

TEMAT:

PROJEKT ABONENCKIEJ STACJI TRANSFORMATOROWEJ

kategoria obiektu budowlanego XVIII

ADRES INWESTYCJI:

**ŚWIERKLANIEC, UL. PARKOWA 3
DZ. NR 893/43**

**jedn. ewidencyjna 241307_2 Świerklaniec
obręb ewidencyjny 0003 Świerklaniec**

INWESTOR:

**PRZEDSIĘBIORSTWO KOMUNIKACJI
METROPOLITALNEJ SPÓŁKA Z O.O.
42-622 ŚWIERKLANIEC, UL. PARKOWA 3**

Data opracowania projektu:

styczeń 2025

Projektant (branża elektryczna):

mgr inż. Krzysztof RAŻNIEWSKI

nr upr. SLK/4700/PWOE/13

mgr inż. Mirosław Szynklar kom. 889 443 120

ul. Hołodunowska 57 / 43-143 Łędziny

biuro@fsprojekt.pl / www.fsprojekt.pl / kom. 664 227 123



PROJEKT ABONENCKIEJ STACJI TRANSFORMATOROWEJ.....	1
PROJEKTOWANA ABONENCKA STACJA TRANSFORMATOROWA.....	3
POSADOWIENIE.....	3
BUDOWA STACJI.....	4
MASA I GABARYTY STACJI.....	4
DANE TECHNOLOGICZNE.....	5
DANE TECHNICZNO-MATERIAŁOWE:.....	5
DANE ZNAMIONOWE STACJI:.....	5
ROZDZIELNICA ŚREDNIEGO NAPIĘCIA.....	6
UZIEMIENIA STACJI.....	6
OCHRONA OD PORAŻEŃ.....	7
OCHRONA OD PORAŻEŃ.....	7
POMIAR ENERGII ELEKTRYCZNEJ, OBLICZENIA ZWARCIOWE, DOBÓR OKABLOWANIA SN.....	8
<i>SPRAWDZENIE PRZEKŁADNIKÓW ZE WZGLĘDU NA WARUNKI ZWARCIOWE.....</i>	<i>13</i>
<i>OBLICZENIE MNOŻNEJ UKŁADU POMIAROWEGO.....</i>	<i>14</i>
SPIS RYSUNKÓW.....	15

PROJEKTOWANA ABONENCKA STACJA TRANSFORMATOROWA

Projektowana stacja to miejska stacja transformatorowa 20/0,4kV z trzema ścianami i dachem betonowym oddzielenia przeciwpożarowego (REI120), z dwoma transformatorami o mocy do 2000 kVA każdy, dwusekcyjną z pojedynczym przyłączem. Dla spełnienia założeń docelowych Zamawiającego, układ stacji projektuje się z rezerwowymi polami zasilającym i pomiarowym dla celów podłączenia drugiego przyłącza w przyszłości oraz dwoma polami liniowymi dla połączenia w przyszłości drugiej abonenckiej stacji transformatorowej ST2. Rozdzielnica SN zostanie dostarczona w docelowym układzie w etapie I inwestycji.

Do połączenia transformatorów z projektowaną rozdzielnia główną nn należy wykonać połączenie za pomocą kabli w relacjach wielokrotnych z medium aluminiowym. Doprowadzenie do pomieszczenia RG wykonać od góry, przejście przez przegrody REI należy uzupełnić masą ogniotrwałą o takiej samej odporności na ogień.

Rozdzielnica nn abonenckiej stacji transformatorowej będzie rozdzielnia dwusekcyjną z polem sprężelowym. Każda sekcja zasilana odrębnie transformatorem odpowiednio T1 i T2. Połączenie szyn głównych w Rnn zostanie zrealizowane poprzez połączenie kablowe. Rozdzielnica główna 0,4kV w abonenckiej stacji transformatorowej nie jest przedmiotem niniejszego opracowania dot. układu pomiarowego.

Poza powyższym w abonenckiej stacji transformatorowej zaplanowano zabudowę:

- dwusekcyjnej rozdzielnicz agregatu;
- rozdzielnicz telemechaniki dla generatora fotowoltaicznego – rozdzielnica zaprojektowana wg odrębnego opracowania.

