

# **OBLICZENIA**



# OBLICZENIA PRĄDÓW ZIEMNOZWARCIOWYCH I REZYSTANCJI UZIEMIEN

## CZĘŚĆ A

## UKŁAD SIECI oraz EAZ dla zwarć doziemnych w punkcie zasilania / GPZ

**Nowa Wieś Wielka L-434-13**

### 1. EAZ w punkcie zasilającym: [1]

1.1	Praca punktu neutralnego sieci:	Sieć skompensowana
1.2	Zastosowanie automatyki ASWC:	Zainstalowane AWSC
1.3	Zastosowanie dekompensacji:	Brak dekompensacji
1.4	Zabezpieczenie ziemnozwarciowe:	Zainstalowane
1.5	Typ zastosowanego dławika:	Dławik z płynną regulacją

### 2. Nastawy czasowe EAZ: [1]

2.1	Czas własny zadziałania zabezpieczenia:	$t_W =$	0,1	[s]
2.2	Czas opóźnienia zadziałania zabezpieczenia:	$t_{OZ} =$	1,0	[s]
2.3	Czas do załączenia AWSC:	$t_{ZAWSC} =$	0,1	[s]
2.4	Czas do wyłączenia cewki kompensującej:	$t_{ZCEWKI} =$		[s]

Uwagi:

### 3. Samoczynne Przywrócenie Zasilania (SPZ): [1]

3.1	Czas trwania pierwszej przerwy beznapięciowej:	$t_{p1} =$	3,0	[s]
3.2	Czas trwania drugiej przerwy beznapięciowej:	$t_{p2} =$	8,0	[s]
3.4	Przyjęta krotność SPZ:	$k_{SPZ} =$	1	[-]

2-krotny SPZ

(tylko załączenia o łącznym czasie przerw < 3s)

### 4. Charakterystyka elektryczna sieci: [1]

4.1	Napięcie nominalne rozpatrywanej sieci:	$U_N =$	21	[kV]
4.2	Prąd pojemnościowy linii:	$I'_C =$	300	[A]
4.3	Procentowy współczynnik rozstrojenia kompensacji:	$w_r =$	10	[%]
4.4	Prąd kompensacyjny resztkowy:	$I_{RES} =$	30	[A] ( $I_C \cdot w_r$ )
4.5	Prąd wymuszany przez rezystor przy napięciu $U_R$ :	$I_{R-UR} =$	500	[A]
4.6	Napięcie na rezystorze:	$U_R =$	0,5	[kV]

### 5. Wpływ inwestycji na parametry sieci:

5.1	Obliczona zmiana wartości prądu pojemnościowego:	$\Delta I_C =$		[A]
-----	--	----------------	--	-----

## WYNIKI OBLICZEŃ

### 6. Wartości obliczone:

6.1	Prąd wymuszany przez rezystor przy napięciu $U_N$ : $I_r = I_{R-UR} \cdot \sqrt{(3) \cdot U_R / U_N}$	$I_r =$	20,6	[A]
6.2	Rezystancja rezystora w przeliczeniu na stronę $U_{N-SN}$ : $U_{Re} = 1000 \cdot (U_R / I_{R-UR}) \cdot [(U_N / (\sqrt{(3) \cdot U_R})]^2$	$R_{Re} =$	588	[Ω]
6.3	Obliczony prąd pojemnościowy rozpatrywanej sieci stacji: $I_C = \Delta I_C + I'_C$	$I_C =$	300	[A]
6.4	Obliczony prąd zwarcia doziemnego na szynach SN stacji: $I''_{K1} = \sqrt{(I_r^2 + I_{res}^2)}$	$I''_{K1} =$	36,4	[A]
6.5	Obliczony czas łączny doziemienia: $t_f = (t_W + t_{OZ}) \cdot (1 + k_{SPZ}) + t_{ZAWSC} + t_{ZCEWKI}$	$t_f =$	2,3	[s]

Metoda obliczeń wg normy PN-EN 50522:2011 oraz normy PN-EN 60909. Obliczenia zgodne z zarządzeniem TAURON Dystrybucja S.A. nr 73/2013.

