

# Projekt zasilania energią elektryczną Oddziału nr 1 fabryki samochodów

Skład grupy: Kacper Borucki, Eryk Błaszczuk

Kierownik projektu: Kacper Borucki

# 1 SPIS TREŚCI

---

2	Oświadczenie o samodzielności wykonania projektu .....	5
3	Karta projektowa.....	7
4	Opis techniczny.....	11
4.1	Przedmiot i zakres opracowania .....	11
4.2	Ogólna charakterystyka Oddziału nr 1. ....	11
4.3	Wykaz dobranych odbiorników energii elektrycznej w Oddziale nr 1. ....	11
4.4	Zestawienie mocy zapotrzebowanych. ....	12
4.5	Warunki zasilania podstawowego i rezerwowego zakładu i Oddziału 1.....	12
4.5.1	Zasilanie zakładu.....	12
4.5.2	Zasilanie Oddziału nr 1 .....	13
4.6	Opis stacji oddziałowych SO1 i SO2.....	13
4.6.1	Charakterystyka stacji oddziałowej SO1.....	13
4.6.2	Charakterystyka stacji oddziałowej SO2.....	13
4.6.3	Koncepcja zasilania.....	13
4.6.4	Kompensacja mocy biernej .....	14
4.6.5	Transformatory.....	14
4.7	Warunki zwarciove. ....	15
4.8	Opis linii kablowych WLZ zasilania Oddziału 1. ....	15
4.9	Charakterystyka oświetlenia i instalacji oświetleniowej Oddziału nr 1. ....	16
4.10	Charakterystyka instalacji siłowej w Oddziale nr 1. ....	17
4.10.1	Instalacja zasilania gniazd.....	17
4.10.2	Instalacja zasilania odbiorników.....	17
4.11	Zastosowane środki ochrony przeciwporażeniowej. ....	18
4.12	Wykaz Polskich Norm wykorzystanych w projekcie i przyjętych dodatkowych założeń projektowych.....	18
4.12.1	PN EN 12464-1:2012 - Wymagania dotyczące oświetlenia podstawowego miejsc pracy dla przemysłu metalowego .....	18
4.12.2	PN-IEC 60364-5-523: 2001 – Dobór przewodów na obciążalność długotrwałą.....	18
4.12.3	PN-IEC 60364-4-41:2007 – Maksymalny czas zadziałania zabezpieczeń przeciwporażeniowych.....	18
5	Zakres obliczeń projektowych .....	19
5.1	Dobór urządzeń odbiorczych w Oddziale nr 1.....	19
5.2	Projekt oświetlenia ogólnego Oddziału nr 1. ....	19
5.2.1	Wersja #1: Konwencjonalna, z oprawami oświetleniowymi opartymi o świetlówki ....	20
5.2.2	Wersja #2: Energooszczędna, z oprawami oświetleniowymi opartymi o LED-y.....	20

5.2.3	Ostatecznie wybrano wariant 1, energooszczędny, ze względu na następujące korzyści: 21	
5.3	Opracowanie koncepcji sieci rozdzielczej w zakładzie (zasilania podstawowego i rezerwowego).....	21
5.3.1	Wariant 1.....	21
5.3.2	Wariant 2.....	22
5.4	Obliczenia mocy szczytowej Oddziału nr 1 i całego zakładu. ....	23
5.4.1	Oddział nr 1 – metoda zastępczej liczby odbiorników .....	23
5.4.2	Oddział nr 2 – metoda wskaźnika zapotrzebowania mocy <b>kz</b> .....	24
5.5	Dobór baterii kondensatorów do kompensacji mocy biernej.....	25
5.5.1	Oddział nr 1: .....	25
5.5.2	Oddział nr 2: .....	25
5.5.3	Oddział nr 3: .....	25
5.5.4	Oddział nr 4: .....	25
5.6	Dobór transformatorów w stacjach oddziałowych. ....	26
5.6.1	Oddział 1:.....	26
5.6.2	Oddział 2:.....	26
5.6.3	Oddział 3:.....	26
5.6.4	Oddział 4:.....	26
5.6.5	Stacja SO1:.....	27
5.6.6	Stacja SO2:.....	27
5.7	Obliczenia zwarciove. ....	27
5.7.1	System elektroenergetyczny .....	27
5.7.2	Transformator dwuuzwojeniowy .....	27
5.7.3	Maksymalny początkowy prąd zwarcia trójfazowego na szynach NN transformatora	27
5.7.4	Prądy początkowy i udarowy zwarcia trójfazowego w rozdzielnicy oddziałowej oddziału 1 – zasilanie podstawowe.....	28
5.7.5	Prądy początkowy i udarowy zwarcia trójfazowego w rozdzielnicy oddziałowej oddziału 1 – zasilanie rezerwowe.....	28
5.8	Dobór linii kablowej WLZ1 do Oddziału nr 1. ....	28
5.8.1	WLZ1 do zasilania podstawowego: .....	28
5.8.2	WLZ1 do zasilania rezerwowego: .....	33
5.9	Obliczenia wybranych obwodów instalacji odbiorczej.....	35
5.9.1	Dobór przewodów i zabezpieczeń do obwodów pras.....	35
5.9.2	Dobór przewodów i zabezpieczeń do obwodów podnośników .....	38
5.9.3	Dobór przewodów i zabezpieczeń do obwodów przenośników .....	40
5.9.4	Dobór przewodów i zabezpieczeń do obwodów pieców .....	43

5.9.5	Dobór przewodów i zabezpieczeń do obwodów gniazd 3-fazowych.....	45
5.9.6	Dobór przewodów i zabezpieczeń do obwodów gniazd 1-fazowych.....	47
6	Wykaz rysunków technicznych.....	53
6.1	Podkładka budowlana ze schematami rozmieszczenia urządzeń odbiorczych w Oddziale nr 1.	53
6.2	Plan instalacji siłowej w Oddziale nr 1.....	53
6.3	Plan instalacji oświetleniowej w Oddziale nr 1. ....	53
6.4	Plan zagospodarowania przestrzennego zakładu. ....	53
7	Literatura .....	54
8	Załączniki .....	55

## 2 OŚWIADCZENIE O SAMODZIELNOŚCI WYKONANIA PROJEKTU

Tabela 1. Zestawienie osób odpowiedzialnych za poszczególne zadania

Etap projektu	Zadanie	Kacper Borucki	Eryk Błaszczyk
Etap 1: Projekt oświetlenia ogólnego oddziału nr 1	Wariant tradycyjny instalacji oświetleniowej	-	+
	Wariant energooszczędny instalacji oświetleniowej	+	-
	Wybór wariantu oświetlenia do zastosowania	+	+
Etap 2: Dobór urządzeń do oddziału nr 1	Dobór silników pras, podnośników, przenośników	+	-
	Dobór pieców oporowych	+	-
	Dobór gniazd	+	-
Etap 3: Wyznaczenie obliczeniowej mocy szczytowej dla oddziału nr 2	Wyznaczenie obliczeniowej mocy szczytowej dla oddziału nr 2 metodą wskaźnika zapotrzebowania	-	+
Etap 4: Wyznaczenie obliczeniowej mocy szczytowej dla oddziału nr 1	Wyznaczenie obliczeniowej mocy szczytowej dla oddziału nr 1 metodą zastępczej liczby odbiorników	+	-
	Zestawienie tabelaryczne mocy szczytowej poszczególnych oddziałów	+	-
Etap 5: Opracowanie koncepcji zasilania podstawowego i rezerwowego zakładu	Koncepcja zasilania - wariant 1	+	-
	Koncepcja zasilania – wariant 2	-	+
	Wybór wariantu koncepcji zasilania	+	+
Etap 6: Opracowanie koncepcji kompensacji mocy biernej	Kompensacja mocy biernej – wariant 1 – kompensacja grupowa	+	+
	Kompensacja mocy biernej – wariant 2 – kompensacja lokalna	+	-
	Wybór wariantu kompensacji mocy biernej	+	+
	Dobór urządzeń do kompensacji mocy biernej	+	-
Etap 7: Dobór transformatorów w stacjach oddziałowych	Dobór transformatorów na podstawie katalogów producentów	+	+
	Obliczenie spodziewanych wartości początkowych zwarcia trójfazowego na szynach NN w stacjach transformatorowych	+	-
Etap 8: Dobór WLZ1 zasilania podstawowego i WLZ1R zasilania rezerwowego	Dobór WLZ1 zasilania podstawowego zgodnie z algorytmem doboru przewodów	+	-
	Dobór zabezpieczeń WLZ1	+	-
	Dobór WLZ1R zasilania rezerwowego zgodnie z algorytmem doboru przewodów	+	-
	Dobór zabezpieczeń WLZ1R	+	-
	Obliczenie prądów zwarciovych na poziomie RO oddziału nr 1	+	-
Etap 9: Obliczenia instalacji siłowej	Dobór przewodów i zabezpieczeń dla silników pras, podnośników i przenośników	+	-
	Dobór przewodów i zabezpieczeń dla pieców	+	-
	Dobór przewodów i zabezpieczeń dla gniazd	+	-

<b>Etap projektu</b>	<b>Zadanie</b>	<b>Kacper Borucki</b>	<b>Eryk Błaszczuk</b>
Etap 10: Obliczenia instalacji oświetleniowej	Plan instalacji oświetleniowej oddziału nr 1	-	+
	Dobór przewodów i zabezpieczeń dla obwodów oświetleniowych	-	+
	Koncepcja układu sterowania oświetleniem	-	+
Etap 11: Opracowanie dokumentacji rysunkowej	Plan zagospodarowania przestrzennego zakładu	-	+
	Podkładka budowlana ze schematem rozmieszczenia urządzeń w oddziale nr 1	+	-
	Plan instalacji siłowej w oddziale nr 1	+	-
	Plan instalacji oświetleniowej w oddziale nr 1	-	+
Etap 12: Opracowanie opisu technicznego	Opracowanie opisu technicznego dla projektu	+	-
Dokumentacja	Opracowanie dokumentacji projektu	+	-

### 3 KARTA PROJEKTOWA

#### KARTA PROJEKTOWA nr 17

Kurs: Urządzenia elektryczne 3 – projekt (ST-II 2019/2020)

Zespół Urządzeń Elektroenergetycznych (ZUE) – [www.zue.pwr.wroc.pl](http://www.zue.pwr.wroc.pl)

Katedra Energoelektryki

Prowadzący: Mgr inż. Mirosław Kobusiński

Imię i nazwisko studenta, numer indeksu... KALPER BORUCKI 245365

Imię i nazwisko studenta, numer indeksu... FRYK BŁASZCZYK 240763

Projekt zasilania energią elektryczną Oddziału nr 1  
zakładu przemysłowego

Nazwa zakładu przemysłowego... Fabryka samochodów

#### Podstawowe założenia projektowe

#### A. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA ODDZIAŁU nr 1

A1. Nazwa oddziału: ...Istocznia

A2. Warunki środowiskowe: pomieszczenie przemysłowe normalne.

A3. Branża – przemysł metalowy i maszynowy.

A4. Kategoria zasilania: II

A5. Konstrukcja budynku: z materiałów izolacyjnych.

A6. Kształt pomieszczenia: prostopadłościan

A7. Wymiary gabarytowe pomieszczenia, [m]: dł. (L) ...25..., szer. (S) ...18..., wys. (H) ...7,5...

A8. Dwoje drzwi wejściowych naprzeciwległych na dwóch bokach pomieszczenia.

A7. Odbiorniki energii elektrycznej w Oddziale nr 1 zainstalowane na stałe:

Grupa urządzeń	ODBIORNIK	P <sub>0</sub> kW	P <sub>n</sub> kW	I <sub>n</sub> A	U <sub>n</sub> V	Liczba odbiorników w grupie
1	Gniazda 3 fazowe	-		16-32-63	400	6
2	Gniazda 1 fazowe	-		10-16	230	18
3	Prasy	20,0		-	400	4
4	Podnośniki	10,0		-	400	4
5	Przenośniki	7,0		-	400	2
6	Piece oporowe	15,0		-	400	4

#### Objaśnienia i uwagi:

P<sub>0</sub> – moc wymagana przez maszynę napędzaną (należy dobrać silnik klatkowy 3-fazowy nn, w maszynie przewidzieć tylko jeden silnik, obudowa kołnierзова). Silniki zasilane na stałe. Gniazda przeznaczone są do zasilania odbiorników przenośnych.

A8. Układ sieci w zakładzie: TN

A9. Dodatkowa ochrona przeciwporażeniowa: samoczynne wyłączenie zasilania.

A10. Sposoby prowadzenia instalacji siłowej:

Silniki - ...kabelki kablowe

Gniazda - ...korytka kablowe

## B. WARUNKI ZASILANIA ENERGIAŁ ELEKTRYCZNĄ ODDZIAŁU nr 1

B1. Zasilanie podstawowe ze stacji oddziałowej SO1 SO2 na napięciu 400/230V linią WLZ 1.

B2. Sposób prowadzenia WLZ: ..... *bezpośrednio w ziemi* .....

B3. Długość linii WLZ1: ..... *80* .....m.

B4. Liczba kabli we wspólnym wykopie oprócz linii WLZ1: ..... *2* .....

B5. Odległość w świetle między sąsiednimi kablami: *0* / *12,5* - 25 - *50* cm.

## C. CHARAKTERYSTYKA STACJI ODDZIAŁOWEJ SO 1

C1. Napięcia znamionowe stacji SO1: *6* - *10* - *15* - *20* - 30 kV / 0,4 kV .

C2. Moc zwarciova na szynach SN stacji SO1: ..... *320* .....MV·A.

C3. Wymagana wartość  $\cos \varphi$  na szynach nn stacji SO1: ... *0,81* .....

## D. CHARAKTERYSTYKA STACJI ODDZIAŁOWEJ SO 2

C1. Napięcia znamionowe stacji SO2: *6* - *10* - 15 - 20 - 30 kV / 0,4 kV .

C2. Moc zwarciova na szynach SN stacji SO2: ..... *160* .....MV·A.

C3. Wymagana wartość  $\cos \varphi$  na szynach nn stacji SO2: ... *0,81* .....

## E. CHARAKTERYSTYKA ODDZIAŁÓW

Nr	Nazwa oddziału	$P_n$ kW	$P_s$ kW	$\cos \varphi$	Kategoria zasilania
1	<i>Tboczenia</i>	-	-	-	II - <i>70</i> ...%
2	<i>Lakiernia</i>	<i>320</i>	-	-	I - 100%
3	Oddział 3	-	<i>350</i>	<i>0,80</i>	II - <i>60</i> ...%
4	Oddział 4	-	<i>280</i>	<i>0,79</i>	III

## F. ZAWARTOŚĆ DOKUMENTACJI PROJEKTOWEJ

D1. Strona tytułowa.

D2. Spis treści.

D3. Karta projektowa.

D4. Opis techniczny.

D5. Obliczenia projektowe.

D6. Rysunki techniczne.

D7. Literatura.

D8. Załączniki (karty katalogowe, wydruki programów).

## G. ZAWARTOŚĆ OPISU TECHNICZNEGO

1. Przedmiot i zakres opracowania.

2. Ogólna charakterystyka Oddziału nr 1.

3. Wykaz dobranych odbiorników energii elektrycznej w Oddziale nr 1.

4. Zestawienie mocy zapotrzebowanych.

5. Warunki zasilania podstawowego i rezerwowego zakładu i Oddziału 1.

6. Opis stacji oddziałowych SO1 i SO2..



7. Warunki zwarciove.
8. Opis linii kablowych WLZ zasilania Oddziału nr 1.
9. Charakterystyka oświetlenia i instalacji oświetleniowej Oddziału nr 1.
10. Charakterystyka instalacji siłowej w Oddziale nr 1.
11. Zastosowane środki ochrony przeciwporażeniowej.
12. Wykaz Polskich Norm wykorzystanych w projekcie i przyjętych dodatkowych założeń projektowych.

#### **H. ZAKRES OBLICZEŃ PROJEKTOWYCH**

- F1. Dobór urządzeń odbiorczych w Oddziale nr 1.
- F2. Projekt oświetlenia ogólnego Oddziału nr 1.
- F3. Opracowanie koncepcji sieci rozdzielczej w zakładzie (zasilania podstawowego i rezerwowego).
- F3. Obliczenia mocy szczytowej Oddziału nr 1 i całego zakładu
- F4. Dobór baterii kondensatorów do kompensacji mocy biernej.
- F5. Dobór transformatorów w stacjach oddziałowych.
- F6. Obliczenia zwarciove.
- F7. Dobór linii kablowej WLZ1 do Oddziału nr 1.
- F8. Obliczenia wybranych obwodów instalacji odbiorczej.

#### **I. WYKAZ RYSUNKÓW TECHNICZNYCH**

1. Podkładka budowlana ze schematami rozmieszczenia urządzeń odbiorczych w Oddziale nr 1.
2. Plan instalacji siłowej w Oddziale nr 1.
3. Plan instalacji oświetleniowej w Oddziale nr 1.
4. Plan zagospodarowania przestrzennego zakładu.
5. Schemat ideowy sieci rozdzielczej w zakładzie.

Na rysunkach wchodzących w skład projektu należy umieścić metryczkę (tabelkę) rysunku, zawierającą:

- nazwę obiektu budowlanego,
- przedmiot, skalę i numer rysunku,
- imię i nazwisko projektanta, data i podpis,
- imię i nazwisko osoby sprawdzającej.

#### **J. LITERATURA**

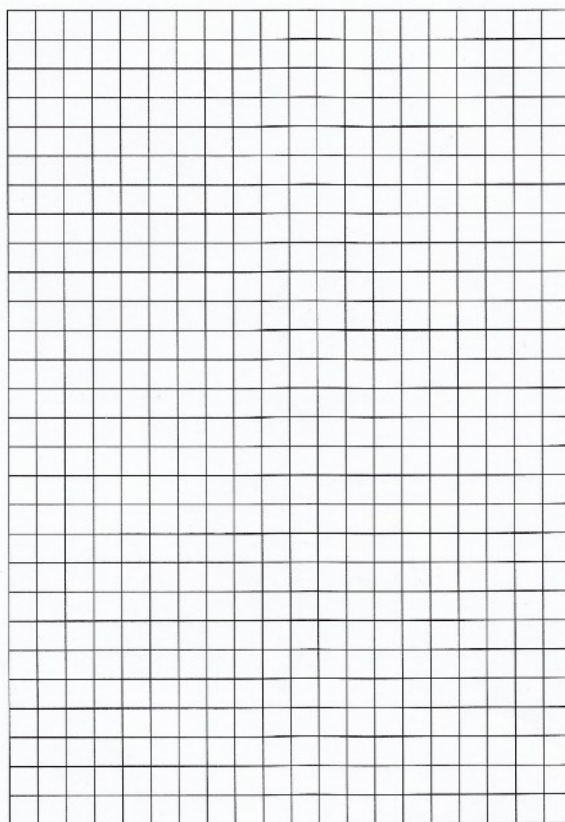
Należy podać wykaz wykorzystanych publikacji, norm, katalogów, stron WWW, programów komputerowych itd..

#### **K. ZAŁĄCZNIKI**

- Wydruki wyników użytych programów komputerowych.
- Karty katalogowe dobranych urządzeń.

#### **L. Terminy**

DATA WYDANIA TEMATU	TERMIN ODDANIA PRACY	OCENA DOKUMENTACJI
10.03.2020	16.06.2020	



250x200m

☐ 10x10m

Obiekt:		
Adres:		
Inwestor:		
Projektant:		Sprawdzający: mgr inż. Mirosław Kobusiński
Nr rys. 4/5	Tytuł rys. <b>Plan zagospodarowania przestrzennego.</b>	Skala: 1:2000
		Data: luty 2010

## 4 OPIS TECHNICZNY

### 4.1 PRZEDMIOT I ZAKRES OPRACOWANIA

Przedmiotem niniejszego opracowania jest projekt wykonawczy wewnętrznej instalacji elektrycznej Oddziału nr 1 fabryki samochodów oraz koncepcja zasilania całej fabryki z dwóch stacji oddziałowych, z uwzględnieniem kompensacji mocy biernej.

