

### **3. Projekt techniczny.**

### 3.1 Opis techniczny.

#### - Stan istniejący.

Z pola liniowego 15kV w GPZ Rawa Mazowiecka, wyprowadzona jest linia napowietrzno - kablowa 15kV „LSN „Rawa Mazowiecka – Białą Rawska”. Linia zasila część pobliskich stacji trafo 15/0,4kV. Linia wykonana jest kablem typu 3xXRUHAKXs 1x120/50mm<sup>2</sup> oraz przewodami typu 3xAFL50 mm<sup>2</sup> zawieszona jest na słupach betonowych.

#### - Stan projektowany.

Ze względu na plany rozwoju sieci oraz na zwiększony pobór mocy projektowana jest:

- Demontażu stanowiska słupowego 15kV
- Budowie słupowej stacji transformatorowej 15/0,4kV
- Budowie kablowej sieci średniego napięcia 15kV poprzez wycofanie istn. kabla 15kV wprowadzenie na nową stację trafo
- Budowie sieci kablowej niskiego napięcia.
- Przebudowie napowietrznej sieci 0,4kV
- 

### 3.2 Budowa kablowej sieci 15kV.

Ze złącza ZK4 nr 2-1967 „ RPZ Żydomice z pola nr 2 wyprowadzony jest kabel typu 3xXRUHAKXs 1x120/50mm<sup>2</sup>. Kabel wprowadzony jest na słup nr 3 ustawiony 9m od złącza po drugiej stronie ogrodzenia działki nr ew. 778/1. Kabel zdemontować ze słupa, odkopać i wprowadzić na nowo projektowaną stację trafo

### 3.3 Budowa kablowej sieci 15kV. Uwagi ogólne.

Trasę układanego kabla pokazano na rys nr 1. Kabel należy układać linią falistą z zapasem 1-4 % długości wykopu na podsypce z piasku o grubości po 0,1m pod i nad kablem. 25cm nad kablem ułożyć folię kablową ostrzegawczą koloru czerwonego. Folia powinna mieć grubość, co najmniej 0,5mm a szerokość nie mniejszą niż 20cm Przy skrzyżowaniu z mediami zastosować rury osłonowe. Rury osłonowe zabezpieczające kabel uszczelnić przed dostawaniem się wody do wnętrza. W miejscu skrzyżowania pokazanych na rysunku 1 w rurze osłonowej, prace wykonać ze szczególną ostrożnością, przy zachowaniu niezbędnych środków bezpieczeństwa.

Pozostawić zapasy kabla o długości po około 5,0 m przy wejściu kabla przy słupie oraz przy stacji trafo.

Wloty do rur uszczelnić, zabezpieczając przed przedostawaniem się wody i piasku.

W miejscu, przy wyjściach i wejściach do rur osłonowych, przy wprowadzeniu kabla do na słupy, do złącz oraz wzdłuż trasy linii kablowej, w odległości nie większej jak 10 m, nałożyć na kabel oznaczniki z napisami:

- typ kabla: XRUHAKXS
- przekrój kabla:  $1 \times 120/50 \text{ mm}^2$
- trasa kabla (od– do )
- długość kabla
- rok budowy
- PGE Dystrybucja S.A Oddział Łódź, RE Żyrardów
- wykonawca.

Przed przystąpieniem do wykonywania wykopu rowu, wyznaczyć jego trasę z uwzględnieniem stanu istniejącego naziemnego i podziemnego przez uprawnionego geodetę. Po ułożeniu kabla, przed jego zasypaniem ziemią, dokonać inwentaryzacji geodezyjnej powykonawczej, wybudowanej sieci.

- Sieć kablową wykonać zgodnie z wymaganiami normy N SEP-E-004 „Elektroenergetyczne i sygnalizacyjne linie kablowe. Projektowanie i budowa” oraz Wytyczne do budowy systemów elektroenergetycznych rekomendowanych w GK PGE – Tom 4 – „Linie kablowe średniego napięcia”, Tom 5 „ Stacje transformatorowe SN/nN”, Tom 6 Linie napowietrzne i kablowe niskiego napięcia; Tom 7 „Układy pomiarowe energii elektrycznej”
- Kabel powinien być ułożony w sposób wykluczający możliwość uszkodzenie go przez zginanie, skręcanie, rozciąganie;
- Temperatura otoczenia przy układaniu kabla powinna być nie mniejsza niż  $0^{\circ}\text{C}$ ;
- Kabel można zginać jedynie w przypadkach koniecznych, przy czym promień gięcia powinien być możliwie duży, jednak nie mniejszy niż 15-krotna zewnętrzna jego średnica;
- Bezpośrednio w gruncie ( nie będącym drogą) kabel układać na głębokości 0,8 m z dokładnością  $\pm 5$  cm na warstwie piasku o grubości 10 cm z przykryciem również 10 cm warstwą piasku, a następnie warstwą gruntu rodzimego o grubości co najmniej 15 cm; Na wysokości 25cm nad kablem należy ułożyć folię kablową koloru niebieskiego o szerokości 20 cm i grubości min. 0,5 mm.
- Dopuszcza się zasypanie kabla gruntem rodzimym, pod warunkiem że jest to grunt piaszczysty;
- Kabel powinien być ułożony w wykopie linia falistą z zapasem (1-4)%;
- Na kabel należy nałożyć oznaczniki identyfikacyjne w odległościach nie większych niż

