

## **BREVIAR DE CALCUL INSTALATII ELECTRICE**

## CUPRINS

1. GENERALITATI .....	3
2. CALCULUL PENTRU INSTALATIILE DE JOASA TENSIUNE - 400/230VC.C. ....	3
2.1. Puterea de calcul - puterea electrica absorbita .....	3
2.2. Curentul de calcul .....	4
2.3. Tabele centralizatoare .....	6
2.4. Alegerea sectiunii cablurilor/conductoarelor electrice .....	7
2.5. Stabilitatea termica in regim normal de functionare .....	7
2.6. Rezistenta mecanica in conditii de functionare normale .....	7
2.7. Stabilitatea termica in conditii de scurtcircuit - Protectia la suprasarcina si scurtcircuit ..	7
2.8. Stabilitatea termica in regim de pornire .....	8
2.9. Pierderi de tensiune in limitele admise .....	8
3. CALCULUL ILUMINATULUI ELECTRIC .....	12

## 1. GENERALITATI

Breviarul de calcul pentru instalatiile electrice cuprinde:

- consumurile energetice pentru intreaga cladire;
- dimensionarea, calculul protectiilor si verificarea instalatiei electrice;
- instalatia de protectie impotriva trasnetului.

Calcululele au fost realizate in conformitate cu normativele :

- PE 124/95 - Normativ pentru stabilirea solutiilor de alimentare cu energie electrica a consumatorilor industriali si similari ;
- I 7/2011 - Normativ privind proiectarea si executarea instalatiilor electrice cu tensiuni pana la 1000Vc.a. si 1500Vc.c. ;

Breviarul prezinta :

- algoritmi de calcul bazati pe formulele din normativele prezentate mai sus;
- explicarea marimilor implicate - notatii;
- exemple de aplicare a algoritmilor de calcul pentru cazuri specifice proiectului;
- tabele de date centralizatoare cu rezultatele obtinute;

## 2. CALCULUL PENTRU INSTALATIILE DE JOASA TENSIUNE - 400/230VC.C.

Dimensionarea instalatiilor electrice de joasa tensiune presupune:

- ☒ determinarea puterilor (instalate/absorbite si de calcul);
- ☒ determinarea curentului de calcul al circuitelor si coloanelor electrice, curent ce sta la baza intregului calcul;
- ☒ alegerea sectiunii cablurilor/conductoarelor electrice pentru conditiile concrete de utilizare (regim permanent/intermitent) si de montare (in tuburi de protectie, aparent sau ingropat);
- ☒ verificarea sectiunii alese la pierderea de tensiune in functionare si in regim de scurta durata (pornirea motoarelor);
- ☒ alegerea caracteristicilor aparatelor de actionare, de protectie si de masura;
- ☒ stabilirea traseelor circuitelor electrice;
- ☒ organizarea si dimensionarea tablourilor electrice.

### 2.1. Puterea de calcul - puterea electrica absorbita

$$P_c = P_a = C_c \cdot P_i$$

$$C_c = C_i \cdot C_s$$

$$P_i = \sum P_n$$

$P_c$  - puterea de calcul [W]

$P_a$  - puterea absorbita [W]

$P_i$  - puterea instalata [W]

$P_n$  - puterea nominala [W]

$C_c$  - coeficient de cerere [-]

$C_i$  - coeficient de incarcare [-]

$C_s$  - coeficient de simultaneitate [-]

Cele doua racordurile electrice de JT din posturile de transformare ale furnizorului (aflate la parterul cladirii) vor fi redimensionate conform urmatoarelor date de calcul estimate:

- putere activa totala instalata **Pi =94kW**
- putere maxima simultan absorbita **Psma =78kW**
- tensiune nominala **Un=400V**

## 2.2. Curentul de calcul

### *Circuite monofazate pentru receptoare de iluminat si prize*

$$I_c = \frac{P_i}{U_f \cdot \cos \varphi}$$

$I_c$  - curentul de calcul [A]

$U_f$  - tensiunea de faza [V]

$\cos \varphi$  - factorul de putere al receptoarelor [-]

