,64 \cdot 66,138}{400^2} \cdot 100 = 0,42 \ [\%]$$

11.2.7 Pierderea de tensiune totală, pe o direcție de distribuție, se obține prin însumarea pierderilor parțiale de pe diferitele tronsoane.

Astfel, pierderea totală de tensiune se obține prin însumarea celor două componente determinate cu relațiile anterioare:

$$(\Delta U_{\%})_t = (\Delta U_{\%})_u + (\Delta U_{\%})_D = 0,117 + 0,421 = 0,377 \ [\%]$$

$$(\Delta U_{\%})_t = 0,538 \ [\%] < 10 \ [\%]$$

11.2.8 În regim de pornire, pentru pierderea de tensiune la nivel de circuit de receptor, se utilizează relațiile:

- pentru circuite trifazate:

$$\Delta U_{p\%} = \frac{100 \cdot \lambda \cdot P_n \cdot R_L}{U_{ln}^2} \ [\%]$$

unde  $\lambda$  reprezintă curentul relativ de pornire, al motorului electric, cu puterea nominală  $P_n$ ;

- pentru circuite monofazate:

$$\Delta U_{p\%} = \frac{200 \cdot \lambda \cdot P_n \cdot R_L}{U_{ln}^2} \ [\%]$$

Piederea de tensiune pe circuitul de utilaj se calculează ca pentru coloane:

$$P_p = \frac{\lambda \cdot P_{nM}}{\eta_{nM}} + P_{c(n-1)} = \frac{6,5 \cdot 7,5}{0,86} + 2,35 = 59,056 \ [kW]$$

$$(\Delta U_{p\%})_u = \frac{100 \cdot P_p \cdot R_L}{U_{ln}^2} = \frac{100 \cdot 59,056 \cdot 75,89}{400^2} = 2,81 \ [\%]$$

11.2.9 Aplicând aceleași relații pentru coloana de alimentare a lui TD2, se determină pierderea de tensiune pe aceasta, în regim de curent de vârf. Pentru aceasta, se calculează mai întâi puterea la pornire, de pe coloană, recurgând la datele din tabelul 8.1:

$$P_p = \frac{\lambda \cdot P_{nM}}{\eta_{nM}} + P_{c(n-1)} = \frac{6,5 \cdot 7,5}{0,86} + 65,429 = 122,115 \ [kW]$$

Piederea de tensiune pe coloana tabloului TD2 devine:

$$(\Delta U_{p\%})_D = \frac{100 \cdot P_p \cdot R_L}{U_{ln}^2} = \frac{100 \cdot 122,115 \cdot 75,89}{400^2} = 5,79 \ [\%]$$

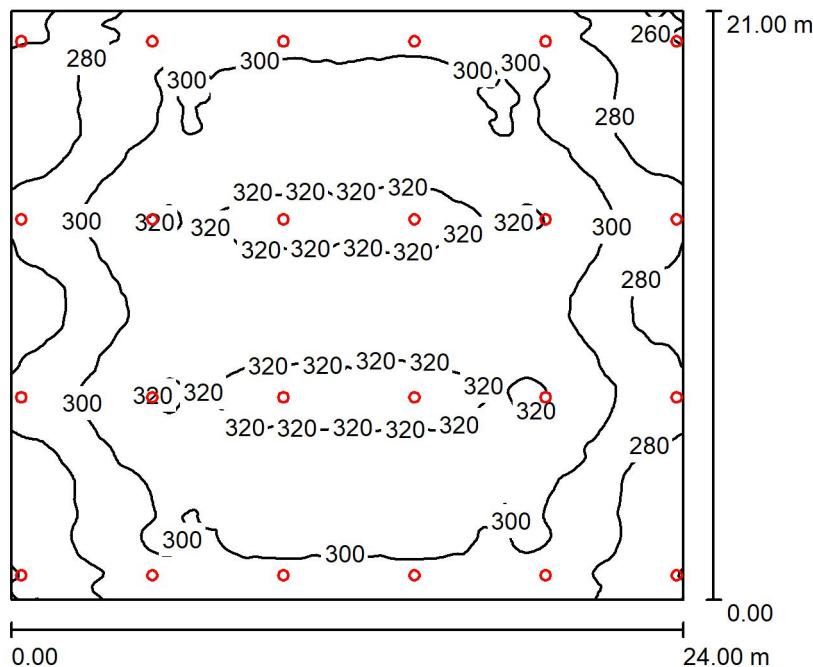
11.2.10 Pierderea totală de tensiune, în regim de pornire, se evaluează prin însumarea rezultatelor obținute:

$$(\Delta U_{p\%})_t = (\Delta U_{p\%})_u + (\Delta U_{p\%})_D = 2,81 + 5,79 = 8,6 \text{ [%]}$$



Operator  
Telephone  
Fax  
e-Mail

## Room 1 / Summary



Height of Room: 6.200 m, Mounting Height: 6.100 m, Light loss factor:  
0.67

Values in Lux, Scale 1:270

Surface	$\rho$ [%]	$E_{av}$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$u_0$
Workplane	/	300	253	326	0.846
Floor	20	289	227	317	0.785
Ceiling	80	81	64	442	0.798
Walls (4)	50	230	77	14241	/

**Workplane:**  
Height: 0.760 m      UGR      Lengthways-      Across      to luminaire axis  
Grid: 128 x 128 Points      Left Wall      28      28  
Boundary Zone: 0.000 m      Lower Wall      28      28  
(CIE, SHR = 0.25.)

Illuminance Quotient (according to LG7): Walls / Working Plane: 0.807, Ceiling / Working Plane: 0.269.

### Luminaire Parts List

No.	Pieces	Designation (Correction Factor)	$\Phi$ (Luminaire) [lm]	$\Phi$ (Lamps) [lm]	P [W]
1	24	ELBA 0141 IEV-08 24 LED/350 4000K 70CRI 11844LM (1.000)	11833	11833	105.0
			Total: 283992	Total: 283992	2520.0

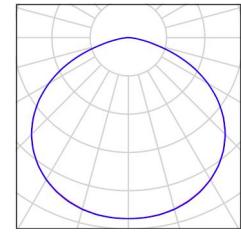
Specific connected load: 5.00 W/m<sup>2</sup> = 1.67 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Ground area: 504.00 m<sup>2</sup>)