Opracowanie obejmuje sposób rozmieszczenia maszyn, gniazd, sposób prowadzenia instalacji elektrycznej oraz wykaz dobranych zabezpieczeń w Oddziale nr 1.

### 4.2 OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA ODDZIAŁU NR 1

Tabela 2. Ogólna charakterystyka oddziału nr 1 - dane obiektu

<b>Nazwa oddziału</b>	Tłocznia
<b>Warunki środowiskowe</b>	Pomieszczenie przemysłowe normalne
<b>Branża</b>	Przemysł metalowy i maszynowy
<b>Kategoria zasilania</b>	II – 70%
<b>Konstrukcja budynku</b>	Z materiałów izolacyjnych: <ul style="list-style-type: none"><li>• Podłoga: beton</li><li>• Sufit: gips, tynk</li><li>• Ściany: tynk wapienny</li></ul>
<b>Kształt pomieszczenia</b>	Prostopadłościan Dwoje drzwi naprzeciwległych na dwóch bokach pomieszczenia (zgodnie z rys. 2)
<b>Wymiary gabarytowe pomieszczenia</b>	Długość: 25 m Szerokość: 18 m Wysokość: 7,5 m
<b>Układ sieci w zakładzie</b>	TN-C-S
<b>Dodatkowa ochrona przeciwporażeniowa</b>	Samoczynne wyłączenie zasilania

### 4.3 WYKAZ DOBRANYCH ODBIORNIKÓW ENERGII ELEKTRYCZNEJ W ODDZIALE NR 1



Odbiorniki energii elektrycznej w oddziale nr 1 dobrano na podstawie minimalnych wymaganych mocy dla poszczególnych rodzajów urządzeń zestawionych w Tabeli 20. Gniazda dobrano na podstawie wymaganego prądu znamionowego, odpowiednio 63 A dla gniazd 3-fazowych oraz 16 A dla gniazd 1-fazowych.

Ze względu na możliwości montażu stosownie do wymagań danych stanowisk pracy, zdecydowano się w każdym przypadku na silniki w obudowie kołnierzej.

Oprawy oświetleniowe oraz ich rozmieszczenie zostały dobrane zgodnie z wymaganiami przedstawionymi w PN EN 12464-1:2012. Dane te zostały zgromadzone w formie tabelarycznej w Tabeli 21. Dobór opraw wykonano przy wykorzystaniu oprogramowania Dialux na podstawie danych wejściowych zestawionych w Tabeli 22.

Tabela 3 Odbiorniki energii elektrycznej w oddziale nr 1

Typ	Producent	Model	Liczba odb.	$P_n$ [kW]	$\omega$ [rpm]	$I_n$ [A]	$\eta$ [-]	$\cos\varphi_n$ [-]	$M_n$ [Nm]	$k_r$ [-]	$U_n$ [V]	Karta kat.
Gniazda 3-fazowe	PCE	113-6	6	25,2	-	63	-	-	-	-	400	[ZaŁ. 5]
Gniazda 1-fazowe	PCE	135-6	18	3,68	-	16	-	-	-	-	230	[ZaŁ. 4]
Prasy	Promotor	YX3 200L2-6	4	22	970	42,1	0,92	0,82	216,6	7,3	400	[ZaŁ. 8]
Podnośniki	Tamel	3SkG160L-6-IE2	4	11	980	24	0,887	0,75	107,2	7,5	400	[ZaŁ. 7]
Przenośniki	Tamel	3SKG160M-6-IE2	2	7,5	975	16,6	0,872	0,75	73,5	6,5	400	[ZaŁ. 7]
Piecy oporowe	Industry2.0	ICF 1100_92	4	15	-	-	-	-	-	-	400	[ZaŁ. 6]
Oprawy oświetleniowe	ESSYSTEM	6873060 CO4 235	48	0,077	-	0,37	-	0,95	-	38	230	[ZaŁ. 3]

## 4.4 ZESTAWIENIE MOCY ZAPOTRZEBOWANYCH

Tabela 4: Zestawienie mocy zapotrzebowanych dla poszczególnych oddziałów

Informacje o oddziałach				Zasilanie podstawowe			Zasilanie rezerwowe	
Nr	Nazwa	$P_n$ [kW]	Kat. Zasilania	$P_{sz}$ [kW]	$Q_{sz}$ [kvar]	$\cos\varphi_{sz}$	$P_{rez}$ [kvar]	$Q_{rez}$ [kvar]
1	Tłocznia	429,3	II - 70%	143,9	110,9	0,792	100,7	77,6
2	Lakiernia	320,0	I - 100%	173,4	92,6	0,882	173,4	92,6
3	Oddział 3	-	II - 60%	350,0	262,5	0,800	210,0	157,5
4	Oddział 4	-	III	280,0	217,3	0,790	-	-

## 4.5 WARUNKI ZASILANIA PODSTAWOWEGO I REZERWOWEGO ZAKŁADU I ODDZIAŁU 1

### 4.5.1 Zasilanie zakładu



Linie zasilające do poszczególnych oddziałów poprowadzić zgodnie z planem zagospodarowania przestrzennego 6.4. Zasilanie podstawowe i rezerwowe poszczególnych oddziałów zestawiono w Tabela 5 oraz Tabela 6.

Zastosować urządzenia do kompensacji mocy biernej na poziomie poszczególnych oddziałów. Zestawienie urządzeń do kompensacji mocy biernej podano w Tabela 10.

Tabela 5: Podstawowe zasilanie poszczególnych oddziałów

Stacja	Zasilane oddziały	P	Q	S	$\cos\phi$
SO1	1 i 3	493,9	373,4	619,2	0,798
SO2	2 i 4	453,4	309,9	551,0	0,823

Tabela 6: Rezerwowe zasilanie poszczególnych oddziałów

Stacja	Rezerwowane oddziały	P	Q	S	$\cos\phi$
SO1	2	173,4	92,6	196,6	0,882
SO2	1 i 3	310,7	235,1	389,7	0,797

#### 4.5.2 Zasilanie Oddziału nr 1

Zasilanie podstawowe Oddziału nr 1 należy doprowadzić przewodem YKY-żo 4x240SM ze Stacji Oddziałowej nr 1, a zasilanie rezerwowe doprowadzić przewodem YAKXS-żo 4x240SM ze Stacji Oddziałowej nr 2 zgodnie ze sposobem podanym na planie zagospodarowania Fabryki Samochodów (rys. 1). W obydwu przypadkach napięcie doprowadzić na poziomie 400/230 V.

Urządzenie do kompensacji mocy biernej zamontować przy rozdzielnicy oddziałowej z wyłączonym ostatnim członem baterii kondensatorów. Model urządzenia do zamontowania podano w Tabeli 10.

Główne zabezpieczenia zwarciovowe dla poszczególnych linii zasilających oddziału nr 1 zestawiono w Tabeli 17. Zastosować wymienione tam wkładki bezpiecznikowe na poziomie RO jako zabezpieczenie całego oddziału.

### 4.6 OPIS STACJI ODDZIAŁOWYCH SO1 I SO2

Zasilanie ze stacji oddziałowych do rozdzielnic oddziałowych doprowadzić zgodnie z planem zagospodarowania przestrzennego fabryki oraz z wytycznymi dotyczącymi zasilania podstawowego i rezerwowego dla poszczególnych oddziałów, zestawionymi w Tabeli 5 i Tabeli 6.

Zdecydowano się na zastosowanie kompensacji miejscowej, zatem w SO1 i SO2 nie trzeba stosować dodatkowych baterii kondensatorów energetycznych.

Transformatory do zamontowania na poszczególnych stacjach oddziałowych zestawiono w Tabeli 13.

#### 4.6.1 Charakterystyka stacji oddziałowej SO1

Tabela 7: Dane stacji oddziałowej SO1

Napięcia znamionowe stacji	30 kV / 0,4 kV
Moc zwarciovowa na szynach SN stacji	320 MVA
Wymagana wartość $\cos\varphi$ na szynach nn stacji	0,91

#### 4.6.2 Charakterystyka stacji oddziałowej SO2

Tabela 8: Dane stacji oddziałowej SO2

Napięcia znamionowe stacji	15 kV / 0,4 kV
Moc zwarciovowa na szynach SN stacji	16 MVA
Wymagana wartość $\cos\varphi$ na szynach nn stacji	0,91

#### 4.6.3 **Koncepcja zasilania**



Po rozpatrzeniu dwóch wariantów koncepcji zasilania, wybrano wariant z mniejszymi różnicami w zapotrzebowanych mocach oddziałów. Pozwoliło to na bardziej równomierny rozkład obciążenia między stacjami oddziałowymi.

Tabela 9: Obciążenie stacji oddziałowych podczas zasilania rezerwowego – bez kompensacji mocy biernej

Stacja	Zasilane oddziały	Rezerwowane oddziały	P	Q	S	$\cos\varphi$
SO1	1 i 3	2	667,3	466,0	815,8	0,818
SO2	2 i 4	1 i 3	764,2	545,0	940,7	0,812

#### 4.6.4 Kompensacja mocy biernej

Zdecydowano się na zastosowanie kompensacji mocy biernej w każdym z oddziałów, co pozwoliło na ograniczenie wielkości prądów obciążających linie zasilające, a także uprościło eksploatację – w przypadku konieczności rezerwowania któregoś z oddziałów, nie trzeba przełączać urządzeń do kompensacji mocy biernej. Ponadto dzięki temu można było zastosować mniejsze przekroje przewodów.

Tabela 10: Dobrane urządzenia do kompensacji mocy biernej

Stacja	Producent	Model	Moc baterii [kvar]	St. Regulacji [kvar]	Ilość członów	Ilość stopni regulacji	Szereg regulacyjny
1	Olmex	BK-55 55/5	55	5	4	11	1:2:4:4
2	Olmex	BK-25 16/2	16	2	4	8	1:2:2:3
3	Olmex	BKH-96 115/5	115	5	5	23	1:2:4:8:8
4	Olmex	BK-180 95/5	95	5	5	19	1:2:4:6:6

Tabela 11: Obciążenie SO1 i SO2 podczas zasilania podstawowego z kompensacją mocy biernej

Stacja	Zasilane oddziały	P	Q	S	cosφ
SO1	1 i 3	493,9	213,4	538,0	0,918
SO2	2 i 4	453,4	205,9	498,0	0,911

Tabela 12: Obciążenie SO1 i SO2 podczas zasilania rezerwowego z kompensacją mocy biernej

Stacja	Zasilane oddziały	Rezerwowane oddziały	P [kW]	Q [kvar]	S [kVA]	cosφ [-]
SO1	1 i 3	2	667,3	292,0	728,5	0,916
SO2	2 i 4	1 i 3	764,2	340,0	836,4	0,914

#### 4.6.5 Transformatory

Transformatory dobrano w taki sposób, aby spełniały wymagania dotyczące zapotrzebowania na energię wszystkich oddziałów zarówno podczas normalnej pracy (zasilanie podstawowe), jak i podczas rezerwowania oddziałów. Wybrane transformatory wykonane są w izolacji żywicznej ze względu na zwiększone bezpieczeństwo przeciwpożarowe.

Tabela 13: Dobrane transformatory

Stacja	Producent	Seria	Nr ref.	$U_k$ [%]	Napięcie pierwotne [kV]	Napięcie wtórne [V]	$P_0$ [W]	$P_k$ [W] przy 120°C	$I_0$ [%]
SO1	Legrand	A <sub>0</sub> A <sub>k</sub>	FJ5AAAQBB	6,5	33	400	1495	8800	0,9
SO2	Legrand	A <sub>0</sub> A <sub>k</sub>	FK3AAAFBB	6	15	400	1550	9000	0,7



## 4.7 WARUNKI ZWARCIOWE

Tabela 14: Wartości impedancji poszczególnych elementów pętli zwarcia

Element sieci	$R$ [Ω]	$X$ [Ω]	$Z$ [Ω]
System elektroenergetyczny	$45 \cdot 10^{-6}$	$0,45 \cdot 10^{-3}$	$0,45 \cdot 10^{-3}$
Transformator SO	$2,2 \cdot 10^{-3}$	$12,8 \cdot 10^{-3}$	$13 \cdot 10^{-3}$
WLZ – zasilanie podstawowe	$6,0 \cdot 10^{-3}$	$5,6 \cdot 10^{-6}$	-
WLZ – zasilanie rezerwowe	$18,9 \cdot 10^{-3}$	$10,5 \cdot 10^{-6}$	-

Tabela 15: Wyznaczone prądy zwarcia w sieci

Miejsce zwarcia	Prąd zwarcia	Wartość
Szyny NN transformatora SO	$I''_{k3}$	17,165 kA
Rozdzielnica oddziałowa SO1 – zasilanie podstawowe	$I''_{k3}$	14,805 kA
	$i_p$	26,172 kA
Rozdzielnica oddziałowa SO1 – zasilanie rezerwowe	$I''_{k3}$	9,237 kA
	$i_p$	14,369 kA

## 4.8 OPIS LINII KABLOWYCH WLZ ZASILANIA ODDZIAŁU 1

Linie kablowe WLZ dobrano zgodnie z normą PN-IEC 60364-5-523: 2001. Linie zasilające WLZ1 i WLZR poprowadzić w ziemi zgodnie z 6.4, przy czym liczba kabli we wspólnym wykopie poza WLZ1 nie powinna być większa niż 2.



Tabela 16: Dobrane przewody oraz ich właściwości

Rodzaj zasilania	Producent	Model	Ilość żył	Wykonanie żył	Izolacja	$S$ [mm <sup>2</sup> ]	$I_z$ [A]
Podstawowe WLZ1	TFKable	YKY-żo 4x240SM	4	Miedź	XLPE	240	351
Rezerwowe WLZ1R	TFKable	YAKXS-żo 4x240SM	4	Aluminium	XLPE	240	272

Tabela 17: Dobrane wkładki topikowe do zabezpieczeń przęteżeniowych



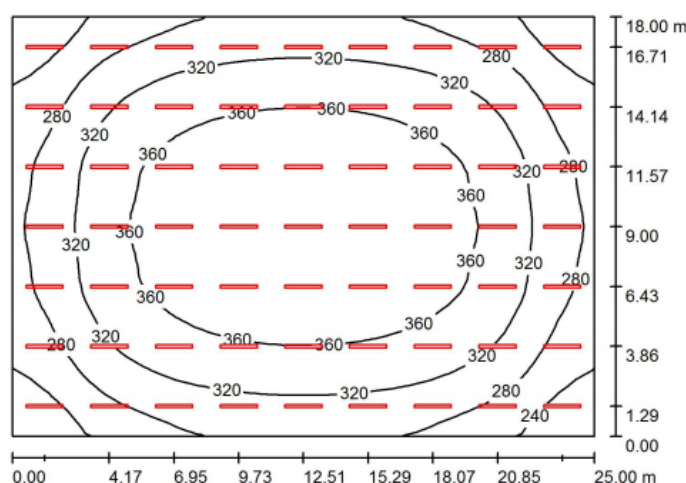
Rodzaj zasilania	Wybrana wkładka topikowa	Charakterystyka zabezpieczenia	$I_n$	$U_n$
Podstawowe WLZ1	ETI WT/NH -1 KOMBI gG/gL 004184119	gG / gL	250 A	400 V
Rezerwowe WLZ1R	ETI WT/NH -1 KOMBI gG/gL 004184124	gG / gL	160 A	400 V

## 4.9 CHARAKTERYSTYKA OŚWIETLENIA I INSTALACJI OŚWIETLENIOWEJ ODDZIAŁU NR 1

Projekt instalacji oświetleniowej oddziału nr 1 został opracowany w dwóch wariantach – energooszczędnym oraz konwencjonalnym. Po porównaniu obydwu opcji dokonano analizy porównawczej i zdecydowano się na wariant konwencjonalny z wykorzystaniem opraw ESSYSTEM 6873060 CO4 235.

Oświetlenie zaprojektowano w sposób zgodny z 4.12.1, a także mając na celu równomierne obciążenie poszczególnych faz. Projekt połączenia instalacji został zamieszczony w 6.3.

Do zasilania instalacji oświetleniowej zgodnie z 6.3 przewody H07V-K (LgY) 2,5 poprowadzić w korytkach kablowych pod sufitem. Oprawy oświetleniowe zamontować na wysokości 6,5 m. Jako zabezpieczenie zastosować wkładki topikowe ETI D01 gG 6A.



Wysokość pomieszczenia: 7.500 m, Wysokość montażu: 7.500 m,  
Współczynnik konserwacji: 0.57

Wartości Lux, Skala 1:232

Powierzchnia	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Płaszczyzna pracy	/	323	204	396	0.632
Podłoga	27	307	203	381	0.662
Sufit	78	114	98	154	0.858
Ściany (4)	47	244	146	403	/

### Płaszczyzna pracy:

Wysokość: 0.850 m  
Siatka: 32 x 32 Punkty  
Margines: 0.000 m

### UGR

Lewa ściana  
Dolna ściana  
(CIE, SHR = 0.25.)

### Wzdłuż-

24  
24

### W poprzek

21  
22

### do osi oświetlenia

Liczba punktów poniżej 400 lx (do IEQ-7): 100.00%.

### Wykaz opraw

Nr.	Ilość	Etykieta (Czynnik korekcyjny)	$\Phi$ (Oprawa) [lm]	$\Phi$ (Lampy) [lm]	P [W]
1	63	ESSYSTEM 6873060 CO4 235 (1.000)	5463	6600	77.0
W sumie:			344171	415800	4851.0

Specyfikacja mocy przyłączeniowej:  $10.78 \text{ W/m}^2 = 3.33 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Powierzchnia podstawowa:  $450.00 \text{ m}^2$ )

Rysunek 1. Projekt instalacji oświetleniowej - zestawienie danych z programu Dialux



## 4.10 CHARAKTERYSTYKA INSTALACJI SIŁOWEJ W ODDZIALE NR 1

### 4.10.1 Instalacja zasilania gniazd

Przewody gniazd 3-fazowych oraz 1-fazowych poprowadzić w nieperforowanych korytkach kablowych na ścianie, na wysokości 5 m, zgodnie z rysunkiem zamieszczonym w 6.2. Gniazda zamontować na wysokości 1,25 m. Obwody gniazd zabezpieczyć wkładkami topikowymi zgodnie z Tabela 19.

Do instalacji gniazd 1-fazowych użyć przewodu TFKable YDYżo 3-żyłowego, o przekroju żyły  $4 \text{ mm}^2$  w izolacji PVC. Dla gniazd 3-fazowych zastosować przewód YKXS-żo 5-żyłowy, o przekroju żyły  $16 \text{ mm}^2$  w izolacji XLPE. Zdecydowano się na izolację XLPE ze względu na mniejsze przekroje żył.

### 4.10.2 Instalacja zasilania odbiorników

Zasilanie odbiorników poprowadzić w drabinkach kablowych zgodnie z 6.2. Z rozdzielnic oddziałowej wyprowadzić przewody pod sufit, na wysokość 7,3 m. Następnie sprowadzić przewody w drabinkach na poziom ziemi, a przewody na ziemi poprowadzić w peszlach kablowych.

Dla poszczególnych rodzajów urządzeń zastosować poszczególne przewody dobrane zgodnie z normą PN-IEC 60364-5-523: 2001, podane w Tabela 18.

Tabela 18: Rodzaje przewodów do zastosowania dla poszczególnych obwodów

Zasilany odbiornik	Rodzaj przewodu	Ilość i przekrój żył	Izolacja żył	Powłoka
Gniazdo 1-fazowe	TFKable TFPremium YDYżo	$3 \times 4 \text{ mm}^2$	PVC	PVC
Gniazdo 3-fazowe	TFKable YKXS-żo	$5 \times 16 \text{ mm}^2$	XLPE	PVC
Prasa	TFKable TFPremium YDYżo	$4 \times 10 \text{ mm}^2$	PVC	PVC
Podnośnik	TFKable TFPremium YDYżo	$4 \times 4 \text{ mm}^2$	PVC	PVC
Przenośnik	TFKable TFPremium YDYżo	$4 \times 4 \text{ mm}^2$	PVC	PVC
Piec oporowy	TFKable TFPremium YDYżo	$4 \times 4 \text{ mm}^2$	PVC	PVC

Dla silników pras, podnośników i przenośników należy zastosować przełącznik gwiazda-trójkąt. Silniki zabezpieczyć wyłącznikami silnikowymi oraz dobranymi wkładkami topikowymi o charakterystyce aM. Piece oporowe zabezpieczyć tylko wkładkami topikowymi o charakterystyce szybkiej gF. Zestawienie zabezpieczeń poszczególnych obwodów znajduje się w Tabela 19.


