

Uproszczony projekt zasilania w energię elektryczną obiektu użyteczności publicznej (część 3.)

Rozdzielnica budynku biurowego

Podstawa opracowania

1. Zlecenie inwestora.
2. Warunki techniczne wydane przez zakład energetyczny.
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).
4. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. Nr 109/2010 poz. 719 z późniejszymi zmianami).
5. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 17 listopada 2016 roku w sprawie sposobu deklarowania właściwości użytkowych wyrobów budowlanych oraz sposobu znakowania ich znakiem budowlanym (Dz.U. z 2016 r. poz. 1966 z późniejszymi zmianami).
6. Rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 17 listopada 2016 roku w sprawie krajowych ocen technicznych (Dz.U. z 2016 r. poz. 1968).
7. Wizja lokalna w terenie.
8. Projekt zagospodarowania terenu.
9. N SEP-E 005 *Dobór przewodów elektrycznych do zasilania urządzeń przeciwpożarowych, których funkcjonowanie jest niezbędne w czasie pożaru.*
10. PN-IEC 60364-5-523:2002 *Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Obciążalność prądowa długotrwała przewodów.*
11. PN-HD 60364-4-41:2017-09 *Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 4-41: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed porażeniem elektrycznym.*
12. PN-IEC 60364-5-56:2019 *Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Instalacje bezpieczeństwa.*
13. PN-EN 54-4:2001 *Systemy sygnalizacji pożarowej. Część 4: Zasilacze.*
14. PN-EN 12101-10:2007 *Systemy rozprzestrzeniania dymu i ciepła. Część 10: Zasilacze.*
15. Scenariusz rozwoju zdarzeń pożarowych.
16. Uzgodnienie z rzeczoznawcą ds. zabezpieczeń ppoż. oraz uzgodnienie z rzeczoznawcą ds. bhp.

Opis stanu istniejącego

Przy elewacji budynku zainstalowane jest złącze kablowe, do którego doprowadzono zasilanie z Rozdzielnicy Głównej Kompleksu oraz Szafy Zasilania Awaryjnego (patrz część 2., „elektro.info” nr 10/2023).

Opis techniczny

W pomieszczeniu Rozdzielni Głównej Budynku, stanowiącej pomieszczenie wydzielone pożarowo (REI 120), należy zainstalować:

- » Rozdzielnicę Główną Budynku (RGB), wykonaną w drugiej klasie ochronności,
- » Rozdzielnicę Klimatyzacji (RKlim.), wykonaną w drugiej klasie ochronności,
- » Rozdzielnicę Zasilającą Urządzenia Ppoż. (Rppoż.), wykonaną w drugiej klasie ochronności – poza opracowaniem,
- » zasilacz UPS o mocy 30 kVA,
- » Rozdzielnicę Główną Lokalnej Sieci Komputerowej (RG LSK), wykonaną w drugiej klasie ochronności,
- » dwa klimatyzatory o mocy 3 kW każdy.

Plan instalacji przedstawia **rysunek 1**. Schemat RGB przedstawiają **rysunki 2a, 2b** oraz **2c**. Schemat ideowy układu sterowania zrzutem obciążenia przedstawia **rysunek 3**. W RGB należy wykonać układ SZR sieć/zespół prądowłórczy oraz układ dwuobwodowego Przeciwożarowego Wyłącznika Prądu:

- » PWP1 – przycisk uruchamiający z sygnalizacją stanu położenia styków aparatu wykonawczego należy zainstalować w pomieszczeniu ochrony; służy do wyłączenia urządzeń powszechnego użytku w czasie pożaru,
- » PWP2 – przycisk uruchamiający z sygnalizacją stanu położenia styków aparatu wykonawczego należy zainstalować w pomieszczeniu RGB; służy do wyłączenia zasilania w energię elektryczną urządzeń przeciwpożarowych na polecenie dowódcy akcji ratowniczo-gaśniczej, po zakończonej ewakuacji ludzi uwięzionych w płonącym budynku. Świecenie lampki czerwonej oznacza załączone napięcie do zasilania odbiorników. Zgaśnięcie lampki czerwonej i zapalenie się lampki zielonej oznacza zdjęcie napięcia z zasilanych odbiorników i stanowi sygnał dla ratowników o możliwości przystąpienia do akcji ratowniczo-gaśniczej. Lampka koloru żółtego stanowi sygnalizację świetlną obwodu sterowania PWP. Brak świecenia tej lampki oznacza uszkodzenie w obwodzie sterowania i konieczność sprawdzenia ciągłości obwodu sterowania PWP.