10 metrów a także przy wejściu i wyjściu z rur osłonowych, w miejscach gdzie zmienia się kierunek układania kabla, oraz komorze złącza w sposób dogodny dla łatwego ich odczytywania);

- Rury osłonowe przy podejściu do słupów uszczelnić na końcach, tak aby zapobiec gromadzeniu się w nich wody, zamulaniu rur, przenikaniu wilgoci do wnętrza zarówno poprzecznie jak i wzdłużnie;
- Rury osłonowej powinny chronić kabel na wysokość min. 2,5m licząc od poziomu gruntu przy słupie oraz 0,5m pod ziemią.
- Uszczelnienie przepustów należy wykonać przeznaczonymi do tego celu uszczelniaczami odpornymi na warunki środowiskowe wykonane z mas, taśm, rur termokurczliwych
- Kanalizację światłowodową zakończyć na przedpolu projektowanych stanowisk słupowych. Nie wprowadzać kanalizacji do obiektów.
- W dokumentacji powykonawczej dokładnie zinwentaryzować miejsca łączenia poszczególnych odcinków kanalizacji światłowodowej oraz miejsca jej zakończenia.
- Oznakowanie budowanej linii kablowej oraz muf i głowic wykonać zgodnie z obowiązującymi wytycznymi do budowy systemów elektroenergetycznych w PGE Dystrybucja S.A. – tom 10 pkt 5.6

### **3.4 Budowa stacji transformatorowej oraz wyprowadzenie sieci nn 0,4kV.**

Ze względu na plany rozwojowe w tej części gminy Rawa Mazowiecka projektowana jest stacja transformatorowa, która pozwoli zaspokoić zapotrzebowanie w energii elektryczną pobliskie działki. Projektowana stacja umiejscowiona została na działce nr ew. 436. Stacja zasilana jest z projektowanego kabla energetycznego SN 15kV od projektowanego słupa SN. W projekcie zastosowano stację typu STSKu -12/12 – 20/400/II zgodnie z kartą katalogową zaczerpniętą z katalogu „Słupowe stacje transformatorowe” firmy ZPUE. Na projektowanej stacji zamontowany został transformator IMEFY 250kVA

Na słupie stacyjnym zamontowana została rozdzielnica stacyjna. Na stacji zamontowana będzie rozdzielnica typu RST firmy EMITER. Rozdzielnia wyposażona jest w rozłącznik główny, 6 pola odpływowych oraz układ kontrolno – pomiarowy. W rozdzielnicy zamontowany jest układ pomiarowy półpośredni składający się z licznika, przekładników prądowych oraz listwy kontrolnej WAGO. Do celów projektu zastosowano półpośredni licznik.

### 3.5 Wyprowadzenie sieci napowietrznej oraz kablowej 0,4kV ze stacji transformatorowej.

Istniejące napowietrzne obwody niskiego napięcia wykonane przewodami typu AL50mm<sup>2</sup> zostaną wymienione na odcinku od stacji do pierwszego słupa na przewody ASXSN 4x70mm<sup>2</sup>. Projektowane przewody zawiesić pomiędzy stacją trafo a istniejącym słupem nr 1 typu RPK ŻN12

Z rozdzielnicy stacyjnej, projektowanej stacji trafo wyprowadzony zostanie obwód niskiego napięcia w kierunku działki nr ew. 780/2. W ASR-2 obwodu zamontować wkładki bezpiecznikowe. Trasa projektowanej sieci kablowej przebiega tak jak pokazano na rys. nr 1, Projektowany kabel układać zachowując pionowość, L=1m od powierzchni gruntu, na terenach zielonych.

Przed przystąpieniem do wykonywania wykopu wyznaczyć jego trasę z uwzględnieniem stanu istniejącego naziemnego i podziemnego przez uprawnionego geodetę. Po ułożeniu kabla, przed jego zasypaniem ziemią, dokonać inwentaryzacji geodezyjnej powykonawczej, wybudowanej sieci. Kabel należy układać linią falistą z zapasem 1-4 % długości wykopu na podsypce z piasku o grubości po 0,1m pod i nad kablem. Pozostawić zapasy kabla o długości po około 2,0 m przy podejściu kabla do stacji oraz do projektowanego złącza ZKP na dz. 780/2. Jeden koniec kabla wprowadzić do stacji drugi zamontować w projektowanym złączu. W miejscu, przy wprowadzeniu kabla do złącza oraz wzdłuż trasy sieci kablowej, nałożyć na kabel oznaczniki z napisami:

- typ kabla: YAKXS
- przekrój kabla: 4x240mm<sup>2</sup>
- trasa kabla (Od stacji nr 2- xxxx – złącza ( wpisać numer i nazwę)
- napięcie 0,4kV;
- długość kabla L<sub>t</sub>= .....m
- rok budowy
- PGE Dystrybucja S.A Oddział Łódź, RE Żyrardów,
- wykonawca.