#### 4.11 ZASTOSOWANE ŚRODKI OCHRONY PRZECIWPORAŻENIOWEJ

Zasilanie budynku wykonane jako TN-C. Dla wszystkich urządzeń odbiorczych zastosowano system prądu przemiennego 4-przewodowy.

Środkiem dodatkowej ochrony przeciwporażeniowej w przypadku wszystkich stosowanych obwodów instalacji elektrycznej jest samoczynne wyłączenie zasilania. Urządzenia zabezpieczające dla poszczególnych rodzajów odbiorników zestawiono w Tabeli 19.



Tabela 19: Zastosowane urządzenia zabezpieczające dla poszczególnych obwodów

Zasilany odbiornik	Zabezpieczenie nadprądowe	Zabezpieczenie zwarciove
Gniazdo 1-fazowe	-	Wkładka topikowa ETI DII gF 16A/690V PL Charakterystyka gF, $I_N = 16 A$
Gniazdo 3-fazowe	- 	Wkładka topikowa ETI NH00 gF 63A/400V Charakterystyka gF, $I_N = 63 A$
Prasa	Wyłącznik silnikowy LEGRAND MPX3 100H 4173 75	Wkładka topikowa ETI 006711040 CH14/P aM 50A/500V Charakterystyka aM, $I_N = 50 A$
Podnośnik	Wyłącznik silnikowy LEGRAND MPX3 100H 4173 73	Wkładka topikowa ETI 002621015 CH10x38 aM 32A/400V Charakterystyka aM, $I_N = 32 A$
Przenośnik	Wyłącznik silnikowy LEGRAND MPX3 100H 4173 71	Wkładka topikowa ETI 002611009 CH8x32 aM 16A/400V Charakterystyka aM, $I_N = 20 A$
Piec oporowy	-	Wkładka topikowa ETI NH1C gF 25A/400V Charakterystyka gF, $I_N = 25 A$

#### 4.12 WYKAZ POLSKICH NORM WYKORZYSTANYCH W PROJEKCIE I PRZYJĘTYCH DODATKOWYCH ZAŁOŻEŃ PROJEKTOWYCH

4.12.1 PN EN 12464-1:2012 - Wymagania dotyczące oświetlenia podstawowego miejsc pracy dla przemysłu metalowego

4.12.2 PN-IEC 60364-5-523: 2001 – Dobór przewodów ze względu na obciążalność długotrwałą

4.12.3 PN-IEC-60364-4-43:1999 – Dobór przekroju przewodów ze względu na ochronę przed cieplnymi skutkami zwarcia

4.12.4 PN-IEC 60364-4-41:2007 – Maksymalny czas zadziałania zabezpieczeń przeciwporażeniowych

## 5 ZAKRES OBLICZEŃ PROJEKTOWYCH

### 5.1 DOBÓR URZĄDZEŃ ODBIORCZYCH W ODDZIALE NR 1.

Tabela 20: Wymagania wobec odbiorników energii elektrycznej w oddziale nr 1 zamontowanych na stałe

Grupa urządzeń	Odbiornik	$P_0$	$I_n$	$U_n$	Liczba odb.
1	Gniazda 3-fazowe	-	63	400	6
2	Gniazda 1-fazowe	-	16	230	18
3	Prasy	20,0	-	400	4
4	Podnośniki	10,0	-	400	4
5	Przenośniki	7,0	-	400	2
6	Piece oporowe	15,0	-	400	4

### 5.2 PROJEKT OŚWIETLENIA OGÓLNEGO ODDZIAŁU NR 1.

Projekt oświetlenia ogólnego oddziału nr 1 został wykonany zgodnie z wytycznymi normy **PN EN 12464-1:2012** dla miejsc pracy związanych z formowaniem metali na zimno.

Tabela 21: Wymagania normowe dla projektu oświetlenia oddziału nr 1

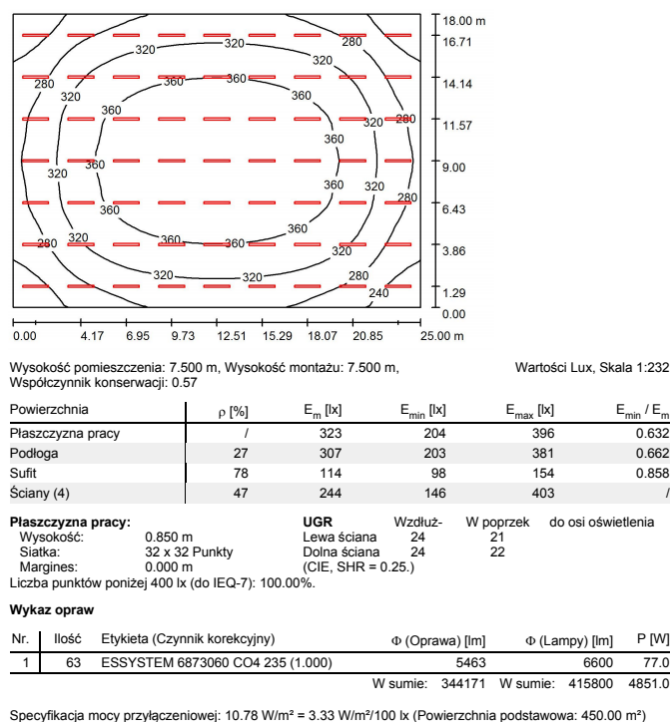
$E_m$ [lx]	$UGR_L$ [-]	$U_a$ [-]	$R_a$ [-]
300	25	0,60	80

Tabela 22: Dane wejściowe wykorzystane w programie DIALux

Zastosowane oprawy	ESSYSTEM 6873060 CO4 235
Ilość zastosowanych opraw	63
Wysokość płaszczyzny pracy	0,850 m
Współczynnik konserwacji	0,57 (ukł. zewn., 3-letni plan konserwacji)
Współczynniki odbicia <ul style="list-style-type: none"><li>• Podłoga: beton</li><li>• Sufit: gips, tynk</li><li>• Ściany: tynk wapienny</li></ul>	$\rho = 27\%$ $\rho = 78\%$ $\rho = 47\%$

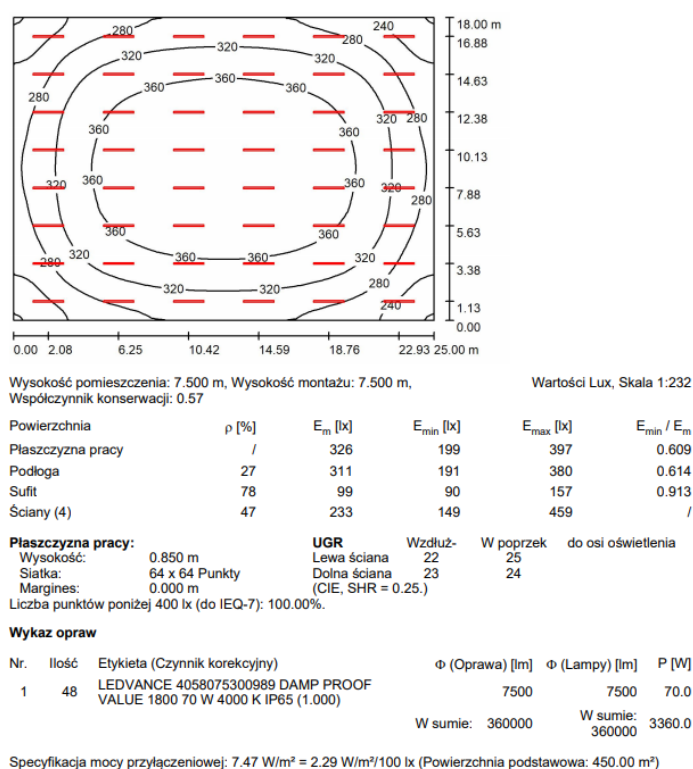
Przygotowane zostały dwa warianty oświetlenia:

## 5.2.1 Wersja #1: Konwencjonalna, z oprawami oświetleniowymi opartymi o świetlówki



Rysunek 2. Instalacja oświetleniowa, wariant konwencjonalny - dane z programu Dialux

## 5.2.2 Wersja #2: Energooszczędna, z oprawami oświetleniowymi opartymi o LED-y



Rysunek 3. Instalacja oświetleniowa, wariant energooszczędny - dane z programu Dialux



### 5.2.3 Ostatecznie wybrano wariant 1, energooszczędny, ze względu na następujące korzyści:

- Nieco niższe współczynniki UGR
- Większa równomierność oświetlenia
- Sumarycznie większy strumień świetlny.

## 5.3 OPRACOWANIE KONCEPCJI SIECI ROZDZIELCZEJ W ZAKŁADZIE (ZASILANIA PODSTAWOWEGO I REZERWOWEGO).

Tabela 23. Zestawienie mocy zapotrzebowanych, dane bazowe do opracowania koncepcji zasilania

Nr	Nazwa	Kategoria zasilania	Pn	Ps	cosφ	Pr
1	Tłocznia	II - 70%	429,3	143,9	0,792	100,7
2	Lakiernia	I - 100%	320,0	173,4	0,882	173,4
3	Oddział 3	II - 60%	-	350,0	0,800	210,0
4	Oddział 4	III	-	280,0	0,790	-

### 5.3.1 Wariant 1

#### 5.3.1.1 Stacja Oddziałowa 1: zasilanie oddziału nr 1 i 3, rezerwowanie oddziału nr 2:

##### 5.3.1.1.1 Zasilanie podstawowe oddziału nr 1 i 3:

$$P_{SO1P} = P_{O1} + P_{O3} = 143,9kW + 350,0kW = 493,9kW$$

$$S_{SO1P} = S_{O1} + S_{O3} = \frac{P_{O1}}{\cos\varphi_{O1}} + \frac{P_{O3}}{\cos\varphi_{O3}} = \frac{143,9kW}{0,792} + \frac{350,0kW}{0,800} = 619,2kVA$$

$$\cos\varphi_{SO1P} = \frac{P_{SO1P}}{S_{SO1P}} = \frac{493,9kW}{619,2kVA} = 0,798$$

##### 5.3.1.1.2 Zasilanie podstawowe oddziału nr 1 i 3, rezerwowanie oddziału nr 2:

$$P_{SO1R} = P_{O1} + P_{O3} + P_{O2R} = 143,9kW + 350,0kW + 173,4kW = 667,3kW$$

$$S_{SO1R} = S_{O1} + S_{O3} + S_{O2R} = \frac{P_{O1}}{\cos\varphi_{O1}} + \frac{P_{O2}}{\cos\varphi_{O2}} + \frac{P_{O2R}}{\cos\varphi_{O3}}$$

$$= \frac{143,9kW}{0,792} + \frac{350,0kW}{0,800} + \frac{173,4kW}{0,882} = 815,8kVA$$

$$\cos\varphi_{SO1R} = \frac{P_{SO1R}}{S_{SO1R}} = \frac{667,3kW}{815,8kVA} = 0,818$$

#### 5.3.1.2 Stacja Oddziałowa 2: zasilanie oddziałów nr 2 i 4, rezerwowanie oddziałów nr 1 i 3:

##### 5.3.1.2.1 Zasilanie podstawowe oddziałów nr 2 i 4:

$$P_{SO2P} = P_{O2} + P_{O4} = 173,4kW + 280,0kW = 453,4kW$$

$$S_{SO2P} = S_{O2} + S_{O4} = \frac{P_{O2}}{\cos\varphi_{O2}} + \frac{P_{O4}}{\cos\varphi_{O4}} = \frac{173,4kW}{0,882} + \frac{280,0kW}{0,790} = 551,0kVA$$

$$\cos\varphi_{SO2P} = \frac{P_{SO2P}}{S_{SO2P}} = \frac{453,4kW}{551,0kVA} = 0,823$$

5.3.1.2.2 Zasilanie podstawowe oddziałów nr 2 i 4, rezerwowanie oddziałów nr 1 i 3:

$$\begin{aligned}
 P_{SO2R} &= P_{O1R} + P_{O3R} + P_{O2} + P_{O4} \\
 &= 143,9kW \cdot 0,7 + 350,0kW \cdot 0,6 + 173,4kW + 280,0kW \\
 &= 764,2kW \\
 S_{SO2R} &= S_{O1R} + S_{O3R} + S_{O2} + S_{O4} = \frac{P_{O1R}}{\cos\varphi_{O1}} + \frac{P_{O3R}}{\cos\varphi_{O3}} + \frac{P_{O2}}{\cos\varphi_{O2}} + \frac{P_{O4}}{\cos\varphi_{O4}} \\
 &= \frac{143,9kW}{0,792} + \frac{350,0kW}{0,800} + \frac{173,4kW}{0,882} + \frac{280,0kW}{0,790} = 940,7kVA \\
 \cos\varphi_{SO1R} &= \frac{P_{SO2R}}{S_{SO2R}} = \frac{667,3kW}{940,7kVA} = 0,71
 \end{aligned}$$

## 5.3.2 Wariant 2

5.3.2.1 Stacja Oddziałowa 1: zasilanie oddziału nr 1 i 4, rezerwowanie oddziału nr 2 i 3:

5.3.2.1.1 Zasilanie podstawowe oddziału nr 1 i 4:

$$\begin{aligned}
 P_{SO1P} &= P_{O1} + P_{O4} = 143,9kW + 280,0kW = 423,9kW \\
 S_{SO1P} &= S_{O1} + S_{O4} = \frac{P_{O1}}{\cos\varphi_{O1}} + \frac{P_{O4}}{\cos\varphi_{O4}} = \frac{143,9kW}{0,792} + \frac{280,0kW}{0,790} = 536,1kVA \\
 \cos\varphi_{SO1P} &= \frac{P_{SO1P}}{S_{SO1P}} = \frac{423,9kW}{536,1kVA} = 0,791
 \end{aligned}$$

5.3.2.1.2 Zasilanie podstawowe oddziału nr 1 i 4, rezerwowanie oddziałów nr 2 i 3:

$$\begin{aligned}
 P_{SO1R} &= P_{O1} + P_{O4} + P_{O2R} + P_{O3R} \\
 &= 143,9kW + 280,0kW + 173,4kW + 0,6 \cdot 350kW = 807,3kW \\
 S_{SO1R} &= S_{O1} + S_{O4} + S_{O2R} + S_{O3R} = \frac{P_{O1}}{\cos\varphi_{O1}} + \frac{P_{O4}}{\cos\varphi_{O4}} + \frac{P_{O2R}}{\cos\varphi_{O2}} + \frac{P_{O3R}}{\cos\varphi_{O3}} \\
 &= \frac{143,9kW}{0,792} + \frac{280,0kW}{0,790} + \frac{173,4kW}{0,882} + \frac{350,0kW}{0,800} = 995,2kVA \\
 \cos\varphi_{SO1R} &= \frac{P_{SO1R}}{S_{SO1R}} = \frac{807,3kW}{995,2kVA} = 0,811
 \end{aligned}$$

5.3.2.2 Stacja Oddziałowa 2: zasilanie oddziałów nr 2 i 3, rezerwowanie oddziału nr 1:

5.3.2.2.1 Zasilanie podstawowe oddziałów nr 2 i 3:

$$\begin{aligned}
 P_{SO2P} &= P_{O2} + P_{O3} = 173,4kW + 350,0kW = 523,4kW \\
 S_{SO2P} &= S_{O2} + S_{O3} = \frac{P_{O2}}{\cos\varphi_{O2}} + \frac{P_{O3}}{\cos\varphi_{O3}} = \frac{173,4kW}{0,882} + \frac{350,0kW}{0,800} = 634,1kVA \\
 \cos\varphi_{SO2P} &= \frac{P_{SO2P}}{S_{SO2P}} = \frac{523,4kW}{634,1kVA} = 0,825
 \end{aligned}$$

5.3.2.2.2 Zasilanie podstawowe oddziałów nr 2 i 3, rezerwowanie oddziału nr 1:

$$\begin{aligned}
 P_{SO2R} &= P_{O1R} + P_{O2} + P_{O3} = 143,9kW \cdot 0,7 + 173,4kW + 350,0kW = 624,2kW \\
 S_{SO2R} &= S_{O1R} + S_{O2} + S_{O3} = \frac{P_{O1R}}{\cos\varphi_{O1}} + \frac{P_{O2}}{\cos\varphi_{O2}} + \frac{P_{O3}}{\cos\varphi_{O3}} \\
 &= \frac{143,9kW \cdot 0,7}{0,792} + \frac{350,0kW}{0,800} + \frac{173,4kW}{0,882} = 761,3kVA
 \end{aligned}$$

$$\cos\varphi_{SO1R} = \frac{P_{SO2R}}{S_{SO2R}} = \frac{624,2kW}{761,3kVA} = 0,812$$

## 5.4 OBLICZENIA MOCY SZCZYTOWEJ ODDZIAŁU NR 1 I CAŁEGO ZAKŁADU.

### 5.4.1 Oddział nr 1 – metoda zastępczej liczby odbiorników

Tabela 24. Metoda zastępczej liczby odbiorników - zestawienie danych do obliczeń

Nr grupy	Odbiorniki	$P_n$ [kW]	Liczba odb.	$P_{ni}$ [kW]	$k_w$	$\cos\varphi_{av}$	$\varphi$ [°]	$tg\varphi$
Grupa 1	Piece oporowe	15	4	60	0,8	0,95	18,2	0,329
Grupa 2	Prasy	22	4	88	0,17	0,65	49,5	1,169
Grupa 3	Przenośniki	7,5	2	15	0,4	0,75	41,4	0,882
Grupa 4	Podnośniki (dźwigi, suwnice)	11	4	44	0,1	0,5	60,0	1,732
Grupa 5	Przenośne urządzenia elektryczne	25,2 3,68	6 18	217,4	0,06	0,5	60,0	1,732
Grupa 6	Oświetlenie	0,077	63	4,85	1	0,95	18,2	0,329

#### 5.4.1.1 Zastępcza liczba odbiorników:

$$n_z = \frac{(\sum P_{ni})^2}{\sum P_{ni}^2}$$

$$= \frac{(6 \cdot 25,2kW + 18 \cdot 3,68kW + 4 \cdot 22kW + 4 \cdot 11kW + 2 \cdot 7,5kW + 4 \cdot 15kW + 63 \cdot 0,077kW)^2}{6 \cdot (25,2kW)^2 + 18 \cdot (3,68kW)^2 + 4 \cdot (22kW)^2 + 4 \cdot (11kW)^2 + 2 \cdot (7,5kW)^2 + 4 \cdot (15kW)^2 + 63 \cdot (0,077kW)^2}$$

$$= \frac{(429,3kW)^2}{7486,9kW^2} = 24,6 \rightarrow 25$$

#### 5.4.1.2 Moc średnia grupy odbiorników: $P_{avi} = k_{wi} \sum P_{ni}$ ; $Q_{avi} = P_{avi} tg\varphi_{avi}$

$$\text{Grupa 1: } P_{av1} = 0,8 \cdot 4 \cdot 15kW = 48kW; Q_{av1} = 48kW \cdot 0,329 = 15,8kvar$$

$$\text{Grupa 2: } P_{av2} = 0,17 \cdot 4 \cdot 22kW = 14,96kW; Q_{av2} = 14,96kW \cdot 1,169 = 17,5kvar$$

$$\text{Grupa 3: } P_{av3} = 0,4 \cdot 2 \cdot 7,5kW = 6kW; Q_{av3} = 6kW \cdot 0,882 = 5,3kvar$$

$$\text{Grupa 4: } P_{av4} = 0,1 \cdot 4 \cdot 11kW = 4,4kW; Q_{av4} = 4,4kW \cdot 1,732 = 7,6kvar$$

$$\text{Grupa 5: } P_{av5} = 0,06 \cdot (6 \cdot 25,2kW + 18 \cdot 3,68kW) = 13,05kW;$$

$$Q_{av5} = 13,05kW \cdot 1,732 = 22,6kvar$$

$$\text{Grupa 6: } P_{av6} = 1 \cdot 63 \cdot 0,077kW = 4,85kW; Q_{av6} = 4,85kW \cdot 0,329 = 1,6kvar$$

