

# Uproszczony projekt zasilania w energię elektryczną obiektu użyteczności publicznej

## Część 2: Sieci kablowe nn

### Podstawa opracowania

1. Zlecenie inwestora.
2. Wizja lokalna w terenie.
3. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 roku w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (tekst jednolity: Dz.U. z 2022 roku poz. 1225 z późniejszymi zmianami).
4. Warunki techniczne przyłączenia wydane przez zakład energetyczny.
5. Norma N SEP-E 001 *Sieci elektroenergetyczne niskiego napięcia. Ochrona przeciwporażeniowa.*
6. Norma N SEP-E 004 *Elektroenergetyczne i sygnalizacyjne linie kablowe. Projektowanie i budowa.*
7. Norma PN-HD 60364-4-41:2017-09 *Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 4-41: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed porażeniem elektrycznym.*
8. Katalogi producentów kabli oraz producentów osprzętu kablowego.

### Opis stanu istniejącego

W budynku garażowym została zainstalowana stacja transformatorowa ICZ-E, wyposażona w transformator o mocy 400 kVA, z której zasilane będą poszczególne budynki kompleksu. Inwestor ponadto podjął decyzję o instalacji zespołu prądowórczego o mocy 250 kVA, stanowiącego źródło zasilania awaryjnego dla:

- » budynku biurowego:  $P_z = 190 \text{ kW}$ ;  $\cos\varphi = 0,8$  (po zaniku napięcia w sieci elektroenergetycznej, przed przejściem zasilania przez zespół prądowórczy następuje zrzut obciążenia przez odcięcie dopływu energii elektrycznej do rozdzielnic klimatyzacji, moc obciążenia w takim przypadku wynosi 80 kW),
- » budynku garaży wraz ze stacją diagnostyczną:  $P_z = 60 \text{ kW}$ ,  $\cos\varphi = 0,8$  (po zaniku napięcia w sieci elektroenergetycznej, przed przejściem zasilania przez zespół prądowórczy następuje zrzut obciążenia przez odcięcie dopływu energii elektrycznej do rozdzielnic klimatyzacji, moc obciążenia w takim przypadku wynosi 25 kW),
- » budynku gospodarczego:  $P_z = 15 \text{ kW}$ ,  $\cos\varphi = 0,8$ .

W związku z tym, że budowa kontenerowej lub słupowej stacji transformatorowej nie wchodzi w rachubę, w budynku garaży zostało wydzielone miejsce do instalacji przemysłowej stacji transformatorowej ICZ-E 15/0,4 kV, wyposażonej w transformator o mocy 400 kVA i o układzie połączeń Dy5.

### Opis techniczny

Zasilanie poszczególnych budynków należy wykonać kablami wyprowadzonymi z rozdzielnic nn stacji transformatorowej ICZ-E 400 kVA, zainstalo-

wanej w budynku garaży (projekt w „elektro.info” 9/2023) o przekroju oraz typie określonym na **rysunku 2**. W miejscu wskazanym na **rysunku 1**, należy zainstalować kontenerowy zespół prądowórczy nn o mocy  $S = 250 \text{ kVA}$ . Kontener zespołu należy instalować na fundamencie wykonanym zgodnie z opracowaniem budowlano-konstrukcyjnym (pominięte w artykule). Z zespołu prądowórczego należy wyprowadzić kabel  $2 \times [\text{YKY } 4 \times 120] + \text{LgYżo } 120$ , który należy wprowadzić do szafy zasilania awaryjnego (SZA), zlokalizowanej obok zespołu prądowórczego. Z szafy zasilania awaryjnego należy wyprowadzić kable zasilania awaryjnego o przekrojach oraz typie określonym na **rysunku 2**. Kable zasilania podstawowego oraz awaryjnego, prowadzone poza budynkiem garaży, należy układać w wykopach o głębokości 0,9 m, na podsypce piasku o grubości 10 cm. Po ułożeniu wszystkich projektowanych kabli należy je zasypać warstwą piasku o grubości 10 cm, warstwą rodzimego gruntu o grubości 40 cm, rozłożyć wzdłuż całej trasy taśmę kablową koloru niebieskiego i zasypać wykopy. Na projektowanych kablach przed zasypaniem należy w odstępach co 10 m założyć opaski kablowe zawierające następujące informacje: typ kabla – rok ułożenia – długość – symbol użytkownika – symbol wykonawcy.

