

Uproszczony projekt układu zasilania awaryjnego kompleksu wypoczynkowego z wykorzystaniem zespołu prądotwórczego

W artykule został przedstawiony uproszczony projekt zasilania kompleksu wypoczynkowego z wykorzystaniem zespołu prądotwórczego o mocy mniejszej od mocy zapotrzebowanej przez zasilany kompleks. Stan taki powoduje konieczność wydzielenia odbiorników, które zostaną objęte zasilaniem awaryjnym. Przed podaniem napięcia z generatora zespołu prądotwórczego automatyka musi zapewnić tzw. zrzut obciążenia przez odłączenie odbiorników nieobjętych zasilaniem awaryjnym.

Podstawa opracowania

1. Zlecenie inwestora.
2. Warunki przyłączenia ZP wydane przez PGE Dystrybucja – pominięte w artykule.
3. Projekty instalacji elektrycznych poszczególnych budynków kompleksu.
4. Wizja lokalna w terenie.
5. 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).
6. Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 22 marca 2023 roku w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego (Dz.U. z 2023 roku poz. 819 z późniejszymi zmianami).
7. 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).
8. PN-HD 60364-5-52:2011 *Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 5-52: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Oprzewodownie.*
9. PN-HD 60364-4-41:2017-09 *Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 4-41: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed porażeniem elektrycznym.*
10. PN-HD 60364-5-56:2019-01 *Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 5-56: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Instalacje bezpieczeństwa.*
11. N SEP-E 004:2022-08 *Elektroenergetyczne i sygnalizacyjne linie kablowe. Projektowanie i budowa.*
12. Publikacja „Zespoły prądotwórcze w układach zasilania awaryjnego”, J. Wiatr, DW MEDIUM, Warszawa 2008.

13. Publikacja „Poradnik Projektanta Elektryka”, J. Wiatr, M. Orzechowski, Grupa MEDIUM, Warszawa 2021: wydanie VI, dodruk 2023.

14. Scenariusz rozwoju zdarzeń pożarowych.

15. Uzgodnienie z rzeczoznawcą ds. zabezpieczeń ppoż. oraz uzgodnienie z rzeczoznawcą ds. bhp.

16. Uzgodnienie z Operatorem Sieci Dystrybucyjnej układu współpracy zespołu prądotwórczego z siecią elektroenergetyczną.

Stan istniejący

Kompleks wypoczynkowy składa się z trzech budynków hotelowych oraz budynku gospodarczego. W budynku gospodarczym zainstalowana jest stacja transformatorowa ICZ-E 160kVA produkcji firmy Elektrobud S.A. Inwestor przygotował pomieszczenie agregatorowni do instalacji zespołu prądotwórczego o mocy $S = 45$ kVA, do zasilania awaryjnego niektórych odbiorników energii elektrycznej, których funkcjonowanie jest niezbędne przy zaniku napięcia w sieci elektroenergetycznej. Ponieważ moc zespołu prądotwórczego jest za mała do pokrycia mocy zapotrzebowanej przez kompleks, w poszczególnych budynkach zostały wytypowane odbiorniki objęte zrzutem obciążenia przed przejęciem zasilania przez zespół prądotwórczy.

Zespół prądotwórczy musi zabezpieczyć zasilanie odbiorników o łącznej mocy 35 kW:

» budynek nr 1 – $P_2 = 15$ kW,

» budynek nr 2 – $P_2 = 9$ kW,

» budynek nr 3 – $P_2 = 9$ kW,

» oświetlenie terenu – $P_2 = 2$ kW (część druga artykułu – „elektro.info” nr 1-2/2024).

Układ współpracy ZP z SEE należy wyposażyć w blokadę elektryczną oraz blokadę mechaniczną uniemożliwiającą zasilanie odbiorników z obydwu źródeł jednocześnie oraz zabezpieczający przed podaniem napięcia do sieci elektroenergetycznej z generatora zespołu prądotwórczego.