#### 5.4.1.3 Współczynnik wykorzystania mocy odbiorników należących do $m$ grup:

$$k_{wn} = \frac{\sum_{i=1}^m k_{wi} P_{Ni}}{\sum P_{Ni}} = \frac{0,8 \cdot 60kW + 0,17 \cdot 88kW + 0,4 \cdot 15kW + 0,1 \cdot 44kW + 0,06 \cdot 217,4 + 1 \cdot 4,85kW}{60kW + 88kW + 15kW + 44kW + 217,4kW + 4,85kW} = \frac{89,766kW}{427,8kW} = 0,212$$

$$k_s = 1 + \frac{1,5}{\sqrt{n_z}} \sqrt{\frac{1 - k_{wn}}{k_{wn}}} = 1 + \frac{1,5}{\sqrt{25}} \sqrt{\frac{1 - 0,212}{0,21}} = 1,577$$

#### 5.4.1.4 Moc zapotrzebowana oddziału:

$$P_{ZZ} = k_s \sum P_{avi} = 1,582 \cdot (48kW + 14,96kW + 6kW + 4,4kW + 13,05kW + 4,85kW) = 143,9kW$$

$$Q_{ZZ} = k_s \sum P_{avi} = 1,582 \cdot (15,8kvar + 17,5kvar + 5,3kvar + 7,6kvar + 22,6kvar + 1,6kvar) = 111,0kvar$$

$$S_{ZZ} = \sqrt{P_{ZZ}^2 + Q_{ZZ}^2} = \sqrt{143,9^2 + 111,0^2} = 181,8kVA$$

$$\cos \varphi_{ZZ} = \frac{P_{ZZ}}{S_{ZZ}} = \frac{143,9kW}{181,8kVA} = 0,792$$

#### 5.4.2 Oddział nr 2 – metoda wskaźnika zapotrzebowania mocy $k_z$

Tabela 25. Metoda wskaźnika zapotrzebowania mocy – zestawienie danych do obliczeń

Nr. Grupy	Odbiorniki	$P_n$ [kW]	Liczba odb.	$P_{ni}$ [kW]	$k_{zi}$	$\cos \varphi_{sr}$	$\varphi$ [°]	$tg \varphi$
Gr 1	Oświetlenie	0,07	48	3,36	0,8	0,95	18,195	0,329
Gr 2	Urządzenia przenośne	-	-	20	0,1	0,5	60	1,732
Gr 3	Piece lakiernicze	32	5	160	0,8	0,95	18,194	0,328
Gr 4	Podnośniki	10	6	60	0,2	0,5	50	1,191
Gr 5	Sprężarki	5	4	20	0,75	0,85	31,788	0,619
Gr 6	Tokarki i giętarki do blach	11	5	55	0,25	0,65	49,458	1,169

#### 5.4.2.1 Moc zapotrzebowana danych grup: $P_{zi} = k_{zi} \sum P_{ni}$ ; $Q_{zi} = P_{zi} \cdot tg \varphi_{zi}$

$$\text{Grupa 1: } P_{z1} = 0,8 \cdot 3,36kW = 2,69kW; Q_{z1} = 2,69kW \cdot 0,329 = 0,88kvar$$

$$\text{Grupa 1: } P_{z2} = 0,1 \cdot 20kW = 2kW; Q_{z2} = 2kW \cdot 1,732 = 3,46kvar$$

$$\text{Grupa 1: } P_{z3} = 0,8 \cdot 160kW = 128kW; Q_{z3} = 128kW \cdot 0,328 = 41,98kvar$$

$$\text{Grupa 1: } P_{z4} = 0,2 \cdot 60kW = 12kW; Q_{z4} = 12kW \cdot 1,191 = 14,29kvar$$

$$\text{Grupa 1: } P_{z5} = 0,75 \cdot 20kW = 15kW; Q_{z5} = 15kW \cdot 0,619 = 9,29kvar$$

$$\text{Grupa 1: } P_{z6} = 0,25 \cdot 55kW = 13,75kW; Q_{z6} = 13,75kW \cdot 1,169 = 16,07kvar$$



#### 5.4.2.2 Moc zapotrzebowana oddziału:

$$P_{zo} = \sum P_{zo} = (2,69kW + 2kW + 128kW + 12kW + 15kW + 13,75kW) = 173,44kW$$

$$Q_{zo} = \sum P_{zo} = (0,88kvar + 41,98kvar + 14,29kvar + 9,29kvar + 16,07kvar) = 92,58kvar$$

$$S_{zo} = \sqrt{P_{zo}^2 + Q_{zo}^2} = \sqrt{173,44^2 + 92,58^2} = 196,60kVA$$

$$\cos\varphi_{zo} = \frac{P_{zo}}{S_{zo}} = \frac{173,44kW}{196,60kVA} = 0,88$$



### 5.5 DOBÓR BATERII KONDENSATORÓW DO KOMPENSACJI MOCY BIERNEJ.

Tabela 26. Koncepcja kompensacji mocy biernej - zestawienie danych do obliczeń

Oddział	$P_s$ [kW]	$\cos\varphi_s$ [-]	$tg\varphi_s$ [-]	$\cos\varphi_k$ [-]	$tg\varphi_k$ [-]	$Q_k$ [kvar]
1	143,9	0,792	0,771	0,910	0,456	45,4
2	173,4	0,882	0,534	0,910		13,6
3	350,0	0,800	0,750	0,910		103,0
4	280,0	0,790	0,776	0,910		89,7

$$tg\varphi_k = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi_k}}{\cos\varphi_k} = \frac{\sqrt{1 - 0,91^2}}{0,91} = 0,456$$

#### 5.5.1 Oddział nr 1:

$$tg\varphi_s = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi_s}}{\cos\varphi_s} = \frac{\sqrt{1 - 0,792^2}}{0,792} = 0,771$$

$$Q_k = P_s(tg\varphi_s - tg\varphi_k) = 143,9 kW \cdot (0,771 - 0,456) = 45,4 kvar$$

#### 5.5.2 Oddział nr 2:

$$tg\varphi_s = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi_s}}{\cos\varphi_s} = \frac{\sqrt{1 - 0,882^2}}{0,882} = 0,534$$

$$Q_k = P_s(tg\varphi_s - tg\varphi_k) = 173,4 kW \cdot (0,534 - 0,456) = 13,6 kvar$$

#### 5.5.3 Oddział nr 3:

$$tg\varphi_s = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi_s}}{\cos\varphi_s} = \frac{\sqrt{1 - 0,8^2}}{0,8} = 0,750$$

$$Q_k = P_s(tg\varphi_s - tg\varphi_k) = 350 kW \cdot (0,750 - 0,456) = 103,0 kvar$$

#### 5.5.4 Oddział nr 4:

$$tg\varphi_s = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi_s}}{\cos\varphi_s} = \frac{\sqrt{1 - 0,79^2}}{0,79} = 0,776$$

$$Q_k = P_s(tg\varphi_s - tg\varphi_k) = 280 kW \cdot (0,776 - 0,456) = 89,7 kvar$$

## 5.6 DOBÓR TRANSFORMATORÓW W STACJACH ODDZIAŁOWYCH.

Tabela 27. Dobór transformatorów SO1 i SO2 - zestawienie danych do obliczeń

Oddział	$P_s$ [kW]	$Q_s$ [kvar]	$\cos\varphi_s$ [-]	$Q_k$ [kvar]	$Q_{komp}$ [kvar]	$S_k$ [kVA]	$\cos\varphi_{krz}$ [-]
1	143,9	110,9	0,792	45,4	50,0	156,3	0,921
2	173,4	92,6	0,882	13,6	14,0	190,4	0,911
3	350,0	262,5	0,800	103,0	110,0	381,8	0,917
4	280,0	217,3	0,790	89,7	90,0	307,6	0,910

### 5.6.1 Oddział 1:

$$Q_s = P_s \tan\varphi_s = 143,9 \text{ kW} \cdot 0,771 = 110,9 \text{ kvar}$$

$$S_k = \sqrt{P_s^2 + (Q_s - Q_{komp})^2} = \sqrt{143,9^2 + (110,9 - 50)^2} = 156,3 \text{ kVA}$$

$$\cos\varphi_{krz} = \frac{P_s}{S_k} = \frac{143,9 \text{ kW}}{156,3 \text{ kVA}} = 0,921$$

### 5.6.2 Oddział 2:

$$Q_s = P_s \tan\varphi_s = 173,4 \text{ kW} \cdot 0,534 = 92,6 \text{ kvar}$$

$$S_k = \sqrt{P_s^2 + (Q_s - Q_{komp})^2} = \sqrt{173,4^2 + (92,6 - 14)^2} = 190,4 \text{ kVA}$$

$$\cos\varphi_{krz} = \frac{P_s}{S_k} = \frac{173,4 \text{ kW}}{190,4 \text{ kVA}} = 0,911$$

### 5.6.3 Oddział 3:

$$Q_s = P_s \tan\varphi_s = 350,0 \text{ kW} \cdot 0,75 = 262,5 \text{ kvar}$$

$$S_k = \sqrt{P_s^2 + (Q_s - Q_{komp})^2} = \sqrt{350^2 + (262,5 - 110)^2} = 381,8 \text{ kVA}$$

$$\cos\varphi_{krz} = \frac{P_s}{S_k} = \frac{262,5 \text{ kW}}{381,8 \text{ kVA}} = 0,921$$

### 5.6.4 Oddział 4:

$$Q_s = P_s \tan\varphi_s = 280,0 \text{ kW} \cdot 0,776 = 217,3 \text{ kvar}$$

$$S_k = \sqrt{P_s^2 + (Q_s - Q_{komp})^2} = \sqrt{280^2 + (217,3 - 90)^2} = 307,6 \text{ kVA}$$

$$\cos\varphi_{krz} = \frac{P_s}{S_k} = \frac{280,0 \text{ kW}}{307,6 \text{ kVA}} = 0,921$$

Tabela 28. Dobór transformatorów - zestawienie wyników obliczeń

Stacja	$U_n$ [kV]	Zasilane oddziały	Rezerwowane oddziały	$S_p$ [kVA]	$S_{p+r}$ [kVA]
SO1	30/0,4	1 i 3	2	538,0	728,5
SO2	15/0,4	2 i 4	1 i 3	498,0	836,4

#### 5.6.5 Stacja SO1:

$$S_p = S_{s1} + S_{s3} = 156,3 \text{ kVA} + 381,8 \text{ kVA} = 538 \text{ kVA}$$

$$S_{p+r} = S_{s1} + S_{s3} + S_{s2} = 538 \text{ kVA} + 190,4 \text{ kVA} = 728,5 \text{ kVA}$$

#### 5.6.6 Stacja SO2:

$$S_p = S_{s2} + S_{s4} = 190,4 \text{ kVA} + 307,6 \text{ kVA} = 498,0$$

$$S_{p+r} = S_{s2} + S_{s4} + 0,7S_{s1} + 0,6S_{s3} = 498,0 + 0,7 \cdot 156,3 \text{ kVA} + 0,6 \cdot 381,8 \text{ kVA} = 836,4 \text{ kVA}$$

### 5.7 OBLICZENIA ZWARCIOWE.

#### 5.7.1 System elektroenergetyczny

$$Z_Q = \frac{cU_n^2}{S''_{kQ}} \left[ \frac{U_{dT}}{U_{gT}} \right]^2 = \frac{1,1 \cdot (30 \text{ kV})^2}{320 \text{ MVA}} \left[ \frac{0,4 \text{ kV}}{33 \text{ kV}} \right]^2 = 0,000454545 \Omega = 0,455 \cdot 10^{-3} \Omega$$

$$X_Q = 0,995Z_Q = 0,995 \cdot 0,455 \cdot 10^{-3} \Omega = 0,452 \cdot 10^{-3} \Omega$$

$$R_Q = 0,1X_Q = 0,1 \cdot 0,455 \cdot 10^{-3} \Omega = 0,045 \cdot 10^{-3} \Omega$$

#### 5.7.2 Transformator dwuuzwojeniowy

$$Z_T = \frac{\Delta U_{k\%} U_{dT}^2}{100 S_{nt}} = \frac{6,5 \cdot (0,4 \text{ kV})^2}{100 \cdot 0,8 \text{ MVA}} = 0,013 \Omega$$

$$R_T = \frac{\Delta P_{Cu} U_{dT}^2}{S_{nT}^2} 10^{-3} = \frac{8,8 \text{ kW} \cdot (0,4 \text{ kV})^2}{100 \cdot 0,8 \text{ MVA}} \cdot 10^{-3} = 2,2 \cdot 10^{-3} \Omega$$

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} = \sqrt{(0,013 \Omega)^2 - (0,0022 \Omega)^2} = 12,8 \cdot 10^{-3} \Omega$$

#### 5.7.3 Maksymalny początkowy prąd zwarcia trójfazowego na szynach NN transformatora

$$R_K = R_Q + R_T = 0,045 \cdot 10^{-3} \Omega + 2,2 \cdot 10^{-3} \Omega = 2,25 \cdot 10^{-3} \Omega$$

$$X_K = X_Q + X_T = 0,452 \cdot 10^{-3} \Omega + 12,8 \cdot 10^{-3} \Omega = 13,3 \cdot 10^{-3} \Omega$$

$$Z_{K3} = \sqrt{R_K^2 + X_K^2} = \sqrt{(2,25 \cdot 10^{-3} \Omega)^2 + (13,3 \cdot 10^{-3} \Omega)^2} = 13,45 \cdot 10^{-3} \Omega$$

$$I''_{K3max} = \frac{c_{max} U_n}{\sqrt{3} Z_{K3}} = \frac{1 \cdot 400 \text{ V}}{\sqrt{3} \cdot 13,45 \cdot 10^{-3} \Omega} = 17,166 \text{ kA}$$

#### 5.7.4 Prądy początkowy i udarowy zwarcia trójfazowego w rozdzielnicy oddziałowej oddziału 1 – zasilanie podstawowe

$$R_K = R_Q + R_T + R_{WLZ} = 2,25 \cdot 10^{-3} \Omega + 5,95 \cdot 10^{-3} \Omega = 8,2 \cdot 10^{-3} \Omega$$

$$X_K = X_Q + X_T + X_{WLZ} = 13,3 \cdot 10^{-3} \Omega + 5,6 \cdot 10^{-6} \Omega = 13,3 \cdot 10^{-3} \Omega$$

$$Z_{K3} = \sqrt{R_K^2 + X_K^2} = \sqrt{(8,2 \cdot 10^{-3} \Omega)^2 + (13,3 \cdot 10^{-3} \Omega)^2} = 0,016 \Omega$$

$$I''_{K3} = \frac{c_{max} U_n}{\sqrt{3} Z_{K3}} = \frac{1 \cdot 400V}{\sqrt{3} \cdot 0,016 \Omega} = 14,805 \text{ kA}$$

Współczynnik  $\kappa$  został dobrany na podstawie Rys. 2.2 z [2]



$$i_p = \sqrt{2} \kappa I''_{K3} = \sqrt{2} \cdot 1,25 \cdot 14,805 \text{ kA} = 26,172 \text{ kA}$$

#### 5.7.5 Prądy początkowy i udarowy zwarcia trójfazowego w rozdzielnicy oddziałowej oddziału 1 – zasilanie rezerwowe

$$R_K = R_Q + R_T + R_{WLZ} = 2,25 \cdot 10^{-3} \Omega + 18,9 \cdot 10^{-3} \Omega = 21,2 \cdot 10^{-3} \Omega$$

$$X_K = X_Q + X_T + X_{WLZ} = 13,3 \cdot 10^{-3} \Omega + 10,5 \cdot 10^{-6} \Omega = 13,3 \cdot 10^{-3} \Omega$$

$$Z_{K3} = \sqrt{R_K^2 + X_K^2} = \sqrt{(21,2 \cdot 10^{-3} \Omega)^2 + (13,3 \cdot 10^{-3} \Omega)^2} = 0,025 \Omega$$

$$I''_{K3} = \frac{c_{max} U_n}{\sqrt{3} Z_{K3}} = \frac{1 \cdot 400V}{\sqrt{3} \cdot 0,025 \Omega} = 9,237 \text{ kA}$$

Współczynnik  $\kappa$  został dobrany na podstawie Rys. 2.2 z [2]

$$i_p = \sqrt{2} \kappa I''_{K3} = \sqrt{2} \cdot 1,1 \cdot 9,237 \text{ kA} = 14,369 \text{ kA}$$

### 5.8 DOBÓR LINII KABLOWEJ WLZ1 DO ODDZIAŁU NR 1.

#### 5.8.1 WLZ1 do zasilania podstawowego:

##### 5.8.1.1 Wyznaczenie prądów obciążeń roboczych

$$I_B = I_{os} = \frac{P_{os}}{\sqrt{3} U_n \eta \cos \varphi_{os}} = \frac{143,9 \text{ kW}}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \text{ kV} \cdot 0,921} = 225,6 \text{ A}$$



##### 5.8.1.2 Dobór zabezpieczeń przetężeniowych

Największy prąd rozruchowy mają silniki zasilające prasy. Przyjęto **lekki rozruch** kilka razy w ciągu doby, stąd  $\alpha = 3,0$ . Oprócz tego, przyjęto zastosowanie przełącznika gwiazda-trójkąt i brak samorozruchu silników.

$$I_{nF} \geq (I_0 - I_{nMmax}) + \frac{I_{rmax}}{3\alpha} = (225,6 \text{ A} - 42,1 \text{ A}) + \frac{42,1 \text{ A} \cdot 7,3}{3 \cdot 3} = 217,6 \text{ A}$$

$$I_{nF} \geq I_0 = 225,6 \text{ A}$$

Biorąc pod uwagę powyższe, dobrano wkładkę topikową ETI WT/NH -1 KOMBI gG/gL 250A (charakterystyka zwłoczna).

### 5.8.1.3 Dobór przekroju przewodów ze względu na obciążalność prądową długotrwałą

$$I_Z \geq \frac{I_B}{k_g k_t}$$

Przyjęto sposób D wykonania instalacji (bezpośrednio w ziemi), 3 żyły obciążone, odległość 0,25 m między kablami ( $k_g = 0,8$ ) oraz pracę w temperaturze  $20^\circ\text{C}$  ( $k_t = 1,0$ ).

$$I_Z \geq \frac{225,6 \text{ A}}{0,8 \cdot 1} = 281,94 \text{ A}$$

Dobraný przewód: miedziany w izolacji XLPE, o przekroju  $240 \text{ mm}^2$ ,  $I_Z = 351 \text{ A}$  – warunek spełniony.

$$351 \text{ A} \geq 281,94 \text{ A}$$

### 5.8.1.4 Sprawdzenie dobrego przekroju ze względu na wytrzymałość mechaniczną

$$S \geq S_{\text{mech}}$$

$$240 \text{ mm}^2 \geq 1,5 \text{ mm}^2$$

Warunek spełniony.

### 5.8.1.5 Dobór przekroju przewodu neutralnego i ochronnego.

$$S_L \geq 50 \text{ mm}^2$$

Zatem minimalny przekrój przewodu ochronnego musi być większy niż  $0,5S_L$ .

