

## I. SPIS TREŚCI

I.	SPIS TREŚCI .....	1
II.	PROJEKT WYKONAWCZY – część ogólna .....	2
1.	Dane ogólne .....	2
2.	Inwestor .....	2
3.	Rodzaj i kategoria obiektów budowlanych .....	2
4.	Zakres opracowania .....	2
III.	PROJEKT WYKONAWCZY – część szczegółowa .....	3
1.	Wstęp .....	3
2.	Zasilanie budynku w energię elektryczną .....	3
3.	Pomiar energii .....	4
4.	Układanie kabli w ziemi .....	4
5.	Rozdzielnica SN .....	4
6.	Transformator .....	5
7.	Rozdzielnica RGnnTS (0,4kV) .....	5
8.	Baterie kondensatorów. ....	5
9.	Potrzeby własne stacji .....	6
10.	Odbiory zewnętrzne. ....	6
11.	Uszczelnienie przepustów kablowych .....	6
12.	Uziemienia .....	6
13.	Obciążenie TRAFO .....	7
IV.	PROJEKT WYKONAWCZY – obliczenia .....	8
1.	Obliczenia zwarciove .....	8
2.	Obliczanie współczynników strat linii kablowej SN .....	10
3.	Obliczenia uziemienia. ....	11
V.	ZAŁĄCZNIKI .....	14
•	ZAŁ 1 - Oświadczenia projektantów .....	14
•	ZAŁ 2 - Uprawnienia oraz przynależności do izb projektantów .....	14
•	ZAŁ 3 - Bilans mocy .....	14
•	ZAŁ 4 - Lista kablowa .....	14
•	ZAŁ 5 - Lista rysunków .....	14
•	ZAŁ 6 - Warunki przyłączenia do sieci nr 74146/2021/OD5/RR1 .....	14
•	ZAŁ 7- Instrukcja współpracy ruchowej ENEA Operator – wzór dokumentu .....	14

## **II. PROJEKT WYKONAWCZY – część ogólna**

### **1. Dane ogólne**

#### **1.1. Przedmiot opracowania**

Przedmiotem opracowania jest Projekt Wykonawczy instalacji elektrycznych Trafostacji z pomieszczeniem na odpady. Budynek będzie zlokalizowany obok budynku projektowanej Kuchni Centralnej. Urządzenia pracujące w stacji będą własnością Inwestora.

#### **1.2. Podstawa opracowania**

- Projekt architektoniczno - budowlany
- Zapisy notatek ze spotkań koordynacyjnych z udziałem Zamawiającego oraz wymiana mailowa z Zamawiającym
- Mapa do celów projektowych
- Obowiązujące normy i przepisy

### **2. Inwestor**

Szpital Wojewódzki w Poznaniu, ul. Juraszów 7-19, 60-479 Poznań

#### **2.1. Lokalizacja inwestycji**

Projektowana inwestycja znajduje się w Poznaniu na obszarze działki nr 2/21 (obręb Gołęcin) przy ul. Juraszów 7-19.

### **3. Rodzaj i kategoria obiektów budowlanych**

Budynek techniczno-gospodarczy- VIII

### **4. Zakres opracowania**

#### **4.1. Zakres i cel opracowania**

Niniejszy projekt obejmuje:

- Stację transformatorową wewnętrzną SN/nn Odbiorcy energii elektrycznej
- Instalację oświetlenia podstawowego budynku trafostacji
- Instalację gniazd wtykowych budynku trafostacji.
- Pozostałe instalacje wg rysunków niniejszej dokumentacji.

### III. PROJEKT WYKONAWCZY – część szczegółowa

#### 1. Wstęp

Budynek Trafostacji będzie pełnił funkcję obiektu zasilającego budynek projektowanej Kuchni Centralnej wraz z pozostałymi odbiorami w terenie zewnętrznym w pobliżu Kuchni tj np:

- Oświetlenia zewnętrznego,
- Pomp zbiornika deszczowego
- Separatora tłuszczu

Podzielony jest na 5 pomieszczeń:

- Pomieszczenie na odpady (1/1)
- Pom TRAFO (1/2)
- Rozdzielnia SN (1/3)
- Rozdzielnia nn (1/4)
- Pomieszczenie pomocnicze (1/5)

Pomieszczenia elektryczne wydzielone są ścianami w wykonaniu EI60 i REI60. W pomieszczeniach (1/3) oraz (1/4) przewidziano podłogę techniczną celem łatwego wyprowadzenia zasilania z obiektu. Pod podłogą techniczną przewidziano przestrzeń 80cm na rozprowadzenie okablowania. Wyjścia z przestrzeni podpodłogowej zawierają otwory z przepustami zamkniętymi. Kable wprowadzanie i wyprowadzane z obiektu będą uszczelniane przepustami kablowymi o średnicy dostosowanej na napięcia i grubości kabla.