Opis techniczny

W budynku gospodarczym jest zainstalowana stacja transformatorowa ICZ-E 160 kVA, produkcji firmy ELEKTROBUD S.A. Stacja jest zasilana z linii SN w układzie końcowym. W sąsiednim pomieszczeniu zainstalowany został zespół prądowórczy o mocy $S = 45$ kVA. Plan rozmieszczenia budynków kompleksu przedstawia **rysunek 1**. Natomiast plan rozmieszczenia źródeł zasilających przedstawia **rysunek 2**. Na **rysunku 3** został przedstawiony schemat zasilania kompleksu. Rozdzielnica nn stacji ICZ-E 160 kVA jest zasilana poprzez układ współpracy ZP-SEE typu ATY SpM 160 produkcji firmy Socomec, który jest zainstalowany w szafie SZR, z której pobierane jest zasilanie potrzeb własnych ZP. Sterownik SZR typu ATY SpM 160 wyposażony jest w blokadę mechaniczną uniemożliwiającą załączenie obydwu źródeł jednocześnie. Sterownik posiada możliwość ręcznego przełączenia i został wyposażony w trójpołożeniowy przełącznik z pozycją neutralną. Ręczne przełączenie źródła zasilania może być realizowane w przypadku uszkodzenia układu automatyki przełączania i jest realizowane za pomocą dźwigni napędu ręcznego. Układ ręcznego przełącznika źródeł zasilania stanowi trójpozycyjny przełącznik zawierający pozycję neutralną (1-0-2), pozwalającą na odłączenie zasilanych odbiorników od obydwu źródeł zasilania. Zanik napięcia w sieci elektroenergetycznej jest wykrywany przez automatykę ZP, która uruchamia procedurę samorozruchu ZP. Podanie napięcia do odbiorników z generatora ZP następuje po automatycznym przełączeniu na zasilanie z generatora ZP, które następuje po 35 sekundach od chwili zaniku napięcia w sieci elektroenergetycznej. W rozdzielniczy głównej każdego budynku funkcjonuje automatyka zrzutu obciążenia, uruchamiana automatycznie w chwili pojawienia się napięcia na zaciskach generatora ZP (załączenie zasilania z ZP następuje z opóźnieniem w celu umożliwienia realizacji algorytmu zrzutu obciążenia). Po powrocie napięcia w sieci elektroenergetycznej następuje automatyczne przełączenie zasilania na sieć elektroenergetyczną. Po przełączeniu zasilania zespół prądowórczy pozostaje załączony na biegu jałowym przez trzy minuty, w celu wychłodzenia generatora, po czym ulega samoczynnemu wyłączeniu. Przełączenie (ręcznie przez osobę uprawnioną w przypadku awarii automatyki SZR) układu współpracy ZP-SEE na zasilanie z generatora zespołu prądowórczego następuje przez przestawienie dźwigni napędu ręcznego układu automatyki ATY SpM 160 w pozycję „2” – po wcześniejszym przełączeniu z pozycji „1” na pozycję „0”, a po powrocie napięcia w sieci elektroenergetycznej w pozycję „1”, z uwzględnieniem przejścia przez pozycję „0”, i powoduje automatyczne odtworzenie układu zasilania odbiorników w budynkach objętych zasilaniem awaryjnym. Schemat automatyki zrzutu obciążenia przed przejęciem zasilania przez generator ZP stanowi integralną część projektów instalacji elektrycznych poszczególnych budynków. Diagram działania sterownika SZR: ATY SpM 160 przedstawia **rysunek 4**. Moc czynna zapotrzebowana kompleksu: $P_z = 80$ kW, przy współczynniku mocy (bez kompensacji mocy biernej, która zostanie wykonana po uruchomieniu obiektu i wykonaniu pomiarów w celu dobrania właściwego układu kompensacji mocy biernej) $\cos\varphi = 0,8$. Moc zapotrzebowana przy zasilaniu z generatora zespołu prądowórczego wynosi $P_z = 35$ kW, przy znamionowym współczynniku mocy generatora zespołu prądowórczego $\cos\varphi = 0,8$. Moc czynna, dysponowana na zaciskach generatora ZP, wynosi 36 kW i jest wystarczająca do pokrycia mocy odbiorników objętych zasilaniem awaryjnym, określonych w projektach instalacji

elektrycznych poszczególnych budynków kompleksu, opracowanych przez projektanta instalacji elektrycznych poszczególnych budynków:

$$P_G = S_G \cdot h = 45 \cdot 0,8 = 36 \text{ kW} > P_z = 15 + 9 + 9 + 2 = 35 \text{ kW}$$