[1] - wg danych operatora sieci;

ROZPATRYWANY OBIEKT:

Nowa Wieś Wielka L-434-13

RODZAJ UZIEMIENIA:

Słup SN

nr:

6 /L-434-14

Uziemienie wspólne ochronne i odgromowe

## DANE DO OBLICZEŃ

## 1. Obwód zwarcia

- 1.1 Typ i najmniejszy przekrój żyły powrotnej w rozpatrywanym obwodzie:  
 1.2 Przyjęty współczynnik redukcji:<sup>[2]</sup>  
 1.3 Przyjęta rezystancja linii zasilającej zwarcie:  
 1.4 Przyjmowany prąd zwarcia doziemnego w miejscu zwarcia:  
 1.5 Ustalony czas doziemienia ( $t_f \leq t_0$ )  
 1.6 Prąd rażeniowy (dla prawdopodob. fibrylacji komór serca 5%),  $I_B(t_f)$ :<sup>[4]</sup>

Brak żyły powrotnej lub linia mieszana napow.-kablowa

 $r_e = 1,0$  [-] $R_L = 9,025$  [ $\Omega$ ] $I''_{K1} = 36,4$  [A] (na podst.  $R_L$  i obl. CZĘŚĆ A) $t_f = 3$  [s] (na podstawie obl. CZĘŚĆ A) $I_B = 51$  [mA]

## 2. Dane stanowiska i gruntu:

- 2.1 Obuwie osoby rażonej (rezystancja jednego buta):<sup>[2]</sup>  
 2.2 Rodzaj izolacji stanowiska:  
 2.3 Rodzaj gruntu w miejscu rażenia:  
 2.4 Minimalna roczna rezystywność gruntu (pomiar):  
 2.5 Przyjęta do obliczeń rezystywność gruntu:

Zniszczone mokre obuwie  $R_{a1} = 2000$  [ $\Omega$ ]Brak izolacji  $\rho_s = 0$  [ $\Omega \cdot m$ ]Ziemia orna  $\rho_{G-śred} = 100$  [ $\Omega \cdot m$ ] $\rho_{G-pomiar} = 330$  [ $\Omega \cdot m$ ]<sup>(1)</sup> $\rho_G = 330$  [ $\Omega \cdot m$ ]<sup>(1)</sup>

## OBLICZENIA POŚREDNIE

## 3. Droga rażenia:

- 3.1 Impedancja ciała człowieka (stopa-stopa, ręka-stopy),  $Z_B(U_T)$ :<sup>[4]</sup>  
 3.2 Wypadkowa rezystancja obuwia na przedstawionej drodze rażenia:  
 3.3 Wypadkowa rezystancja stanowiska:  
 3.4 Największe dopuszczalne napięcie dotykowe spodziewane:<sup>[2]</sup>

ręka-dwie stopy

stopa-stopa

 $Z_{B-rss} = 1418$  [ $\Omega$ ] $Z_{B-ss} = 1890$  [ $\Omega$ ] $R_{a1-rss} = 1000$  [ $\Omega$ ] $R_{a1-ss} = 4000$  [ $\Omega$ ] $R_{ag-rss} = 495$  [ $\Omega$ ] $R_{ag-ss} = 1980$  [ $\Omega$ ] $U_{STP-rss} = 159$  [V] $U_{STP-ss} = 388$  [V]

## 4. Wartości przyjęte do dalszych obliczeń:

- 4.1 Największe dopuszczalne napięcie dotykowe rażeniowe:<sup>[2]</sup>  
 4.2 Największe dopuszczalne napięcie dotykowe spodziewane ( $U_D$ ):<sup>[2]</sup>  
 4.3 Prąd uziomowy:  
 4.4 Napięcie uziomowe:

 $U_{Tp} = 83$  [V] $U_{STP} = 159$  [V] $I_E = 36,4$  [A] $U_E = 318,49$  [V]