### 5.8.1.6 Wyznaczenie przekroju przewodów ze względu na dopuszczalny spadek napięcia

$$\Delta U_{\%} \leq \Delta U_{\text{dop}}$$

Przewód miedziany, zatem  $\gamma = 56 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$

$$R = \frac{l}{\gamma S} = \frac{80}{56 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \cdot 240 \text{ mm}^2} = 0,00595 \Omega = 5,95 \text{ m}\Omega$$

$$X = x' \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,07 \frac{\text{m}\Omega}{\text{m}} \cdot 80 \text{ m} \cdot 10^{-3} = 0,0056 \Omega = 5,6 \mu\Omega$$

$$\begin{aligned} \Delta U_{\%} &= \frac{100\sqrt{3}}{U_n} I_B (R \cos\varphi + X \sin\varphi) \\ &= \frac{100\sqrt{3}}{400 \text{ V}} \cdot 281,9 \text{ A} \cdot (5,95 \text{ m}\Omega \cdot 0,921 + 5,60 \mu\Omega \cdot 0,390) = 0,67\% \end{aligned}$$

Dla obwodu zasilającego odbiorniki siłowe oraz instalacje oświetleniowe:

$$\Delta U_{\%} = 0,67\% \leq 5,5\%$$

Warunek spełniony.

### 5.8.1.7 Sprawdzenie przekroju przewodów ze względu na wytrzymałość cieplną przy przeciążeniach

Warunek pierwszy:

$$I_B \leq I_n \leq I'_Z$$

Stąd:

$$225,6 A \leq 250 A \leq 280,8 A$$

Warunek spełniony.

Warunek drugi:

$$I_2 \leq 1,45 I'_Z$$

Dla dobranej wkładki topikowej wartość górna prądu probierczego wkładki jest 1,6-krotnością prądu znamionowego.

$$I_2 = 1,6 \cdot 250 A = 400 A$$

Zatem

$$400 A \leq 1,45 \cdot 350 A \cdot 0,8 = 407,2 A$$

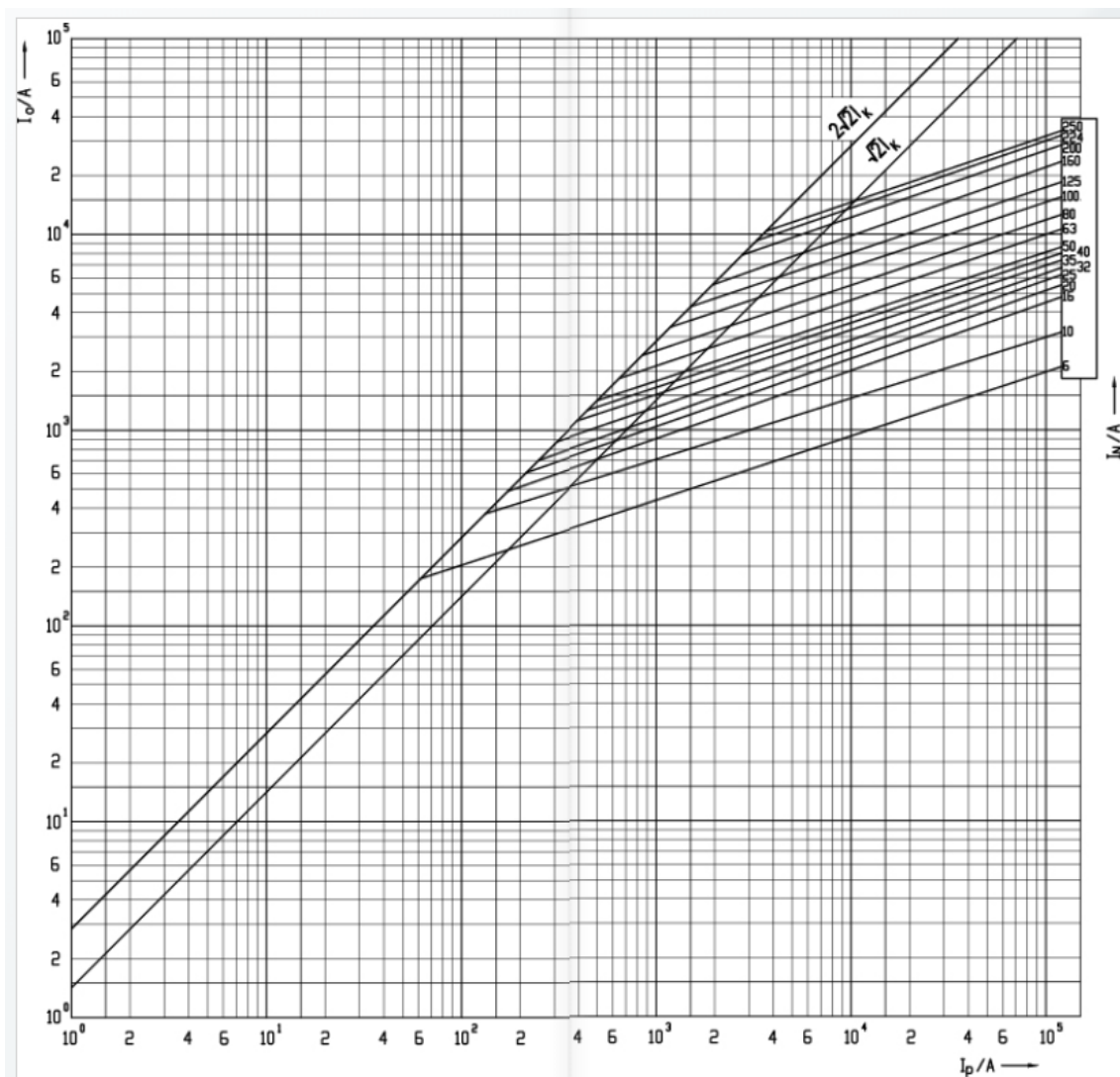
Warunek spełniony.

#### 5.8.1.8 Sprawdzenie przekroju przewodów ze względu na cieplną wytrzymałość zwarciovą

$$S \geq \frac{I''_K}{k} \sqrt{t_{wył}}$$

Czas zadziałania zabezpieczenia jest krótszy niż 10 ms, dlatego posłużono się charakterystyką całki Joule'a oraz warunkiem

$$\int_t I^2 dt \leq (kS)^2$$



Rysunek 4: Charakterystyka całki Joule'a dla zabezpieczeń ETI WT/NH -1 KOMBI gG/gL

Odczytano wartość całki Joule'a dla prądu zwarciovego ok. 17,166 kA:

$$\int_t I^2 dt \cong 15\,000\, A^2 s$$

Dla dobrego przewodu wartość jednosekundowej gęstości prądu w czasie zwarcia wynosi:

$$k = 135 \frac{A\sqrt{s}}{mm^2}$$

Stąd

$$(kS)^2 = \left( 135 \frac{A\sqrt{s}}{mm^2} \cdot 240\, mm^2 \right)^2 = (32400)^2\, A^2 s$$

Zatem

$$15\,000\, A^2 s \leq (32400)^2\, A^2 s$$

Warunek spełniony.

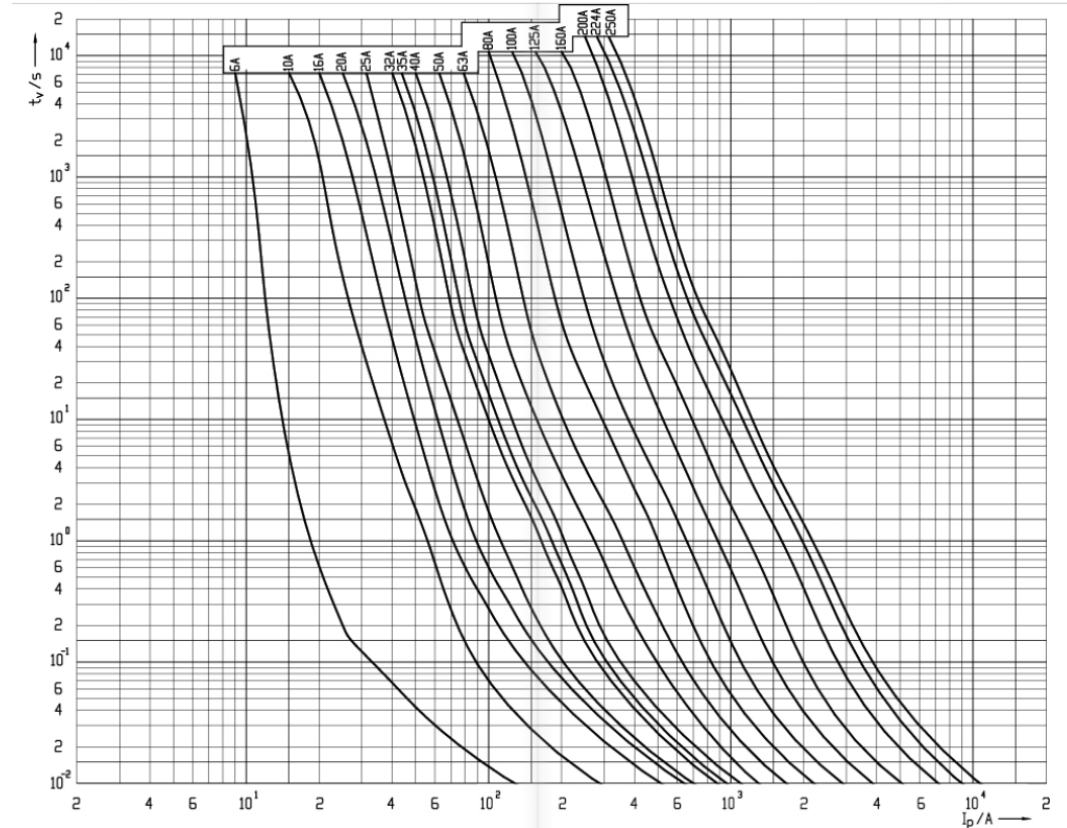
#### 5.8.1.9 Dobór przewodu z katalogu producenta

Na podstawie obliczeń dobrano przewód TFKable YKXS-żo 4x240SM, 4-żyłowy o przekroju żyły (również PEN) 240 mm<sup>2</sup> w izolacji XLPE i powłoce PVC.

5.8.1.10 Sprawdzenie przekroju przewodów ze względu na skuteczność dodatkowej ochrony przeciwporażeniowej

$$I_a \leq I_{K1}$$

Z charakterystyki czasowo-prądowej zabezpieczenia, dla czasu zadziałania zabezpieczenia  $t_{dop} = 5s$  odczytano wartość prądu wyłączającego  $I_a \cong 1500 A$ .



Rysunek 5: Charakterystyki czasowo prądowe zabezpieczeń ETI WT/NH -1 KOMBI gG/gL

Obliczenie pętli zwarcia jednofazowego metodą uproszczoną:

$$Z_{K1} = \underline{Z}_Q + \underline{Z}_T + \underline{Z}_{WLZ} + \underline{Z}_{WLZ\ PEN}$$

Po uwzględnieniu współczynnika temperaturowego rezystancji oraz faktu, że przekrój żyły PEN jest równy przekrojowi przewodu fazowego:

$$R_{K1} = R_T + 1,24 \cdot 2R_{WLZ} = 0,0022 \Omega + 2 \cdot 1,24 \cdot 0,00595 \Omega = 0,017 \Omega$$

$$X_{K1} = X_Q + X_T + 2X_{WLZ} = 0,0005 \Omega + 0,0128 \Omega = 0,014 \Omega$$

$$|Z_{K1}| = \sqrt{R_{K1}^2 + X_{K1}^2} = \sqrt{(0,017 \Omega)^2 + (0,014 \Omega)^2} = 0,022 \Omega$$

$$I_{K1} = \frac{c_{min} U_{nf}}{|Z_{K1}|} = \frac{0,95 \cdot 230 V}{0,022 \Omega} \cong 10,0 kA$$

$$1500 A \leq 10 kA$$

Warunek spełniony.



## 5.8.2 WLZ1 do zasilania rezerwowego:

### 5.8.2.1 Wyznaczenie prądów obciążeń roboczych

$$I_B = I_{os} = \frac{P_{os}}{\sqrt{3}U_n\eta\cos\varphi_{os}} = \frac{100,7 \text{ kW}}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \text{ kV} \cdot 0,921} = 157,9 \text{ A}$$

### 5.8.2.2 Dobór zabezpieczeń przetężeniowych

Największy prąd rozruchowy mają silniki zasilające prasy. Przyjęto lekki rozruch kilka razy w ciągu doby, stąd  $\alpha = 3,0$ . Oprócz tego, przyjęto zastosowanie przełącznika gwiazda-trójkąt i brak samorozruchu silników.

$$I_{nF} \geq (I_0 - I_{nMmax}) + \frac{I_{rmax}}{3\alpha} = (157,9 \text{ A} - 42,1 \text{ A}) + \frac{42,1 \text{ A} \cdot 7,3}{3 \cdot 3} = 149,9 \text{ A}$$
$$I_{nF} \geq I_o = 157,9 \text{ A}$$

Biorąc pod uwagę powyższe, dobrano wkładkę topikową ETI WT/NH -1 KOMBI gG/gL 160A (charakterystyka zwłoczna).

### 5.8.2.3 Dobór przekroju przewodów ze względu na obciążalność prądową długotrwałą

$$I_Z \geq \frac{I_B}{k_g k_t}$$

Przyjęto sposób D wykonania instalacji (bezpośrednio w ziemi), 3 żyły obciążone, odległość 0,25 m między kablami ( $k_g = 0,8$ ) oraz pracę w temperaturze  $20^\circ\text{C}$  ( $k_t = 1,0$ ).

$$I_Z \geq \frac{157,9 \text{ A}}{0,8 \cdot 1} = 197,4 \text{ A}$$

Dobraný przewód: aluminiowy w izolacji XLPE, o przekroju  $240 \text{ mm}^2$ ,  $I_Z = 272 \text{ A}$  – warunek spełniony.

$$272 \text{ A} \geq 197,4 \text{ A}$$

### 5.8.2.4 Sprawdzenie dobrego przekroju ze względu na wytrzymałość mechaniczną

$$S \geq S_{mech}$$

$$240 \text{ mm}^2 \geq 16 \text{ mm}^2$$

Warunek spełniony.

### 5.8.2.5 Dobór przekroju przewodu neutralnego i ochronnego.

$$S_L \geq 50 \text{ mm}^2$$

Zatem minimalny przekrój przewodu ochronnego musi być większy niż  $0,5S_L$ .

### 5.8.2.6 Wyznaczenie przekroju przewodów ze względu na dopuszczalny spadek napięcia

$$\Delta U_{\%} \leq \Delta U_{dop}$$

Przewód miedziany, zatem  $\gamma = 33 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$ . Na potrzeby projektu założono długość przewodu WLZ  $l = 150 \text{ m}$ .

$$R = \frac{l}{\gamma S} = \frac{150}{33 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2} \cdot 240 mm^2} = 0,00595 \Omega = 18,9 m\Omega$$

$$X = x' \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,07 \frac{m\Omega}{m} \cdot 150 m \cdot 10^{-3} = 0,0056 \Omega = 10,5 \mu\Omega$$

$$\Delta U_{\%} = \frac{100\sqrt{3}}{U_n} I_B (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$$

$$= \frac{100\sqrt{3}}{400 V} \cdot 157,9 A \cdot (18,9 m\Omega \cdot 0,921 + 10,5 \mu\Omega \cdot 0,390) = 1,5\%$$

Dla obwodu zasilającego odbiorniki siłowe oraz instalacje oświetleniowe:

$$\Delta U_{\%} = 1,5\% \leq 5,5\%$$

Warunek spełniony.

#### 5.8.2.7 Sprawdzenie przekroju przewodów ze względu na wytrzymałość cieplną przy przeciążeniach

5.8.2.7.1 Warunek pierwszy:

$$I_B \leq I_n \leq I'_Z$$

Stąd:

$$157,9 A \leq 160 A \leq 217,6 A$$

Warunek spełniony.

5.8.2.7.2 Warunek drugi:

$$I_2 \leq 1,45 I'_Z$$

Dla dobranej wkładki topikowej wartość górna prądu probierczego wkładki jest 1,6-krotnością prądu znamionowego.

$$I_2 = 1,6 \cdot 160 A = 256 A$$

Zatem

$$256 A \leq 1,45 \cdot 272 A \cdot 0,8 = 315,5 A$$

Warunek spełniony.

#### 5.8.2.8 Sprawdzenie przekroju przewodów ze względu na cieplną wytrzymałość zwarciovą

$$S \geq \frac{I''_K}{k} \sqrt{t_{wył}}$$

Czas zadziałania zabezpieczenia jest krótszy niż 10 ms, dlatego posłużono się charakterystyką całki Joule'a oraz warunkiem

$$\int_t I^2 dt \leq (kS)^2$$

Odczytano wartość całki Joule'a dla prądu zwarciovego ok. 17,166 kA:

$$\int_t I^2 dt \cong 14 500 A^2 s$$

Dla wybranego przewodu wartość jednosekundowej gęstości prądu w czasie zwarcia wynosi:

$$k = 87 \frac{A\sqrt{s}}{mm^2}$$

Stąd

$$(kS)^2 = \left( 7 \frac{A\sqrt{s}}{mm^2} \cdot 240 mm^2 \right)^2 = (20880)^2 A^2 s$$

Zatem

$$14500 A^2 s \leq (20880)^2 A^2 s$$

Warunek spełniony.

#### 5.8.2.9 Dobór przewodu z katalogu producenta

Na podstawie obliczeń dobrano przewód TFKable YAKXS-żo 4x240SM, 4-żyłowy o przekroju żyły (również PEN)  $240 mm^2$  w izolacji XLPE i powłoce PVC.

#### 5.8.2.10 Sprawdzenie przekroju przewodów ze względu na skuteczność dodatkowej ochrony przeciwporażeniowej

$$I_a \leq I_{K1}$$

Z charakterystyki czasowo-prądowej zabezpieczenia, dla czasu zadziałania zabezpieczenia  $t_{dop} = 5s$  odczytano wartość prądu wyłączającego  $I_a \cong 600 A$ .

Obliczenie pętli zwarcia jednofazowego metodą uproszczoną:

$$Z_{K1} = \underline{Z}_Q + \underline{Z}_T + \underline{Z}_{WLZ} + \underline{Z}_{WLZ\ PEN}$$

Po uwzględnieniu współczynnika temperaturowego rezystancji oraz faktu, że przekrój żyły PEN jest równy przekrojowi przewodu fazowego:

$$R_{K1} = R_T + 1,24 \cdot 2R_{WLZ} = 0,0022 \Omega + 2 \cdot 1,24 \cdot 0,019 \Omega = 0,049 \Omega$$

$$X_{K1} = X_Q + X_T + 2X_{WLZ} = 0,0005 \Omega + 0,0128 \Omega = 0,013 \Omega$$

$$|Z_{K1}| = \sqrt{R_{K1}^2 + X_{K1}^2} = \sqrt{(0,049 \Omega)^2 + (0,013 \Omega)^2} = 0,051 \Omega$$

$$I_{K1} = \frac{c_{min} U_{nf}}{|Z_{K1}|} = \frac{0,95 \cdot 230 V}{0,051 \Omega} \cong 7,461 kA$$

$$600 A \leq 7,461 kA$$

Warunek spełniony.

### 5.9 OBLICZENIA WYBRANYCH OBWODÓW INSTALACJI ODBIORCZEJ

Do obliczeń wybrano z każdej grupy urządzeń obwód o najdłuższym przewodzie zasilającym. Założono, że podstawowym zabezpieczeniem jest zabezpieczenie nadprądowe.

#### 5.9.1 Dobór przewodów i zabezpieczeń do obwodów pras

##### 5.9.1.1 Wyznaczenie prądów obciążeń roboczych

$$I_B = \frac{P_n}{\sqrt{3} U_n \eta \cos \varphi} = \frac{22 kW}{\sqrt{3} \cdot 400 V \cdot 0,92 \cdot 0,82} = 42,1 A$$

### 5.9.1.2 Dobór zabezpieczeń

#### 5.9.1.2.1 Zabezpieczenia zwarciovie

Przyjęto rozruch lekki, kilka razy na dobę oraz możliwość rozruchu  $Y/\Delta$ .

$$\alpha = 3$$

$$I_{rmax} = k_r I_B = 7,3 \cdot 42,1 \text{ A} = 307,3 \text{ A}$$

$$I_{nFmin} = \frac{I_{rmax}}{3\alpha} = \frac{307,3 \text{ A}}{3 \cdot 3} = 34,1 \text{ A}$$

Dobrano wkładkę ETI 006711040 CH14/P aM 50A/500V 1433950 o charakterystyce aM,  $I_n = 50 \text{ A}$  oraz zdolności zwarciowej 120 kA.