Kontenerowa stacja transformatorowa typu MRw-bSpp 20/2x2000-9, jest przystosowana do współpracy z siecią kablową lub kablowo-napowietrzną średniego napięcia oraz siecią kablową niskiego napięcia. Służy do zasilania w energię elektryczną odbiorców użyteczności publicznej i przemysłowych.

POSADOWIENIE

Posadowienie stacji polega na wykonaniu w ziemi wykopu szerokoprzestrzennego.

W wykopie należy ułożyć uziom otokowy i podłączyć do niego przewody uziemiające, które będą podłączone do stacji. Bednarkę uziemiającą usytuować w odległości ok 1 m od ścian fundamentu poniżej poziomu drenażu i zasypać ją gruntem rodzimym.

Pod fundamentem należy wykonać podsypkę piaskowo-żwirową o docelowej grubości minimum 20 cm (stan po zagęszczeniu) a następnie wylać żelbetową płytę stabilizacyjną. Grubość „poduszki” piaskowo-żwirowej musi być dostosowana do lokalnych warunków gruntowo-wodnych i lokalnej strefy przemarzania.

Zastosowanie płyty stabilizacyjnej zapobiega klawiszowaniu i nierównomiernemu osiadaniu pojedynczych stacji. Zalecana minimalna grubość płyty żelbetowej 20cm, beton klasy C20/25, minimalne zbrojenie siatkami górą i dołem z prętów żebrowanych góra/dół Ø12mm w rozstawie maks. 20cm, ze stali AIIIIN (np. RB 500W, 20G2VY-b – stal spawalna), zbrojenie górne i dolne przesunięte względem siebie o połowę oczka siatki.

Faktyczna i docelowa grubość płyty stabilizacyjnej i zastosowane zbrojenie winny być zweryfikowane obliczeniami konstrukcyjnymi, z uwzględnieniem nośności gruntu w miejscu posadowienia, uwzględniając ciężar kompletnej stacji z wyposażeniem.

Stacje należy posadowić dopiero po odbiorze technicznym płyty stabilizacyjnej i przygotowanego podłoża w poziomie posadowienia, potwierdzonych protokołem odbiorowym.

W tak przygotowanym miejscu należy ustawić fundamenty stacji. Na ściany misy fundamentowej stacji ułożyć pojedynczą warstwę taśmy uszczelniającej. Należy zwrócić uwagę, aby taśma uszczelniająca nie nakładała się na siebie, (aby nie była ułożona podwójnie). Podczas układania taśmy uszczelniającej, nie należy jej rozciągać, może to spowodować jej uszkodzenie lub deformację.

Na tak przygotowane fundamenty należy równo ustawić poszczególne bryły główne stacji wg określonej kolejności. Kolejnym etapem jest posadowienie na bryłach głównych elementów dachu, założenie obróbek blacharskich i maskownic na łączeniu stacji.

Obsypanie fundamentów wykonywać stopniowo, zagęszczanymi 20cm warstwami gruntu filtrującego. Należy zwrócić szczególną uwagę na zasypywanie wykopu w miejscu styku ze ścianą fundamentu, aby nie przerwać wykonanej hydroizolacji powierzchni pionowych. Zachować szczególną ostrożność w miejscu wprowadzenia kabli do przepustów, gdyż zagęszczanie mechaniczne może spowodować uszkodzenie przepustów lub kabli.

Ważne jest aby ściany misy fundamentowej wystawały nie mniej niż 10cm ponad poziom terenu wykończonego.

BUDOWA STACJI

Stacja jest modułową prefabrykowaną konstrukcją składającą się z następujących elementów:

- obudowa betonowa stacji – szt. 2, grubość ściany min 120 mm,
- fundament betonowy prefabrykowany – kablownia – szt. 2, grubość ściany min 120 mm,
- dach betonowy – szt.2. grubość dachu min 120 mm,

Podłoga w stacji jest betonowa z otworami technologicznymi (umieszczonymi pod rozdzielnicą SN oraz w komorze transformatora) na wprowadzenie kabli.

W korytarzu obsługi stacji znajduje się włącz do podziemnej części stanowiącej jednocześnie fundament i kanał kablowy.