Kable należy prowadzić wzdłuż tras określonych na **rysunku 1**, i wprowadzić do złącz kablowych odpowiednio budynku biurowego oraz budynku gospodarczego. Ze złącza kablowego kabel zasilania podstawowego oraz zasilania awaryjnego należy wprowadzić do rozdzielnic budynku odpowiednio biurowego oraz gospodarczego. W budynku garażowym kabel zasilania podstawowego oraz awaryjnego należy prowadzić w korytkach kablowych i doprowadzić do Rozdzielnicy Budynku Garażowego (RBG). W rozdzielnicach poszczególnych budynków należy zainstalować automatykę SZR sieć/zespół prądowórczy.

Zasilanie oraz sterowanie oświetleniem terenu należy zainstalować w budynku biurowym, w pomieszczeniu ochrony.

### Obliczenia

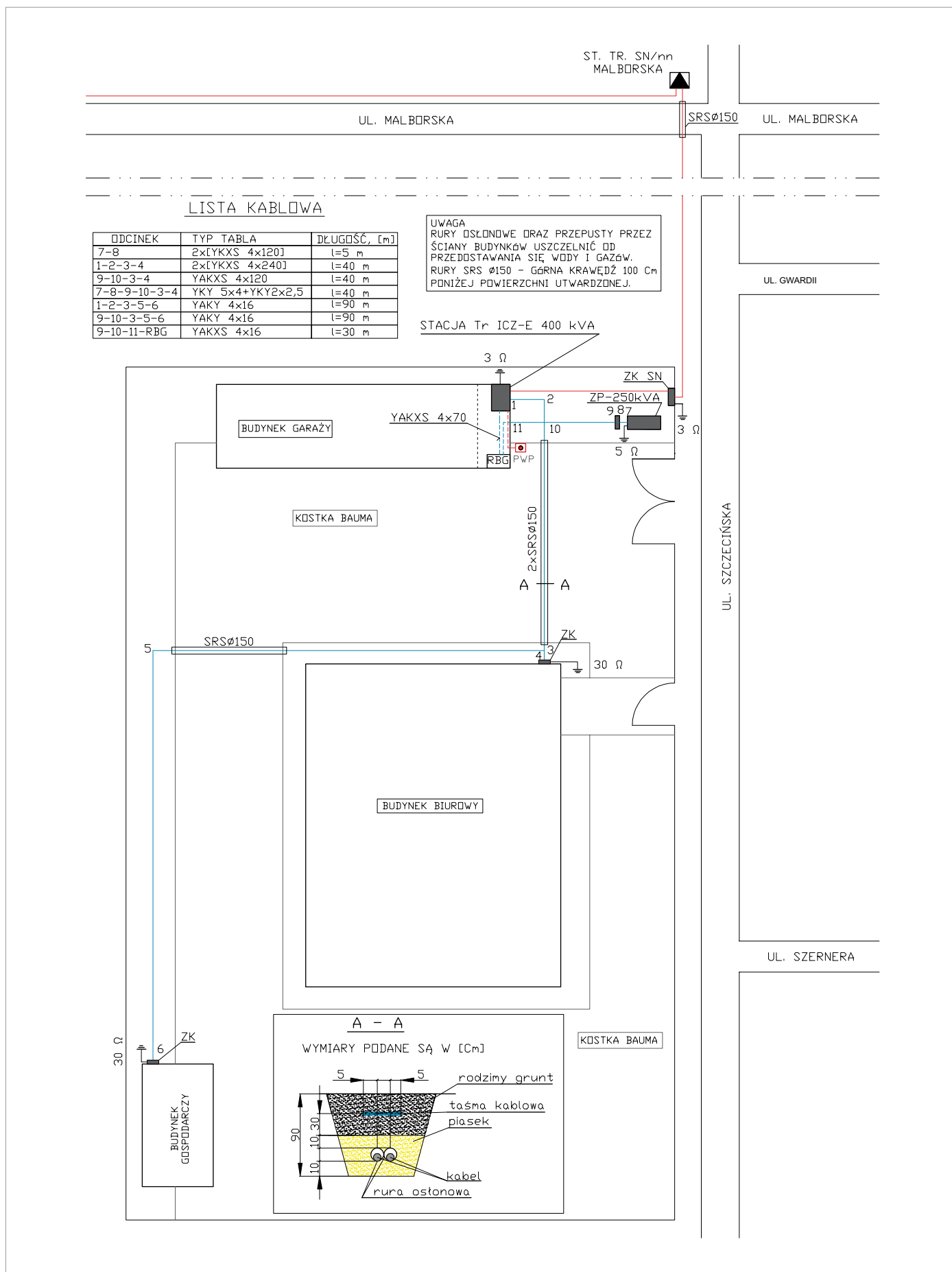
#### Dobór mocy zespołu prądowórczego:

$$\begin{aligned} \cos\varphi = 0,8 &\Rightarrow \text{tg}\varphi = 0,75 \\ P_z &= 80 + 30 + 15 = 110 \text{ kW} \\ Q_z &= P_z \cdot \text{tg}\varphi_z = (70 + 25 + 15) \cdot 0,75 = 82,5 \text{ kvar} \\ S_z &= 1,6 \cdot \sqrt{P_z^2 + Q_z^2} = \sqrt{110^2 + 82,5^2} = 220 \text{ kVA} < 250 \text{ kVA} \end{aligned}$$

#### Dobór kabli zasilania podstawowego:

- » budynek biurowy:

$$I_z = \frac{P_z}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos\varphi} = \frac{190000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = 343,21 \text{ A}$$



Rys. 1. Plan projektowanej instalacji elektrycznej rys. J. Wiatr

Należy przyjąć zabezpieczenie WTN2gG400.  
Wymagana dopuszczalna długotrwała obciążalność prądowa, z uwzględnieniem przeciążalności, wynosi:

$$I_z \geq \frac{k_2 \cdot I_n}{1,45} = \frac{1,6 \cdot 400}{1,45} = 441,38 \text{ A}$$

Zgodnie z normą PN-HD 60364-5-52:2011 *Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 5-52: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Oprzewodowanie*, po uwzględnieniu krajowych warunków rezystywno-

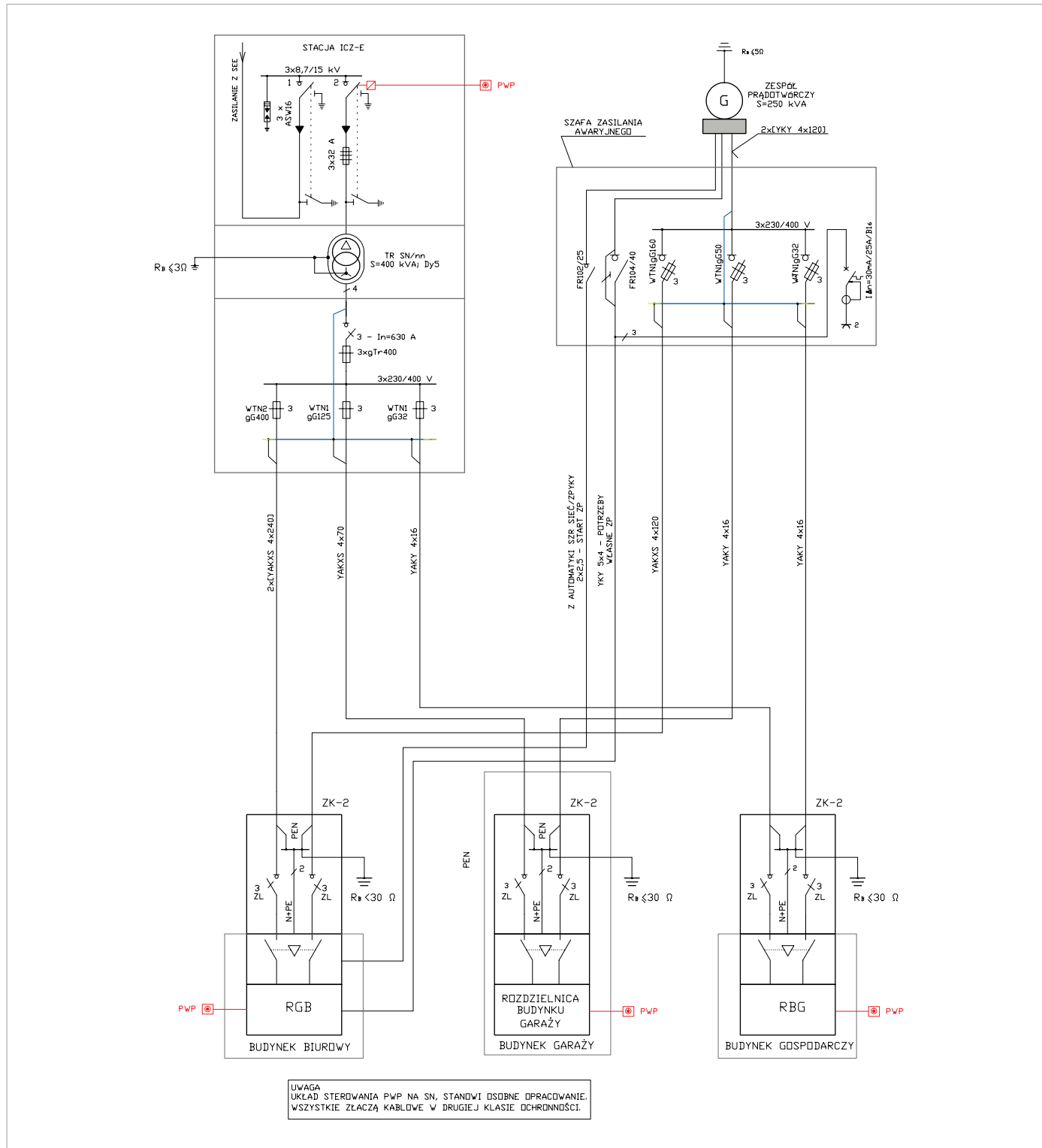
ści cieplnej gruntu, obciążalności czwartej żyły oraz sposobu ułożenia D1 kabla w ziemi, warunki spełni kabel: 2 × YAKXS 4 × 240:

$$I_z = 1,18 \cdot 0,91 \cdot 2 \cdot 253 \cdot 0,85 = 461,84 \text{ A} > 441,38 \text{ A}$$

Sprawdzenie dobrego kabla z warunku na spadek napięcia:

$$R_k = \frac{l}{\gamma \cdot S} = \frac{40}{33 \cdot 2 \cdot 240} = 0,0025 \Omega$$

$$X_k = x' \cdot l = 0,08 \cdot 0,04 = 0,0032 \Omega$$



Rys. 2. Schemat układu zasilania budynków obiektu użyteczności publicznej w energię elektryczną rys. J. Wiatr

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 100 \cdot I_b}{U_n} \cdot (R_k \cdot \cos \varphi_z + X_k \cdot \sin \varphi_z) =$$

$$= \frac{\sqrt{3} \cdot 100 \cdot 343,21}{400} \cdot (0,0025 \cdot 0,8 + 0,0032 \cdot 0,6) = 0,58\% < 5\%$$

Uwaga! Złącze kablowe wykonane zostanie w drugiej klasie ochronności.

» budynek garaży:

$$I_z = \frac{P_z}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi} = \frac{60000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = 108,39 \text{ A}$$

Należy przyjąć zabezpieczenie WTN1gG125.

Wymagana dopuszczalna długotrwała obciążalność prądowa, z uwzględnieniem przeciążalności, wynosi:

$$I_z \geq \frac{k_2 \cdot I_n}{1,45} = \frac{1,6 \cdot 125}{1,45} = 137,93 \text{ A}$$

Zgodnie z normą PN-HD 60364-5-52:2011 *Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 5-52: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Oprzewodowanie*, po uwzględnieniu krajowych temperaturowych, obciążalności czwartej żyły oraz sposobu ułożenia kabla B2, warunki spełni kabel: YAKXS 4×70:

$$I_z = 0,91 \cdot 1,06 \cdot 156 = 150,48 \text{ A} > 137,93 \text{ A}$$

Sprawdzenie dobrego kabla z warunku na spadek napięcia:

$$\Delta U = \frac{P \cdot I \cdot 100\%}{\gamma \cdot S \cdot U^2} = \frac{6000 \cdot 10 \cdot 100\%}{35 \cdot 70 \cdot 400^2} = 0,15\% < 5\%$$

Kabel będzie wprowadzony do Rozdzielniczy Budynku Garaży, wykonanej w drugiej klasie ochronności.

» budynek gospodarczy:

$$I_z = \frac{P_z}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi} = \frac{15000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = 27,1 \text{ A}$$

Należy przyjąć zabezpieczenie WTN00gG 32.