#### 5.9.1.2.2 Zabezpieczenia przeciążeniowe

Przyjęto  $I_{nt} = 1,1 I_{nM}$ .

$$I_{nt} = 1,1 I_{nM} = 1,1 \cdot 42,1 \text{ A} = 46,3 \text{ A}$$

Dobrano wyłącznik silnikowy LEGRAND MPX3 100H 4173 75 o  $I_n = 50 \text{ A}$  oraz zakresie nastaw 34 A – 50 A.

### 5.9.1.3 Dobór przekroju przewodów ze względu na obciążalność prądową długotrwałą

W obliczeniach przyjęto parametry przewodu miedzianego w izolacji PVC o przekroju żyły  $10 \text{ mm}^2$ . Przewód prowadzono w drabince kablowej, w której na początkowym odcinku biegnie łącznie 7 przewodów.

$$I_Z = 60 \text{ A}$$

$$I'_Z = k_g k_T I_Z = 0,79 \cdot 1 \cdot 60 \text{ A} = 47,4 \text{ A}$$

$$I'_Z \geq I_B \rightarrow 47,4 \text{ A} \geq 42,1 \text{ A}$$

Warunek spełniony.

### 5.9.1.4 Sprawdzenie dobrego przekroju ze względu na wytrzymałość mechaniczną

Dla miedzianych przewodów siłowych do układania na stałe najmniejszy przekrój wynosi  $1,5 \text{ mm}^2$ .

$$S \geq S_{mech} \rightarrow 10 \text{ mm}^2 \geq 1,5 \text{ mm}^2$$

Warunek spełniony.

### 5.9.1.5 Dobór przekroju przewodu neutralnego i ochronnego

Minimalny przekrój żył przewodów ochronnych dla  $S_L \leq 16 \text{ mm}^2$  wynosi  $S_L$ , czyli w tym przypadku  $10 \text{ mm}^2$ .

### 5.9.1.6 Wyznaczenie przekroju przewodów ze względu na dopuszczalny spadek napięcia

Spadek napięcia od rozdzielnic oddziałowej do maszyny nie powinien przekraczać 3%

$$R = \frac{l}{\gamma S} = \frac{27,5 \text{ m}}{56 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \cdot 10 \text{ mm}^2} = 0,049 \Omega$$

$$X = x' l \cdot 10^{-3} = 0,07 \frac{\text{m}\Omega}{\text{mm}^2} \cdot 27,5 \text{ m} \cdot 10^{-3} = 0,002 \text{ m}\Omega$$

$$\Delta U_{\%} = \frac{100\sqrt{3}}{U_n} I_B (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$$

$$= \frac{100\sqrt{3}}{400 \text{ V}} \cdot 42,1 \text{ A} \cdot (0,049 \Omega \cdot 0,82 + 0,002 \text{ m}\Omega \cdot 0,57) = 0,73\%$$



$$\Delta U_{\%} \leq \Delta U_{dop} \rightarrow 0,718\% \leq 3\%$$

Warunek spełniony.

#### 5.9.1.7 Sprawdzenie przekroju przewodów ze względu na wytrzymałość cieplną przy przeciążeniach

5.9.1.7.1 Warunek pierwszy

$$I_B \leq I_n \leq I'_Z \rightarrow 42,1 \text{ A} \leq 46 \text{ A} \leq 47,4 \text{ A}$$

Warunek spełniony.

5.9.1.7.2 Warunek drugi

$$I_2 \leq 1,45 I'_Z \rightarrow 60 \text{ A} \leq 68,7 \text{ A}$$

Warunek spełniony.

#### 5.9.1.8 Sprawdzenie przekroju przewodów ze względu na cieplną wytrzymałość zwarciovą

Na podstawie 5.7.4 przyjęto  $I''_K = 14,805 \text{ kA}$ . Czas zadziałania zabezpieczenia jest krótszy niż 10 ms, stąd posłużono się warunkiem:

$$\int_t I^2 dt \leq (kS)^2$$

Dla przewodu o izolacji PVC z żyłami miedzianymi:  $k = 115 \frac{A\sqrt{s}}{mm^2}$

$$(kS)^2 = \left( 115 \frac{A\sqrt{s}}{mm^2} \cdot 10 \text{ mm}^2 \right)^2 = 1322500 \text{ A}^2\text{s}$$

Z charakterystyki urządzenia zabezpieczającego odczytano  $\int_t I^2 dt = 6000 \text{ A}^2\text{s}$

$$\int_t I^2 dt \leq (kS)^2 \rightarrow 6000 \text{ A}^2\text{s} \leq 1322500 \text{ A}^2\text{s}$$

Warunek spełniony.

#### 5.9.1.9 Dobór przewodu z katalogu producenta

Na podstawie obliczeń dobrano przewód TFKable TFPremium YDYżo, 4-żyłowy o przekroju żyły  $10 \text{ mm}^2$ , napięciu znamionowym 450/750 V, w izolacji i powłoce PVC.

#### 5.9.1.10 Sprawdzenie przekroju przewodów ze względu na skuteczność dodatkowej ochrony przeciwporażeniowej

Parametry systemu elektroenergetycznego, transformatora oraz WLZ dobrano podstawie obliczeń zwarciovych w 5.7. Przyjęto parametry WLZ dla zasilania rezerwowego, jako gorszego przypadku. Dla napięcia znamionowego 400/230 V dobrano współczynnik napięciowy  $c_{min} = 0,95$ . Najdłuższy dopuszczalny czas wyłączenia dla instalacji wynosi 0,2s.

$$R_{K1} = R_T + 1,24(R_{WLZ} + R_L + R_{WLZ\ PEN} + R_{L\ PEN}) \\ = 2,2\ m\Omega + 1,24 \cdot (2 \cdot 18,9\ m\Omega + 2 \cdot 49,1\ m\Omega) = 0,169\ \Omega$$

$$X_{K1} = X_Q + X_T + X_{WLZ} + X_L + X_{WLZ\ PEN} + X_{L\ PEN} \approx 0,452\ m\Omega + 12,812\ m\Omega \\ = 0,013\ m\Omega$$

$$Z_{K1} = \sqrt{R_{K1}^2 + X_{K1}^2} = \sqrt{(0,169\ m\Omega)^2 + (0,013\ m\Omega)^2} = 0,169\ \Omega$$

$$I_{K1} \approx \frac{0,95U_{nf}}{Z_{K1}} = \frac{0,95 \cdot 230\ V}{0,169\ \Omega} = 1311\ A$$



Z charakterystyki urządzenia zabezpieczającego odczytano minimalny prąd powodujący zadziałanie urządzenia w dopuszczalnym czasie  $I_a = 600\ A$ .

$$I_a \leq I_{K1} \rightarrow 600\ A < 1311\ A$$

Warunek spełniony.

## 5.9.2 Dobór przewodów i zabezpieczeń do obwodów podnośników

### 5.9.2.1 Wyznaczenie prądów obciążeń roboczych

$$I_B = \frac{P_n}{\sqrt{3}U_n\eta\cos\varphi} = \frac{11\ kW}{\sqrt{3} \cdot 400\ V \cdot 0,887 \cdot 0,75} = 23,9\ A$$

### 5.9.2.2 Dobór zabezpieczeń



#### 5.9.2.2.1 Zabezpieczenia zwarciove

Przyjęto rozruch średni, częsty, oraz możliwość rozruchu  $Y/\Delta$ .

$$\alpha = 2$$

$$I_{rmax} = k_r I_B = 7,5 \cdot 23,9\ A = 179,0\ A$$

$$I_{nFmin} = \frac{I_{rmax}}{3\alpha} = \frac{179,0\ A}{2 \cdot 3} = 29,8\ A$$

Dobrano wkładkę ETI 002621015 CH10x38 aM 32A/400V o charakterystyce aM,  $I_n = 32\ A$  oraz zdolności zwarciovej 100 kA.

#### 5.9.2.2.2 Zabezpieczenia przeciążeniowe

Przyjęto  $I_{nt} = 1,1I_{nM}$ .

$$I_{nt} = 1,1I_{nM} = 1,1 \cdot 23,9\ A = 26,3\ A$$

Dobrano wyłącznik silnikowy LEGRAND MPX3 100H 4173 73 o  $I_n = 32\ A$  oraz zakresie nastaw 22 A – 32 A.

### 5.9.2.3 Dobór przekroju przewodów ze względu na obciążalność prądową długotrwałą

W obliczeniach przyjęto parametry przewodu miedzianego w izolacji PVC o przekroju żyły  $4\ mm^2$ . Przewód prowadzono w drabinie kablowej, w której na początkowym odcinku będzie łącznie 7 przewodów.

$$I_z = 34\ A$$

$$I'_z = k_g k_T I_z = 0,79 \cdot 1 \cdot 34\ A = 26,9\ A$$

$$I'_Z \geq I_B \rightarrow 26,9 \text{ A} \geq 23,9 \text{ A}$$

Warunek spełniony.

#### 5.9.2.4 Sprawdzenie dobranego przekroju ze względu na wytrzymałość mechaniczną

Dla miedzianych przewodów siłowych do układania na stałe najmniejszy przekrój wynosi  $1,5 \text{ mm}^2$ .

$$S \geq S_{mech} \rightarrow 4 \text{ mm}^2 \geq 1,5 \text{ mm}^2$$

Warunek spełniony.

#### 5.9.2.5 Dobór przekroju przewodu neutralnego i ochronnego

Minimalny przekrój żył przewodów ochronnych dla  $S_L \leq 16 \text{ mm}^2$  wynosi  $S_L$ , czyli w tym przypadku  $4 \text{ mm}^2$ .

#### 5.9.2.6 Wyznaczenie przekroju przewodów ze względu na dopuszczalny spadek napięcia

Spadek napięcia od rozdzielnic oddziałowej do maszyny nie powinien przekraczać 3%

$$R = \frac{l}{\gamma S} = \frac{35,0 \text{ m}}{56 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \cdot 4 \text{ mm}^2} = 0,156 \Omega$$

$$X = x' l \cdot 10^{-3} = 0,07 \frac{\text{m}\Omega}{\text{mm}^2} \cdot 35,0 \text{ m} \cdot 10^{-3} = 0,002 \text{ m}\Omega$$

$$\begin{aligned} \Delta U_{\%} &= \frac{100\sqrt{3}}{U_n} I_B (R \cos \varphi + X \sin \varphi) \\ &= \frac{100\sqrt{3}}{400 \text{ V}} \cdot 23,9 \text{ A} \cdot (0,156 \Omega \cdot 0,75 + 0,002 \text{ m}\Omega \cdot 0,66) = 1,21\% \end{aligned}$$

$$\Delta U_{\%} \leq \Delta U_{dop} \rightarrow 1,21\% \leq 3\%$$

Warunek spełniony.

#### 5.9.2.7 Sprawdzenie przekroju przewodów ze względu na wytrzymałość cieplną przy przeciążeniach

##### 5.9.2.7.1 Warunek pierwszy

$$I_B \leq I_n \leq I'_Z \rightarrow 23,9 \text{ A} \leq 26 \text{ A} \leq 26,9 \text{ A}$$

Warunek spełniony.

##### 5.9.2.7.2 Warunek drugi

$$I_2 \leq 1,45 I'_Z \rightarrow 38,4 \text{ A} \leq 38,9 \text{ A}$$

Warunek spełniony.

#### 5.9.2.8 Sprawdzenie przekroju przewodów ze względu na cieplną wytrzymałość zwarciovą

Na podstawie 5.7.4 przyjęto  $I''_K = 14,805 \text{ kA}$ . Czas zadziałania zabezpieczenia jest krótszy niż 10 ms, stąd posłużono się warunkiem:

$$\int_t I^2 dt \leq (kS)^2$$

Dla przewodu o izolacji PVC z żyłami miedzianymi:  $k = 115 \frac{\text{A}\sqrt{\text{s}}}{\text{mm}^2}$

$$(kS)^2 = \left( 115 \frac{A\sqrt{s}}{mm^2} \cdot 10 mm^2 \right)^2 = 211600 A^2s$$

Z charakterystyki urządzenia zabezpieczającego odczytano  $\int_t I^2 dt = 2200 A^2s$

$$\int_t I^2 dt \leq (kS)^2 \rightarrow 2200 A^2s \leq 211600 A^2s$$

Warunek spełniony.

#### 5.9.2.9 Dobór przewodu z katalogu producenta

Na podstawie obliczeń dobrano przewód TFKable TFPremium YDYżo, 4-żyłowy o przekroju żyły  $4 mm^2$ , napięciu znamionowym 450/750 V, w izolacji i powłoce PVC.

#### 5.9.2.10 Sprawdzenie przekroju przewodów ze względu na skuteczność dodatkowej ochrony przeciwporażeniowej

Parametry systemu elektroenergetycznego, transformatora oraz WLZ dobrano podstawie obliczeń zwarciovych w 5.7. Przyjęto parametry WLZ dla zasilania rezerwowego, jako gorszego przypadku. Dla napięcia znamionowego 400/230 V dobrano współczynnik napięciowy  $c_{min} = 0,95$ . Najdłuższy dopuszczalny czas wyłączenia dla instalacji wynosi 0,2s.

$$\begin{aligned} R_{K1} &= R_T + 1,24(R_{WLZ} + R_L + R_{WLZ PEN} + R_{L PEN}) \\ &= 2,2 m\Omega + 1,24 \cdot (2 \cdot 18,9 m\Omega + 2 \cdot 156,3 m\Omega) = 0,434 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_{K1} &= X_Q + X_T + X_{WLZ} + X_L + X_{WLZ PEN} + X_{L PEN} \approx 0,452 m\Omega + 12,812 m\Omega \\ &= 0,013 m\Omega \end{aligned}$$

$$Z_{K1} = \sqrt{R_{K1}^2 + X_{K1}^2} = \sqrt{(0,434 m\Omega)^2 + (0,013 m\Omega)^2} = 0,435 \Omega$$

$$I_{K1} \approx \frac{0,95 U_{nf}}{Z_{K1}} = \frac{0,95 \cdot 230 V}{0,435 \Omega} = 503 A$$

Z charakterystyki urządzenia zabezpieczającego odczytano minimalny prąd powodujący zadziałanie urządzenia w dopuszczalnym czasie  $I_a = 390 A$ .

$$I_a \leq I_{K1} \rightarrow 390 A < 503 A$$

Warunek spełniony.

### 5.9.3 Dobór przewodów i zabezpieczeń do obwodów przenośników

#### 5.9.3.1 Wyznaczenie prądów obciążeń roboczych

$$I_B = \frac{P_n}{\sqrt{3} U_n \eta \cos \varphi} = \frac{7,5 kW}{\sqrt{3} \cdot 400 V \cdot 0,872 \cdot 0,75} = 16,6 A$$

#### 5.9.3.2 Dobór zabezpieczeń

##### 5.9.3.2.1 Zabezpieczenia zwarciovowe

Przyjęto rozruch średni, kilka razy na dobę oraz możliwość rozruchu  $Y/\Delta$ .

$$\alpha = 2,5$$



$$I_{rmax} = k_r I_B = 6,5 \cdot 16,6 A = 107,6 A$$

$$I_{nFmin} = \frac{I_{rmax}}{3\alpha} = \frac{107,6 A}{3 \cdot 3} = 14,3 A$$

Dobrano wkładkę ETI 002611009 CH8x32 aM 16A/400V o charakterystyce aM,  $I_n = 20 A$  oraz zdolności zwarciowej 50 kA.

#### 5.9.3.2.2 Zabezpieczenia przeciążeniowe

Przyjęto  $I_{nt} = 1,1 I_{nM}$ .

$$I_{nt} = 1,1 I_{nM} = 1,1 \cdot 16,6 A = 18,2 A$$

Dobrano wyłącznik silnikowy LEGRAND MPX3 100H 4173 71 o  $I_n = 20 A$  oraz zakresie nastaw 11 A – 17 A.

#### 5.9.3.3 Dobór przekroju przewodów ze względu na obciążalność prądową długotrwałą

W obliczeniach przyjęto parametry przewodu miedzianego w izolacji PVC o przekroju żyły 4 mm<sup>2</sup>. Przewód prowadzono w drabince kablowej, w której na początkowym odcinku biegnie łącznie 7 przewodów.

$$I_Z = 34 A$$

$$I'_Z = k_g k_T I_Z = 0,79 \cdot 1 \cdot 60 A = 26,9 A$$

$$I'_Z \geq I_B \rightarrow 26,9 A \geq 16,6 A$$

Warunek spełniony.

#### 5.9.3.4 Sprawdzenie dobrego przekroju ze względu na wytrzymałość mechaniczną

Dla miedzianych przewodów siłowych do układania na stałe najmniejszy przekrój wynosi 1,5 mm<sup>2</sup>.

$$S \geq S_{mech} \rightarrow 4 mm^2 \geq 1,5 mm^2$$

Warunek spełniony.

#### 5.9.3.5 Dobór przekroju przewodu neutralnego i ochronnego

Minimalny przekrój żył przewodów ochronnych dla  $S_L \leq 16 mm^2$  wynosi  $S_L$ , czyli w tym przypadku 4 mm<sup>2</sup>.

#### 5.9.3.6 Wyznaczenie przekroju przewodów ze względu na dopuszczalny spadek napięcia

Spadek napięcia od rozdzielnic oddziałowej do maszyny nie powinien przekraczać 3%

$$R = \frac{l}{\gamma S} = \frac{37,5 m}{56 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2} \cdot 10 mm^2} = 0,167 \Omega$$

$$X = x' l \cdot 10^{-3} = 0,07 \frac{m\Omega}{mm^2} \cdot 37,5 m \cdot 10^{-3} = 0,003 m\Omega$$

$$\begin{aligned} \Delta U_{\%} &= \frac{100\sqrt{3}}{U_n} I_B (R \cos \varphi + X \sin \varphi) \\ &= \frac{100\sqrt{3}}{400 V} \cdot 16,6 A \cdot (0,167 \Omega \cdot 0,82 + 0,003 m\Omega \cdot 0,57) = 0,90\% \end{aligned}$$

$$\Delta U_{\%} \leq \Delta U_{dop} \rightarrow 0,89\% \leq 3\%$$

Warunek spełniony.

#### 5.9.3.7 Sprawdzenie przekroju przewodów ze względu na wytrzymałość cieplną przy przeciążeniach

5.9.3.7.1 Warunek pierwszy

$$I_B \leq I_n \leq I'_Z \rightarrow 16,6 \text{ A} \leq 20 \text{ A} \leq 26,9 \text{ A}$$

Warunek spełniony.

5.9.3.7.2 Warunek drugi

$$I_2 \leq 1,45 I'_Z \rightarrow 20,4 \text{ A} \leq 38,9 \text{ A}$$

Warunek spełniony.

#### 5.9.3.8 Sprawdzenie przekroju przewodów ze względu na cieplną wytrzymałość zwarciovą

Na podstawie 5.7.4 przyjęto  $I''_K = 14,805 \text{ kA}$ . Czas zadziałania zabezpieczenia jest krótszy niż 10 ms, stąd posłużono się warunkiem:

$$\int_t I^2 dt \leq (kS)^2$$

Dla przewodu o izolacji PVC z żyłami miedzianymi:  $k = 115 \frac{A\sqrt{s}}{mm^2}$

$$(kS)^2 = \left( 115 \frac{A\sqrt{s}}{mm^2} \cdot 4 \text{ mm}^2 \right)^2 = 211600 \text{ A}^2\text{s}$$

Z charakterystyki urządzenia zabezpieczającego odczytano  $\int_t I^2 dt = 7000 \text{ A}^2\text{s}$

$$\int_t I^2 dt \leq (kS)^2 \rightarrow 7000 \text{ A}^2\text{s} \leq 211600 \text{ A}^2\text{s}$$

Warunek spełniony.