### *Circuite monofazate pentru receptoare de forta*

$$I_c = \frac{P_i}{U_f \cdot \cos \varphi \cdot \eta}$$

$\eta$  - randamentul receptorului

### *Circuite trifazate pentru receptoare de iluminat si prize*

$$I_c = \frac{P_i}{\sqrt{3} \cdot U_f \cdot \cos \varphi}$$

### *Circuite trifazate pentru receptoare de forta*

$$I_c = \frac{P_i}{\sqrt{3} \cdot U_f \cdot \cos \varphi \cdot \eta}$$

### *Coloane monofazate pentru tablouri de iluminat si prize*

$$I_c = \frac{P_c}{U_f \cdot \cos \varphi} = \frac{C_c \cdot P_i}{U_f \cdot \cos \varphi} = \frac{C_i \cdot C_s \cdot P_i}{U_f \cdot \cos \varphi}$$

### *Coloane trifazate pentru tablouri de iluminat si prize*

$$I_c = \sqrt{I_{ca}^2 + I_{cr}^2}$$

$$I_{ca} = \frac{P_c}{\sqrt{3} \cdot U_f} = \frac{C_c \cdot P_i}{\sqrt{3} \cdot U_f} = \frac{C_i \cdot C_s \cdot P_i}{\sqrt{3} \cdot U_f}$$

$$I_{cr} = I_{ca} \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

$I_{ca}, I_{cr}$  - componentele activa si reactiva ale curentului de calcul

### **Coloane trifazate pentru tablouri de forta**

$$I_c = \sqrt{I_{ca}^2 + I_{cr}^2}$$

$$I_{ca} = \sum_{k=1}^N I_{cak}$$

$$I_{cr} = \sum_{k=1}^N I_{crk}$$

$$I_{cak} = \frac{P_{ck}}{\sqrt{3} \cdot U_f} = \frac{C_{ck} \cdot P_{ik}}{\sqrt{3} \cdot U_f} = \frac{C_{ik} \cdot C_{sk} \cdot P_{ik}}{\sqrt{3} \cdot U_f}$$

$$I_{crk} = I_{cak} \cdot \operatorname{tg} \varphi_k$$

$N$  - numarul de receptoare (circuite)

### **Coloane trifazate pentru tablourile de distributie**

$$I_c = \sqrt{I_{ca}^2 + I_{cr}^2}$$

$$I_{ca} = \sum_{j=1}^M I_{caj}$$

$$I_{cr} = \sum_{j=1}^M I_{crj}$$

$$I_{cj} = \sqrt{I_{caj}^2 + I_{crj}^2}$$

$$I_{caj} = \sum_{k=1}^N I_{cak}$$

$$I_{crj} = \sum_{k=1}^N I_{crk}$$

$$I_{cak} = \frac{P_{ck}}{\sqrt{3} \cdot U_f} = \frac{C_{ck} \cdot P_{ik}}{\sqrt{3} \cdot U_f} = \frac{C_{ik} \cdot C_{sk} \cdot P_{ik}}{\sqrt{3} \cdot U_f}$$

$$I_{crk} = I_{cak} \cdot \operatorname{tg} \varphi_k$$

$I_c, I_{ca}, I_{cr}$  - curentul de calcul pentru coloana tabloului general de distributie (componentele activa si reactiva)

$M(j)$  - numărul coloanelor de alimentare a tablourilor de distribuție (plecarile din tabloul general de distribuție)

$I_{cj}, I_{caj}, I_{crj}$  - curentul de calcul pentru coloana tabloului de distribuție numărul  $j$  (componentele activă și reactivă)

$N(k)$  - numărul de receptoare (circuite - plecarile din tabloul de distribuție numărul  $k$ )

$I_{ck}, I_{cak}, I_{crk}$  - curentul de calcul pentru circuitul de plecare din tabloul de distribuție numărul  $k$  (componentele activă și reactivă)

Formule aplicate:

$$Pf = Kc \cdot Pi$$

$$Qf = Pf \cdot \operatorname{tg} FI$$

$$Sf = \sqrt{Pf^2 + Qf^2}$$

$$Pft = \sum_k Pf_k$$

$$Qft = \sum_k Qf_k$$

$$Sft = \sqrt{Pft^2 + Qft^2}$$

Notatii:

Pi	[kW]	- puterea activă instalată a tabloului electric
Kc	[-]	- coeficientul de cerere
Pf	[kW]	- puterea activă în funcțiune (utilă)
cosFI	[-]	- factorul de putere
Qf	[kVAr]	- puterea reactivă în funcțiune (utilă)
Sf	[kVA]	- puterea aparentă în funcțiune (utilă)