#### 2. Zasilanie budynku w energię elektryczną

Zasilanie do projektowanego budynku trafostacji zostanie doprowadzone po średnim napięciu (15kV) z istniejącej rozdzielnic SN zlokalizowanej w istniejącej zewnętrznej stacji trafo (K-3610). W stacji tej zlokalizowany jest układ pomiarowy (ENEA S.A.) po stronie SN (15kV). Z budynku Trafostacji zostanie wyprowadzone zasilanie po niskim napięciu (0,4kV) do budynku Kuchni Centralnej. **Budynek Kuchni Centralnej jest ujęty w odrębnym opracowaniu.**

Tabela nr 1 – zakres opracowania/zasilanie

Kierunek zasilania	Zasilanie podstawowe	OBIEKT	LOKALIZACJA	Zakres opracowania
	Rozdzielnica <b>RSN – 15kV ST2(2)</b>	Stacja trafo K-3610	Istniejąca stacja TRAFO	<b>Projekt Wyk. TRAFOSTACJI</b>
	Kabel SN ( <b>RSN-ST2(2) : TRAFO</b> ) Kabel nn ( <b>RSN-ST2(2) : TRAFO</b> )	Teren zewnętrzny	projektowany	<b>PW inst.zewn. na terenie Inwestora – odrębne opracowanie</b>
	Trafo <b>630kV</b>	Trafostacja	Obiekt projektowany	<b>Projekt Wyk. TRAFOSTACJI</b>
	Kabel nn ( <b>TR : RGnnTS</b> )	Trafostacja	Obiekt projektowany	
	Rozdzielnica <b>RGnnTS</b>	Trafostacja	Obiekt projektowany	
	Kabel nn ( <b>RGnnTS : RGnn</b> )	Budynek Kuchni	projektowany	
	Rozdzielnica <b>RGnn</b>	Budynek Kuchni	Obiekt projektowany	<b>Projekt Wyk. BUD. KUCHNI - odrębne opracowanie</b>

### 3. Pomiar energii

Projektowany budynek Trafostacji oraz Kuchni Centralnej zasilane są z istniejącego układu pomiarowego. Układ pomiarowy po stronie SN zlokalizowany w istniejącej stacji TRAFO K-3610. **Istniejący układ pomiarowy bez zmian.** (inf. Wg pkt V w Załączniku 6: „Warunki przyłączenia do sieci elektroenergetycznej nr 74146/2021/OD5/RR1”).

#### **WAŻNE!**

**Przed przyłączeniem podmiot przyłączany obowiązany jest do opracowania i uzgodnienia z ENEA Operator Instrukcji Współpracy Eksploatacyjno-Ruchowej z uwzględnieniem warunków określonych w Instrukcji Ruchu i Eksploatacji Sieci Dystrybucyjnej obowiązującej na obszarze działania ENEA Operator. Uzgodnienie instrukcji nastąpi przed przyłączeniem obiektu do sieci ENEA Operator Sp. z o.o.** (inf. Wg pkt IX.4 w Załączniku 6: „Warunki przyłączenia do sieci elektroenergetycznej nr 74146/2021/OD5/RR1”).

Wzór dokumentu „**INSTRUKCJA WSPÓŁPRACY RUCHOWEJ ENEA Operator Sp. z o.o.**” z załączniku nr 7 niniejszego opracowania. Instrukcja do wykonania w zakresie Wykonawcy instalacji.

### 4. Układanie kabli w ziemi

Projektowane w terenie zewnętrznym kable SN będą układane bezpośrednio w ziemi. Kable nn będą układane w kanalizacji kablowej pomiędzy budynkiem Trafostacji a budynkiem Kuchni Centralnej. Do pozostałych odbiorów w terenie zewnętrznych kable będą układane bezpośrednio w ziemi. Projektowane kable i rury ochronne należy układać na dnie oczyszczonego wykopu o minimalnej szerokości dna 0,4m, na dodatkowej warstwie piasku o grubości co najmniej 10cm. Następnie kable należy zasypać najpierw warstwą piasku o grubości co najmniej 10cm, liczonej od górnej powierzchni kabla, a następnie gruntem miejscowym o grubości 15cm. Następnie należy położyć folię kalandrowaną koloru niebieskiego dla kabli nn oraz czerwonego dla kabli SN. Dopuszcza się w gruntach mineralnych, drobnoziarnistych i niespoistych układanie kabli bezpośrednio na dnie wykopu bez dodatkowej warstwy piasku i bezpośrednie zasypywanie gruntem miejscowym. Kable należy układać na następujących głębokościach określonych do projektowanych rzędnych terenu, nie mniejszych niż:

- 0,7m – dla kabli niskiego napięcia,
- 0,9m – dla kabli średniego napięcia,

Wiązki kabli na dnie wykopu należy układać wzdłuż linii falistej, zbliżonej do sinusoidy z zapasem 3% długości wykopu, wystarczającym do skompensowania możliwych przesunięć gruntu. Na kablu umieścić opaski kablowe, na których należy podać rok budowy, typ kabla, adresatów obu jego końców. Opaski zakładać w odstępach nie większych niż 10m. W miejscach skrzyżowania kabli z innymi instalacjami podziemnymi, kable należy układać w rurach ochronnych typu DVK, a w miejscu skrzyżowania się z podjazdem należy zastosować rury sztywne typu SRS. Otwory rur z kablami powinny być uszczelnione, w celu zabezpieczenia przed zamulaniem. Wszystkie kable zasilające w ziemi należy układać z zachowaniem wymaganych odstępów od innych instalacji uzbrojenia terenu, a także budynków i dróg. Przebiegi instalacji przez zewnętrzne ściany budynku, znajdujące się poniżej poziomu terenu, powinny być zabezpieczone przed możliwością przenikania wody i gazu do wnętrza budynku.

### 5. Rozdzielnica SN

**Budynek trafostacji nie będzie wyposażony w rozdzielnicę SN.** Zasilanie do budynku zostanie wyprowadzone z istniejącego pola transformatorowego ST2 (2) rozdzielnicy RSN (stacja K-3610). Kabel SN o kierunku (rozdzielnicą RSN (K-3610) do projektowanego budynku trafostacji ) wejdzie poprzez przepusty w posadzce (w pomieszczeniu 1/2) bezpośrednio na zaciski projektowanego transformatora 630kVA.

**Wobec informacji powyżej pomieszczenie rozdzielni SN (1/3) będzie puste. Może zostać w przyszłości wykorzystane przez Inwestora w przypadku dalszej rozbudowy Szpitala.**

## 6. Transformator

W komorze TRAFO (pom. 1/2) zaprojektowano transformator:

TRANSFORMATOR		
Moc	kVA	630
Napięcie górne	kV	15,75
Napięcie dolne	kV	0,4
Grupa połączeń	-	Dyn5
Napięcie zwarcia	%	6
Typ	-	suchy

Transformator zostanie połączony z istniejącą rozdzielnicą SN (w stacji kontenerowej K-3610) trzema jednożyłowymi kablami w izolacji z polietylenu usieciowanego na napięcie 12/20kV. Natomiast z rozdzielnicą nn transformator połączony będzie za pomocą 2 kabli jednożyłowych na fazę typu YKXS 1x240mm<sup>2</sup> n 0,6/1kV.

Transformator należy ustawić na prowadnicach i zabezpieczyć przed przesuwaniem. Przed umieszczeniem transformatora w komorze należy dostosować rozstaw płóz jezdnych do rozstawu kół transformatora. Urządzenie należy ustawić wzdłuż osi drzwi stroną zacisków DN od strony pomieszczenia na odpady. Transformator zostanie wyposażony w zabezpieczenie termiczne współpracujące z czujnikami temperatury. Nastawy temperatur na zabezpieczeniach termicznych: 140 °C – sygnalizacja przekroczenia, 155 °C – wyłączenie transformatorów. W tym celu do zabezpieczenia termicznego transformatora wyprowadzone zostaną dwa obwody monitorujące temperaturę transformatora oraz dodatkowy obwód informujący o awarii czujnika lub zaniku napięcia pomocniczego. W przypadku osiągnięcia temperatury 155 °C zostanie wysłany sygnał na cewkę wybijakową w polu transformatorowym rozdzielni SN w istniejącej trafostacji K-3610. Wielkości temperatury z kolumn transformatorów oraz sygnał awarii mogą być transmitowane do systemu BMS odbywa się za pośrednictwem dedykowanego układu przetwarzającego protokół modbus na ethernet.

## 7. Rozdzielnica RGnnTS (0,4kV)

Konstrukcja rozdzielnic niskiego napięcia wykonana jest z elementów systemu przystosowanych do połączeń poprzez skręcanie. Rozdzielnica składa się z pola zasilającego oraz pól odpływowych. Pole zasilające wyposażone jest w wyłącznik główny 1600A. Pola odpływowe wyposażone są w rozłączniki bezpiecznikowe 400A oraz wyłącznik kompaktowy 1000A. Konstrukcja umożliwia wymianę rozłącznika od przodu rozdzielnic.

ROZDZIELNICA nn		
Napięcie pracy	Ue	420V
Napięcie znamionowe izolacji	Ui	690V
Prąd znamionowy ciągły szyn zbiorczych	In1	1250A
Prąd znamionowy krótkotrwały wytrzymywany	Icw	20kA
Prąd znamionowy szczytowy wytrzymywany	Ipk	40kA
Napięcie sterownicze	Ust	230VAC
Stopień ochrony	-	IP20
Układ sieci	-	TNC

## 8. Baterie kondensatorów.

W celu kompensacji mocy biernej indukcyjnej i pojemnościowej projektuje się hybrydową baterię kondensatorów (z dławikami i kondensatorami). Projektuje się baterię kondensatorów o mocy 155kVar, z możliwością rozbudowy, z dławikami 7% oraz automatycznym regulatorem mocy biernej, przystosowaną do pracy w sieci o dużej zawartości harmonicznych. Bateria wykonana będzie jako szafowa, stojąca i instalowana będzie w pomieszczeniu rozdzielni głównej RGnnTS 0,4 kV (pom 1/4). Ostateczny dobór mocy kondensatorów i dławików oraz ich stopniowania należy dobrać na podstawie pomiarów oraz rejestracji parametrów zasilania wykonanych na obiekcie po oddaniu go do użytkowania.