#### 5.9.3.9 Dobór przewodu z katalogu producenta

Na podstawie obliczeń dobrano przewód TFKable TFPremium YDYżo, 4-żyłowy o przekroju żyły  $4 \text{ mm}^2$ , napięciu znamionowym 450/750 V, w izolacji i powłoce PVC.

#### 5.9.3.10 Sprawdzenie przekroju przewodów ze względu na skuteczność dodatkowej ochrony przeciwporażeniowej

Parametry systemu elektroenergetycznego, transformatora oraz WLZ dobrano podstawie obliczeń zwarciovych w 5.7. Przyjęto parametry WLZ dla zasilania rezerwowego, jako gorszego przypadku. Dla napięcia znamionowego 400/230 V dobrano współczynnik napięciowy  $c_{min} = 0,95$ . Najdłuższy dopuszczalny czas wyłączenia dla instalacji wynosi 0,2s.

$$\begin{aligned} R_{K1} &= R_T + 1,24(R_{WLZ} + R_L + R_{WLZ \text{ PEN}} + R_{L \text{ PEN}}) \\ &= 2,2 \text{ m}\Omega + 1,24 \cdot (2 \cdot 18,9 \text{ m}\Omega + 2 \cdot 167,4 \text{ m}\Omega) = 0,462 \text{ }\Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_{K1} &= X_Q + X_T + X_{WLZ} + X_L + X_{WLZ \text{ PEN}} + X_{L \text{ PEN}} \approx 0,462 \text{ m}\Omega + 12,812 \text{ m}\Omega \\ &= 0,013 \text{ m}\Omega \end{aligned}$$

$$Z_{K1} = \sqrt{R_{K1}^2 + X_{K1}^2} = \sqrt{(0,462 \text{ m}\Omega)^2 + (0,013 \text{ m}\Omega)^2} = 0,462 \text{ }\Omega$$

$$I_{K1} \approx \frac{0,95U_{nf}}{Z_{K1}} = \frac{0,95 \cdot 230 \text{ V}}{0,462 \Omega} = 472 \text{ A}$$

Z charakterystyki urządzenia zabezpieczającego odczytano minimalny prąd powodujący zadziałanie urządzenia w dopuszczalnym czasie  $I_a = 150 \text{ A}$ .

$$I_a \leq I_{K1} \rightarrow 150 \text{ A} < 472 \text{ A}$$

Warunek spełniony.

#### 5.9.4 Dobór przewodów i zabezpieczeń do obwodów pieców

##### 5.9.4.1 Wyznaczenie prądów obciążeń roboczych

$$I_B = \frac{P_n}{\sqrt{3}U_n\eta\cos\varphi} = \frac{15 \text{ kW}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 1 \cdot 1} = 21,7 \text{ A}$$

##### 5.9.4.2 Dobór zabezpieczeń

###### 5.9.4.2.1 Zabezpieczenia zwarciorowe

Dla pieca oporowego przyjęto tylko jedno zabezpieczenie – przeciwzwarciorowe – w postaci wkładki topikowej ETI NH1C gF 25A/400V o  $I_n = 25 \text{ A}$  oraz charakterystyce gF

###### 5.9.4.2.2 Zabezpieczenia przeciążeniowe

Dla pieców oporowych nie dobrano dodatkowych zabezpieczeń przeciążeniowych.

##### 5.9.4.3 Dobór przekroju przewodów ze względu na obciążalność prądową długotrwałą

W obliczeniach przyjęto parametry przewodu miedzianego w izolacji PVC o przekroju żyły  $4 \text{ mm}^2$ . Przewód prowadzono w drabinie kablowej, w której na początkowym odcinku biegnie łącznie 7 przewodów.

$$I_Z = 34 \text{ A}$$

$$I'_Z = k_g k_T I_Z = 0,79 \cdot 1 \cdot 60 \text{ A} = 26,9 \text{ A}$$

$$I'_Z \geq I_B \rightarrow 26,9 \text{ A} \geq 21,7 \text{ A}$$

Warunek spełniony.

##### 5.9.4.4 Sprawdzenie dobrego przekroju ze względu na wytrzymałość mechaniczną

Dla miedzianych przewodów siłowych do układania na stałe najmniejszy przekrój wynosi  $1,5 \text{ mm}^2$ .

$$S \geq S_{mech} \rightarrow 4 \text{ mm}^2 \geq 1,5 \text{ mm}^2$$

Warunek spełniony.

##### 5.9.4.5 Dobór przekroju przewodu neutralnego i ochronnego

Minimalny przekrój żył przewodów ochronnych dla  $S_L \leq 16 \text{ mm}^2$  wynosi  $S_L$ , czyli w tym przypadku  $4 \text{ mm}^2$ .

##### 5.9.4.6 Wyznaczenie przekroju przewodów ze względu na dopuszczalny spadek napięcia

Spadek napięcia od rozdzielnic oddziałowej do maszyny nie powinien przekraczać 3%

$$R = \frac{l}{\gamma S} = \frac{38,0 \text{ m}}{56 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \cdot 4 \text{ mm}^2} = 0,170 \Omega$$

$$X = x' \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,07 \frac{m\Omega}{mm^2} \cdot 37,4 m \cdot 10^{-3} = 0,003 m\Omega$$

$$\Delta U_{\%} = \frac{100\sqrt{3}}{U_n} I_B (R \cos \varphi + X \sin \varphi) = \frac{100\sqrt{3}}{400 V} \cdot 21,7 A \cdot (0,170 \Omega \cdot 1) = 1,59\%$$

$$\Delta U_{\%} \leq \Delta U_{dop} \rightarrow 1,59\% \leq 3\%$$

Warunek spełniony.

#### 5.9.4.7 Sprawdzenie przekroju przewodów ze względu na wytrzymałość cieplną przy przeciążeniach

5.9.4.7.1 Warunek pierwszy

$$I_B \leq I_n \leq I'_Z \rightarrow 21,7 A \leq 25 A \leq 26,9 A$$

Warunek spełniony.

5.9.4.7.2 Warunek drugi

$$I_2 \leq 1,45 I'_Z \rightarrow 36,25 A \leq 38,95 A$$

Warunek spełniony.

#### 5.9.4.8 Sprawdzenie przekroju przewodów ze względu na cieplną wytrzymałość zwarciovą

Na podstawie 5.7.4 przyjęto  $I''_K = 14,805 kA$ . Czas zadziałania zabezpieczenia jest krótszy niż 10 ms, stąd posłużono się warunkiem:

$$\int_t I^2 dt \leq (kS)^2$$

Dla przewodu o izolacji PVC z żyłami miedzianymi:  $k = 115 \frac{A\sqrt{s}}{mm^2}$

$$(kS)^2 = \left( 115 \frac{A\sqrt{s}}{mm^2} \cdot 4 mm^2 \right)^2 = 211600 A^2 s$$

Z charakterystyki urządzenia zabezpieczającego odczytano  $\int_t I^2 dt = 1000 A^2 s$

$$\int_t I^2 dt \leq (kS)^2 \rightarrow 1000 A^2 s \leq 211600 A^2 s$$

Warunek spełniony.

#### 5.9.4.9 Dobór przewodu z katalogu producenta

Na podstawie obliczeń dobrano przewód TFKable TFPremium YDYżo, 4-żyłowy o przekroju żyły  $4 mm^2$ , napięciu znamionowym 450/750 V, w izolacji i powłoce PVC.

#### 5.9.4.10 Sprawdzenie przekroju przewodów ze względu na skuteczność dodatkowej ochrony przeciwporażeniowej

Parametry systemu elektroenergetycznego, transformatora oraz WLZ dobrano podstawie obliczeń zwarciovych w 5.7. Przyjęto parametry WLZ dla zasilania rezerwowego, jako gorszego przypadku. Dla napięcia znamionowego 400/230 V dobrano współczynnik napięciowy  $c_{min} = 0,95$ . Najdłuższy dopuszczalny czas wyłączenia dla instalacji wynosi 0,2s.

$$\begin{aligned} R_{K1} &= R_T + 1,24(R_{WLZ} + R_L + R_{WLZ PEN} + R_{L PEN}) \\ &= 2,2 m\Omega + 1,24 \cdot (2 \cdot 18,9 m\Omega + 2 \cdot 169,6 m\Omega) = 0,468 \Omega \end{aligned}$$

$$X_{K1} = X_Q + X_T + X_{WLZ} + X_L + X_{WLZ PEN} + X_{L PEN} \approx 0,452 \text{ m}\Omega + 12,812 \text{ m}\Omega = 0,013 \text{ m}\Omega$$

$$Z_{K1} = \sqrt{R_{K1}^2 + X_{K1}^2} = \sqrt{(0,468 \Omega)^2 + (0,013 \text{ m}\Omega)^2} = 0,468 \Omega$$

$$I_{K1} \approx \frac{0,95 U_{nf}}{Z_{K1}} = \frac{0,95 \cdot 230 \text{ V}}{0,468 \Omega} = 467 \text{ A}$$

Z charakterystyki urządzenia zabezpieczającego odczytano minimalny prąd powodujący zadziałanie urządzenia w dopuszczalnym czasie  $I_a = 150 \text{ A}$ .

$$I_a \leq I_{K1} \rightarrow 150 \text{ A} < 467 \text{ A}$$

Warunek spełniony.

## 5.9.5 Dobór przewodów i zabezpieczeń do obwodów gniazd 3-fazowych

### 5.9.5.1 Wyznaczenie prądów obciążeń roboczych

Jako prąd obciążenia roboczego przyjęto prąd znamionowy gniazda.

$$I_B = 63 \text{ A}$$

### 5.9.5.2 Dobór zabezpieczeń

#### 5.9.5.2.1 Zabezpieczenia zwarciorowe

Dobrano wkładkę ETI ETI NH00 gF 63A/400V o charakterystyce gF,  $I_n = 63 \text{ A}$  oraz zdolności zwarciorowej  $100 \text{ kA}$ .

#### 5.9.5.2.2 Zabezpieczenia przeciążeniowe

Do obwodów gniazd 3-fazowych nie dobrano żadnych dodatkowych zabezpieczeń przeciążeniowych.

### 5.9.5.3 Dobór przekroju przewodów ze względu na obciążalność prądową długotrwałą

W obliczeniach przyjęto parametry przewodu miedzianego w izolacji XLPE o przekroju żyły  $16 \text{ mm}^2$ . Przewód prowadzono w nieperforowanym korytku kablowym na ścianie, w którym biegnie łącznie 6 przewodów.

$$I_Z = 96 \text{ A}$$

$$I'_Z = k_g k_T I_Z = 0,72 \cdot 1 \cdot 96 \text{ A} = 69,1 \text{ A}$$

$$I'_Z \geq I_B \rightarrow 69,1 \text{ A} \geq 63 \text{ A}$$

Warunek spełniony.

### 5.9.5.4 Sprawdzenie dobrego przekroju ze względu na wytrzymałość mechaniczną

Dla miedzianych przewodów siłowych do układania na stałe najmniejszy przekrój wynosi  $1,5 \text{ mm}^2$ .

$$S \geq S_{mech} \rightarrow 16 \text{ mm}^2 \geq 1,5 \text{ mm}^2$$

Warunek spełniony.

#### 5.9.5.5 Dobór przekroju przewodu neutralnego i ochronnego

Minimalny przekrój żył przewodów ochronnych dla  $S_L \leq 16 \text{ mm}^2$  wynosi  $S_L$ , czyli w tym przypadku  $16 \text{ mm}^2$ .

#### 5.9.5.6 Wyznaczenie przekroju przewodów ze względu na dopuszczalny spadek napięcia

Spadek napięcia od rozdzielnic oddziałowej do maszyny nie powinien przekraczać 3%

$$R = \frac{l}{\gamma S} = \frac{48,05 \text{ m}}{56 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \cdot 16 \text{ mm}^2} = 0,054 \Omega$$

$$X = x' l \cdot 10^{-3} = 0,07 \frac{\text{m}\Omega}{\text{mm}^2} \cdot 48,05 \text{ m} \cdot 10^{-3} = 0,003 \text{ m}\Omega$$

$$\begin{aligned} \Delta U_{\%} &= \frac{100\sqrt{3}}{U_n} I_B (R \cos \varphi + X \sin \varphi) = \frac{100\sqrt{3}}{400 \text{ V}} \cdot 21,7 \text{ A} \cdot (0,054 \Omega \cdot 0,5 + 0,003 \text{ m}\Omega \cdot 0,87) \\ &= 0,73\% \end{aligned}$$

$$\Delta U_{\%} \leq \Delta U_{dop} \rightarrow 0,73\% \leq 3\%$$

Warunek spełniony.

#### 5.9.5.7 Sprawdzenie przekroju przewodów ze względu na wytrzymałość cieplną przy przeciążeniach

##### 5.9.5.7.1 Warunek pierwszy

$$I_B \leq I_n \leq I'_Z \rightarrow 63,0 \text{ A} \leq 63,0 \text{ A} \leq 69,12 \text{ A}$$

Warunek spełniony.

##### 5.9.5.7.2 Warunek drugi

$$I_2 \leq 1,45 I'_Z \rightarrow 91,4 \text{ A} \leq 100,2 \text{ A}$$

Warunek spełniony.

#### 5.9.5.8 Sprawdzenie przekroju przewodów ze względu na cieplną wytrzymałość zwarciovą

Na podstawie 5.7.4 przyjęto  $I''_K = 14,805 \text{ kA}$ . Czas zadziałania zabezpieczenia jest krótszy niż 10 ms, stąd posłużono się warunkiem:

$$\int_t I^2 dt \leq (kS)^2$$

Dla przewodu o izolacji XLPE z żyłami miedzianymi:  $k = 135 \frac{\text{A}\sqrt{\text{s}}}{\text{mm}^2}$

$$(kS)^2 = \left( 135 \frac{\text{A}\sqrt{\text{s}}}{\text{mm}^2} \cdot 16 \text{ mm}^2 \right)^2 = 4665600 \text{ A}^2\text{s}$$

Z charakterystyki urządzenia zabezpieczającego odczytano  $\int_t I^2 dt = 10000 \text{ A}^2\text{s}$

$$\int_t I^2 dt \leq (kS)^2 \rightarrow 10000 \text{ A}^2\text{s} \leq 4665600 \text{ A}^2\text{s}$$

Warunek spełniony.

#### 5.9.5.9 Dobór przewodu z katalogu producenta

Na podstawie obliczeń dobrano przewód TFKable YKXS-żo, 5-żyłowy o przekroju żyły  $16 \text{ mm}^2$ , napięciu znamionowym 0,6/1 kV, w izolacji XLPE i powłoce PVC.

#### 5.9.5.10 Sprawdzenie przekroju przewodów ze względu na skuteczność dodatkowej ochrony przeciwporażeniowej

Parametry systemu elektroenergetycznego, transformatora oraz WLZ dobrano podstawie obliczeń zwarciovych w 5.7. Przyjęto parametry WLZ dla zasilania rezerwowego, jako gorszego przypadku. Dla napięcia znamionowego 400/230 V dobrano współczynnik napięciowy  $c_{min} = 0,95$ . Najdłuższy dopuszczalny czas wyłączenia dla instalacji wynosi 0,2s.

$$R_{K1} = R_T + 1,24(R_{WLZ} + R_L + R_{WLZ\ PEN} + R_{L\ PEN}) \\ = 2,2\ m\Omega + 1,24 \cdot (2 \cdot 18,9\ m\Omega + 2 \cdot 53,6\ m\Omega) = 0,180\ \Omega$$

$$X_{K1} = X_Q + X_T + X_{WLZ} + X_L + X_{WLZ\ PEN} + X_{L\ PEN} \approx 0,452\ m\Omega + 12,812\ m\Omega \\ = 0,013\ m\Omega$$

$$Z_{K1} = \sqrt{R_{K1}^2 + X_{K1}^2} = \sqrt{(0,180\ \Omega)^2 + (0,013\ m\Omega)^2} = 0,180\ \Omega$$



$$I_{K1} \approx \frac{0,95 U_{nf}}{Z_{K1}} = \frac{0,95 \cdot 230\ V}{0,180\ \Omega} = 1211\ A$$

Z charakterystyki urządzenia zabezpieczającego odczytano minimalny prąd powodujący zadziałanie urządzenia w dopuszczalnym czasie  $I_a = 315\ A$ .

$$I_a \leq I_{K1} \rightarrow 315\ A < 1211\ A$$

Warunek spełniony.

### 5.9.6 Dobór przewodów i zabezpieczeń do obwodów gniazd 1-fazowych

#### 5.9.6.1 Wyznaczenie prądów obciążeń roboczych

Jako prąd obciążenia roboczego przyjęto prąd znamionowy gniazda

$$I_B = 16\ A$$

#### 5.9.6.2 Dobór zabezpieczeń



##### 5.9.6.2.1 Zabezpieczenia zwarciovowe

Dobrano wkładkę ETI DII gF 16A/690V PL o charakterystyce gF,  $I_n = 16\ A$  oraz zdolności zwarciovowej 10 kA.

##### 5.9.6.2.2 Zabezpieczenia przeciążeniowe

Do obwodów gniazd 1-fazowych nie dobrano żadnych dodatkowych zabezpieczeń przeciążeniowych.

#### 5.9.6.3 Dobór przekroju przewodów ze względu na obciążalność prądową długotrwałą

W obliczeniach przyjęto parametry przewodu miedzianego w izolacji PVC o przekroju żyły  $4\ mm^2$ . Przewód prowadzono w nieperforowanym korytku kablowym na ścianie, w którym biegnie łącznie 6 przewodów.

$$I_Z = 36\ A$$

$$I'_Z = k_g k_T I_Z = 0,72 \cdot 1 \cdot 36\ A = 25,9\ A$$

$$I'_Z \geq I_B \rightarrow 25,9 \text{ A} \geq 16 \text{ A}$$

Warunek spełniony.

#### 5.9.6.4 Sprawdzenie dobrego przekroju ze względu na wytrzymałość mechaniczną

Dla miedzianych przewodów siłowych do układania na stałe najmniejszy przekrój wynosi  $1,5 \text{ mm}^2$ .

$$S \geq S_{mech} \rightarrow 4 \text{ mm}^2 \geq 1,5 \text{ mm}^2$$

Warunek spełniony.

#### 5.9.6.5 Dobór przekroju przewodu neutralnego i ochronnego

Minimalny przekrój żył przewodów ochronnych dla  $S_L \leq 16 \text{ mm}^2$  wynosi  $S_L$ , czyli w tym przypadku  $4 \text{ mm}^2$ .

#### 5.9.6.6 Wyznaczenie przekroju przewodów ze względu na dopuszczalny spadek napięcia

Spadek napięcia od rozdzielnic oddziałowej do maszyny nie powinien przekraczać 3%

$$R = \frac{l}{\gamma S} = \frac{47,75 \text{ m}}{56 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \cdot 4 \text{ mm}^2} = 0,213 \Omega$$

$$X = x' l \cdot 10^{-3} = 0,07 \frac{\text{m}\Omega}{\text{mm}^2} \cdot 47,75 \text{ m} \cdot 10^{-3} = 0,003 \text{ m}\Omega$$

$$\Delta U_{\%} = \frac{200}{U_n} I_B (R \cos \varphi + X \sin \varphi) = \frac{200}{230 \text{ V}} \cdot 16 \text{ A} \cdot (0,213 \Omega \cdot 0,5 + 0,003 \text{ m}\Omega \cdot 0,87) = 0,98\%$$

$$\Delta U_{\%} \leq \Delta U_{dop} \rightarrow 0,98\% \leq 3\%$$

Warunek spełniony.

#### 5.9.6.7 Sprawdzenie przekroju przewodów ze względu na wytrzymałość cieplną przy przeciążeniach

##### 5.9.6.7.1 Warunek pierwszy

$$I_B \leq I_n \leq I'_Z \rightarrow 21,7 \text{ A} \leq 25 \text{ A} \leq 26,9 \text{ A}$$

Warunek spełniony.