### 2.3. Tabele centralizatoare

RECAPITULATIE - TABLOU ELECTRIC HALA TEH				
Circuit	Destinație	Pi [kW]	Pabs[kW]	Ic [A]
1	Alimentare TCS - tablou hala sablare	27	27.00	51.34
2	Alimentare TCS - tablou hala sablare	20	20.00	38.03
3	Alimentare compresor	40	40.00	76.06
4	Rezerva	0	0.00	0.00
5	Circuit iluminat siguranță	0.02	0.02	0.10
6	Circuit iluminat CL1	0.5	0.5	2.41
7	Circuit iluminat CL2	1.5	1.5	7.23
8	Circuit iluminat CL3	1	1	4.82
9	Circuit prize	2	2	9.64
10	Circuit prize	2	2	9.64
11	Rezerva	0	0.00	0.00
12	Rezerva	0	0.00	0.00

	Puterea instalata tablou	94.02	kW	
	Puterea absorbita	87.00	kW	
	Puterea absorbita simultan	78.30	kW	
	Curentul de calcul	132.34	A	

## 2.4. Alegerea sectiunii cablurilor/conductoarelor electrice

Sectiunea de faza a cablurilor/conductoarelor electrice pentru circuite si coloane s-a stabilit ca fiind sectiunea minima care indeplineste urmatoarele conditii:

- ☒ stabilitate termica in regim normal de functionare;
- ☒ rezistenta mecanica in conditii de functionare normale;
- ☒ protectie la suprasarcina si scurtcircuit;
- ☒ stabilitate termica in regim de pornire a receptoarelor;
- ☒ pierderi de tensiune in limitele admise;
- ☒ stabilitatea termica in conditii de scurtcircuit.

Sectiunea conductorului neutru (N) este egala cu sectiunea conductorului de faza pentru circuitele monofazate si trifazate la care sectiunea conductorului de faza este cel mult egala cu 16mm<sup>2</sup> Cu. Sectiunea conductorului neutru (N) este inferioara cu o treapta fata de sectiunea conductorului de faza pentru circuitele monofazate si trifazate la care sectiunea conductorului de faza este mai mare de 16mm<sup>2</sup> Cu sau 25mm<sup>2</sup> Al.

Sectiunea conductorului de protectie (PE) este:

- egala cu sectiunea conductorului de faza pentru circuitele la care sectiunea conductorului de faza este cel mult egala cu 16mm<sup>2</sup> ;
- 16mm<sup>2</sup> pentru circuitele la care sectiunea conductorului de faza este intre 16mm<sup>2</sup> si 35mm<sup>2</sup> inclusiv;
- egala cu jumatate din sectiunea conductorului de faza pentru circuitele la care sectiunea conductorului de faza este mai mare de 35mm<sup>2</sup> ;

## 2.5. Stabilitatea termica in regim normal de functionare

- regim permanent:  $I_{adm} \geq I_c$  ;
- regim intermitent:  $I_{adm} \geq a \cdot I_c$  .

$I_{adm}$  - curentul maxim admisibil [A]

$a$  - coeficient de supraincarcare admis in regim intermitent

## 2.6. Rezistenta mecanica in conditii de functionare normale

Conditiiile de rezistenta mecanica sunt indeplinite daca sectiunea aleasa este cel putin egala cu sectiunea minima admisa - conform Anexa 6 - I7/2002.

## 2.7. Stabilitatea termica in conditii de scurtcircuit - Protectia la suprasarcina si scurtcircuit

Conditiiile de protectie la suprasarcina:

$$I_c \leq I_n \leq I_{adm}$$

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_{adm}$$

$I_n$  - curentul nominal al dispozitivului de protectie [A]

$I_2$  - curentul conventional - curentul care asigura efectiv declansarea dispozitivelor de protectie ( $I_{declansare}$ ) [A]

Pentru disjunctoare, conditia  $I_n \leq I_{adm}$  este mai severa decat  $I_2 \leq 1,45 \cdot I_{adm}$

Conditii de protectie impotriva curentilor de scurtcircuit:

$$I_{rupere} \geq I_{scc}$$

$$t_{rupere} < t$$

$$t = \frac{(k \cdot s)^2}{I_{scc}^2}$$

$I_{rupere}$  - curentul de rupere al dispozitivului de protectie [A]

$I_{scc}$  - cel mai mare curent de scurtcircuit [A]

$t_{rupere}$  - timpul de rupere al curentului de scurtcircuit [s]

$t$  - timpul in care curentul de scurtcircuit incalzeste conductorul pana la limita admisa la scurtcircuit [s]

$s$  - sectiunea conductorului [mm<sup>2</sup>]

$k$  - constanta avand valorile

- 115 - Cu-PVC;
- 135 - Cu-cauciuc;
- 143 - Cu-XLPE, PE;
- 74 - Al-PVC;

## 2.8. Stabilitatea termica in regim de pornire

Valorile densitatii de curent la pornire trebuie sa fie maxim:

- 35A/mm<sup>2</sup> pentru cablurile din cupru;
- 20A/mm<sup>2</sup> pentru cablurile din aluminiu.