## WYNIKI OBLICZEŃ

Wartość rezystancji uziemienia ze względu na zagrożenie porażeniem:

 $Z_{Ep} = 8,7$  [ $\Omega$ ]

Wartość rezystancji uziemienia ze względu na ochronę odgromową

 $Z_{Eo} = 10$  [ $\Omega$ ]

Zastosowane środki ochrony dodatkowej (wg normy [2]):

- - - -

Maksymalna rezystancja projektowanego uziemienia:

 $R_E = 8,7$  [ $\Omega$ ]

Metoda obliczeń wg normy PN-EN 50522:2011 oraz normy PN-EN 60909. Obliczenia zgodne z zarządzeniem TAURON Dystrybucja S.A. nr 73/2013.

[2] - wg normy PN-EN 50522:2011 Uziemienie instalacji elektroenergetycznych prądu przemiennego o napięciu wyższym od 1 kV;

[3] - dane typizacyjne i katalogowe; [4] - wg opracowania IEC/TR2 60479-1:2002;

[4] - wg opracowania IEC/TR2 60479-1:2002;



ROZPATRYWANY OBIEKT:

Nowa Wieś Wielka L-434-13, R-434-14

Stacja transformatorowa SN/nN

RODZAJ UZIEMIENIA:

UKŁAD SIECI PO STRONIE nN

, dz. nr: 84/2

Uziemienie wspólne ochronne i odgromowe  
TN

## DANE DO OBLICZEŃ

## 1 Obwód zwarciov

1.1 Typ i najmniejszy przekrój żyły powrotnej w rozpatrywanym obwodzie:

Brak żyły powrotnej lub linia mieszana napow.-kablowa

1.2 Przyjęty współczynnik redukcyjny:<sup>[2]</sup> $r_e = 1,00$  [-]

1.3 Przyjęta rezystancja linii zasilającej zwarcie:

 $R_L = 1,96$  [ $\Omega$ ]

1.4 Przyjmowany prąd zwarcia doziemnego w miejscu zwarcia:

 $I''_{K1} = 36,4$  [A] (na podst.  $R_L$  i obl. CZĘŚĆ A)1.5 Ustalony czas doziemienia ( $t_f \leq t_{f0}$ ) $t_f = 3$  [s] (na podstawie obl. CZĘŚĆ A)1.6 Prąd rażeniowy (dla prawdop. fibrylacji komór serca 5%),  $I_B(t_f)$ :<sup>[4]</sup> $I_B = 51$  [mA]1.7 Napięcie znamionowe sieci nN względem ziemi:<sup>[1]</sup> $U_0 = 230$  [V]2. Uziemienia o  $R \leq 30 \Omega$  tworzące połączony galwanicznie układ uziomowy z uziemieniem stacji:<sup>[5]</sup>2.1  $R1 = 1,9$  [ $\Omega$ ]Projektowane uziemienie w kole o średnicy  $d \leq 200$  [m] kręślonym dookoła stacji.2.2  $R2 = -$  [ $\Omega$ ]2.3  $R3 = -$  [ $\Omega$ ]2.4  $R4 = -$  [ $\Omega$ ]2.5  $R5 = -$  [ $\Omega$ ]2.6  $R6 = -$  [ $\Omega$ ]2.7  $R7 = -$  [ $\Omega$ ]2.8  $R8 = -$  [ $\Omega$ ]

## 3. Dane stanowiska i gruntu:

3.1 Obuwie osoby rażonej (rezystancja jednego buta):<sup>[2]</sup>Zniszczone mokre obuwie  $R_{a1} = 2000$  [ $\Omega$ ]

3.2 Rodzaj izolacji stanowiska

10cm warstwa tłucznia  $\rho_s = 5000$  [ $\Omega \cdot m$ ]

3.3 Rodzaj gruntu w miejscu rażenia

Ziemia orna  $\rho_{G-sred} = 100$  [ $\Omega \cdot m$ ]