Budynek jest zasilany z sieci elektroenergetycznej nn 3x230/400 V. W przypadku zaniku napięcia w sieci elektroenergetycznej zasilanie przejmuje zespół prądowłórczy. Po rozruchu zespołu prądowłórczego następuje zrzut obciążenia przez rozłączenie zasilania RKlim. Po powrocie napięcia w sieci elektroenergetycznej następuje załączenie RKlim, co jest równoznaczne z zasilaniem wszystkich odbiorników przyłączonych do RGB.

Opis działania automatyki zrzutu obciążenia RKlim. przed przejęciem zasilania przez ZP – rysunek 3.

Zanik napięcia w sieci elektroenergetycznej \Rightarrow uruchomienie procedury startu ZP. Napięcie na zaciskach ZP pojawi się po 10 s (napięcie na wyjściu SZR pojawi się po 30 sekundach), co spowoduje rozwarcie styków K3. Zwarcie w sterowniku SZR styku zwierne powoduje wysterowanie cewek WW łącznika Q1 \Rightarrow zadziałanie cewki WW łącznika Q1 z jednoczesnym zwarciem styków pomocniczych SP1 w łączniku Q1 \Rightarrow ustawienie dźwigni napędu łącznika Q1 w pozycji neutralnej, po czym tor zasilania cewek WW pozostaje w stanie bez napięcia. Pojawienie się napięcia na wyjściu SZR powoduje wysterowanie przełącznika K1 \Rightarrow na 2 sekundy zostaje wysterowany przełącznik K2 \Rightarrow załączenie styków łączników Q1 na otwarcie \Rightarrow napęd silnikowy otwiera Q1, ustawiając dźwignię napędu w pozycji wyłączone, rozłączając zasilanie RKlim. Powrót napięcia w sieci elektroenergetycznej powoduje przełączenie układu automatyki SZR, zrzut napięcia z przełącznika K3, którego styki ulegają zwarceniu, podając napięcie na przełącznik K4. Przełącznik ten z sekwencją czasową $t=20$ s powoduje uruchomienie załączenia toru zasilania RKlim. Zespół prądowców przez 3 minuty pozostaje w stanie pracy jałowej w celu wychłodzenia uzwojeń prądnic, po czym ulega samoczynnemu wyłączeniu. Układ automatyki rozruchu zespołu prądowców oraz zrzutu obciążenia RKlim. jest przygotowany do zaniku napięcia w sieci elektroenergetycznej.

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

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 rezystywności cieplnej gruntu ($k_{rg}=1,18$) oraz obciążalności czwartej żyły ($k_p=0,91$), przy sposobie ułożenia D1 kabla w ziemi, warunki spełni kabel: 2×YAKXS 4×240.

Sprawdzenie dobranego kabla z warunku na spadek napięcia:

$$\begin{aligned} R_{lk} &= \frac{l}{\gamma \cdot S} = \frac{40}{33 \cdot 2 \cdot 240} = 0,0025 \Omega \\ X_{lk} &= x' \cdot l = 0,08 \cdot 40 = 0,0032 \Omega \\ \Delta U &= \frac{\sqrt{3} \cdot 100 \cdot I_B}{U_n} \cdot (R_{lk} \cdot \cos\varphi_z + X_{lk} \cdot \sin\varphi_z) = \\ &= \frac{\sqrt{3} \cdot 100 \cdot 343,21}{400} \cdot (0,0025 \cdot 0,8 + 0,0032 \cdot 0,6) = 0,58 \% < 5 \% \end{aligned}$$

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 ($k_{rg}=1,18$) oraz obciążalności czwartej żyły ($k_p=0,91$), przy sposobie ułożenia D1 kabla w ziemi, warunki spełni kabel: 2×(YKXS 4×120) + LgYžo 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:

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

Obliczenia

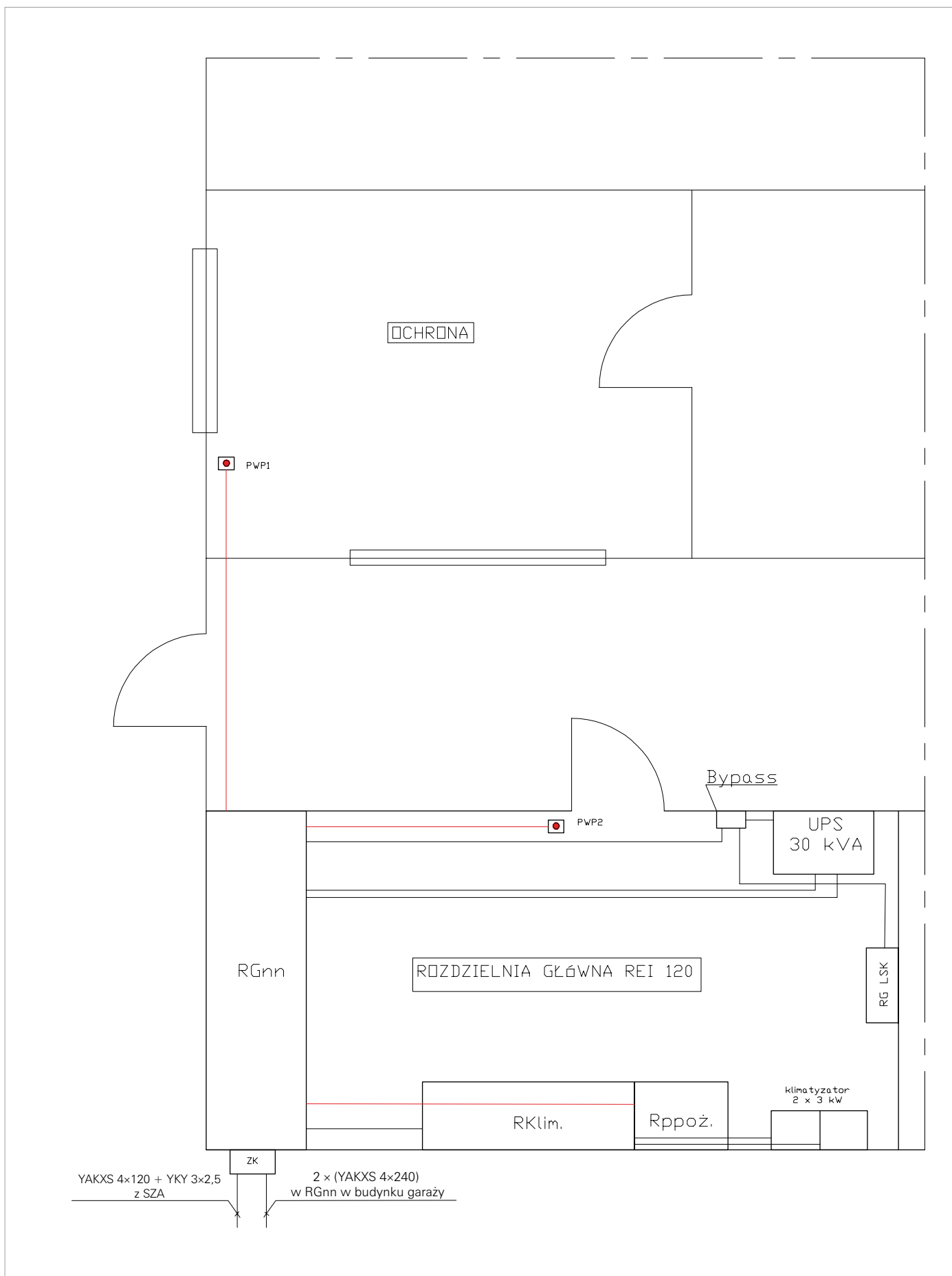
Dobór kabli zasilania podstawowego:

Spodziewany prąd obciążenia:

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

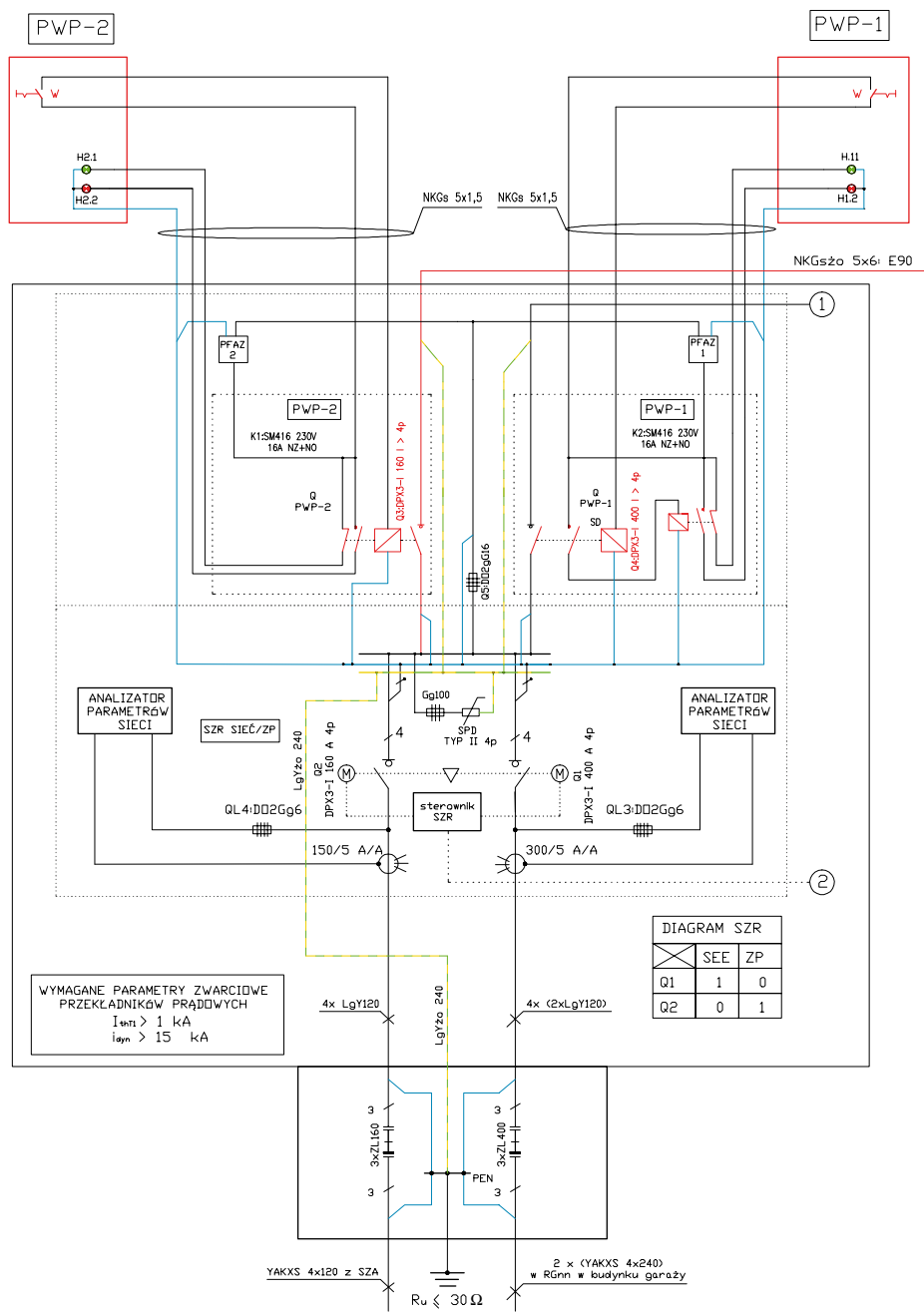
Należy przyjąć zabezpieczenie WTN2gG400.