Następnie kabel zasypać 15 cm warstwą gruntu rodzimego. Na wysokości 0,25 m nad kablem położyć folię koloru niebieskiego o grubości nie mniejszej niż 0,5 mm i szerokości 0,2m. Grunt po robotach należy zasypywać warstwami i zagęścić a teren uporządkować oraz przywrócić go do stanu sprzed robót.

Roboty budowy sieci kablowej przyłącza należy wykonywać zgodnie z postanowieniami Normy N SEP-E-004 „Elektroenergetyczne i sygnalizacyjne linie kablowe. Projektowanie i budowa” i Polskiej Normy PN - IEC 60 364 „Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych”.

### **- Sieć kablowa 0,4kV – uwagi ogólne.**

- Sieć kablową wykonać zgodnie z wymaganiami normy N SEP-E-004 „Elektroenergetyczne i sygnalizacyjne linie kablowe. Projektowanie i budowa”.
- Kabel powinien być ułożony w sposób wykluczający możliwość uszkodzenia go przez zginanie, skręcanie, rozciąganie;
- Temperatura otoczenia przy układaniu kabla powinna być nie mniejsza niż 0°C;
- Kabel można zginać jedynie w przypadkach koniecznych, przy czym promień gięcia powinien być możliwie duży, jednak nie mniejszy niż 15-krotna zewnętrzna jego średnica;
- Bezpośrednio w gruncie kabel układać na głębokości 1 m z dokładnością +/-5 cm na warstwie piasku o grubości 10 cm z przykryciem również 10 cm warstwą piasku, a następnie warstwą gruntu rodzimego o grubości co najmniej 15 cm; Na wysokości 25cm nad kablem należy ułożyć folię kablową koloru niebieskiego o szerokości 20 cm i grubości min. 0,5 mm.
- Dopuszcza się zasypanie kabla gruntem rodzimym, pod warunkiem że jest to grunt piaszczysty;
- Kabel powinien być ułożony w wykopie linia falistą z zapasem (1-4)%;
- Na kabel należy nałożyć oznaczniki identyfikacyjne w odległościach nie większych niż 10 metrów a także przy wejściu i wyjściu z rur osłonowych, w miejscach gdzie zmienia się kierunek układania kabla, oraz komorze złącza w sposób dogodny dla łatwego ich odczytywania);
- Kabel zasilający przy podejściu do złącz należy osłonić rurą izolacyjną DVR110 o średnicy 110mm;
- Rury osłonowe przy podejściu do złącz uszczelnić na końcach, tak aby zapobiec gromadzeniu się w nich wody, zamulaniu rur, przenikaniu wilgoci do komory złącza;

### **- Złącza kablowo – pomiarowe.**

Do zasilania działki projektuje się złącze kablowe pomiarowe zlokalizowane w działce nr ew. 780/2 otwieraną od strony ulicy. Dokładną lokalizację złącza kablowego pomiarowego pokazano na rysunku nr: 1.

Złącze kablowe instalować tak, aby:

- dolna krawędź znajdowała się na wysokości co najmniej 30 cm, od poziomu terenu,
- górna jego krawędź na wysokości nie większej niż 170 cm, od poziomu terenu,
- Projektuje się złącze kablowo pomiarowe, pojedyncze, typu ZK1 +PP wyposażone w rozłącznik kablowy
- Jest to złącze wykonane w obudowie termoutwardzalnej lakierowanej w II klasie izolacji

ustawione na fundamencie prefabrykowanym;

- Wejścia kabla sieci do złącza osłonić rurami osłonowymi typu DVR-110, które należy na końcach uszczelnić;
- Wewnętrznej linii zasilającej do złącza osłonić rurami osłonowymi typu DVR-50, które należy na końcach uszczelnić;
- Część kablową projektowanego złącza wypełnić granulatem do poziomu gruntu tak aby zapobiec przenikaniu wilgoci do złącza;
- Kabel zasilający przed złączem i w złączu oznakować opaską kablową. Opaskę kablową w złączu umieścić w miejscu widocznym;
- Zamki złącza wyposażać we wkładki „Master – Key” poziomu L-2 dostarczone przez RE Żyrardów, ul. Nadburzańska, przy załączaniu zasilania;
- W złączu umieścić schemat zasilania, oraz nadać mu numer;
- Na listwy zaciskowe plombowane zastosować osłony o stopniu szczelności IP40.
- Rodzaj i usytuowanie zabezpieczenia głównego: rozłącznik kablowo- bezpiecznikowy z wkładkami zwłocznymi o prądzie zadziałania 160A, umieszczony w komorze złącza
- Złącze należy wykonać jako przelotowe.

#### **- Uwagi ogólne- końcowe.**

1. Roboty związane z budową sieci wykonać zgodnie z postanowieniami :

- normy N SEP –E-004 „ Elektroenergetyczne i sygnalizacyjne linie kablowe. Projektowanie i budowa.” I Polskiej Normy PN-IEC 60343 „ Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych.
- zgodnie z niniejszym projektem,
- z zasadami budowy instalacji i sieci elektrycznych.