Wymagana dopuszczalna długotrwała obciążalność prądowa, z uwzględnieniem przeciążalności, wynosi:

$$I_z \geq \frac{k_2 \cdot I_n}{1,45} = \frac{1,6 \cdot 32}{1,45} = 35,31 \text{ A}$$

Zgodnie z normą PN-HD 60364-5-52:2011 *Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 5-52: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Oprzewodowanie*, po uwzględnieniu krajowych warunków rezystywności cieplnej gruntu, obciążalności czwartej żyły oraz sposobu ułożenia D1 kabla w ziemi, warunki spełni kabel: YAKY 4×16:

$$I_z = 1,18 \cdot 0,91 \cdot 50 = 53,69 \text{ A} > 35,31 \text{ A}$$

Sprawdzenie dobrego kabla z warunku na spadek napięcia:

$$\Delta U = \frac{P \cdot I \cdot 100\%}{\gamma \cdot S \cdot U^2} = \frac{15000 \cdot 90 \cdot 100\%}{35 \cdot 16 \cdot 400^2} = 1,51\% < 5\%$$

Uwaga! Złącze kablowe wykonane zostanie w drugiej klasie ochronności.

### Dobór kabli zasilania awaryjnego:

» kabel wydawczy zasilający szafę zasilania awaryjnego:

$$I_B = \frac{P_z}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{250000}{\sqrt{3} \cdot 400} = 361,28 \text{ A}$$

Zgodnie z normą PN-HD 60364-5-52:2011 *Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 5-52: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Oprzewodowanie*, po uwzględnieniu krajowych warunków rezystywności cieplnej gruntu, obciążalności czwartej żyły oraz sposobu ułożenia D1 kabla w ziemi, warunki spełni kabel: 2 × (YKXS 4×120) + LgYżo 120:

$$I_z = 1,18 \cdot 0,91 \cdot 0,8 \cdot 2 \cdot 223 = 383,13 \text{ A} > 362,28 \text{ A}$$

» budynek biurowy:

$$I_B = \frac{P_z}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos\varphi} = \frac{80000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = 144,51 \text{ A}$$

Należy przyjąć zabezpieczenie WTN00gG160.

Wymagana dopuszczalna długotrwała obciążalność prądowa, z uwzględnieniem przeciążalności, wynosi:

$$I_z \geq \frac{k_2 \cdot I_n}{1,45} = \frac{1,6 \cdot 160}{1,45} = 176,56 \text{ A}$$

Zgodnie z normą PN-HD 60364-5-52:2011 *Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 5-52: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Oprzewodowanie*, po uwzględnieniu krajowych warunków rezystywności cieplnej gruntu, obciążalności czwartej żyły oraz sposobu ułożenia D1 kabla w ziemi, warunki spełni kabel: YAKXS 4×120:

$$I_z = 1,18 \cdot 0,91 \cdot 197 = 211,53 \text{ A} > 176,56 \text{ A}$$

Sprawdzenie dobrego kabla z warunku na spadek napięcia:

$$\begin{aligned} R_k &= \frac{l}{\gamma \cdot S} = \frac{40}{33 \cdot 120} = 0,01 \Omega \\ X_k &= x' \cdot l = 0,08 \cdot 0,04 = 0,0032 \Omega \\ \Delta U &= \frac{\sqrt{3} \cdot 100 \cdot I_B}{U_n} \cdot (R_k \cdot \cos\varphi_z + X_k \cdot \sin\varphi_z) = \\ &= \frac{\sqrt{3} \cdot 100 \cdot 144,51}{400} \cdot (0,01 \cdot 0,8 + 0,0032 \cdot 0,6) = 0,62\% < 5\% \end{aligned}$$

Uwaga! Złącze kablowe wykonane zostanie w drugiej klasie ochronności.

» budynek garaży:

$$I_z = \frac{P_z}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos\varphi} = \frac{25000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = 45,16 \text{ A}$$

Należy przyjąć zabezpieczenie WTN00 gG50.

Wymagana dopuszczalna długotrwała obciążalność prądowa, z uwzględnieniem przeciążalności, wynosi:

$$I_z \geq \frac{k_2 \cdot I_n}{1,45} = \frac{1,6 \cdot 50}{1,45} = 55,18 \text{ A}$$

Zgodnie z normą PN-HD 60364-5-52:2011 *Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 5-52: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Oprze-*

*wodowanie*, po uwzględnieniu krajowych temperaturowych, obciążalności czwartej żyły oraz sposobu ułożenia kabla B2, warunki spełni kabel: YAKXS 4 × 16:

$$I_z = 0,91 \cdot 1,06 \cdot 64 = 61,73 \text{ A} > 55,18 \text{ A}$$

Sprawdzenie dobrego kabla z warunku na spadek napięcia:

$$\Delta U = \frac{P \cdot l \cdot 100\%}{\gamma \cdot S \cdot U^2} = \frac{25000 \cdot 30 \cdot 100\%}{35 \cdot 16 \cdot 400^2} = 0,84\% < 5\%$$

Kabel będzie wprowadzony do Rozdzielniczy Budynku Garaży, wykonanej w drugiej klasie ochronności.