Docelowy współczynnik mocy po kompensacji: 0,93.

Należy stosować baterie o różnych mocach i stopniach regulacji, co umożliwi dokładne kompensowanie sieci poprzez skok mocy biernej. Nad załączeniem odpowiedniego stopnia, mocy kondensatora czuwa automatyczny, mikroprocesorowy regulator mocy biernej, pracujący w specjalnym dla danego szeregu programie. Bateria samoczynnie dopasuje swoją moc do potrzeb sieci przez dołączanie odpowiednich elementów pojemnościowych i w efekcie zapewni stabilizację współczynnika mocy w instalacji klienta do wartości wymaganej przez Dostawcę energii elektrycznej.

## **9. Potrzeby własne stacji.**

W celu zasilania odbiorów własnych Trafostacji zaprojektowano rozdzielnicę TPW (0,4kV) (Tablica potrzeb własnych). Z wyżej wymienionej rozdzielnicy zasilone zostaną:

- oświetlenie oraz
- gniazda 230V i 400V.

Rozdzielnicę TPW zlokalizowano w pomieszczeniu 1/4.

## **10. Odbiory zewnętrzne.**

W celu zasilania odbiorów zewnętrznych zaprojektowano rozdzielnicę TOZ (0,4kV) (Tablica obwodów zewnętrznych). Z wyżej wymienionej rozdzielnicy zasilone zostaną m.in.;

- oświetlenie zewnętrzne,
- separator tłuszczu
- pompy zbiornika na wodę deszczową
- szlaban

Rozdzielnicę TOZ zlokalizowano w pomieszczeniu 1/4 w budynku trafostacji.

## **11. Uszczelnienie przepustów kablowych**

Kable przy wprowadzeniu do stacji transformatorowej powinny być zabezpieczone przed uszkodzeniami, a miejsca wprowadzenia kabli do otworów w fundamencie stacji powinny być uszczelnione. By spełnić te wymagania wykorzystane zostaną przepusty gazo i wodoszczelne. Przepusty oprócz funkcjonalności zapewniają wodoszczelność, odporność na zmienne warunki atmosferyczne, odporność na agresywność chemiczną gruntu. Zaprojektowano przepusty kablowe dwustronne do pomieszczeń z podłogą techniczną. Przepusty będą zalewane w betonie podczas wykonywania robót budowlanych. Pokrywy przepustów należy dobrać podczas montażu okablowania. Przepust kabli SN wykonać jako 1 stronny zalewany w posadzce z dedykowaną rurą giętką (flex) prowadzącą bezpośrednio z sąsiedniej studni kablowej.

## **12. Uziemienia**

Wokół budynku trafostacji należy wykonać uziemienie otokowe. Jako uziemienie należy użyć bednarki stalowej pomiedziowanej StCu 50x4 mm. Uziemienie należy połączyć z wewnętrzną instalacją za przepustów uziemiających gazo i wodoszczelnych.

Uziemienie ochronne i robocze stacji transformatorowej będą posiadać wspólny uziom. Rezystancja wspólnego uziomu, który będzie skojarzony z siecią SN i nn poprzez transformator z bezpośrednio uziemionym punktem roboczym transformatora po stronie nn, powinna spełniać warunek  $R_{uz} \leq 2,65 [\Omega]$ . Do uziemienia przyłączyć obudowy rozdzielni SN i nn zgodnie z wytycznymi Producenta.

Instalację uziemiającą należy wykonać etapami:

- wokół stacji wykonać uziom otokowy w odległości 1m od zarysu stacji na głębokości 1,2m;

- otrzymany wynik pomiarów porównać z wartością wcześniej określoną i w przypadku gdy wartość wcześniej zmierzona będzie większa od wartości dopuszczalnej należy rozbudować uziom otokowy o uziomy pionowe, ilość uziomów pionowych należy dobrać w zależności od wyników pomiarów. Projekt zakłada wykonanie 16 uziomów pionowych o długości 10m każdy.
- W przypadku braku możliwości osiągnięcia zakładanych parametrów uziomu, uziom otokowy należy połączyć z dostępnym uziomem fundamentowym pobliskiego budynku wykonanym zgodnie z aktualnymi przepisami;
- do uziomu otokowego przyłączyć przewody uziemiające uziemienia ochronnego SN oraz przewody ochronne uziemienia roboczego nn wyprowadzone ze stacji;
- uziom otokowy należy połączyć dostępną szyną wyrównawczą lub zaciskiem wyrównawczym pobliskiego budynku do którego są przyłączone wszelkie metalowe instalacje i konstrukcje znajdujące się w budynku zgodnie z aktualnymi przepisami.
- po ułożeniu kabli i uziemieniu ich metalowych powłok lub żył powrotnych dokonać pomiaru rezystancji wypadkowej uziemienia stacji przy zastosowaniu metody technicznej małąprądowej.