Operator  
Telephone  
Fax  
e-Mail

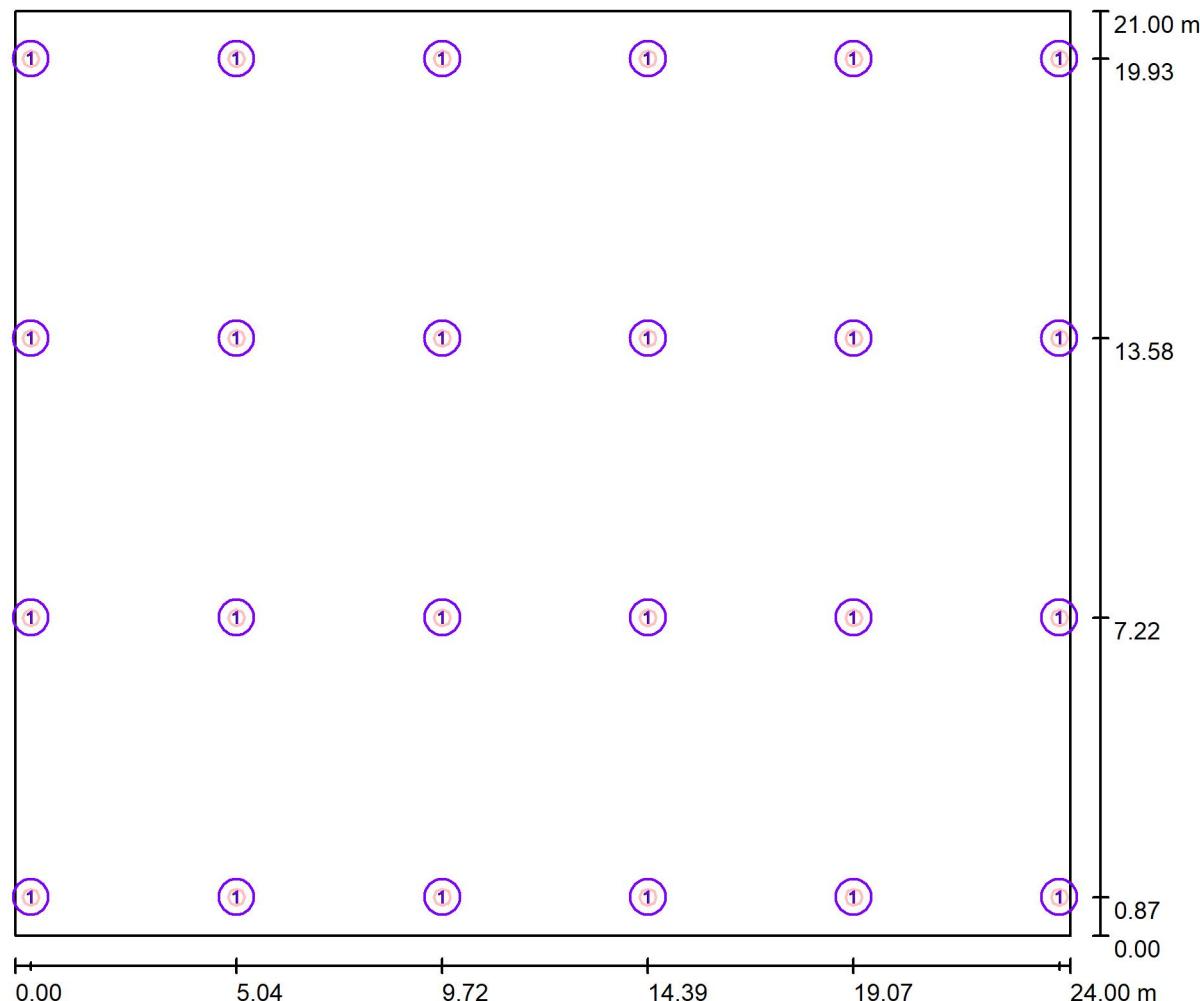
## Room 1 / Luminaire parts list

24 Pieces ELBA 0141 IEV-08 24 LED/350 4000K 70CRI  
11844LM  
Article No.: 0141  
Luminous flux (Luminaire): 11833 lm  
Luminous flux (Lamps): 11833 lm  
Luminaire Wattage: 105.0 W  
Luminaire classification according to CIE: 100  
CIE flux code: 46 80 97 100 100  
Fitting: 1 x LED 4000K 80CRI G2 (Correction Factor 1.000).



Operator  
Telephone  
Fax  
e-Mail

### Room 1 / Luminaires (layout plan)



Scale 1 : 172

#### Luminaire Parts List

No.	Pieces	Designation
1	24	ELBA 0141 IEV-08 24 LED/350 4000K 70CRI 11844LM

Operator  
 Telephone  
 Fax  
 e-Mail

## Room 1 / Photometric Results

Total Luminous Flux: 283992 lm  
 Total Load: 2520.0 W  
 Light loss factor: 0.67  
 Boundary Zone: 0.000 m

Surface	Average illuminances [lx]			Reflection factor [%]	Average luminance [cd/m <sup>2</sup> ]
	direct	indirect	total		
Workplane	221	79	300	/	/
Floor	210	79	289	20	18
Ceiling	0.15	80	81	80	21
Wall 1	149	79	228	50	36
Wall 2	160	78	238	50	38
Wall 3	142	77	220	50	35
Wall 4	155	79	234	50	37