2. Roboty wykonać przez wykonawcę:

- posiadającego uprawnienia budowlane w zakresie sieci, stacji i instalacji elektrycznych,
- posiadającym ważne zaświadczenia o przynależności do Izby Inżynierów Budownictwa.

3. Przed przystąpieniem do wykonywania robót dokonać wytyczenia trasy sieci przez uprawnionego geodetę, wytyczenia miejsc skrzyżowań projektowanej sieci z istniejącymi sieciami i urządzeniami, miejsca ustawienia złącza, a po zakończeniu robót dokonać inwentaryzacji powykonawczej.

4. Po wykonaniu robót sporządzić:

- dokumentację powykonawczą,
- wykonać badania rezystancji izolacji sieci , ciągłości żył, skuteczności ochrony od porażeń,

5. Materiały i urządzenia użyte do wykonania robót muszą posiadać dopuszczenie do stosowania w budownictwie:

- certyfikat na znak bezpieczeństwa oraz deklaracji lub certyfikat zgodności
- deklarację lub certyfikat zgodności.

6. Prace wymagające wyłączenia zasilania, należy wykonać po uzgodnieniu z PGE Dystrybucja S.A. oddział Łódź, Rejon Energetyczny Żyrardów ,.

#### **- Ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym.**

Obudowa złącza kablowego pomiarowego wykonana jest w II klasie ochronności. W obwodach odbiorcy zastosować system ochrony od porażen prądem elektrycznym – za pomocą samoczynnego wyłączenia zasilania, w czasie określonym w obowiązujących normach. Układ pracy sieci: TN-C-S. Rozdziału przewodu ochronno-neutralnego PEN na przewody N i PE dokonać poza złączem. Rezystancja uziemienia punktu rozdziału przewodu PEN musi być mniejsza lub równa 30  $\Omega$ .

### **3.10 Obliczenia techniczne.**

#### **- Dobór zabezpieczeń po stronie średniego napięcia 15kV i niskiego napięcia 0,4kV.**

Według zapisu w warunkach przyłączenia na stacji ma być zamontowany transformator  $S=250\text{kVA}$ ,

Na stacji zamontowane są bezpieczniki typu WBGnp 25 A

$$I_{\text{zab}} \geq I_N \geq I_{\text{obl}} \quad S=160\text{kVA}$$

$$I_n = S / (\sqrt{3} * U) = 9,63 \text{ A} \quad I_{\text{zab}} = (2-2,5) I_n$$

$$I_{\text{zab}} = 2,5 * 9,63 \text{ A} = 24,08 \text{ A}$$

$$I_{\text{zab}} \geq I_N$$

**Warunek jest spełniony.**

#### **- Dobór zabezpieczeń po stronie niskiego napięcia 0,4kV.**

Po stronie 0,4kV zamontowany jest rozłącznik typu ARS3 – 630A. W rozłączniku zamontować bezpieczniki WT-3 250A ze względu na obciążenie stacji trafo oraz na selektywność wyłączenia.

$$I_{\text{zab}} \geq I_{\text{obl}}$$

$$P \approx 250 \text{ kW}$$

$$I_{obl} = P/(\sqrt{3} * U * \cos \varphi) \approx 388 \text{ A}$$

$$I_{zab} = 400 \text{ A} \geq I_{obl} = 388 \text{ A}$$

**Warunek jest spełniony.**

**- Sprawdzenie przewodów pomiędzy rozdzielnicą i kabla projektowanej linii kablowej.**

Pomiędzy transformatorem a rozdzielnią nn zamontowane są kable typu 2xYKY 1x185mm<sup>2</sup>. Zgodnie z normą PN-IEC 60364-523 : 2001 Prąd długotrwale dopuszczalny dla tego typu kabla umieszczonego w powietrzu to  $I_{dd} = 507 \text{ A}$  co pozwala na użytkowanie kabli bez konieczności ich wymiany przy wymianie transformatora.

$$I_{dd} = 2 \times 507 \text{ A} > I_{obc.} = 388 \text{ A}$$

**Warunek jest spełniony.**

- Prąd pobierany przez odbiorców obwód 1 i zasilanych z proj. linii to  $I = 155 \text{ A}$ . Ze stacji wyprowadzony jest przewód typu YAKXs 4x240mm<sup>2</sup>. Dla przewodu takiego przewodu prąd długotrwale dopuszczalny to  $I_{ddk} = 398 \text{ A}$  (wg PN-HD 603 S1: 2006).