Uziemienie ochronne dla budynku trafostacji wykonać taśmą (płaskownikiem) pomiedziowaną o min grubości powłoki miedzianej 70 $\mu$ m, o wymiarach 50x4 mm, wokół budynku trafostacji w odległości 1m z minimum 4 uziomami pionowymi w celu osiągnięcia wymaganych wartości rezystancji, rozmieszczonymi w 4 narożnikach prostokąta uziemienia poziomego (otoku). Zaciski kontrolne umieszczone wewnątrz budynku stacji należy rozmieścić w taki sposób, aby była możliwość założenia cęg pomiarowych, a dostęp do zacisków nie powodował konieczności wyłączania urządzeń stacji spod napięcia w celu dokonania pomiaru.

Uziemienie punktu neutralnego transformatora wykonać poprzez połączenie z uziomem ochronnym stacji lub jako oddzielne uziemienie punktowe.

Łączenie taśm między sobą i prętami uziomowymi w ziemi wykonać przy użyciu elementów przeznaczonych dla danego systemu uziemiającego lub spawania. Miejsca łączenia zabezpieczyć taśmą o właściwościach antykorozyjnych, hydroizolacyjnych i antyelektrostatycznych.

Szczegółowe informacje n/t uziemienia poszczególnych urządzeń stacyjnych pokazano na rysunkach.

**Wyniki obliczeń i założenia pokazano w V rozdziale opisu – OBLICZENIA**

### 13. Obciążenie TRAFO

TRAFO	Tryb pracy	Rozdzielnica	Moc zainstalowana	Moc szczytowa	Współczynnik mocy	Moc odciążana	Moc pozorna	Moc TRAFO	Obciążenie TRAFO
[-]	[-]	[-]	Pi [kW]	Ps [kW]	cos $\phi$	Po [kW]	S [kVA]	St [kVA]	[%]
TR	NORMALNA	RGnnTS	731	442	0,93	-	475	630	75

#### IV. PROJEKT WYKONAWCZY – obliczenia

##### 1. Obliczenia zwarcia

###### 1.1. Obciążenie projektowanego Trafo.

- Moc zamówiona:  $P=450\text{kW}$ ,
- Napięcie sieci:  $U_n=15\text{kV}$
- Współczynnik mocy  $\cos\phi: 0,93$

$$I_{n1} = \frac{450}{1,73 \cdot 15 \cdot 0,93} = 18,65\text{A} - \text{zasilanie podstawowe}$$

###### 1.2. Obciążenie znamionowe transformatora.

Moc transformatora:  $S=630\text{ kVA}$

$$I_{630-15} = \frac{630}{1,73 \cdot 15} = 24,18\text{A} - \text{prąd znamionowy po stronie } 15\text{kV}$$

$$I_{630-0,4} = \frac{630}{1,73 \cdot 0,4} = 910,41\text{A} - \text{prąd znamionowy po stronie } 0,4\text{kV}$$

###### 1.3. Obliczenia zwarcia dla kabla zasilającego

Parametry sieci:

- Moc zwarcia  $200\text{MVA}$  na szynach rozdzielni  $15\text{kV}$  stacji WN/SN Sołacz.

$$S''_{kQ} = \frac{c_{max} \cdot U_N^2}{Z_{kQ}} = \frac{1,1 \cdot 15^2 \text{ kV}}{Z_{kQ}} = 200\text{MVA}$$

$$Z_{kQ} = \frac{c_{max} \cdot U_N^2}{S''_{kQ}} = \frac{1,1 \cdot 15^2 \text{ kV}}{200\text{MVA}} = 1,238\Omega$$

$Z_{kQ} = 1,238\Omega$  – impedancja systemu

$R_{kQ} = 0,1 \cdot Z_{kQ} = 0,1 \cdot 1,238 = 0,124\Omega$  – rezystancja systemu

$X_{kQ} = 0,995 \cdot Z_{kQ} = 0,995 \cdot 1,238 = 1,232\Omega$  – reaktancja systemu

###### 1.4. Reaktancja i impedancja linii kablowych

a) Kabel łączący rozdzielnicę  $15\text{kV}$  GPZ Sołacz z istniejącym złączem SN ( $15\text{kV}$ ) zasilającym istniejącą zewnętrzną stację trafo  $K=3610$ .