Uniformity on the working plane  
 $u_0: 0.846 (1:1)$   
 $E_{\min} / E_{\max}: 0.776 (1:1)$

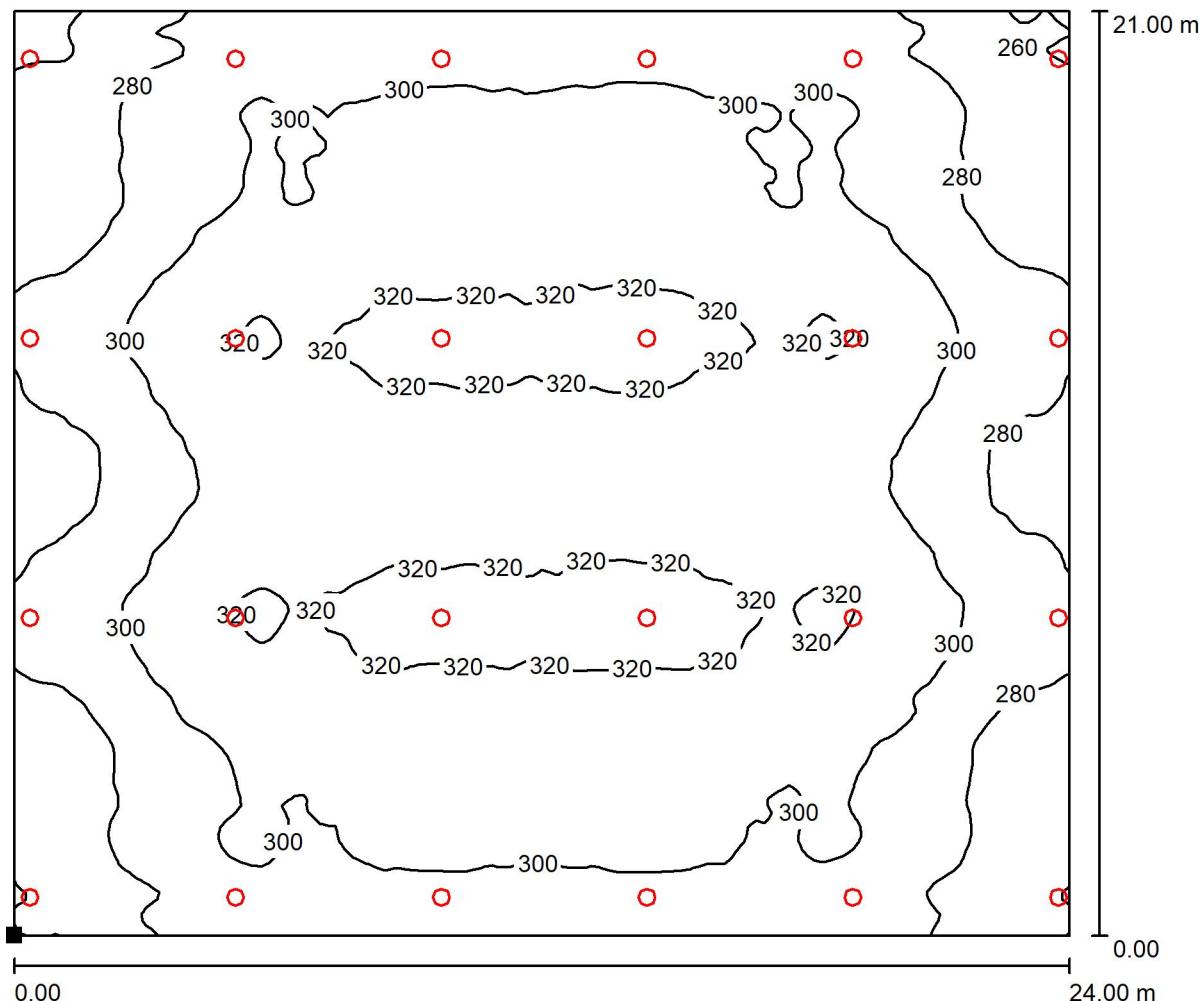
<b>UGR</b>	Lengthways-	Across	to luminaire axis
Left Wall	28	28	
Lower Wall	28	28	
(CIE, SHR = 0.25.)			