$$I_n \approx 155 \text{ A}$$

$$I_n < I_{ddk}$$

$$155 \text{ A} < 398 \text{ A}$$

**Przekrój kabla dobrano prawidłowo. W pozostałych obwodach warunek również został spełniony.**

**- Sprawdzenie zabezpieczenia projektowanej sieci w polu liniowym rozdzielni nn.**

**Obwód nr 1**

W obwodzie nr 1 jako zabezpieczenie w rozłączniku ARS2 projektuje się bezpieczniki typu WT2 -gG 63A. Zabezpieczenie to powinno spełniać warunek:

$$I_{zab} \geq I_N \geq I_{obl}$$

$P = 8 \text{ kW}$  – moc jednego odbiorcy przyjęta do obliczeń;  $n$  – liczba odbiorców (8) obwodu kj-0,47 ( współczynnik jednoczesności)

$$I_{obl} = (P * n * k_j) / (1,73 * 0,4 \text{ kV} * 0,93) = (8 * 8 \text{ kW} * 0,47) / 0,64356 \text{ kV} \approx 47 \text{ A}$$

$$I_N = 1,25 \cdot I_{obl} = 58,75 \text{ A}$$

$$I_{zab} = 63 \text{ A} \geq 58,75 \geq I_{obl} \approx 47 \text{ A}$$

- Prąd pobierany przez odbiorców obwód 1 i zasilanych z proj. linii to  $I = 47 \text{ A}$  zabezpieczony wkładkami WT2 63AgG. Ze stacji wyprowadzony jest przewód typu ASXSN4x70 mm<sup>2</sup>. Dla przewodu takiego przewodu prąd długotrwale dopuszczalny to  $I_{ddk} = 213 \text{ [A]}$

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

$$I_n < I_{ddk}$$

$$63 \text{ A} < 213 \text{ A}$$

**Przekrój kabla dobrano prawidłowo.**

#### - Obliczenia prądu zwarcia jednofazowego.

Impedancja pętli zwarcia obwodu zasilającego odbiorcę liczona od stacji do proj. złącza.

Przewody fazowe i ochronno-neutralne mają ten sam przekrój żył. (do najdalej oddalonego odbiorcy)

OBLICZENIA IMPEDANCJI PĘTLI ZWARCIA										
Lp.	Urządzenie	Typ	Ln	2xLn	r	x	R	X	Z	Ik1
		[mm <sup>2</sup> ]	[km]	[km]	[Ω/km]	[Ω/km]	[Ω]	[Ω]	[Ω]	[A]
1	Transformator 15 kV/0,4 kV	250	-	-	-	-	0,012	0,026	-	-
2	Odcinek L1 przewód ASXSN 4x70mm <sup>2</sup>	70	0,042	0,08	0,435	0,30	0,037	0,025	-	-
3	Odcinek L2 przewód 4xAL50mm <sup>2</sup>	50	0,200	0,40	0,606	0,070	0,242	0,028	-	-
4	<b>SUMA</b>		<b>0,023</b>	<b>0,046</b>			<b>0,291</b>	<b>0,079</b>	<b>0,301</b>	<b>610,5</b>

Prąd zwarcia jednofazowego w złączu.

$$I_{k1} = \frac{U_f}{Z_s} = \frac{0,8 \cdot 230 \text{ V}}{0,313 \Omega} \approx 587 \text{ A}$$

- Samoczynne wyłączenie zasilania w układzie TN-C.

W układzie sieci TN-C skuteczność działania zabezpieczeń określa warunek samoczynnego wyłączenia zasilania:

$$I_a \leq I_{k1}$$

Powyższe warunki samoczynnego wyłączenia zasilania dla czasu  $t < 5 \text{ s}$ :

#### **Dane znamionowe urządzenia zabezpieczającego projektowany obwód w stacji transformatorowej**

- prąd znamionowy zabezpieczenia  $I_n = 63 \text{ A}$

- współczynnik określający stosunek prąd zadziałania urządzenia zabezpieczającego w  $t = 5 \text{ s}$  do prądu nominalnego zabezpieczenia,  $k_{5s} = 4,4$

- prąd zadziałania urządzenia zabezpieczającego w czasie  $t = 5 \text{ s}$

$$I_a = I_n * k_5 = 63A * 4,3 \quad A = 277A,$$

$$\text{- prąd przeciążeniowy górny } I_2 = 1,6 * I_n = 100,8 A,$$

- dla zwarć w złączu przed zabezpieczeniem głównym przedlicznikowym.

$$I_a \leq I_{k1}$$

$$277 A < 610 A$$

Powyższe warunki są zachowane.

## Obwód nr 2

W obwodzie nr 2 jako zabezpieczenie w rozłączniku ARS2 projektuje się bezpieczniki typu WT2 -gG 100A. Zabezpieczenie to powinno spełniać warunek:

$$I_{zab} \geq I_N \geq I_{obl}$$

$P=8kW$  – moc jednego odbiorcy przyjęta do obliczeń;  $n$  – liczba odbiorców (23) obwodu kj-0,253 ( współczynnik jednoczesności)

$$I_{obl} = (P * n * k_j) / (1,73 * 0,4kV * 0,93) = (23 * 8kW * 0,253) / 0,64356 kV \approx 72,5A$$

$$I_N = 1,25 * I_{obl} = 90,5 A$$

$$I_{zab} = 100A \geq 90,5A \geq I_{obl} \approx 72,5A$$

- Prąd pobierany przez odbiorców obwód 2 i zasilanych z proj. linii to  $I = 72,5A$ . Ze stacji wyprowadzony jest przewód typu ASXSN4x70 mm<sup>2</sup>. Dla przewodu takiego przewodu prąd długotrwale dopuszczalny to  $I_{ddk} = 213 [A]$

$$I_n = 60A$$

$$I_n < I_{ddk}$$

$$90,5A < 213A$$

**Przekrój kabla dobrano prawidłowo.**

**- Obliczenia prądu zwarcia jednofazowego.**

Impedancja pętli zwarcia obwodu zasilającego odbiorcę liczona od stacji do proj. złącza. Przewody fazowe i ochronno-neutralne mają ten sam przekrój żył. ( do najdalej oddalonego odbiorcy)