Kabel typu  $3 \times \text{NA2XS(F)2Y } 1 \times 150 \text{ } 12/20 \text{ kV}$  o sumarycznej szacunkowej długości  $l_1 = 500\text{m}$

Dane od producenta kabla  $3 \times \text{XRUHAKXS } 1 \times 120/50 \text{ } 12/20\text{kV}$  (kable w układzie trójkątnym – stykają się ze sobą):

- Rezystancja kabla  $R_{K(120)} = 0,206\Omega/\text{km}$
- Pojemność kabla  $C_{K(120)} = 0,25\mu\text{F}/\text{km}$
- Indukcyjność kabla  $L_{K(120)} = 0,40\text{mH}/\text{km}$

Reaktancja indukcyjna kabla  $X_{K(120)} = \omega L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L = 0,125\Omega/\text{km}$

$R_{K1} = I_1 \cdot R_{K(150)} = 0,500 \cdot 0,206 = 103\text{m}\Omega$  - rezystancja kabla

$X_{K1} = I_1 \cdot X_{K(150)} = 0,500 \cdot 0,125 = 63\text{m}\Omega$  - reaktancja kabla



**b) Kabel łączący istniejące złącze kablowe SN (15kV) z rozdzielnicą SN(15kV) zlokalizowaną w zewnętrznej stacji trafo K=3610.**

Kabel typu 3x NA2XS(F)2Y 1x150 12/20 kV o sumarycznej szacunkowej długość  $l_1 = 15\text{m}$

Dane od producenta kabla 3x XRUHAKXS 1x120/50 12/20kV (kable w układzie trójkątnym – stykają się ze sobą):

- Rezystancja kabla  $R_{K(120)} = 0,206\Omega/\text{km}$
- Pojemność kabla  $C_{K(120)} = 0,25\mu\text{F}/\text{km}$
- Indukcyjność kabla  $L_{K(120)} = 0,61\text{mH}/\text{km}$  (w układzie płaskim)

Reaktancja indukcyjna kabla  $X_{K(120)} = \omega L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L = 0,192\Omega/\text{km}$

$R_{K2} = I_2 \cdot R_{K(150)} = 0,015 \cdot 0,206 = 3,09\text{m}\Omega$  - rezystancja kabla

$X_{K2} = I_2 \cdot X_{K(150)} = 0,015 \cdot 0,192 = 2,88\text{m}\Omega$  - reaktancja kabla

**c) Kabel łączący rozdzielnicę SN(15kV) zlokalizowaną w zewnętrznej stacji trafo K=3610 z zaciskami SN (15kV) projektowanego TRAFO.**

Kabel typu 3x XRUHAKXS 1x120/50 12/20 kV o długość  $l_1 = 310\text{m}$

Dane od producenta kabla 3x XRUHAKXS 1x120/50 12/20kV (kable w układzie trójkątnym – stykają się ze sobą):

- Rezystancja kabla  $R_{K(120)} = 0,253\Omega/\text{km}$
- Pojemność kabla  $C_{K(120)} = 0,23\mu\text{F}/\text{km}$
- Indukcyjność kabla  $L_{K(120)} = 0,39\text{mH}/\text{km}$

Reaktancja indukcyjna kabla  $X_{K(120)} = \omega L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L = 0,122\Omega/\text{km}$

$R_{K3} = I_3 \cdot R_{K(120)} = 0,310 \cdot 0,253 = 78,43\text{m}\Omega$  - rezystancja kabla

$X_{K3} = I_3 \cdot X_{K(120)} = 0,310 \cdot 0,122 = 37,82\text{m}\Omega$  - reaktancja kabla

**1.5. Rezystancja, reaktancja i impedancja całkowita na zaciskach transformatora po stronie 15kV**

$R_w = R_{kQ} + R_{K1} + R_{K2} + R_{K3} = 0,124 + 0,103 + 0,00309 + 0,07843 = 0,309\Omega$

$X_w = X_{kQ} + X_{K1} + X_{K2} + X_{K3} = 1,232 + 0,063 + 0,00288 + 0,03782 = 1,336\Omega$

$Z_w = \sqrt{R_w^2 + X_w^2} = \sqrt{0,309^2 + 1,336^2} = 1,371\Omega$

Prądy zwarciovowe na zaciskach transformatora po stronie SN

$I_{K3-2}'' = \frac{1,1 \cdot U_N}{\sqrt{3} \cdot Z_w} = \frac{1,1 \cdot 15}{1,73 \cdot 1,371} = 6,96\text{kA}$  – prąd zwarcia 3fazowy

$I_{K2-2}'' = \frac{1,0 \cdot U_N}{2 \cdot Z_w} = \frac{1,0 \cdot 15}{2 \cdot 1,371} = 5,47\text{kA}$  – prąd zwarcia 2fazowy

$I_{th-2} = I_{K3-2}'' \cdot \sqrt{m+n} = 6,96 \cdot \sqrt{0,1+1} = 7,30\text{kA}$  – prąd zwarciovowy cieplny 0,5 – sekundowy