Illuminance Quotient (according to LG7): Walls / Working Plane: 0.807, Ceiling / Working Plane: 0.269.

Specific connected load: 5.00 W/m<sup>2</sup> = 1.67 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Ground area: 504.00 m<sup>2</sup>)

Operator  
Telephone  
Fax  
e-Mail

### Room 1 / Workplane / Isolines (E)

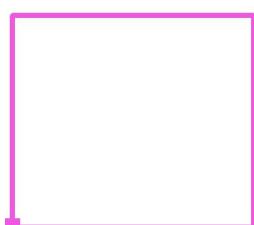


Position of surface in room:

Marked point:

(0.000 m, 0.000 m, 0.760 m)

Values in Lux, Scale 1 : 172



Grid: 128 x 128 Points

$E_{av}$  [lx]  
300

$E_{min}$  [lx]  
253

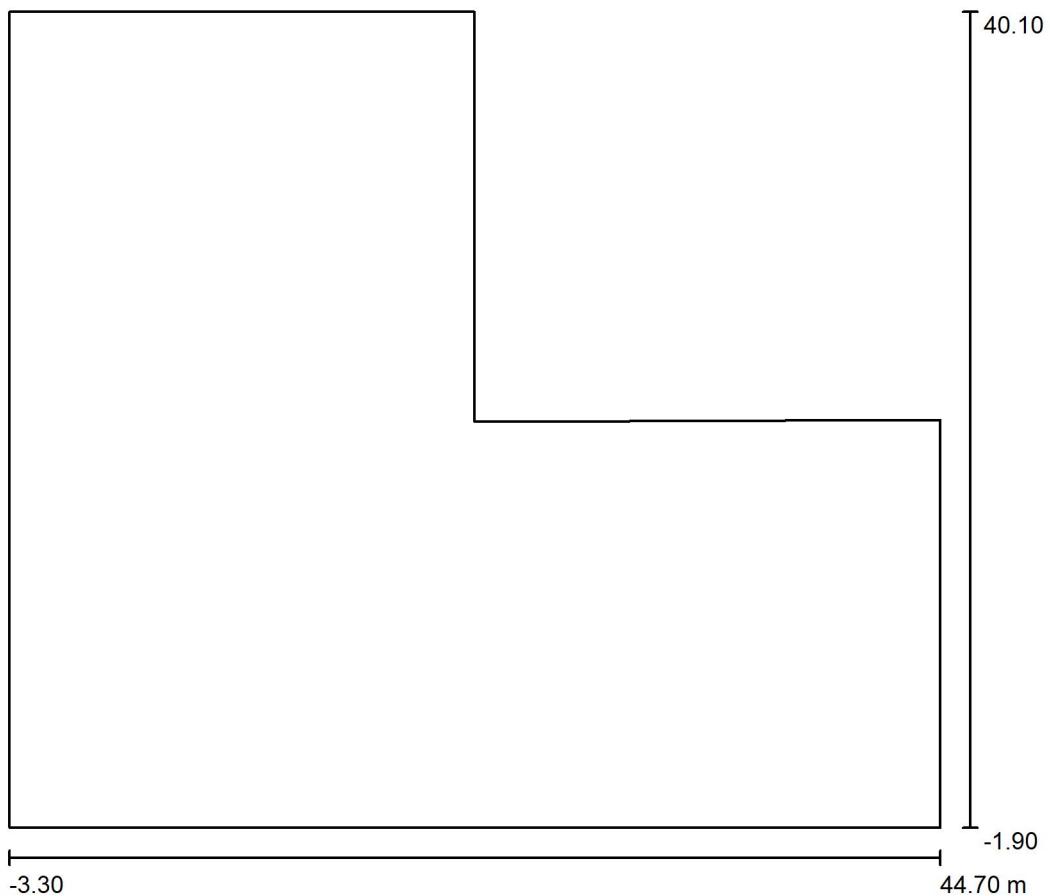
$E_{max}$  [lx]  
326

$u_0$   
0.846

$E_{min} / E_{max}$   
0.776



Operator  
Telephone  
Fax  
e-Mail

**Exterior Scene 1 / Planning data**

Light loss factor: 0.80, ULR (Upward Light Ratio): 0.5%

Scale 1:390

**Luminaire Parts List**

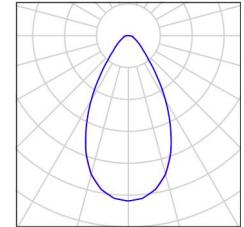
No.	Pieces	Designation (Correction Factor)	$\Phi$ (Luminaire) [lm]	$\Phi$ (Lamps) [lm]	P [W]