Wartość mocy zapotrzebowanej przez poszczególne budynki, przy zasilaniu z SEE oraz ZP, została określona na **rysunku 3**. Z Rnn stacji ICZ-E 100 kVA należy wyprowadzić następujące kable do zasilania poszczególnych budynków:

- YAKY 4x70 dł. 130 m + YKY 4x2,5** – zasilanie budynku nr 1 + sterowanie zrzutem obciążenia,
- YAKY 4x25 dł. 75 m + YKY 2x2,5** – zasilanie budynku nr 2 + sterowanie zrzutem obciążenia,
- YAKY 4x25 dł. 150 m + YKY 2x2,5** – zasilanie budynku nr 3 + sterowanie zrzutem obciążenia,
- YAKY 5x10** – do zasilania Rozdzielniczy Budynku Gospodarczego,
- YKYżo 5x4** – do zasilania SON.

Z toru zasilania ZP, automatyki SZR sieć-ZP, do sterowania zrzutem obciążenia przed przejęciem zasilania przez generator ZP, należy wyprowadzić kable sterownicze:

- » budynek 1: YKY 4x2,5,
- » budynek 2 oraz budynek 3: YKY 2x2,5.

W złączach kablowych należy wykonać rozdział przewodów PEN na przewody PE oraz N. Miejsce rozdziału uziemić, uzyskując rezystancję uziemienia nie większą od 30Ω . Projektowane kable zasilające wraz z kablami sterującymi zrzutem obciążenia należy układać w wykopie o głębokości 90 cm i zasypać do wysokości 30 cm nad rurą osłonową (grunt piaszczysty). Następnie należy ułożyć wzdłuż trasy kablowej taśmę kablową koloru niebieskiego o szerokości umożliwiającej wystawianie poza kable po 5 cm z każdej strony i zasypać wykop, doprowadzając teren do stanu pierwotnego. Na poszczególnych kablach, w odstępach co 10 m, należy założyć opaski kablowe zawierające następujące informacje: typ kabla * długość * trasa * rok ułożenia.

Obliczenia

1. Dobór kabli zasilania podstawowego i awaryjnego oraz kabli zasilających poszczególne budynki kompleksu:

- zasilanie podstawowe (stacja transformatorowa 15/0,4 kV; $S = 160$ kVA):

- » ze względu na długotrwałą obciążalność prądową i przeciążalność:

UWAGA!

Do obliczeń spodziewanego prądu obciążenia został przyjęty współczynnik mocy $\cos\varphi = 0,8$. Przyjęcie współczynnika mocy $\cos\varphi = 0,93$, wymaganego przez OSD, przed wprowadzeniem układu kompensacji mocy biernej, prowadzi do błędnych wyników. Obliczona wartość spodziewanego prądu obciążenia, po wprowadzeniu układu kompensacji mocy biernej, ulegnie zmniejszeniu. Przyjęcie do instalacji układu kompensacji mocy biernej wymaga po uruchomieniu instalacji wykonania badań obciążenia za pomocą specjalistycznego sprzętu. Pozwoli ono na przyjęcie właściwego rozwiązania układu kompensacji mocy biernej w celu uzyskania wartości współczynnika mocy o wartości nie mniejszej od wymaganego przez ww. rozporządzenie.

Moc zapotrzebowana przez kompleks:

$$P_z = P_{z1} + P_{z2} + P_{z3} + P_{BG} + P_{ol} = (40 + 13 + 17 + 8 + 2) \cdot 10^3 = 80 \text{ kW}$$

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

$$I_b = 144,51 \text{ A} \leq I_n = 160 \text{ A}$$

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

Warunki spełni kabel 4xYKY 70, przy sposobie ułożenia B2. Dla tak przyjętego układu przewodów długotrwałą obciążalność prądowa z uwzględnieniem przeciążalności oraz krajowych warunków termicznych otoczenia, zgodnie z normą PN-HD 60364-5-52:2011 [8], wynosi:

$$I_z = \frac{171}{\sqrt{3}} \cdot 0,75 \cdot 1,06 = 196 \text{ A} > 176,56 \text{ A}$$

Uwaga! Poprawnie dobrany kabel, zabezpieczony bezpiecznikiem topikowym, nie wymaga sprawdzenia z warunku na zwarcia, gdyż warunek ten jest automatycznie spełniony (patrz rozdział VI „Poradnika Projektanta Elektryka, J. Wiatr, M. Orzechowski, Grupa MEDIUM Sp. z o.o. Sp. k., wydanie VI, Warszawa 2021; dodruk czerwiec 2023 [13].