Kable SN i nN z zewnątrz wprowadzone są przez otwory przepustowe umieszczone w części fundamentowej. Kabel należy wsunąć w otwór przepustowy wraz z założonym gumowym wkładem uszczelniającym. Po umieszczeniu gumowego wkładu w przepuście dokręca się śruby dociskowe do oporu; nacisk elementów dociskowych wywołany dokręcaniem powoduje spęczenie gumowej wkładki uszczelniającej i wzrost średnicy zewnętrznej przepustu a co za tym idzie zamocowanie go w otworze i uszczelnienie połączenia.

W przypadku zaistnienia potrzeby wprowadzenia kabli (nN i SN) w rurze PCV należy fakt ten uzgodnić z producentem stacji - ZPUE S.A lub równoważny.

Stacja posiada drzwi wejściowe aluminiowe (nie dopuszcza się stalowych) do korytarza obsługi rozdzielnic SN, rozdzielnic nN. W ścianie bocznej oraz drzwiach znajdują się otwory żaluzyjne zapewniające odpowiednią wentylację pomieszczeń.

Wewnętrzna powierzchnia ścian dekoracyjnie pokryta jest tynkiem w kolorze białym. Zewnętrzna powierzchnia ścian pokryta jest tynkiem akrylowym .

Wszystkie elementy metalowe zamontowane na zewnętrznej stronie stacji wykonane są z aluminium lakierowanego proszkowo.

Wentylacja wymuszona, wentylator dachowy wyciągowy w komorach transformatorowych.

Żaluzje wentylacyjne oraz wentylator dachowy wyposażone w klapy odcinające ppoż.

MASA I GABARYTY STACJI

Długość [mm]	13820
--------------	-------

Szerokość [mm]	3060
Wysokość [mm]:	
• bez dachu (brył głównych)	2800
• z dachem betonowym (od pow. gruntu)	~3230
Masa bez wyposażenia [kg]:	
• Fundamentu (-I- + -II-),	~(14,5 + 12) t
• bryły głównej z drzwiami (-I- -II-) bez trafo	~(19 + 20) t
• dachu betonowego (-I- + -II-)	~(5,5 + 6,6) t
Powierzchnia zabudowy:	42,28 m ²

DANE TECHNOLOGICZNE

- Oświetlenie – sztuczne LED (podstawowe).
- Wentylacja grawitacyjna .
- Otwory wlotowe i wylotowe żaluzyjne umieszczone w ścianach oraz w drzwiach.
- Instalacja uziemiająca.

DANE TECHNICZNO-MATERIAŁOWE:

- Ściany - beton zbrojony wibrowany klasy C30/37 o grubości 120 mm,
- Fundament - beton zbrojony wibrowany klasy C30/37 o grubości 120÷200 mm, posiada dwie wydzielone komory:
- przedział kablowy z przepustami.
- Dach betonowy płaski.
- Stolarka stacyjna (drzwi oraz żaluzje wentylacyjne) - aluminiowe lakierowane wg palety RAL.

DANE ZNAMIONOWE STACJI:

	SN	nN
Maksymalna moc transformatora	2 x 2000kVA	
Moc zainstalowanego transformatora	2 x 2000kVA	
Napięcie znamionowe	20 kV	0,4 kV
Znamionowe napięcie izolacji	25 kV	
Częstotliwość znamionowa / liczba faz	50Hz / 3	Częstotliwość znamionowa / liczba faz
Napięcie wytrzymywane o częstotliwości sieciowej	50/60 kV	2,5 kV
Napięcie udarowe piorunowe wytrzymywane (1,2/50μs)	125/145 kV	8 kV
Prąd znamionowy ciągły pól liniowych	630A	630 A
Prąd znamionowy krótkotrwały wytrzymywany (1 s)	16/20 kA	35 kA

Prąd znamionowy szczytowy wytrzymywany	40/50 kA	77 kA
Odporność na działanie łuku wewnętrznego rozdzielnic	16/20kA (1 s)	
Klasyfikacja IAC stacji	AF – 16/20 kA - (1 s)	
Stopień ochrony	IP 23D	
Klasa obudowy	10	
Wytrzymałość dachu na obciążenie	2500 N/m ²	

ROZDZIELNICA ŚREDNIEGO NAPIĘCIA

W stacji zastosowano 9-polową rozdzielnicę SN o konfiguracji:

4 x pole liniowe, 2 x pole pomiarowe, 2 x pole transformatorowe oraz 1 x pole sprzęgłowe. Widok i schemat rozdzielnic pokazano w części graficznej.