Wymagana dopuszczalna długość obciążalność prądowa z uwzględnieniem przeciążalności wynosi:



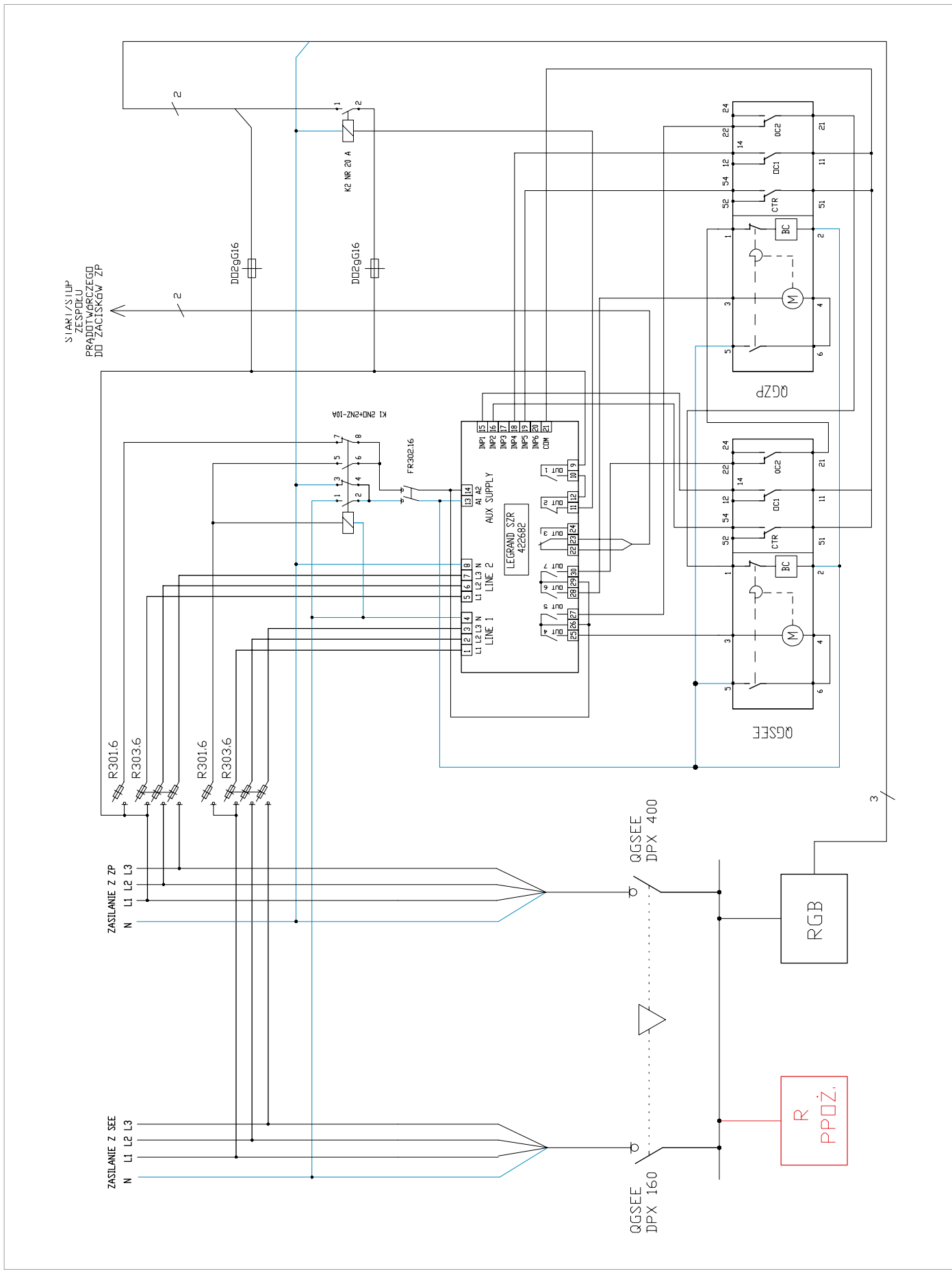
Rys. 1. Rozmieszczenie poszczególnych urządzeń w pomieszczeniu RGB rys. J. Wiatr