3.4 Minimalna roczna rezystywność gruntu (pomiar):

 $\rho_{G-pomiar} =$  [ $\Omega \cdot m$ ]<sup>[1]</sup>

3.5 Przyjęta do obliczeń rezystywność gruntu:

 $\rho_G = 100$  [ $\Omega \cdot m$ ]<sup>[1]</sup>

## OBLICZENIA POŚREDNIE

## 4. Droga rażenia:

4.1 Impedancja ciała człowieka (stopa-stop, ręka-stop),  $Z_B(U_T)$ :<sup>[4]</sup>ręka-dwie stopy  $Z_{B-rss} = 1418$  [ $\Omega$ ]stopa-stop  $Z_{B-ss} = 1890$  [ $\Omega$ ]

4.2 Wypadkowa rezystancja obuwia na przedstawionej drodze rażenia:

 $R_{a1-rss} = 1000$  [ $\Omega$ ] $R_{a1-ss} = 4000$  [ $\Omega$ ]

4.3 Wypadkowa rezystancja stanowiska:

 $R_{ag-rss} = 7650$  [ $\Omega$ ] $R_{ag-ss} = 30600$  [ $\Omega$ ]4.4 Największe dopuszczalne napięcie dotykowe spodziewane:<sup>[4]</sup> $U_{STP-rss} = 524$  [V] $U_{STP-ss} = 1848$  [V]

## 5. Wartości przyjęte do dalszych obliczeń:

5.1 Największe dopuszczalne napięcie dotykowe rażeniowe:<sup>[2]</sup> $U_{Tp} = 83$  [V]5.2 Największe dopuszczalne napięcie dotykowe spodziewane ( $U_D$ ):<sup>[2]</sup> $U_{STP} = 524$  [V]5.3 Dopuszczalne napięcie uszkodzeniowe:<sup>[5]</sup> $U_F = 70$  [V]

5.4 Napięcie i prąd uziomowy:

 $I_E = 36,4$  [A]  $U_E = 524,15$  [V]5.5 Obliczenie rezystancji wypadkowej  $R_{B1}$  i  $R_{B2}$  (wg pkt. 5.4. normy [5]): $R_{B1} = 5,0$  [ $\Omega$ ]  $R_{B2} = 1,90$  [ $\Omega$ ]

## WYNIKI OBLICZEŃ

Sprawdzenie warunku wg pkt. 5.4a normy [5]:

 $R_{B1} \leq 5$  [ $\Omega$ ] $R_{B1} = 5 \leq 5,0$  [ $\Omega$ ] → war. spełniony

Sprawdzenie warunku wg pkt. 5.4b normy [5]:

 $R_{B2} \leq R_{F-E} \cdot 50 / (U_0 - 50)$ : $R_{B2} = 1,9 \leq 2,78$  [ $\Omega$ ] → war. spełniony

Sprawdzenie warunku wg pkt. 5.6. normy [5]:

 $R_{B2} \leq U_F / (r \cdot I''_{K1})$ : $R_{B2} = 1,9 \leq 1,92$  [ $\Omega$ ] → war. spełniony

Wartość rezystancji uziemienia ze względu na zagrożenie porażeniem:

 $Z_{Ep} = 14,4$  [ $\Omega$ ]

Wartość rezystancji uziemienia ze względu na ochronę odgromową

 $Z_{Eo} = 10$  [ $\Omega$ ]

Zastosowane środki ochrony dodatkowej (wg normy [2]):

Maksymalna rezystancja projektowanego uziemienia:

 $R_E = 1,9$  [ $\Omega$ ]

Metoda obliczeń wg Tablicy C.4 normy PN-E-05115:2002 (str. 91) oraz pkt. 5 normy SEP-E-001. Obliczenia zgodne z zarządzeniem TAURON Dystrybucja S.A. nr 73/2013.