Parametry rozdzielnic:

Napięcie probiercze o częstotliwości sieciowej	50/60 kV
Prąd znamionowy ciągły szyn głównych	630 A
Prąd znamionowy ciągły pól odpływowych	630 A
Prąd znamionowy krótkotrwały wytrzymywany 1-sek.	16 kA
Prąd znamionowy szczytowy wytrzymywany	40 kA
Odporność na działanie łuku wewnętrznego	16 kA(1s)
Częstotliwość znamionowa	50 Hz
Stopień ochrony	IP 4X

UZIEMIENIA STACJI

Stacja posiada uziemienie ochronne i robocze podłączone do wspólnego uziomu na zewnątrz stacji. Główna magistrala uziemiająca wewnątrz stacji składa się z części poziomej wykonanej z płaskownika ocynkowanego Fe/Zn 40x5 wewnątrz stacji.

W stacji do głównej magistrali (Rys. nr E7) podłączono:

- Rozdzielnicę nN bednarką Fe/Zn 30x4 [mm];
- Rozdzielnicę SN – bednarką Fe/Zn 30x4 [mm];
- Dach stacji linką 2 x LgY 70 mm²;
- Bryła główna, kablownia w dwóch punktach bednarką Fe/Zn 30x4 [mm];
- Drzwi linką LgY 16 mm²;
- Futryny, obróbki linką LgY 35 mm²;
- Włazy linką LgY 70 mm².

- Żaluzje – linką LgY 35 mm².

Do głównej magistrali należy dołączyć przez zaciski kontrolne dwuśrubowe wyprowadzenia uziemienia zewnętrznego doprowadzonego do magistrali przez otwory technologiczne umieszczone w fundamencie. Wyprowadzenie N z transformatora należy dołączyć do osobnego wyprowadzenia uziemienia zewnętrznego

Po połączeniu uziomu z instalacją uziemiającą stacji należy wykonać pomiar rezystancji uziemienia.

Uziom zespolony stacji wykonać zgodnie z wymogami standardu technicznego Taurony Dystrybucja nr 6/DTS/2015, bazującego na wymaganiach N SEP-E-001 oraz PN-E 05115.

Dane wejściowe:

- czas trwania zwarcia doziemnego: 2s;
- prąd uziomowy I_E obliczany na podstawie danych podanych w warunkach przyłączania wynosi:

$$I_E = \sqrt{I_{AWSz}^2 + I_R^2} = \sqrt{20^2 + 20^2} = 28,28 \text{ A}$$

stąd:

$$R_{B2} \leq \frac{U_f}{I_E}$$

gdzie:

- U_f odczytano z charakterystyki napięcia dopuszczalnego zakłóceniewego w funkcji czasu trwania zwarcia.

Stąd:

$$R_{B2} \leq \frac{U_f}{I_E} \leq \frac{78}{28,28} \leq 2,75 \Omega$$

Wartość rezystancji uziemienia stacji powinna być mniejsza niż 2,75Ω.

OCHRONA OD PORAŻEŃ

Dla instalacji SN, środkiem ochrony przeciwporażeniowej jest instalacja uziemienia.

Stacja transformatorowa zostanie wyposażona w dwa niezależne układy uziomowe:

- uziom ochronny, do którego podłączone będą wszystkie części czynne w budynku stacji;
- uziom roboczy, do którego zostaną podłączone punkty gwiazdowe transformatorów.
- Wartość rezystancji uziemienia ochronnego powinna być mniejsza niż 10 omów.
- Wartość rezystancji uziemienia roboczego powinna być mniejsza niż 2 omów.

W stacji należy dostarczyć osprzęt BHP. Sprzęt umieścić w pomieszczeniu nn w szafce.

OCHRONA OD PORAŻEŃ

Dla instalacji SN, środkiem ochrony przeciwporażeniowej jest instalacja uziemienia.