» dobór kabla zasilającego budynek nr 3:

$$I_b = \frac{P_z}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos\varphi} = \frac{40000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} \approx 72,26 \text{ A}$$

$$I_b = 72,26 \text{ A} \leq I_n = 80 \text{ A}$$

$$I_z \geq \frac{k_2 \cdot I_n}{1,45} = \frac{1,6 \cdot 80}{1,45} = 88,28 \text{ A}$$

Warunki spełni kabel YAKY 4x70, przy sposobie ułożenia D1. Dla tak przyjętego układu kabli długotrwałą obciążalność prądowa z uwzględnieniem przeciążalności oraz krajowych warunków gruntowych, przy zachowaniu odległości pomiędzy kablami równej jednej średnicy, zgodnie z normą PN-HD 60364-5-52:2011 [8], wynosi:

$$I_z = 1,18 \cdot 0,91 \cdot 112 = 120,26 \text{ A} > 88,28 \text{ A}$$

Sprawdzenie dobranego kabla z warunku spadku napięcia (do przekroju 70 mm² Cu lub 50 mm² Al można nie uwzględniać reaktancji i kabla, i spadek napięcia obliczać z uproszczonego wzoru: podstawa – rozdział VI „Poradnika Projektanta Elektryka” [13]):

$$\Delta U = \frac{P \cdot l \cdot 100\%}{\gamma \cdot S \cdot U^2} = \frac{40000 \cdot 130 \cdot 100\%}{35 \cdot 70 \cdot 400^2} = 1,33\% < \Delta U_{dop} = 5\%$$

» dobór kabla zasilającego budynek nr 2:

$$I_b = \frac{P_z}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos\varphi} = \frac{18000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = 32,15 \text{ A}$$

$$I_b = 32,15 \text{ A} \leq I_n = 50 \text{ A}$$

$$I_z \geq \frac{k_2 \cdot I_n}{1,45} = \frac{1,6 \cdot 50}{1,45} = 55,17 \text{ A}$$

Warunki spełni kabel YAKY 4x25, przy sposobie ułożenia D1. Dla tak przyjętego układu kabli długotrwałą obciążalność prądowa z uwzględnieniem przeciążalności oraz krajowych warunków gruntowych, przy zachowaniu odległości pomiędzy kablami równej jednej średnicy, zgodnie z normą PN-HD 60364-5-52:2011 [8], wynosi:

$$I_z = 1,18 \cdot 0,91 \cdot 64 = 68,72 \text{ A} > 55,17 \text{ A}$$

Sprawdzenie dobranego kabla z warunku spadku napięcia (do przekroju 70 mm² lub 50 mm² można nie uwzględniać reaktancji i kabla, i spadek napięcia obliczać z uproszczonego wzoru: podstawa – rozdział VI „Poradnika Projektanta Elektryka” [13]):

$$\Delta U = \frac{P \cdot l \cdot 100\%}{\gamma \cdot S \cdot U^2} = \frac{13000 \cdot 75 \cdot 100\%}{35 \cdot 25 \cdot 400^2} = 0,7\% < \Delta U_{dop} = 5\%$$

» kabel zasilający budynek nr 3:

$$I_b = \frac{P_z}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos\varphi} = \frac{17000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = 30,71 \text{ A}$$

$$I_b = 30,71 \text{ A} \leq I_n = 50 \text{ A}$$

$$I_z \geq \frac{k_2 \cdot I_n}{1,45} = \frac{1,6 \cdot 50}{1,45} = 55,17 \text{ A}$$