1	1	ELBA 0723 POWER-FLEX-03 12 LED/250 840 60 5591LM (1.000)	5564	5564	39.3
			Total: 5564	Total: 5564	39.3



Operator  
Telephone  
Fax  
e-Mail

## Exterior Scene 1 / Luminaire parts list

1 Pieces ELBA 0723 POWER-FLEX-03 12 LED/250 840  
60 5591LM  
Article No.: 0723  
Luminous flux (Luminaire): 5564 lm  
Luminous flux (Lamps): 5564 lm  
Luminaire Wattage: 39.3 W  
Luminaire classification according to CIE: 100  
CIE flux code: 79 92 97 100 100  
Fitting: 1 x LED 4000K 80CRI (Correction Factor  
1.000).

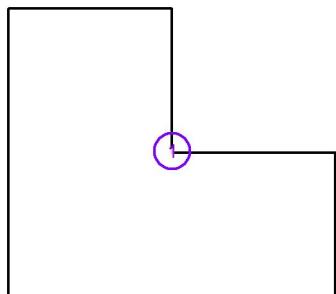




Operator  
Telephone  
Fax  
e-Mail

## Exterior Scene 1 / Luminaires (coordinates list)

**ELBA 0723 POWER-FLEX-03 12 LED/250 840 60 5591LM**  
5564 lm, 39.3 W, 1 x 1 x LED 4000K 80CRI (Correction Factor 1.000).



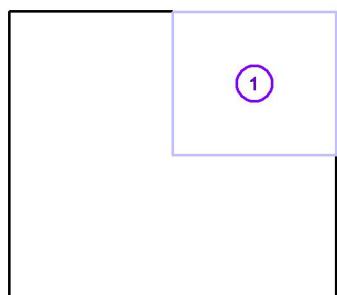
No.	X	Position [m]			Rotation [°]		
		Y	Z	X	Y	Z	
1	20.800	19.300	3.785	0.0	0.0	90.0	