» budynek gospodarczy:

$$I_z = \frac{P_z}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos\varphi} = \frac{15000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = 27,1 \text{ A}$$

Należy przyjąć zabezpieczenie WTN00gG32.

Wymagana dopuszczalna długotrwała obciążalność prądowa, z uwzględnieniem przeciążalności, wynosi:

$$I_z \geq \frac{k_2 \cdot I_n}{1,45} = \frac{1,6 \cdot 32}{1,45} = 35,3 \text{ A}$$

Zgodnie z normą PN-HD 60364-5-52:2011 *Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 5-52: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Oprzewodowanie*, po uwzględnieniu krajowych warunków rezystywności cieplnej gruntu, obciążalności czwartej żyły oraz sposobu ułożenia D1 kabla w ziemi, warunki spełni kabel: YAKY 4×16.

$$I_z = 1,18 \cdot 0,91 \cdot 50 = 141,14 \text{ A} > 137,93 \text{ A}$$

Sprawdzenie dobrego kabla z warunku na spadek napięcia:

$$\Delta U = \frac{P \cdot l \cdot 100\%}{\gamma \cdot S \cdot U^2} = \frac{15000 \cdot 70 \cdot 100\%}{35 \cdot 16 \cdot 400^2} = 1,17\% < 5\%$$

Uwaga! Złącze kablowe wykonane zostanie w drugiej klasie ochronności.

### Prąd zwarcia symetrycznego na szynach rozdzielniczy nn stacji transformatorowej

Na podstawie tabeli 10.31., zamieszczonej w publikacji J. Wiatra i M. Orzechowskiego „Dobór kabli i przewodów elektrycznych niskiego napięcia”,  $Z_T = 0,0198 \Omega$ .

$$\begin{aligned} I_{k3}'' &= \frac{c_{\max} \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_T} = \frac{1,1 \cdot 420}{\sqrt{3} \cdot 0,0198} = 13487,46 \approx 13,5 \text{ kA} < I_{cn} = 50 \text{ kA} \\ i_p &= \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k3}'' = 1,4 \cdot \sqrt{2} \cdot 13,5 = 26,65 \text{ kA} \end{aligned}$$

Dobrane bezpieczniki topikowe do zabezpieczenia dobranych kabli spełniają warunek odporności na prądy zwarciove.

### Uwagi końcowe

1. Ochrona przeciwporażeniowa przy uszkodzeniu – II klasa ochronności.
2. Rezystancja uziemienia zacisku PEN w złączach kablowych – 30 Ω.
3. Po ułożeniu kabla, a przed jego zasypaniem, należy rury osłonowe uszczelnić od przedostawania się wody.
4. Po wykonaniu linii kablowych należy wykonać badania odbiorcze.



**ELEKTROBUD**



**INNOWACYJNA  
PRZEMYSŁOWA  
OBUDOWA  
TRANSFORMATORA  
ICZ-E  
2500 kVA**

Produkt dostarczany według indywidualnego projektu jest wykonywany według niżej wymienionych norm oraz dokumentów normatywnych polskich i międzynarodowych:

**PN-EN 62271-202 p 6.2**

Próby sprawdzające poziom izolacji obudowie prefabrykowanej, strona nn.

**PN-EN 62271-202 p 6.5**

Próby nagrzewania głównych komponentów umieszczonych w obudowie prefabrykowanej.

**PN-EN 62271-202 p 6.6**

Próby zdolności przewodzenia przez obwody główne uziemiające prądów znamionowego szczytowego i znamionowego krótkotrwałego wytrzymywanego.

**PN-EN 62271-202 p 6.7**

Sprawdzenia stopnia ochrony

**PN-EN 62271-202 p 6.101**

Sprawdzenie wytrzymałości obudowy prefabrykowanej na narażenia mechaniczne.

**PN-EN 62271-202 p 6.10**

Sprawdzenie obwodów pomocniczych i sterowniczych.