Warunki spełni kabel YAKY 4x25, przy sposobie ułożenia D1. Dla tak przyjętego układu kabli długotrwałą obciążalność prądowa z uwzględnieniem przeciążalności oraz krajowych warunków gruntowych, zgodnie z normą PN-HD 60364-5-52:2011 [8], wynosi:

$$I_z = 1,18 \cdot 0,91 \cdot 64 = 68,72 \text{ A} > 55,17 \text{ A}$$

Sprawdzenie dobranego kabla z warunku spadku napięcia (do przekroju 70 mm² lub 50 mm² można nie uwzględniać reaktancji i kabla, i spadek napięcia obliczać z uproszczonego wzoru: podstawa – rozdział VI „Poradnika Projektanta Elektryka” [13]):

$$\Delta U = \frac{P \cdot l \cdot 100\%}{\gamma \cdot S \cdot U^2} = \frac{17000 \cdot 150 \cdot 100\%}{35 \cdot 25 \cdot 400^2} \approx 1,83\% < \Delta U_{dop} = 5\%$$

» kabel zasilający SON:

$$I_b = \frac{P_z}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos\varphi} = \frac{2000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,9} = 3,22 \text{ A}$$

$$I_b = 3,22 \text{ A} \leq I_n = 16 \text{ A}$$

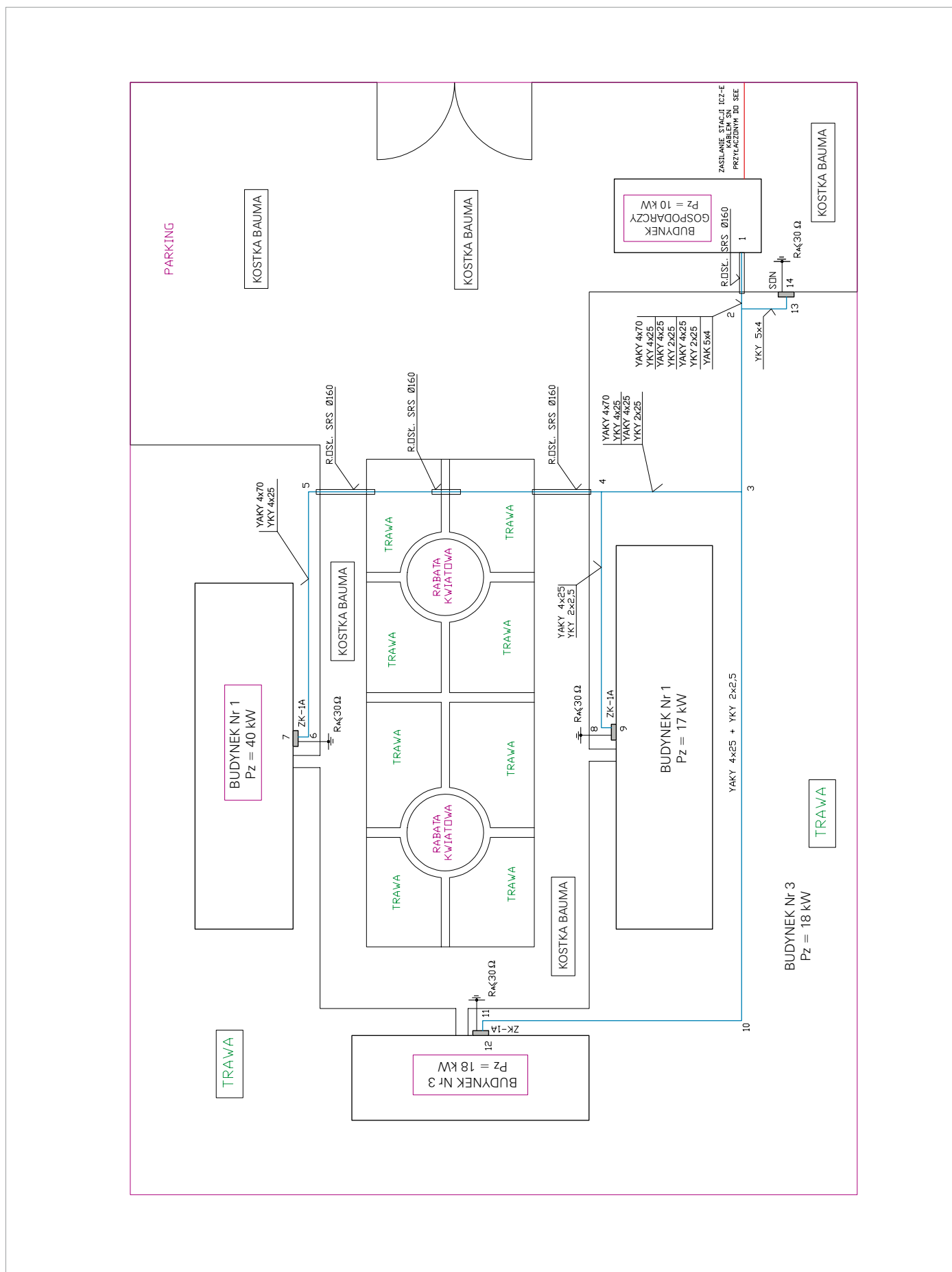
$$I_z \geq \frac{k_2 \cdot I_n}{1,45} = \frac{1,6 \cdot 16}{1,45} \approx 17,66 \text{ A}$$