Operator  
Telephone  
Fax  
e-Mail

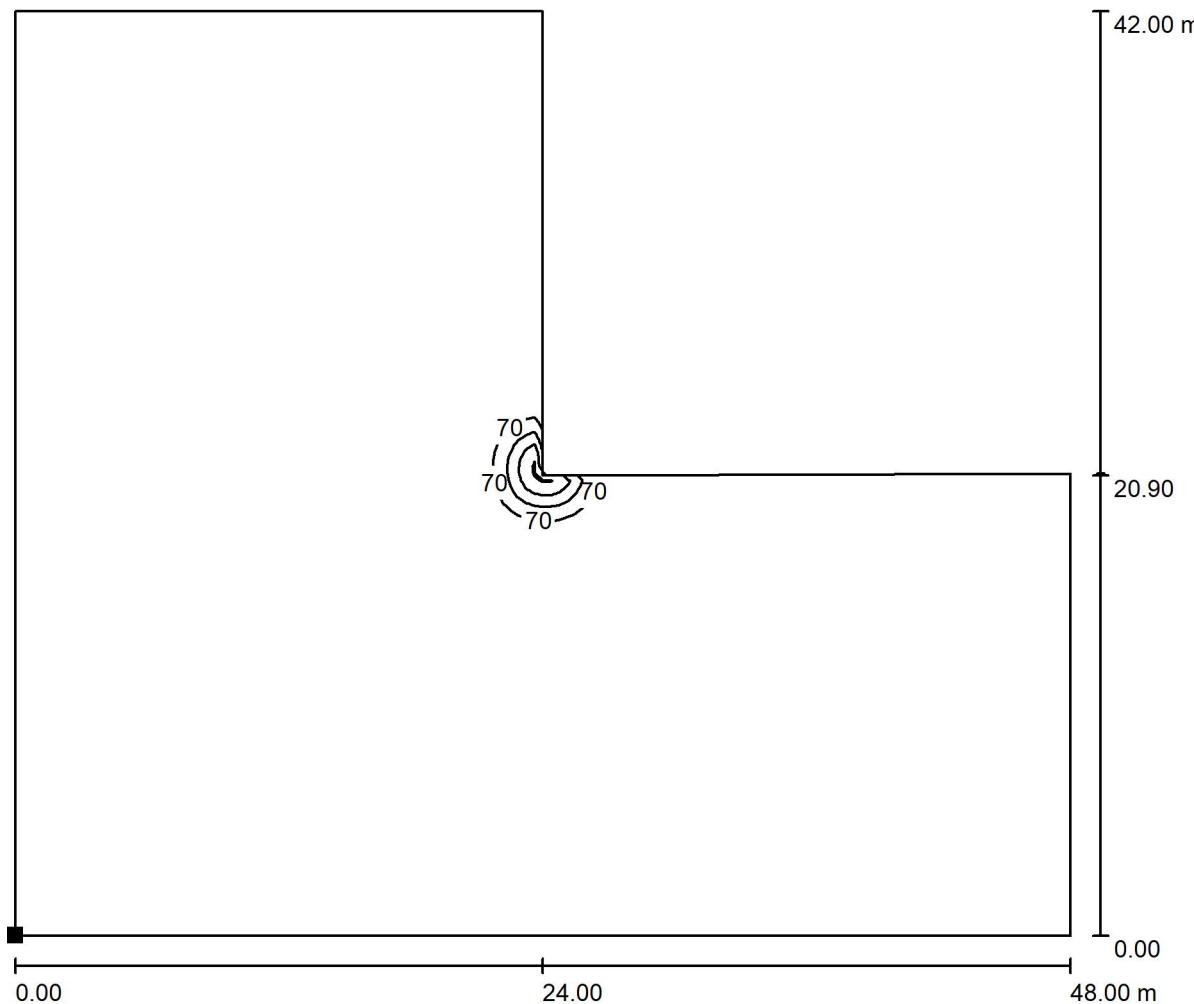
## Exterior Scene 1 / Objects (coordinates lists)

**closed**



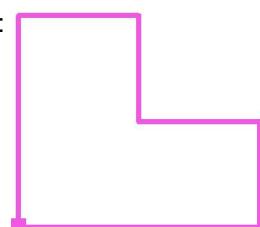
No.	Position [m]			Size [m]			Rotation [°]		
	X	Y	Z	L	W	H	X	Y	Z
1	20.700	19.000	0.000	24.000	21.000	6.200	0.0	0.0	0.0

Operator  
Telephone  
Fax  
e-Mail

**Exterior Scene 1 / Ground Element 1 / Surface 1 / Isolines (E)**

Position of surface in external scene:  
Marked point:  
(-3.300 m, -1.900 m, 0.000 m)

Values in Lux, Scale 1 : 344



Grid: 128 x 128 Points

$E_{av}$  [lx]  
2.20

$E_{min}$  [lx]  
0.01

$E_{max}$  [lx]  
308

$u_0$   
0.006

$E_{min} / E_{max}$   
0.000