[1] - wg danych operatora sieci;

[2] - wg normy PN-EN 50522:2011 Uziemienie instalacji elektroenergetycznych prądu przemiennego o napięciu wyższym od 1 kV;

[4] - wg opracowania IEC/TR2 60479-1:2002;

[5] - wg Tablicy C.4 normy PN-E-05115:2002 (str. 91)

[5] - wg normy SEP-E-001 Sieci elektroenergetyczne niskiego napięcia. Ochrona przeciwporażeniowa;







**Dobór przekroju kabla SN na warunki obciążalności zwarciowej**

Dane:

 $Z_{kQ}$  - impedancja systemu elektroenergetycznego $c_{max}$  - wartość współczynnika korekcyjnego siły elektromotorycznej obwodu zwarciowego = 1,1 $I''_{k3}$  - prąd zwarciowy początkowy dla zwarcia 3-fazowego [kA] $Y_{sr}$  - konduktywność materiału przewodzącego w temp.  $\tau_{sr}$  [m/Ωmm<sup>2</sup>] $Y_{20}$  - konduktywność materiału przewodzącego w temp. 20°C (dla Al:  $Y_{20}=35$ , Cu:  $Y_{20}=55$  [m/Ωmm<sup>2</sup>]) $\alpha$  - współczynnik rozszerzalności metalu (dla Al, Cu - przyjmowany jako 0,004 [1/K]) $\tau_{pz}$  - początkowa temp. zwarcia, przyjmowana jako temp. przewodu dopuszczalna długotrwale [°C] $\tau_{dz}$  - dopuszczalna końcowa temp. zwarcia [°C] $\tau_{sr}$  - średnia temp. przewodu [°C] $k$  - dopuszczalna jednosekundowa gęstość prądów zwarciowych [A/mm<sup>2</sup>] $C$  - ciepło właściwe materiału przewodzącego (dla Al:  $C=2,48$  J/cm<sup>3</sup>K, dla Cu:  $C=3,55$  J/cm<sup>3</sup>K) $T_{kr}$  - ( $t_{z3f}$ ) czas trwania zwarcia (przyjmowany umownie dla wyznaczenia wartości  $k$  równy) 1 [s] $T_k$  - czas trwania zwarcia ( $t_{z3f} + t_{wt}$ )  $t_{wt} = 0,1$  [s]  $T_k = 0,5$  [s] $S_{kQ}$  - moc zwarciowa w GPZ 340 [MVA]  $Y_{20} = 35$  [°C] $U_n$  - napięcie znamionowe sieci SN 21 [kV]  $\tau_{pz} = 90$  [°C] $C$  - ciepło właściwe materiału 2,48 [J/cm<sup>3</sup>K]  $\tau_{dz} = 250$  [°C] $t_{z3f}$  - czas przepływu prądu zwarciowego przy zwarciu międzyfazowym 0,4 [s] $Z_{kQ}$  - impedancja systemu elektroenergetycznego:

$$Z_{kQ} = \frac{c_{max} \times U_n^2}{S_{kQ}} = 1,427 \text{ } [\Omega]$$

$$c_{max} = 1,1$$

$$\begin{aligned} X_{kQ} &= 0,995 \times Z_{kQ} & R_{kQ} &= 0,1 \times X_{kQ} \\ X_{kQ} &= 1,42 & R_{kQ} &= 0,142 \end{aligned}$$

Dane sieci:

Typy linii (kablów)	sposób ułożenia	rozstaw	dł. [km]	[km]	R/km	X/km	$R_L$ [Ω]	$X_L$ [Ω]	$Z_L$ [Ω]
1 x HAKFtA 3 x 120		Dp	0,116	km	0,257	0,122	0,030	0,014	0,033
3 x AFL-6 1 x 70	Płaski	1	12,200	km	0,443	0,367	5,399	4,483	7,017
3 x XRUHAKXS 1 x 150	Płaski	Dp	0,150	km	0,205	0,176	0,031	0,026	0,041
3 x AFL-6 1 x 70	Płaski	1	3,000	km	0,443	0,367	1,328	1,102	1,726
3 x XRUHAKXS 1 x 120	Płaski	Dp	0,625	km	0,257	0,182	0,161	0,114	0,197
3 x AFL-6 1 x 35	Płaski	1	1,095	km	0,852	0,389	0,933	0,426	1,026
3 x BLL-T 1 x 50	Płaski	0,6	0,446	km	0,633	0,346	0,282	0,154	0,322
3 x AFL-6 1 x 35	Płaski	1	0,508	km	0,852	0,389	0,433	0,198	0,476
3 x BLL-T 1 x 50	Płaski	0,6	0,678	km	0,633	0,346	0,429	0,235	0,489
			18,818	km			9,025	6,753	11,270