Warunki spełni kabel YAY 4x4, przy sposobie ułożenia D1. Dla tak przyjętego układu kabli długotrwałą obciążalność prądowa z uwzględnieniem przeciążalności oraz krajowych warunków gruntowych, zgodnie z normą PN-HD 60364-5-52:2011 [8], wynosi:

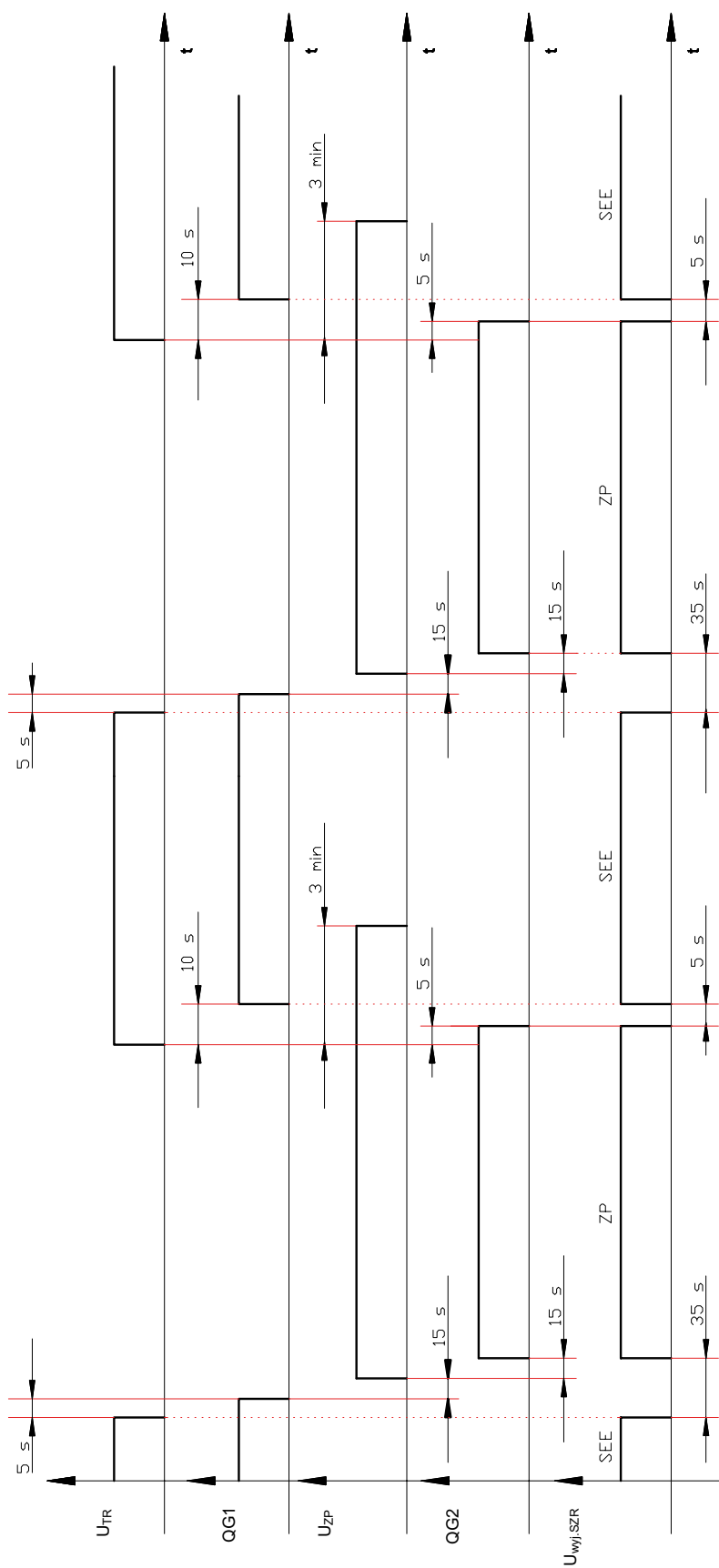
$$I_z = 1,18 \cdot 0,91 \cdot 37 = 39,73 \text{ A} \gg 17,66 \text{ A}$$