OBLICZENIA IMPEDANCJI PĘTLI ZWARCIA										
Lp.	Urządzenie	Typ	Ln	2xLn	r	x	R	X	Z	Ik1
		[mm <sup>2</sup> ]	[km]	[km]	[Ω/km]	[Ω/km]	[Ω]	[Ω]	[Ω]	[A]
1	Transformator 15 kV/0,4 kV	250	-	-	-	-	0,012	0,026	-	-
2	Odcinek L1 przewód ASXSN 4x70mm <sup>2</sup>	70	0,042	0,08	0,435	0,30	0,037	0,025	-	-
3	Odcinek L2 przewód 4xAL50mm <sup>2</sup>	50	0,410	0,82	0,606	0,070	0,497	0,057	-	-
4	SUMA		0,023	0,046			0,545	0,109	0,556	330,9

Prąd zwarcia jednofazowego

$$I_{k1} = \frac{U_f}{Z_s} = \frac{0,8 * 230V}{0,567\Omega} \approx 325 A$$

- Samoczynne wyłączenie zasilania w układzie TN-C.

W układzie sieci TN-C skuteczność działania zabezpieczeń określa warunek samoczynnego wyłączenia zasilania:

$$I_a \leq I_{k1}$$

Powyższe warunki samoczynnego wyłączenia zasilania dla czasu  $t < 5s$ :

**Dane znamionowe urządzenia zabezpieczającego projektowany obwód w stacji transformatorowej**

- prąd znamionowy zabezpieczenia  $I_n = 100A$
- współczynnik określający stosunek prąd zadziałania urządzenia zabezpieczającego w  $t=5s$  do prądu nominalnego zabezpieczenia,  $k_{5s} = 4,9$
- prąd zadziałania urządzenia zabezpieczającego w czasie  $t=5s$

$$I_a = I_n * k_5 = 100A * 4,9 = 490A,$$

- prąd przeciążeniowy górny  $I_2 = 1,6 * I_n = 160 A$ ,

- dla zwarć w złączu przed zabezpieczeniem głównym przedlicznikowym.

$$I_a \leq I_{k1}$$

$$490 A > 330 A$$

**Powyższe warunki nie są zachowane.**

**Dla czasów wyłączenia zwarcia powyżej  $t=5s$  należy stosować dodatkowy środek ochrony przy uszkodzeniu, polegający na zastosowaniu II klasy izolacji złącz.**

### Obwód nr 3

W obwodzie nr 3 jako zabezpieczenie w rozłączniku ARS2 projektuje się bezpieczniki typu WT2 -gG 200A. Zabezpieczenie to powinno spełniać warunek:

$$I_{\text{zab}} \geq I_N \geq I_{\text{obl}}$$

$P=100\text{kW}$  – moc jednego odbiorcy przyjęta do obliczeń;  $n$  – liczba odbiorców (1) obwodu  
 $k_j=1$  ( współczynnik jednoczesności)

$$I_{\text{obl}} = (P \cdot n \cdot k_j) / (1,73 \cdot 0,4\text{kV} \cdot 0,93) = 100\text{kW} / 0,64356\text{ kV} \approx 155,4\text{ A}$$

$$I_N = 1,25 \cdot I_{\text{obl}} \approx 194\text{ A}$$

$$I_{\text{zab}} = 200\text{A} \geq 194 \geq I_{\text{obl}} \approx 155,4\text{ A}$$

- Prąd pobierany przez odbiorców obwód 1 i zasilanych z proj. linii to  $I = 155,4\text{ A}$  prąd wkładek bezpiecznikowych w złączu WT2 200A. Ze stacji wyprowadzony jest kabel typu YAKXs 4x240 mm<sup>2</sup>. Dla przewodu takie przewodu prąd długotrwale dopuszczalny to  $I_{\text{ddk}}=398\text{ [A]}$

$$I_n = 200\text{A}$$

$$I_n < I_{\text{ddk}}$$

$$200\text{ A} < 398\text{A}$$

**Przekrój kabla dobrano prawidłowo.**

#### - Obliczenia prądu zwarcia jednofazowego.

Impedancja pętli zwarcia obwodu zasilającego odbiorcę liczona od stacji do proj. złącza. Przewody fazowe i ochronno-neutralne mają ten sam przekrój żył. ( do najdalej oddalonego odbiorcy)