RPP0Ż.
POZA
OPRACOWANIEM

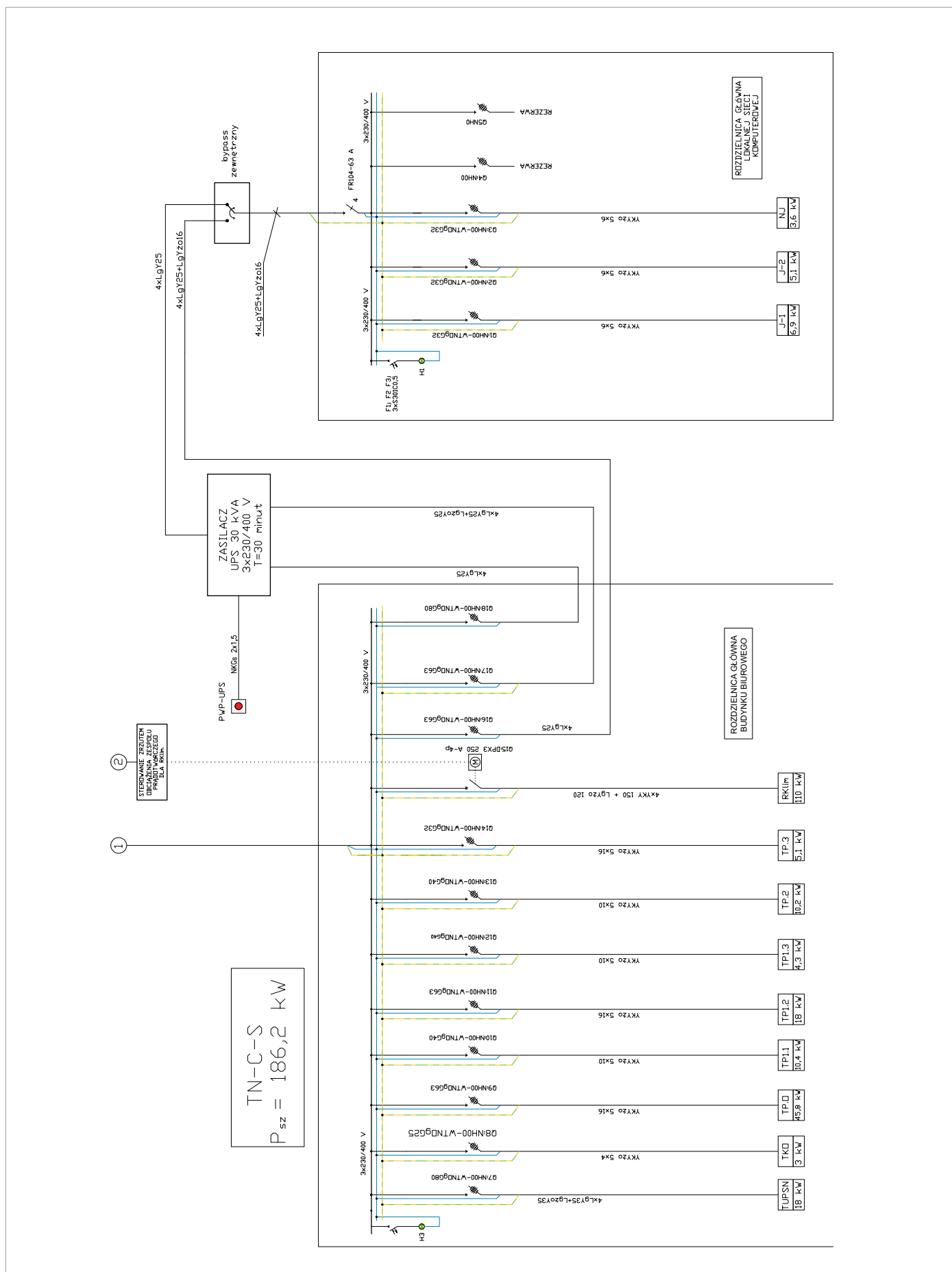


UWAGA!
 PWP ZGODNY Z PN-HD 60364-5-56:2019-01.
 DLA PWP STOSOWAĆ WYŁĄCZNIE PRZYCISKI URUCHAMIAJĄCE Z CERTYFIKATEM CNBOP-PIB,
 KABELE I PRZEWODY W KLASIE REAKCJI NA OGIEŃ NIE NIŻSZEJ NIŻ Eca.
 OCHRONA OD PORAŻEŃ – SAMOCZYNNNE WYŁĄCZENIE ZGODNIE Z PN-HD 60364-4-41:2009 (2017-09).
 ZASILACZ UPS WRAZ Z WYPOSAŻENIEM INSTALOWAĆ POZA POMIESZCZENIEM ROZDZIELNI GŁÓWNEJ.
 MIEJSCE INSTALACJI RUPS ORAZ RKlim. UZGODNIĆ Z UŻYTKOWNIKIEM PODCZAS PRAC INSTALACYJNYCH.
 TABLICĘ UKŁADU POMIAROWEGO INSTALOWAĆ W ROZDZIELNI GŁÓWNEJ POZA SZAFĄ RGB,
 ODPORNOŚĆ ZWARTCIOWA APARATÓW WG NORMY IEC 60947-2: $I_{cs} > 10 \text{ kA}$

Rys. 2a Schemat zasilania RGB wraz z PWP rys. J. Wiatr



Rys. 2b Schemat automatyki SZR sieć/ZP rys. J. Wiatr



Rys. 2c Schemat zasilania obwodów przyłączonych do RGB rys. J. Wiatr



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.

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 ($k_{rg} = 1,18$), obciążalności czwartej żyły ($k_p = 0,91$) oraz sposobu ułożenia D1 kabla w ziemi, warunki spełni kabel: YAKXS 4x120:

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

Sprawdzenie dobranej kabla z warunku na spadek napięcia:

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

Uwaga! Złącze kablowe wykonane zostanie w drugiej klasie ochronności.

Spodziewany prąd zwarcia symetrycznego w RGB budynku biurowego, przy zasilaniu z sieci elektroenergetycznej:

Uwaga! Największe prądy zwarciaowe wystąpią przy zasilaniu z SEE, przez co będą one stanowiły podstawę doboru odporności zwarciaowej aparatów i rozdzielnic. Na podstawie tabeli 10.31, zamieszczonej w publikacji J. Wiatr, M. Orzechowski „Dobór kabli i przewodów elektrycznych niskiego napięcia”, parametry zwarciaowe transformatora zasilającego wynoszą: $X_T = 0,0192 \Omega$; $R_T = 0,0051 \Omega$; $Z_T = 0,0198 \Omega$. Parametry zwarciaowe linii kablowej zasilania podstawowego wynoszą:

$$\begin{aligned} R_{kl} &= \frac{l}{\gamma \cdot S} = \frac{40}{33 \cdot 2 \cdot 240} = 0,0025 \Omega \\ X_{kl} &= x' \cdot l = 0,08 \cdot 0,04 = 0,0032 \Omega \end{aligned}$$

Impedancja obwodu zwarcia dla zwarcí symetrycznych, początkowy prąd zwarciaowy oraz prąd udarowy na zaciskach RGB wynoszą:

$$\begin{aligned} Z_{k3} &= \sqrt{(R_T + R_{kl})^2 + (X_T + X_{kl})^2} = \\ &= \sqrt{(0,0051 + 0,0025)^2 + (0,0192 + 0,0032)^2} = 0,024 \Omega \\ I_{k3}^* &= \frac{c_{\max} \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k3}} = \frac{1,1 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot 0,024} \approx 10,6 \text{ kA} \\ T &= \frac{X_k}{\omega \cdot R_k} = \frac{0,0224}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0,0076} \approx 0,0094 \text{ s} \\ T_k &= 0,1 \text{ s} > 10 \cdot T = 0,094 \text{ s} \Rightarrow I_{th} = I_{k3}^* \approx 10,6 \text{ kA} \\ \kappa &= 1,02 + 0,98 \cdot e^{-\frac{R_k}{X_k}} = 1,02 + 0,98 \cdot e^{-\frac{3 \cdot 0,0076}{0,0224}} = 1,375 \\ I_p &= \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k3}^* = 1,375 \cdot \sqrt{2} \cdot 10,6 \approx 20,56 \text{ kA} = 20,6 \text{ kA} \end{aligned}$$

Współczynnik $\cos \varphi_k$ obwodu zwarciaowego:

$$\cos \varphi_k = \frac{X_k}{Z_k} = \frac{0,0224}{0,0240} = 0,93$$

Znamionowy prąd eksploatacyjny aparatów instalowanych w RGB musi spełniać warunek:

$$I_{cs} \geq I_k^* = 10,6 \text{ kA przy } \cos \varphi_k \leq 0,93$$

Znamionowy prąd szczytowy (wytrzymywany) RGB: $I_{cn} \geq I_p = 20,6 \text{ kA}$.