Pentru circuite:  $j_p = \frac{I_p}{s} \leq j_{adm}$

Pentru coloane:  $j_p = \frac{I_{max.col}}{s} \leq j_{adm}$  unde  $I_{max.col} = I_{pmax} + \sum_{k=1}^N I_{ck}$

## 2.9. Pierderi de tensiune in limitele admise

In regim normal de functionare, valorile caderilor de tensiune sunt:

$$\Delta U \% = 100 \frac{\Delta U}{U_n}$$

*Ipoteze de calcul pentru caderile de tensiune:*

1. Sarcina distribuita uniform se considera concentrata la 2/3 din lungimea cablului;
2. Sarcina concentrata se amplaseaza in punctul cel mai defavorabil al retelei (la capat);

*Metodologie de calcul:*

Caderea de tensiune fata de barele tabloului:

$$\Delta U = \frac{100}{\gamma} \cdot \frac{1}{U^2} \cdot \frac{P_i \cdot l}{S} \leq 10\%$$



$$\Delta U_p = \frac{100}{\gamma} \cdot \frac{1}{U^2} \cdot \frac{P_p \cdot l}{S} \leq 12\%$$

unde :

$P_i$  - puterea instalata ;

$l$  - lungimea simpla a circuitului, în m ;

$\gamma$  - conductivitatea materialului conductor (34 - Al, 57 - Cu), în Sm/mm<sup>2</sup> ;

$S$  - sectiunea conductorului (mm<sup>2</sup>).

Pentru pentru simplificarea realizarii calculelor in ipotezele impuse anterior s-a utilizat caderile de tensiune specifice (in mV/Am), conform tabelelor urmatoare (pentru circuite trifazate si monofazate).

Cond. size mm <sup>2</sup>	Unenclosed Spaced		Touching		Enclosed Conduit in air – round cable	In conduit or unenclosed partially surrounded by thermal insulation				Completely surrounded by thermal insulation				Buried direct	U/ground ducts		Three phase voltage drop mV/A.m
						Conduit in air – flat cable											
	Cu	Al	Cu	Al		Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al				
1	13		12	10		12		10		6		19		15		44.7	
1.5	16		15	13		15		12		8		24		19		28.6	
2.5	23		22	18		20		17		11		34		26		15.6	
4	31		29	24		26		22		15		44		34		9.71	
6	40		37	31		34		29		19		55		43		6.49	
10	54		51	42		46		39		25		74		57		3.86	
16	72	56	68	53	43	60	46	52	40	34	26	96	75	74	58	4.04	
25	97	75	91	71	60	83	63	72	56	46	35	125	97	96	75	2.54	
35	120	93	110	87	70	92	70	84	65	56	43	150	115	115	91	1.84	
50	145	115	135	105	84	110	84	100	79	–	–	180	140	140	110	1.36	
70	185	145	170	135	105	–	–	125	99	–	–	220	170	175	135	0.948	
95	230	180	215	165	125	–	–	150	120	–	–	265	205	210	165	0.691	
120	265	205	245	195	150	–	–	175	140	–	–	300	235	240	190	0.552	
150	305	235	280	220	170	–	–	200	160	–	–	335	265	270	210	0.457	
185	350	275	325	255	195	–	–	230	180	–	–	380	300	310	245	0.373	
240	410	325	385	305	230	–	–	270	215	–	–	440	345	370	290	0.297	
300	470	375	440	345	–	–	–	–	–	–	–	495	390	415	325	0.251	
400	540	440	500	405	–	–	–	–	–	–	–	560	450	480	385	0.212	
500	620	500	570	460	–	–	–	–	–	–	–	620	500	540	435	0.186	