OBLICZENIA IMPEDANCJI PĘTLI ZWARCIA										
Lp.	Urządzenie	Typ	Ln	2xLn	r	x	R	X	Z	$I_{k1}$
		[mm <sup>2</sup> ]	[km]	[km]	[Ω/km]	[Ω/km]	[Ω]	[Ω]	[Ω]	[A]
1	Transformator 15 kV/0,4 kV	250	-	-	-	-	0,012	0,026	-	-
2	Odcinek L1 przewód ASXSN 4x70mm <sup>2</sup>	70	0,000	0,00	0,435	0,30	0,000	0,000	-	-
3	Odcinek L2 kabel YAKXS 4x240mm <sup>2</sup>	240	0,353	0,71	0,126	0,065	0,089	0,046	-	-
4	<b>SUMA</b>		<b>0,023</b>	<b>0,046</b>			<b>0,101</b>	<b>0,072</b>	<b>0,124</b>	<b>1483,4</b>

Prąd zwarcia jednofazowego w złączu.

$$I_{k1} = \frac{U_f}{Z_s} = \frac{0,8 \cdot 230\text{V}}{0,139\Omega} \approx 1483\text{ A}$$

- Samoczynne wyłączenie zasilania w układzie TN-C.

W układzie sieci TN-C skuteczność działania zabezpieczeń określa warunek samoczynnego wyłączenia zasilania:

$$I_a \leq I_{k1}$$

Powyższe warunki samoczynnego wyłączenia zasilania dla czasu  $t < 5\text{s}$ :

**Dane znamionowe urządzenia zabezpieczającego projektowany obwód w stacji**

### **transformatorowej**

- prąd znamionowy zabezpieczenia  $I_n=200A$
- współczynnik określający stosunek prąd zadziałania urządzenia zabezpieczającego w  $t=5s$  do prądu nominalnego zabezpieczenia,  $k_{5s}=5,2$
- prąd zadziałania urządzenia zabezpieczającego w czasie  $t=5s$

$$I_a = I_n * k_5 = 200 * 5,2 \text{ A} = 1040A,$$

- prąd przeciążeniowy górny  $I_2 = 1,6 * I_n = 320 \text{ A},$

- dla zwarć w złączu przed zabezpieczeniem głównym przedlicznikowym.

$$I_a \leq I_{k1}$$

$$1040 \text{ A} < 1323 \text{ A}$$

Powyższe warunki są zachowane.

### **Dane znamionowe urządzenia zabezpieczającego projektowany obwód w złączu.**

- prąd znamionowy zabezpieczenia  $I_n=160A$
- współczynnik określający stosunek prąd zadziałania urządzenia zabezpieczającego w  $t=5s$  do prądu nominalnego zabezpieczenia,  $k_{5s}=5,1$
- prąd zadziałania urządzenia zabezpieczającego w czasie  $t=5s$

$$I_a = I_n * k_5 = 160 * 5,1 \text{ A} = 816A,$$

- prąd przeciążeniowy górny  $I_2 = 1,6 * I_n = 256 \text{ A},$

- dla zwarć w złączu przed zabezpieczeniem głównym przedlicznikowym.

$$I_a \leq I_{k1}$$

$$816 \text{ A} < 1323 \text{ A}$$

Powyższe warunki są zachowane.

**Moc pobierana przez odbiorców zasilanych z obwodu 01  $P=30kW$ , z obwodu 02  $P=46,5kW$ , obwód 03  $P=100kW$ , sumaryczny pobór mocy to  $176,5kW$  co pozwala zamontować na stacji trafo transformator o mocy  $S=250kVA$**

### 3.11 Obliczenia żyły powrotnej oraz uziemienia.

#### 3.2 Sprawdzenie doboru kabla.

Dane znamionowe kabla: Napięcie znamionowe  $U_n = 12/20/\text{kV}$ ;  
 Najwyższa dopuszcz. temp. żyły przewodzącej = 80 °C  
 Najwyższa dopuszcz. temp. żyły przewodzącej w warunkach zwarci = 350 °C  
 Średnica żyły roboczej - 13  
 Prąd zwarciaowy 1 sekundowy 5,5 kA  
 Prąd zwarciaowy 1 sekundowy dla żyły powrotno 5,00 kA  
 linia napowietrzna AFL70mm<sup>2</sup> - 2,8km.  
 linia kablowa XRUHAKXs 120/50mm<sup>2</sup> - 0,55km  
 Dopusz. obciążalność prądowa kabla ułożonego w ziemi w trójkąt- 294 A

- impedancja zwarciaowa systemu.

$$Z_{kQ} = \frac{c_{max} * U_n^2}{S_{kQ}}$$

-  $c_{max}$ , wartość współczynnika korekcyjnego  $c_{max} = 1,1$   
 -  $U_n$  - napięcie znamionowe sieci w [V]  $U_n = 15000 \text{ V}$   
 -  $S_{kQ}$  - moc zwarciaowa określona przez spółkę Dystrybucyjną w [VA]  $S_{kQ} = 143000000 \text{ VA}$

$$Z_{kQ} = 1,73 \text{ } \Omega$$

- początkowy prąd zwarciaowy

" $I''_{k3}$  - początkowy prąd zwarciaowy w [A]  $I''_{k3} = \frac{c_{max} * U_n}{Z_c}$