Uwaga! Przy spodziewanej wartości początkowego prądu zwarcia $I_k^* = 10,6 \text{ kA}$, zgodnie z charakterystyką bezpiecznika topikowego WTN2gG400, nie nastąpi ograniczenie prądu udarowego i_p ; dla doboru wymaganej odporności zwarciaowej aparatów instalowanych w RGB należy przyjąć wartość prądu wyznaczoną na podstawie obliczeń $i_p = 20,6 \text{ kA}$. Przy spodziewanej wartości prądu $I_k^* = 10,6 \text{ kA}$ czas trwania zwarcia, gwarantujący spełnienie warunku samoczynnego wyłączenia, nie przekroczy 0,1 s. Do wyznaczenia wymaganego przekroju głównej szyny RGB wykonanej z Cu oraz wymaganego krótkotrwałego prądu cieplnego (1-sekundowego) I_{thT1} przekładników prądowych zostanie przyjęta katalogowa całka Joule'a $I^2 t_w$ bezpiecznika WTN2gG400.

Przekładniki prądowe instalowane w RGB: 300/5 A/A; kl. 02; S = 5 VA:

$$I_{thT1} \geq \sqrt{\frac{I^2 t_w}{1}} = \sqrt{\frac{1600000}{1}} \approx 1265 \text{ A} \Rightarrow I_{thT1} \approx 13 \text{ kA}$$

Znamionowy krótkotrwały prąd cieplny (1-sekundowy): $I_{thT1} \geq 13 \text{ kA}$.

Znamionowy prąd dynamiczny:

$$I_{dyn} \geq i_p = 20,6 \text{ kA}$$

Minimalny wymagany przekrój przewodów głównych w RGB:

$$S \geq \frac{1}{k} \cdot \sqrt{\frac{I^2 t_w}{1}} = \frac{1}{115} \cdot \sqrt{\frac{1600000}{1}} \approx 11 \text{ mm}^2$$

Wymagania dla aparatów instalowanych w RGB:

Ponieważ w RGB: $T_k < 0,1 \text{ s}$:

$$T_k \leq T_n \Rightarrow I_{cw/Tk} = I_{cw/Tn} \geq I_{th} \approx I_k^* = 10,6 \text{ kA}$$

gdzie:

$I_{cw/Tn}$ – krótkotrwały prąd zwarciaowy wytrzymywany w czasie T_n , zwany prądem n-sekundowym, w którym badana jest odporność zwarciaowa przez producenta, w [kA],

T_k – spodziewany czas trwania zwarcia, w [s],

I_{th} – prąd zwarciaowy zastępczy cieplny, w [kA],

k – jednosekundowa odporność zwarciaowa, w [A/mm²],

$I^2 t_w$ – katalogowa całka Joule'a, w [A²·s],

l – długość obwodu, w [m],

I_k^* – początkowy prąd zwarciaowy, w [kA],

T – elektromagnetyczna stała obwodu zwarciaowego, w [s],

$\cos \varphi_z$ – spodziewany współczynnik mocy narzucony przez zasilane odbiorniki, w [-],

$\cos \varphi_k$ – współczynnik mocy obwodu zwarciaowego zasilania RGB, w [-],

R_{lk} – rezystancja linii kablowej, w [Ω],

X_{lk} – reaktancja linii kablowej, w [Ω].

Uwagi końcowe

- Ochrona przeciwporażeniowa RGB – II klasa ochronności.
- Rezystancja uziemienia zacisku PEN w złączu kablowym: $R_A \leq 30 \Omega$.