b) zasilanie ze źródła awaryjnego (zespół prądotwórczy 3x230/400 V o mocy $S_{NG} = 45 \text{ kVA}$):

$$I_b = \frac{S_{NG}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{45000}{\sqrt{3} \cdot 400} \approx 65 \text{ A}$$



Rys. 1. Plan rozmieszczenia budynków kompleksu oraz plan trasy linii kablowych rys. J. Wiatr



Rys. 4. Diagram działania sterownika SZR: ATY SpM 160 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 uziemające 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.

Głównym zabezpieczeniem jest wyłącznik nadprądowy z nastawą 80 A. Warunki spełni kabel 4xYKY 25, przy sposobie ułożenia B1. Dla tak przyjętego układu kabli długotrwałą obciążalność prądowa z uwzględnieniem przeciążalności oraz krajowych warunków termicznych otoczenia, zgodnie z normą PN-HD 60364-5-52:2011 [8], wynosi:

$$I_z = 1,06 \cdot 0,91 \cdot 101 = 97,42 \text{ A} > 80 \text{ A}$$

2. Sprawdzenie warunku wybiórczości (selektywności) w projektowanym układzie zasilania

Ponieważ największym zabezpieczeniem jest zabezpieczenie kabla zasilającego budynek główny, a sprawdzenie dotyczy stosunku zabezpieczenia głównego gTr100 w stosunku do pozostałych zabezpieczeń instalowanych w RGK, wystarczającym jest sprawdzenie warunku selektywnego działania tych zabezpieczeń:

$$\frac{gTr160}{gG80} = \frac{231}{80} \cong 2,89 > 1,6$$

Stan ten gwarantuje uzyskanie pełnej selektywności. Pozostałe zabezpieczenia posiadają wartość prądu znamionowego mniejszą od bezpiecznika gG80, stanowiącego zabezpieczenie kabla zasilającego budynek główny kompleksu, przez co stosunek prądu zabezpieczenia głównego do prądu zabezpieczenia obwodowego jest także większy od 1,6. Należy zatem uznać warunek selektywności za spełniony w całym projektowanym układzie zasilania.

3. Spodziewane prądy zwarciovowe w Rnn stacji ICZ-E 100 kVA

a) dla zwarcí symetrycznych:

» zasilanie z sieci elektroenergetycznej:

$$Z_T = x_k \cdot \frac{U_{nTr1}^2}{S_{nTr}} = 0,045 \cdot \frac{0,42^2}{0,16} = 0,0496 \Omega$$

Spodziewany prąd zwarcia dla zwarcí symetrycznych na zaciskach niskiego napięcia transformatora wynosi:

$$I_{k3}'' = \frac{c_{max} \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k3}} = \frac{1,1 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot 0,0496} = 5128 \text{ A} \approx 5,13 \text{ kA}$$

$$I_p = \sqrt{2} \cdot \kappa \cdot I_k'' = \sqrt{2} \cdot 1,4 \cdot 5,13 \cong 10,13 \text{ kA}$$

Na podstawie obliczeń należy przyjąć odporność zwarciovą instalowanych aparatów $I_{cs} \geq 10,13 \text{ kA}$, dla czasu $T_n = 0,25 \text{ s}$. Dla bezpieczników topikowych znamionowy prąd wyłączalny $I_{cn} = 50 \text{ kA}$.