$$I''_{k3} = 2,88 \text{ kA}$$

- sprawdzenie kabla na warunki zwarciaowe

$$s \geq \frac{1}{k} * \sqrt{\frac{I_{th}^2 * T_k}{1}} = 49,0$$

$$120\text{mm}^2 \geq 49 \text{ mm}^2$$

-  $k$  - dopuszczalna jednosekundowa gęstość prądów zwarciaowych [A/mm<sup>2</sup>]  
 -  $I_{th}$  - prąd zwarciaowy termiczny cieplny [A]  
 -  $T_k$  - czas trwania zarcia [s]

$$k = \sqrt{\gamma_{sr} * c * \frac{\tau_{dz} - \tau_{pz}}{T_k}} = 114,7 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$$

$$\gamma_{sr} = \frac{\gamma_{20}}{1 + \alpha(\tau_{sr} - 20)} = 20 \frac{\text{m}}{\Omega * \text{mm}^2}$$

$$\tau_{sr} = \frac{\tau_{pz} + \tau_{dz}}{2} = 215 \text{ } ^\circ\text{C}$$

-  $c$  - ciepło właściwe materiału przewodzącego  
 -  $\tau_{pz}$  - początkowa temperatura zwarcia [°C]  
 -  $\tau_{dz}$  - dopuszczalna końcowa temperatura zwarcia w [°C]  
 -  $\tau_{sr}$  - średnia temperatura przewodu w [°C]  
 -  $\alpha$  - współczynnik rozszerzalności metali  
 -  $\gamma_{20}$  - konduktywność materiału przewodzącego w temperaturze 20°C

- $\gamma$  - konduktywność materiału przewodzącego w temperaturze  $t_s$
- $T_k$  - czas trwania zwarcia [s]

#### - $i_p$ - prąd udarowy

$$i_p = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I''_{k3} = 9,40 \text{ A} \quad \kappa = 1,02 + 0,98 \cdot e^{-3 \cdot \frac{R_k}{X_k}} = 1,21$$

$i_p$  - prąd udarowy [kA]

$\kappa$  - współczynnik udaru

$R_k$  - rezystancja obwodu zwarcia [Ω]

$$R_k = R_l + R_{kQ} = 1,6 \text{ Ω} \quad R_{kQ} = 0,1 \cdot Z_{kQ} = 0,17 \text{ Ω}$$

$X_k$  - reaktancja obwodu zwarcia [Ω]

$X_{kQ}$  - reaktancja systemu energetycznego [Ω]

$$R_{kQ} - \text{rezystancja systemu energetycznego [Ω]} \quad X_k = X_l + X_{kQ} = 2,91 \text{ Ω}$$

$$X_{kQ} = 0,995 \cdot Z_{kQ} = 1,731 \text{ Ω}$$

$R_l$  - rezystancja linii [Ω]

$X_l$  - reaktancja linii [Ω]

$$X_l = x_l \cdot l = 1,18 \text{ Ω}$$

$$R_l = \frac{l}{\gamma \cdot S} = 1,3004 \text{ Ω}$$

-  $S$  - przekrój przewodu [mm<sup>2</sup>]

-  $\gamma$  - konduktywność materiału linii w m/(Ω \* mm<sup>2</sup>)

-  $x$  - reaktancja jednostkowa linii (0,1 Ω/km)

-  $l$  - długość linii [m]

#### - prąd zwarciaowy zastępczy cieplny

$T$  - elektromagnetyczna stała czasowa obwodu zwarcia [s]

$$I_{th} = I''_{k3} \cdot \sqrt{1 + m} = 5,6 \text{ kA}$$

-  $\omega$  - pulsacja [rad/s]

-  $T_k$  - czas trwania zwarcia [s]

-  $R_k$  - rezystancja obwodu zwarcia [Ω]

-  $X_k$  - reaktancja obwodu zwarcia [Ω]

$$m = \frac{T}{T_k} \left( 1 - e^{-\frac{2T_k}{T}} \right) = 0,92$$

#### Uziemienie żyły roboczej

$$T = \frac{X_k}{\omega \cdot R_k} = 5,8 \text{ ms}$$

-  $R_B$  - rezystancja uziemienia żyły powrotnej [Ω]

-  $r = I_m / I_{k1}$  - współczynnik redukujący określający stosunek prądu uziomowego do prądu zwarcia doziemnego, z powodu braku danych przyjęto  $r=1$

-  $U_F$  - największe dopuszczalne napięcie rażenia

-  $I_m$  - prąd uziomowy

$$R_B = \frac{U_F}{r \cdot I''_{k1}} = \frac{U_F}{I_m} = 3,3 \text{ Ω}$$

#### sprawdzenie żyły powrotnej na zwarcie dwufazowe

$$I_{kzp} = 0,033 S_{kQ} \leq I_{kzpdop} \text{ [kA]}$$

$$4,72 \leq 5,00 \text{ kA}$$

#### Sprawdzenie kabla na warunek spadku napięcia.

$$\Delta U = \frac{1,73 \cdot 100}{U_n} \cdot I_B (R_k \cdot \cos \varphi + X_k \cdot \sin \varphi) \leq \Delta U_{dop} = 0,368 \% \leq 2\%$$

$I_B$  - prąd obciążenia

$$I_B = \frac{S}{1,73 \cdot U_n} = 9,63 \text{ A}$$