$I_{p-2} = I_{K3-2}'' \cdot K_2 \cdot \sqrt{2} = 6,96 \cdot 1,51 \cdot \sqrt{2} = 14,86\text{kA}$  – prąd zwarciovowy udarowy

$K_2 = 1,02 + 0,98 \cdot e^{-3 \frac{R_w}{X_w}} = 1,02 + 0,98 \cdot e^{-3 \frac{0,309}{1,369}} = 1,51$

$n = 1$  – dla czasu trwania zwarcia 0,5s

$m = 0,1$  – dla czasu trwania zwarcia 0,5s

## 2. Obliczanie współczynników strat linii kablowej SN

### 2.1. Obliczenie strat obciążeniowych mocy czynnej $\Delta P$ linii zasilającej

Dane dla kabla XRUHAKXS 1x120/50 12/20 kV

$$\Delta P = 3 \cdot I^2 \cdot R_0 \cdot l$$

Gdzie:

$$R_0 - \text{rezystancja jednostkowa linii zasilającej} \left[ \frac{\Omega}{\text{km}} \right] = 0,253 \left[ \frac{\Omega}{\text{km}} \right]$$

$$l - \text{długość linii kablowej} [\text{km}] = 0,310 \text{ km}$$

$$I - \text{max prąd obciążeniowy po stronie 15kV dla max. mocy czynnej (500kW)} = 20,72 \text{ A}$$

$$\Delta P = 3 \cdot I^2 \cdot R_0 \cdot l = 3 \cdot 20,72^2 \cdot 0,253 \cdot 0,310 = 101,014 \text{ W}$$

Obliczanie współczynnika strat mocy czynnej  $\left[ \frac{\Delta P}{P} \right] \cdot 100\%$

$$\left[ \frac{\Delta P}{P} \right] \cdot 100\% = \left[ \frac{101,014 \text{ W}}{500000 \text{ W}} \right] \cdot 100\% = 0,02\%$$

### 2.2. Obliczenie strat obciążeniowych mocy biernej $\Delta Q$ linii zasilającej

Dane dla kabla XRUHAKXS 1x120/50 12/20 kV

$$\Delta Q = 3 \cdot I^2 \cdot X_0 \cdot l$$

Gdzie:

$$X_0 - \text{reaktancja jednostkowa linii zasilającej} \left[ \frac{\Omega}{\text{km}} \right] = 0,122 \left[ \frac{\Omega}{\text{km}} \right]$$

$$l - \text{długość linii kablowej} [\text{km}] = 0,310 \text{ km}$$

$$I - \text{max prąd obciążeniowy po stronie 15kV dla max. mocy czynnej (500kW)} = 20,72 \text{ A}$$

$$\Delta Q = 3 \cdot I^2 \cdot X_0 \cdot l = 3 \cdot 20,72^2 \cdot 0,122 \cdot 0,310 = 48,71 \text{ Var}$$

Obliczanie współczynnika strat mocy biernej  $\left[ \frac{\Delta Q}{Q} \right] \cdot 100\%$

$$\cos \varphi = 0,93$$

$$\sin \varphi = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi} = \sqrt{1 - 0,93^2} \approx 0,37$$

Obliczanie mocy biernej przy max. obciążeniu mocą czynną 500kW:

$$Q = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin \varphi = \sqrt{3} \cdot 15 \cdot 20,72 \cdot 0,37 = 199,179 \text{ kVar}$$

$$\left[ \frac{\Delta Q}{Q} \right] \cdot 100\% = \left[ \frac{48,71 \text{ Var}}{199179 \text{ Var}} \right] \cdot 100\% = 0,0245\%$$

### 3. Obliczenia uziemienia.

#### 3.1. Dane początkowe z warunków przyłączeniowych.

- Wypadkowa rezystancja uziemienia (roboczego i ochronnego) powinna wynosić

$$R_{uz} \leq 2,65\Omega$$

Pomiar wykonać przy połączonych kablach SN, uziemieniu sztucznym stacji oraz żyłach PEN kabli nn.

- Rezystancja uziemienia sztucznego stacji transformatorowej powinna wynosić

$$R_{uz} \leq 5\Omega$$

Uziemienie sztuczne wykonać jako otokowe umożliwiające połączenie wszystkich uziorów naturalnych.