» zasilanie z generatora zespołu prądowórczego o mocy $S = 45 \text{ kVA}$:

$$x_d'' = 10\%$$

$$I_{kG3}'' = \frac{U_{nG}^2}{\sqrt{3} \cdot X_{kG3}}$$

$$X_{kG3} = x_d'' \cdot \frac{U_{nG}^2}{S_{ng}}$$

$$I_{k3G}'' = 400 \cdot \left[\sqrt{3} \cdot \left(0,1 \cdot \frac{0,4^2}{0,045} \right) \right]^{-1} \approx 650,29 \text{ A}$$

$$I_p = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k3G}'' = 1,64 \cdot \sqrt{2} \cdot 0,65 \approx 1,5 \text{ kA} \ll 10,13 \text{ kA}$$

Dobrane aparaty elektryczne do warunków zasilania z sieci elektroenergetycznej nie ulegną uszkodzeniu przy zasilaniu z generatora zespołu prądowórczego.

a) dla zwarcí jednofazowych:

» na zaciskach niskiego napięcia transformatora:

$$Z_{kTr} = U_k \cdot \frac{U_{n2Tr}^2}{S_{nTr}} = 0,045 \cdot \frac{0,42^2}{0,16} = 0,0496 \Omega$$

$$I_{k1} = \frac{0,8 \cdot U_0}{Z_{kTr}} = \frac{184}{0,0496} = 3709,68 \text{ A}$$

» na zaciskach generatora zespołu prądowórczego:

$$Z_{k1G} = \frac{1}{3} \cdot \frac{U_n^2}{S_{ng}} = \frac{1}{3} \cdot \frac{0,4^2}{0,045} \cong 1,19 \Omega$$

$$I_{k1G} = \frac{0,8 \cdot U_0}{Z_{k1G}} = \frac{184}{1,19} = 154,62 \text{ A} \ll 3709,68 \text{ A}$$

Wyznaczone prądy zwarciovowe, przy zasilaniu z generatora zespołu prądowórczego, uniemożliwiają spełnienie warunku samoczynnego wyłączenia, określonego w normie PN-HD 60364-4-41:2017-09 [9], przez co zostanie przyjęta ochrona przeciwporażeniowa przez II klasę ochronności oraz zastosowanie w obwodach odbiorczych wyłączników różnicowoprądowych.

Uwagi końcowe

- Ochrona przeciwporażeniowa – druga klasa ochronności, zgodnie z wymaganiami normy PN-HD 60364-4-41:2017-09 [9]. W obwodach odbiorczych poszczególnych instalacji poszczególnych budynków – wyłączniki różnicowoprądowe.
- Wszystkie złącza kablowe ZK-1A instalowane przy budynkach – w II klasie ochronności.
- Układy automatyki zrzutu obciążenia w przypadku przejścia zasilania przez zespół prądowórczy stanowią integralną część projektów instalacji elektrycznych poszczególnych budynków, przez co zostały pominięte w artykule.
- Ochrona przepięciowa – dwustopniowa. Ogranicznik przepięć TYP I instalowany w Rnn stacji ICZ-E 160 kVA oraz ograniczniki TYP II instalowane w rozdzielnicach poszczególnych budynków.
- Po wykonaniu prac instalacyjnych należy przeprowadzić próby i pomiary pomontażowe, zgodnie z wymaganiami normy PN-HD 60364-6:2016-07 *Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 6: Sprawdzenie* oraz normy N SEP-E 004:2022-08 *Elektroenergetyczne i sygnalizacyjne linie kablowe. Projektowanie i budowa*.
- Przed oddaniem do eksploatacji układu zasilania awaryjnego należy opracować instrukcję współpracy ruchowej ZP z siecią elektroenergetyczną, którą należy uzgodnić z OSD.
- Projekt oświetlenia terenu wraz z SON stanowi osobne opracowanie i zostanie opublikowany w „elektro.info” numer 1-2/2024.
- W numerze 3/2024 opublikujemy projekt sterowania bramy wjazdowej na teren kompleksu.