a) Obliczenie impedancji  $Z_k$  systemu elektroenergetycznego w miejscu przyłączenia kabla SN tj. na słupie nr 6, L-434-14

$$R_k = R_{kQ} + R_{kL} = 0,142 + 9,025 = 9,167 \text{ } [\Omega]$$

$$X_k = X_{kQ} + X_{kL} = 1,42 + 6,753 = 8,173 \text{ } [\Omega]$$

$$Z_k = \sqrt{(R_k^2 + X_k^2)} = 9,167 + 8,173 = 12,281 \text{ } [\Omega]$$



$S_k$  - moc zwarciaowa na początku projektowanego kabla SN -

$$S_k = \frac{c_{\max} \times U_n^2}{Z_k} = 40 \text{ [MVA]}$$

Obliczenie impedancji systemu elektroenergetycznego w miejscu przyłączenia kabla SN-  $Z_k$

$$Z_k = c_{\max} \times U_n^2 / S_k$$

$$Z_k = 1,1 \times 21^2 / 40 = 12,1 \text{ } \Omega$$

Obliczenie początkowego prądu zwarcia symetrycznego 3f -  $I''_{k3}$

$$I''_{k3} = c_{\max} \times U_n / \sqrt{3} \times Z_k$$

$$I''_{k3} = 1,1 \times 21 / \sqrt{3} \times 12,1 = 1,1 \text{ kA}$$

## b) Typ zaprojektowanego kabla SN

Typ linii: Kablowa

Typy linii (kabla)	sposób ułożenia	rozstaw	dł. [km]	[km]	R/km	X/km	$R_L$ [ $\Omega$ ]	$X_L$ [ $\Omega$ ]	$Z_L$ [ $\Omega$ ]
3 x XRUHAKXS 1 x 120	Płaski	Dp	0,109	km	0,257	0,182	0,028	0,020	0,034

moc transformatora 20/0,4kV  $S_{Tr} = 160$  kVA

$I_B = 4,4$  A

$I_{Btr} = 16$  A

Zabezpieczenie nadprądowo-zwłoczne  $I_n (I >) 210$  A

$t = 1,0$  s

Otoczenie - Gleba umiarkowanie wilgotna (grunt normalny)

Rura ochronna - 160

Rozstaw między przew. faz. - Dp [m] (Dp - średnica kabla)

Temp. otoczenia (na gł. ułożenia) - 20 [ $^{\circ}\text{C}$ ]  $kt = 1,00$  [-]

Ilość systemów / torów - 1 [szt.]  $kg = 1,00$  [-]

Odległość między systemami - 0 [m]  $ko = 1,00$  [-]

Obciąż. długotrwała katalog. - 330 [A]  $kr = 0,85$  [-]

Obciążalność długotrwała  $I_{dd} = 281$  [A]

Obciążalność zwarciaowa (1s)  $I_{thr} = 11,3$  [kA]

### 1. Dobór (sprawdzenie) przekroju kabla ze względu na długotrwałą obciążalność prądową

$$I_{dd} \geq I_n \geq I_B$$

$$281 \geq 210 \geq 16$$

warunek spełniony

## 2. Sprawdzenie dobranego kabla na warunki zwarciaowe

Obliczenie średniej temp. przewodu -  $\tau_{sr}$

$$\tau_{sr} = (\tau_{pz} + \tau_{dz}) / 2$$

$$\tau_{sr} = (90 + 250) / 2 = 170 \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