Cond. size mm <sup>2</sup>	Unenclosed Spaced			Touching			Enclosed Conduit in air – round cable			In conduit or unenclosed partially surrounded by thermal insulation			Completely surrounded by thermal insulation			Buried direct			U/ground ducts			Single phase voltage drop mV/A.m		
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
1	15		14		11		13		10		7		22		17		51.6							
1.5	19		18		14		17		13		9		28		22		33.0							
2.5	27		26		20		22		18		13		40		31		18.0							
4	37		34		26		29		24		17		52		40		11.2							
6	46		44		34		37		31		22		65		51		7.50							
10	64		60		47		50		42		30		87		68		4.46							
16	85	66	80	62	63	48	66	50	57	44	40	31	115	88	88	68	2.81	4.66						
25	115	88	105	83	88	67	89	67	79	62	53	41	145	115	115	89	1.78	2.93						
35	140	110	130	100	105	78	105	78	92	72	65	51	180	140	140	110	1.28	2.13						
50	170	130	160	125	125	94	125	94	110	87	–	–	210	165	165	130	0.957	1.57						
70	215	165	200	155	155	120	–	–	140	110	–	–	260	200	205	160	0.673	1.10						
95	265	205	250	190	190	145	–	–	165	130	–	–	310	240	250	195	0.498	0.798						
120	305	240	290	225	225	170	–	–	195	155	–	–	355	275	290	225	0.405	0.638						
150	350	270	330	255	255	190	–	–	220	175	–	–	400	310	325	250	0.342	0.528						
185	405	315	375	295	295	220	–	–	255	200	–	–	450	350	370	290	0.290	0.431						
240	475	375	445	350	345	260	–	–	300	240	–	–	520	405	430	335	0.243	0.343						
300	550	430	510	400	400	300	–	–	345	275	–	–	590	460	495	390	0.215	0.290						
400	630	500	590	465	465	350	–	–	405	320	–	–	660	530	560	445	0.194	0.245						
500	720	580	670	540	540	405	–	–	465	370	–	–	740	600	650	520	0.180	0.215						

### 3. CALCULUL ILUMINATULUI ELECTRIC

S-a realizat cu metoda factorului de utilizare, prin aplicarea programelor de calcul dedicate.

Formule de calcul:

$$N_{cil} = \frac{E_{med} \cdot (a \cdot b)}{M_f \cdot F_u \cdot \Phi}$$

$$i = \frac{a \cdot b}{h_u \cdot (a + b)}$$

$E_{med}$  - iluminarea medie recomandata in functie de activitatea din incapere;

$M_f$  - factorul de mentinere al corpului de iluminat;

$\Phi$  - fluxul total al surselor de lumina cu care este echipat un corp de iluminat;

$F_u$  - factorul de utilizare citit din tabele, in functie de indicele incaperii -  $i$  si de factorii de reflexie;

$i$  - indicele incaperii;

$h_u$  - distanta de la corpul de iluminat la planul util.

Rezultatele obtinute dupa efectuarea calculelor, prin aplicarea programului, au dus la stabilirea solutiilor pentru iluminatul interior al cladirilor, in functie de destinatia fiecareia dintre acestea.

Calculul a fost verificat cu metoda prezentata in continuare.

#### Metoda puterii specifice

Formule:

$$p_{sp} \left[ \frac{W}{m^2} \right] = \frac{E_{med} [lx]}{10} \quad (1)$$

$$P_{il} [W] = p_{sp} \left[ \frac{W}{m^2} \right] \times S [m^2] \quad (2)$$

$$P_{abs} [W] \cong 0.8 \cdot P_{il} [W] \quad (3)$$

$$N_{cil} [buc.] \cong \frac{P_{abs} [W]}{P_l [W]} // \frac{P_{il} [W]}{P_l [W]} \quad (4)$$

$$P_l = 100W - de\_exemplu \quad (5)$$

$$P [W] = N_{cil} [buc.] \times P_l [W] \quad (6)$$

#### Notații:

- $p_{sp} [W/m^2]$  - puterea specifică;
- $E_{med} [lx]$  - iluminarea medie;
- $S [m^2]$  - suprafața încăperii;
- $P_{abs} [W]$  - puterea absorbită;
- $N_{cil} [buc.]$  - numărul de corpuri de iluminat;
- $P_l [W]$  - puterea lămpii;
- $P [W]$  - putere totală instalată;

Rezultatele obtinute dupa efectuarea calculelor, prin aplicarea formulelor de mai sus, au confirmat solutiile adoptate pentru iluminat.

In anexele de la prezentul proiect sunt prezentate calcule si prelucrari 3d ale sistemului de iluminat verificate utilizand programul Dialux 4.1.

**Ing. Liviu Popa**