##### 5.9.6.7.2 Warunek drugi

$$I_2 \leq 1,45 I'_Z \rightarrow 36,25 \text{ A} \leq 38,95 \text{ A}$$

Warunek spełniony.

#### 5.9.6.8 Sprawdzenie przekroju przewodów ze względu na cieplną wytrzymałość zwarciovą

Na podstawie 5.7.4 przyjęto  $I''_K = 14,805 \text{ kA}$ . Czas zadziałania zabezpieczenia jest krótszy niż 10 ms, stąd posłużono się warunkiem:

$$\int_t I^2 dt \leq (kS)^2$$

Dla przewodu o izolacji PVC z żyłami miedzianymi:  $k = 115 \frac{\text{A}\sqrt{\text{s}}}{\text{mm}^2}$

$$(kS)^2 = \left( 115 \frac{\text{A}\sqrt{\text{s}}}{\text{mm}^2} \cdot 4 \text{ mm}^2 \right)^2 = 211600 \text{ A}^2 \text{s}$$



Z charakterystyki urządzenia zabezpieczającego odczytano  $\int_t I^2 dt = 500 A^2 s$

$$\int_t I^2 dt \leq (kS)^2 \rightarrow 500 A^2 s \leq 211600 A^2 s$$

Warunek spełniony.

#### 5.9.6.9 Dobór przewodu z katalogu producenta

Na podstawie obliczeń dobrano przewód TFKable TFPremium YDYżo, 3-żyłowy o przekroju żyły  $4 mm^2$ , napięciu znamionowym 450/750 V, w izolacji i powłoce PVC.

#### 5.9.6.10 Sprawdzenie przekroju przewodów ze względu na skuteczność dodatkowej ochrony przeciwporażeniowej

Parametry systemu elektroenergetycznego, transformatora oraz WLZ dobrano podstawie obliczeń zwarciovych w 5.7. Przyjęto parametry WLZ dla zasilania rezerwowego, jako gorszego przypadku. Dla napięcia znamionowego 400/230 V dobrano współczynnik napięciowy  $c_{min} = 0,95$ . Najdłuższy dopuszczalny czas wyłączenia dla instalacji wynosi 0,2s.

$$\begin{aligned} R_{K1} &= R_T + 1,24(R_{WLZ} + R_L + R_{WLZ PEN} + R_{L PEN}) \\ &= 2,2 m\Omega + 1,24 \cdot (2 \cdot 18,9 m\Omega + 2 \cdot 213,2 m\Omega) = 0,576 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_{K1} &= X_Q + X_T + X_{WLZ} + X_L + X_{WLZ PEN} + X_{L PEN} \approx 0,452 m\Omega + 12,812 m\Omega \\ &= 0,013 m\Omega \end{aligned}$$

$$Z_{K1} = \sqrt{R_{K1}^2 + X_{K1}^2} = \sqrt{(0,576 \Omega)^2 + (0,013 m\Omega)^2} = 0,576 \Omega$$

$$I_{K1} \approx \frac{0,95 U_{nf}}{Z_{K1}} = \frac{0,95 \cdot 230 V}{0,576 \Omega} = 379 A$$

Z charakterystyki urządzenia zabezpieczającego odczytano minimalny prąd powodujący zadziałanie urządzenia w dopuszczalnym czasie  $I_a = 80 A$ .

$$I_a \leq I_{K1} \rightarrow 80 A < 379 A$$

Warunek spełniony.

## 5.10 OBLICZENIA DLA INSTALACJI OŚWIETLENIOWEJ

Obliczenia przeprowadzono dla najdłuższego obwodu oświetleniowego.

### 5.10.1.1 Wyznaczenie prądów obciążeń roboczych

$$I_B = n I_{nopr} = 21 \cdot 0,1925 = 4,0 A$$

### 5.10.1.2 Dobór zabezpieczeń

#### 5.10.1.2.1 Zabezpieczenia zwarciovowe

Na podstawie prądu obciążenia roboczego wybrano wkładkę ETI D01/gG/6A/E14/400V 002211003 o prądzie znamionowym 6 A.

#### 5.10.1.2.2 Zabezpieczenia przeciążeniowe

Dla obwodów oświetleniowych nie dobrano zabezpieczeń przeciążeniowych, jedynie zwarciovowe.

### 5.10.1.3 Dobór przekroju przewodów ze względu na obciążalność prądową długotrwałą

W obliczeniach przyjęto parametry przewodu miedzianego w izolacji PVC o przekroju żyły  $2,5 \text{ mm}^2$ .

$$I_Z = 19,5 \text{ A}$$

$$I'_Z \geq \frac{I_B}{k_g k_t} = \frac{4,0}{0,77 * 1} = 15,01 \text{ A}$$

$$I'_Z \geq I_B \rightarrow 19,5 \text{ A} \geq 4,0 \text{ A}$$

Warunek spełniony.

### 5.10.1.4 Sprawdzenie dobranego przekroju ze względu na wytrzymałość mechaniczną

$$S \geq S_{mech} \rightarrow 2,5 \text{ mm}^2 \geq 1,5 \text{ mm}^2$$

Warunek spełniony.

### 5.10.1.5 Dobór przekroju przewodu neutralnego i ochronnego

$$S_L \leq 16 \text{ mm}^2$$

Zatem minimalny przekrój przewodu ochronnego będzie równy  $S_L = 2,5 \text{ mm}^2$

### 5.10.1.6 Wyznaczenie przekroju przewodów ze względu na dopuszczalny spadek napięcia

Spadek napięcia od rozdzielnic oddziałowej do maszyny nie powinien przekraczać 2,5%

$$U_{\%} \leq \Delta U_{dop}$$

**Spadek nie powinien przekraczać 2,5%**

Przewód miedziany, zatem  $\gamma = 56 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$

$$R = \frac{l}{\gamma S} = \frac{37,01}{56 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \cdot 240 \text{ mm}^2} = 0,264 \Omega$$

$$X = x' \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,07 \frac{\text{m}\Omega}{\text{m}} \cdot 37,01 \text{ m} \cdot 10^{-3} = 0,002 \text{ m}\Omega$$

$$\Delta U_{\%} = \sum \Delta U_{0i} = \frac{100 P_{opr} \sum l_{0i}}{\gamma S U_n^2} = \frac{100 * 77 \text{ W} * 203,1 \text{ m}}{56 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} * 2,5 \text{ mm}^2 * 400^2 \text{ V}} = 0,07\%$$

$$\Delta U_{\%} \leq \Delta U_{dop} \rightarrow 0,07\% \leq 2,5\%$$

Warunek spełniony.

### 5.10.1.7 Sprawdzenie przekroju przewodów ze względu na wytrzymałość cieplną przy przeciążeniach

#### 5.10.1.7.1 Warunek pierwszy

$$I_B \leq I_n \leq I'_Z \rightarrow 4,0 \text{ A} \leq 6,0 \text{ A} \leq 15,01 \text{ A}$$

Warunek spełniony.

#### 5.10.1.7.2 Warunek drugi

$$I_2 \leq 1,45 I'_Z \rightarrow 6 \text{ A} \leq 1,45 \cdot 15,01 \text{ A} = 21,76 \text{ A}$$

Warunek spełniony.

#### 5.10.1.8 Sprawdzenie przekroju przewodów ze względu na ciepłą wytrzymałość zwarciovą

Na podstawie 5.7.4 przyjęto  $I_K'' = 14,805 \text{ kA}$ . Czas zadziałania zabezpieczenia jest krótszy niż 10 ms, stąd posłużono się warunkiem:

$$\int_t I^2 dt \leq (kS)^2$$

Dla przewodu o izolacji PVC z żyłami miedzianymi:  $k = 115 \frac{A\sqrt{s}}{mm^2}$

$$(kS)^2 = \left( 115 \frac{A\sqrt{s}}{mm^2} \cdot 2,5 mm^2 \right)^2 = 82656 A^2 s$$

Z charakterystyki urządzenia zabezpieczającego odczytano  $\int_t I^2 dt = 500 A^2 s$

$$\int_t I^2 dt \leq (kS)^2 \rightarrow 500 A^2 s \leq 82656 A^2 s$$

Warunek spełniony.

#### 5.10.1.9 Dobór przewodu z katalogu producenta

Na podstawie obliczeń dobrano przewód H07V-K ( LgY ) 2,5mm<sup>2</sup> 450/750V , 4-żyłowy o przekroju żyły (również PEN) 2,5 mm<sup>2</sup> o powłoce PVC.

#### 5.10.1.10 Sprawdzenie przekroju przewodów ze względu na skuteczność dodatkowej ochrony przeciwporażeniowej

Parametry systemu elektroenergetycznego, transformatora oraz WLZ dobrano podstawie obliczeń zwarciovych w 5.7. Przyjęto parametry WLZ dla zasilania rezerwowego, jako gorszego przypadku. Dla napięcia znamionowego 400/230 V dobrano współczynnik napięciowy  $c_{min} = 0,95$ . Najdłuższy dopuszczalny czas wyłączenia dla instalacji wynosi 0,2s

$$\begin{aligned} R_{K1} &= R_T + 1,24(R_{WLZ} + R_L + R_{WLZ \text{ PEN}} + R_{L \text{ PEN}}) \\ &= 0,002\Omega + 1,24(0,019\Omega + 0,264\Omega + 0,19\Omega) = 0,704 \Omega \end{aligned}$$

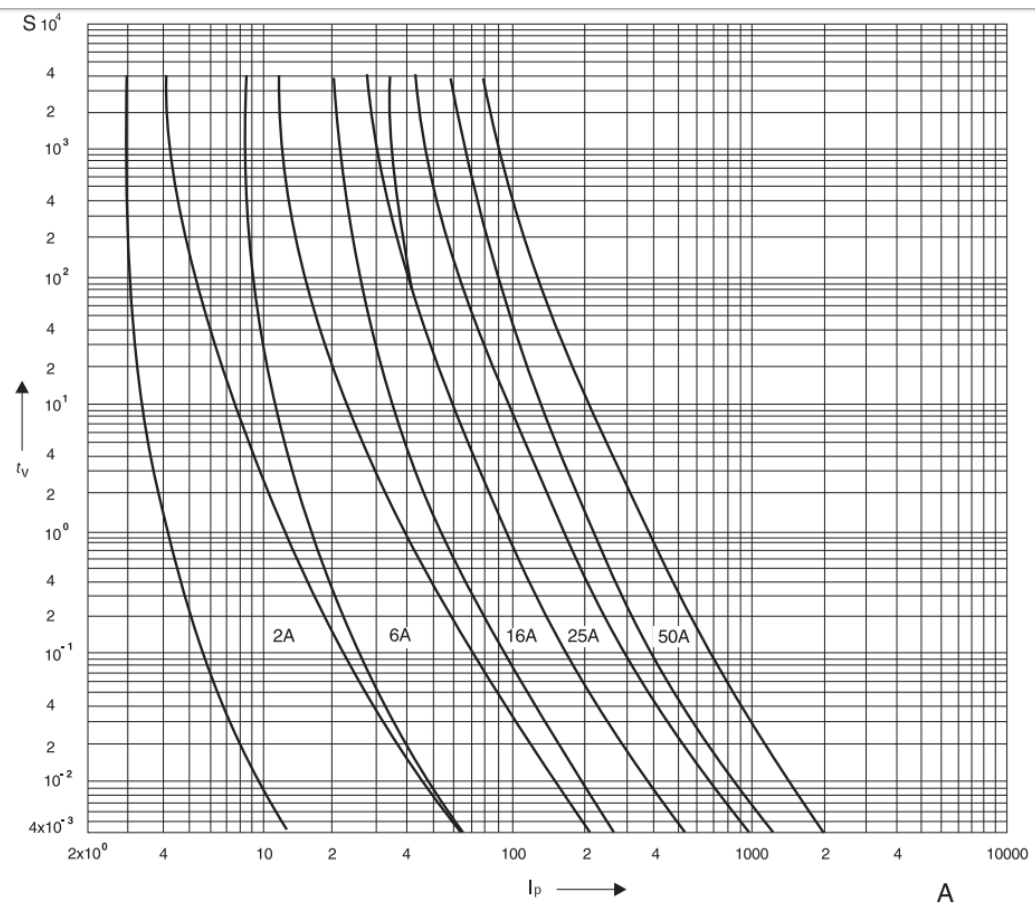
$$\begin{aligned} X_{K1} &= X_Q + X_T + X_{WLZ} + X_L + X_{WLZ \text{ PEN}} + X_{L \text{ PEN}} \\ &\approx 0,452m\Omega + 12,812m\Omega + 0,011m\Omega + 0,003m\Omega + 0,011m\Omega \\ &\quad + 0,003m\Omega = 13,291m\Omega \end{aligned}$$

$$Z_{K1} = \sqrt{R_{K1}^2 + X_{K1}^2} = \sqrt{(0,704\Omega)^2 + (0,013291\Omega)^2} = 0,702 \Omega$$

$$I_{K1} \approx \frac{0,95 U_{nf}}{Z_{K1}} = \frac{0,95 \cdot 230 \text{ V}}{0,702 \Omega} = 310,94 \text{ A}$$

Z charakterystyki urządzenia zabezpieczającego odczytano minimalny prąd powodujący zadziałanie urządzenia w dopuszczalnym czasie  $I_a = 150 \text{ A}$ .





Rysunek 6. Charakterystyki czasowo-prądowe zabezpieczenia obwodu oświetleniowego

$$I_a \leq I_{K1} \rightarrow 150 \text{ A} < 310,94 \text{ A}$$

Warunek spełniony.

## 6 WYKAZ RYSUNKÓW TECHNICZNYCH

Numer rysunku	Tytuł	Autor	Data
1	Fabryka samochodów – plan zagospodarowania przestrzennego	Eryk Błaszczyk	
2	Oddział nr 1 – podkładka budowlana	Kacper Borucki	2020-05-22
3	Plan instalacji siłowej – oddział nr 1	Kacper Borucki	2020-05-22
4	Plan instalacji oświetleniowej – oddział nr 1	Eryk Błaszczyk	

### 6.1 PODKŁADKA BUDOWLANA ZE SCHEMATAMI ROZMIESZCZENIA URZĄDZEŃ ODBIORCZYCH W ODDZIALE NR 1.



oddzial1-podkladka-budowlana.pdf



### 6.2 PLAN INSTALACJI SIŁOWEJ W ODDZIALE NR 1.



oddzial1-instalacja-silowa.pdf

### 6.3 PLAN INSTALACJI OŚWIETLENIOWEJ W ODDZIALE NR 1.



instalacja-oswietlenia.pdf

### 6.4 PLAN ZAGOSPODAROWANIA PRZESTRZENNEGO ZAKŁADU.



calosc (1).pdf

## 7 LITERATURA

---

- [1] Waldemar Dołęga, Mirosław Kobusiński, *Projektowanie instalacji elektrycznych w obiektach przemysłowych*
- [2] Henryk Markiewicz, *Instalacje elektryczne*
- [3] Łukasz Gorgolewski, *Systemy zasilania rezerwowego – cz. I*, 27.06.2017 inzynierbudownictwa.pl, [http://www.inzynierbudownictwa.pl/technika,materialy\\_i\\_technologie,artykul,systemy\\_zasilania\\_rezerwowego\\_cz\\_i,10109](http://www.inzynierbudownictwa.pl/technika,materialy_i_technologie,artykul,systemy_zasilania_rezerwowego_cz_i,10109)
- [4] Zbigniew Skibko, Radosław Wiśniewski, *Kompensacja mocy biernej w obiektach przemysłowych* <http://astat-energetyka.pl/wp-content/uploads/2018/07/4-Kompensacja-mocy-biernej-w-obiektach-przemyslowych.pdf>

## 8 ZAŁĄCZNIKI

---

### [Zał. 1] Projekt oświetlenia – wariant 1 – konwencjonalny (Eryk Błaszczuk)



odział-nr-1-tłocznia  
-oświetlenie-eblaszc

### [Zał. 2] Projekt oświetlenia – wariant 2 – energooszczędny (Kacper Borucki)



odział-nr-1-tłocznia  
-oświetlenie-kboruc

### [Zał. 3] Oprawy oświetleniowe – karta katalogowa



cosmo4-karta-katal  
ogowa.pdf

### [Zał. 4] Gniazda 1-fazowe – karta katalogowa



113-6PL.PDF

### [Zał. 5] Gniazda 3-fazowe – karta katalogowa



135-6PL.PDF

### [Zał. 6] Piece oporowe – karta katalogowa



piece-karta-dokum  
entacja.pdf

### [Zał. 7] Silniki indukcyjne do podnośników i przenośników – karta katalogowa



dokumentacja-3Sg-  
IE2-\_karta\_katalogo

### [Zał. 8] Silniki indukcyjne do pras – karta katalogowa



PRASA-KARTA-KATA  
LOGOWA.pdf

### [Zał. 9] Bateria kondensatorów do oddziału nr 1 – karta katalogowa



Karta-katalogowa-B  
K-55-edit.pdf

### [Zał. 10] Bateria kondensatorów do oddziału nr 2 – karta katalogowa



Karta-katalogowa-B  
K-25-oddzial2.pdf

**[Zał. 11] Bateria kondensatorów do oddziału nr 3 – karta katalogowa**



Karta-katalogowa-B  
KH-96.pdf

**[Zał. 12] Bateria kondensatorów do oddziału nr 4 – karta katalogowa**



Karta-katalogowa-B  
K-180.pdf

**[Zał. 13] Zabezpieczenia WLZ zasilania oddziału nr 1 – karta katalogowa**



wlz-p-r-zabezpiecze  
nia-karta-katalogow

**[Zał. 14] WLZ1 – zasilanie podstawowe – karta katalogowa**



wlz1-podstawowa-  
karta-katalogowa.p

**[Zał. 15] WLZ1 – zasilanie rezerwowe – karta katalogowa**



wlz-rezerwowa-kart  
a-katalogowa.pdf

**[Zał. 16] Transformator SO1 – karta katalogowa**



trafo-so1-do-doku  
mentacji.pdf

**[Zał. 17] Transformator SO2 – karta katalogowa**



trafo-so2-dokumen  
tacja.pdf

**[Zał. 18] Zabezpieczenie zwarciove gniazd 3-fazowych – karta katalogowa**



gniazda 3f -  
eti\_datasheet\_00411

**[Zał. 19] Zabezpieczenie zwarciove gniazd 1-fazowych – karta katalogowa**



gniazda 1f -  
eti\_datasheet\_00231

**[Zał. 20] Zabezpieczenie zwarciove silników pras – karta katalogowa**



wkladka prasy -  
eti\_datasheet\_00671

**[Zał. 21] Wyłączniki silnikowe dla pras, podnośników, przenośników – karta katalogowa**





wylaczniki  
silnikowe MPX3-PL.p

**[Zał. 22] Zabezpieczenie zwarciove silników podnośników – karta katalogowa**



wkladka  
podnosniki - eti\_dat

**[Zał. 23] Zabezpieczenie zwarciove silników przenośników – karta katalogowa**



wkladka  
przenosnik - eti\_dat

**[Zał. 24] Zabezpieczenie zwarciove pieców oporowych – karta katalogowa**



PIEC - WKŁADKA -  
eti\_datasheet\_00413

**[Zał. 25] Przewody zasilające gniazda 3-fazowe – karta katalogowa**



gniazda-3f-zasilani  
e-karta-katalogowa.

**[Zał. 26] Przewody zasilające prasy – karta katalogowa**



prasy-zasilanie-kart  
a-katalogowa.pdf

**[Zał. 27] Przewody zasilające gniazda 1-fazowe, oświetlenie i pozostałe maszyny – karta katalogowa**



gniazda1f-przenos  
niki-podnosniki-pie

**[Zał. 28] Obwody oświetleniowe – przewody zasilające**



H07V-K, 07V-K  
(LgY(żo) 450\_750 V).p

**[Zał. 29] Obwody oświetleniowe – wkładki topikowe**



zab-oswietlenia-kat  
alog.pdf