Obliczenie konduktywności materiału przewodzącego w temp.  $\tau_{sr}$

$$Y_{sr} = Y_{20} / (1 + \alpha (\tau_{sr} - 20))$$

$$Y_{sr} = 35 / (1 + 0,004 (170 - 20)) = 21,9 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2$$

Obliczenie dopuszczalnej jednosekundowej gęstości prądów zwarciaowych

$$k = \sqrt{Y_{sr} \times c \times (\tau_{dz} - \tau_{pz}) / T_k}$$

$$k = \sqrt{21,9 \times 2,48 \times (250 - 90) / 1} = 93,2 \text{ A/mm}^2$$

### Obliczenie prądu udarowego $i_p$

k - współczynnik udaru

$$K = 1,02 + 0,98 * e^{-3R/X} = 1,054$$

$$i_p = K * \sqrt{2} * I''_{k3}$$

$$i_p = 1,054 * \sqrt{2} * 1,1 = 1,64 \text{ kA}$$

T - elektromagnetyczna stała czasowa obwodu zwarciovego [s]

$$T = X_k / R_k * \omega$$

$$\omega = 2 * \pi * f = 314$$

$$T = 8,173 / 9,167 * 314 = 0,0028$$

### 2a. Sprawdzenie dobranego kabla na obciążalność zwarciovą cieplną

$$I_{th} = \sqrt{(n + m)} * I''_{k3}$$

przy założeniu że  $T_k \geq 10T$ , można przyjąć  $I_{th} = I''_{k3}$

$$0,5 \geq 0,028$$

warunek spełniony

kabel ma dostateczną obciążalność zwarciovą cieplną, jeżeli prąd zwarciový cieplny zastępczy  $I_{th}$  spełnia następujące zależności:

$$I_{th} \leq I''_{thr}$$

$$\text{dla } T_k \leq T_{kr}$$

lub

$$I_{th} \leq I''_{thr} \sqrt{(T_{kr} / T_k)}$$

$$\text{dla } T_k > T_{kr}$$

$I_{th}$  - prąd zwarciový cieplny zastępczy

$I''_{thr}$  - prąd znamionowy krótkotrwały wytrzymały (dla  $T_{kr} = 1s$ )

$T_k$  - czas trwania zwarcia

$$T_k = 0,5$$

$T_{kr}$  - czas znamionowy prądu krótkotrwałego wytrzymałego (1s)

$$T_{kr} = 1,0$$

w naszym przypadku

$$T_k \leq T_{kr}$$

$$\Rightarrow I_{th} \leq I''_{thr}$$

$$\Rightarrow 1,1 \leq 11,3$$

warunek spełniony

### 2b. Sprawdzenie minimalnego przekroju kabla ze względu na wytrzymałość cieplną

żyła robocza kabla

$$S \geq (1 / k) * \sqrt{(I''_{th}^2 * T_k) / 1}$$

120 mm<sup>2</sup>

$$S \geq (1 / 93,2) * \sqrt{(1100^2 * 0,5) / 1} = 8,3 \text{ mm}^2$$

warunek spełniony

### 3. Sprawdzenie żyły powrotnej ze względu na prąd zwarcia dwufazowego

$$I_{kzp} \geq I''_{k2} * \sqrt{T_k}$$

początkowy prąd zwarcia dwufazowego

$$I''_{k2} = \sqrt{3/2} * I''_{k3} = 0,95 \text{ kA}$$

żyła powrotna 25mm<sup>2</sup>

$$I_{kzp} = 5,3 \text{ kA} \geq 0,48 \text{ kA}$$

warunek spełniony

$I_{kzp}$  - prąd znamionowy krótkotrwały wytrzymały dla żyły powrotnej

**Dobrano kabel 3 x XRUHAKXS 1 x 120 /25mm<sup>2</sup> I<sub>dd</sub> = 281 A, I<sub>k3</sub> = 11,3 kA**