Rezystancja uziemienia pionowego:

$$R_V = \frac{\rho_V}{L_V}$$

Gdzie:

$\rho_v$ - rezystywność gruntu [ $\Omega m$ ]

$L_v$ - długość uziemienia pionowego [m]

Rezystancja uziemienia poziomego:

$$R_H = 2 \frac{\rho_H}{L_H}$$

Gdzie:

$\rho_v$ - rezystywność gruntu [ $\Omega m$ ]

$L_v$ - długość uziomu otokowego [m]

Rezystancja uziemienia pionowego i poziomego:

$$R_{uz} = \frac{R_V R_H}{R_V \eta_2 + n R_H \eta_1}$$

Gdzie:

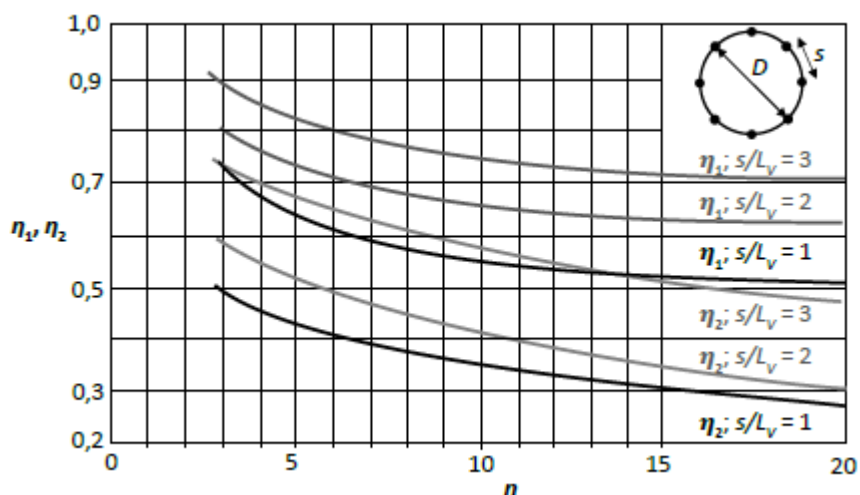
$R_V$ - rezystancja pojedynczego uziomu pionowego

$R_H$ - rezystancja uziomu poziomego

n- liczba uziomów pionowych

$\eta_1$ - współczynnik wykorzystania uziomów pionowych

$\eta_2$ - współczynnik wykorzystania uziomu poziomego



**Rysunek 1.** Wartości współczynników wykorzystania uziomów  $\eta_1$  i  $\eta_2$  dla równomiernego rozmieszczenia uziomów pionowych po obwodzie okręgu (na podstawie [Wołkowiński K.: Uziemienia urządzeń elektroenergetycznych. WNT, Warszawa, 1967])

#### OBLICZENIA:

Na podstawie opinii geotechnicznej dotyczącej obiektu sąsiedniego (budynku Kuchni Centralnej) odczytano występowanie gruntu w postaci gliny piaszczystej i piasku zaglinionego na głębokości ułożenia uziomu otokowego  $h=1,2\text{m}$ . W związku z powyższym przyjęto rezystywność gruntu na poziomie  $\rho=200\Omega\text{m}$ .

Rezystancja uziemienia pionowego:

$$R_V = \frac{\rho_V}{L_V} = \frac{200\Omega\text{m}}{10\text{m}} = 20\Omega$$

Gdzie:

$\rho_V$ - rezystywność gruntu [ $\Omega\text{m}$ ]

$L_V$ - długość uziemienia pionowego [m]

Rezystancja uziemienia poziomego:

$$R_H = 2 \frac{\rho_H}{L_H} = 2 \frac{200\Omega\text{m}}{40\text{m}} = 10\Omega$$

Gdzie:

$\rho_V$ - rezystywność gruntu [ $\Omega\text{m}$ ]

$L_V$ - długość uziomu otokowego [m]

Rezystancja uziemienia pionowego i poziomego:

$$R_{uz} = \frac{R_V R_H}{R_V \eta_2 + n R_H \eta_1}$$

$n=16$  (liczba uziomów pionowych o dł. 10m każdy)

$\eta_1=0,53$  (współczynnik wykorzystania uziomów pionowych)

$\eta_2=0,3$  (współczynnik wykorzystania uziomu poziomego)

$$R_{uz} = \frac{R_V R_H}{R_V \eta_2 + n R_H \eta_1} = \frac{20 \cdot 10}{20 \cdot 0,3 + 16 \cdot 10 \cdot 0,53} = 2,20 \Omega$$

W przypadku otrzymania z pomiarów wyników większych niż wymagane w Warunkach przyłączenia ( $R_{uz} = 2,65 \Omega$ ) zaistnieje konieczność połączenia uziomu sztucznego projektowanej stacji Trafo z uziomami sąsiednich budynków tak aby otrzymać wymaganą wartość rezystancji uziemienia.

#### **UWAGA!**

Obliczenia doboru kabla SN (15kV) zawarto w odrębnym opracowaniu – sieci zewnętrznych

## **V. ZAŁĄCZNIKI**

- **ZAŁ 1 - Oświadczenia projektantów**
- **ZAŁ 2 - Uprawnienia oraz przynależności do izb projektantów**
- **ZAŁ 3 - Bilans mocy**
- **ZAŁ 4 - Lista kablowa**
- **ZAŁ 5 - Lista rysunków**
- **ZAŁ 6 - Warunki przyłączenia do sieci nr 74146/2021/OD5/RR1**
- **ZAŁ 7- Instrukcja współpracy ruchowej ENEA Operator – wzór dokumentu**