Stacja transformatorowa zostanie wyposażona w dwa niezależne układy uziomowe:

- uziom ochronny, do którego podłączone będą wszystkie części czynne w budynku stacji;

- uziom roboczy, do którego zostaną podłączone punkty gwiazdowe transformatorów.
- Wartość rezystancji uziemienia ochronnego powinna być mniejsza niż 10 omów.
- Wartość rezystancji uziemienia roboczego powinna być mniejsza niż 2 om.

W stacji należy dostarczyć osprzęt BHP. Sprzęt umieścić w pomieszczeniu nn w szafce. Wykonawca powinien dostarczyć:

- 2x rękawice dielektryczne 20kV
- 2x półbuty gumowe elektroizolacyjne klasy 20kV
- 2x uziemiacze przenośne 25kA (U3-P-3/1-25/1-120-(I)(WR-2z) gdzie:
U3 – ilość przewodów fazowych
P- zacisk fazowy na szyny płaskie
3- długość przewodu uziemiającego
1- długość przewodów fazowych
25/1 - $I_r=25$ kA/1s
120 – przekrój linki
I – uziemiacz ze złączem środkowym izolowanym
WR-2z – typ zacisku przewodu uziemiającego
- 1x uniwersalny drążek izolacyjny (UDI-10-B)
- 1x akustyczno-optyczny wskaźnik napięcia 1kV – AOWN-5/1
- 1x akustyczno-optyczny wskaźnik napięcia 3-11 kV - AOWN-5/2
- 2x Komplet tablic informacyjnych (POD NAPIĘCIEM, NIE ZAŁĄCZAĆ, MIEJSCE PRACY, NIE DOTYKAĆ URZĄDZENIE ELEKTRYCZNE, UZIEMIENO, GAŚNICA)
- 1x Instrukcja BHP ogólna
- 1x Instrukcja pierwszej pomocy
- 1x Instrukcja przeciwpożarowa ogólna
- 1x Instrukcja postępowania na wypadek pożaru
- 1x Instrukcja ratowania osób porażonych prądem
- 1x sprzęt ppoż.

POMIAR ENERGII ELEKTRYCZNEJ, OBLICZENIA ZWARCIOWE, DOBÓR OKABLOWANIA SN

Projektuje się pomiar rozliczeniowy główny energii elektrycznej. Układ pomiarowy zostanie zainstalowany

na napięciu 20kV. Tablica licznikowa TL pomiarów rozliczeniowych będzie zlokalizowana w pomieszczeniu rozdzielni średniego napięcia.

Grupa taryfowy określona zostanie na etapie podpisywania umowy przyłączeniowej / dystrybucyjnej.

Zastosowano pośredni układ pomiarowy energii elektrycznej ze względu na wielkości mocy zapotrzebowanej równej 3300 kW .

Urządzenia i osprzęt członu pomiarowego:

- Licznik wielofunkcyjny czterokwadrantowy do pomiaru strefowego energii elektrycznej czynnej, biernej pobieranej i oddawanej do sieci elektroenergetycznej umożliwiający zdalną

transmisję danych pomiarowych do systemu bilansującego TAURON Dystrybucja S.A. o/Gliwice;

- Listwa zaciskowa - zgodna z rejonizacją TD. S.A., przyjęto LPW prod. WAGO nr 847-566;
- Przekładniki prądowe typu CTM20 o następujących parametrach:
 - Przekładnia znamionowa: 100/5A/A;
 - klasa dokładności: 0,2S;
 - Współczynnik bezpieczeństwa: FS = 5;
 - Moc znamionowa 5 VA;

Człony pomiarowe należy wykonać zgodnie z następującymi zaleceniami:

- Pomiedzy przedziałem rozłącznika mocy, przedziałem przekładników prądowych i tablicy licznikowej wykonać oddzielające przegrody izolacyjne;
- Instalacje okablowania obwodów wtórnych przekładników prądowych do zacisków listwy zaciskowej SKA wykonać przy zastosowaniu:
 - Kabli sterowniczych typu YKSY 7x2,5 mm² o żyłach jednorodnych dla obwodów prądowych, prowadzonych natynkowo za pomocą uchwytów ściennych;
 - Kabli sterowniczych typu YKSY 5x1,5 mm² o żyłach jednorodnych dla obwodów napięciowych, prowadzonych natynkowo za pomocą uchwytów ściennych;
- Obwody pomiarowe między listwą SKA a zaciskami licznika wykonać przewodami DY w izolacji 750V;
- Obsługa ZE będzie miała nieskrępowany dostęp do układu pomiarowego;
- Taryfa rozliczeniowa energii zostanie określona przed dopuszczeniem układu do eksploatacji;
- Elementy członu pomiarowego do przekładników prądowych włącznie będą dostosowane do plombowania;
- W celu umożliwienia transmisji danych pomiarowych z układu pomiarowo-rozliczeniowego, antenę wyprowadzić na zewnątrz obiektu. Siła sygnału GSM na poziomie co najmniej zakresu 21-24 tj. (-71)-(-65) [dBm]. Karty SIM do realizacji ww. transmisji danych dostarczone zostaną przez Tauron Dystrybucja S.A.
- Tablica licznikowa należy wykonać jako dwudzielne, z czego na ich górnej uchyłnej części należy zabudować liczniki energii elektrycznej wraz z urządzeniami zdalnej transmisji danych a na ich dolnej stałej części należy zabudować listwy kontrolno - pomiarowe oraz pozostałą aparaturę (listwy zaciskowe obwodów pomocniczych itp.). Płyta nośna tablicy licznikowej, będzie wykonana z materiału izolacyjnego posiadającego atest na niepalność;

OBLICZANIA ZWARCIOWE

Dane wejściowe do obliczeń:

Punkt zasilania – przyłączy energii elektrycznej nr 1

Stacja 110/20/6kV Tarnowski Góry – rozdzielnia 20kV

Rodzaj sieci zasilającej:

Sieć zasilająca od pola 10 rozdzielni 20kV w GPZ Tarnowskie Góry do projektowanej przez Tauron stacji GLBT183 poprowadzona jest:

- liniami napowietrznymi AFL70mm² o długości 4226m
- liniami kablowymi AL o długości 3162m

Linia zasilająca – przyłącze energii elektrycznej: Kablowa typu 3xXRUHAKXS (1x120mm²) o długości 0,28km

Napięcie robocze sieci elektroenergetycznej: $U_{rs} = 20 \text{ kV}$

Moc zwarciova w punkcie zasilania: $S_{kQ}'' = 388 \text{ MVA}$
(przy czasie $t = 2 \text{ s}$ w punkcie zasilania)

Punkt zwarcia: Szyny zbiorcze rozdzielnic SN w abonenskiej stacji transformatorowej

Obliczenie rezystancji i reaktancji linii kablowych, ziemnych do punktu zwarcia:

$R_{L1} = 1,38 \Omega$ – dla linii napowietrznych SN o dł. równej 4226m.

$X_{L1} = 1,69 \Omega$ – dla linii napowietrznych SN o dł. równej 4226m.

$R_{L2} = 0,8 \Omega$ – dla linii kablowych SN o dł. równej 3162m.

$X_{L2} = 0,38 \Omega$ – dla linii kablowych SN o dł. równej 3162m.

$R_{L3} = 0,07 \Omega$ – dla linii kablowej SN o dł. równej 280m.

$X_{L3} = 0,03 \Omega$ – dla linii kablowej SN o dł. równej 280m.

Parametry układu zasilającego:

$$Z_{kQ} = \frac{c_{max} \cdot U_N^2}{S_{kmax}} = 1,13 \Omega$$

$$X_{kQ} = 0,995 \cdot Z_{kQ} = 0,995 \cdot 1,13 = 1,13 \Omega$$

$$R_{kQ} = 0,1 \cdot X_{kQ} = 0,11$$

Impedancja zastępcza obwodu zwarcioowego ma postać:

$$R_k = 2,81 \Omega$$

$$X_k = 3,23 \Omega$$

$$Z_k = \sqrt{R_k^2 + X_k^2} = 4,28 \Omega$$

Obliczenie prądów zwarcioowych:

- prąd zwarcioowy początkowy:

$$I_k' = \frac{c_{max} \cdot U_{n1}}{\sqrt{3} \cdot Z_k} = 2,97 \text{ kA}$$

- prąd zwarcioowy udarowy:

$$\kappa = 1,02 + 0,98 \cdot e^{-3 \cdot R/X} = 1,09$$

$$i_p = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_k = 4,58 \text{ kA}$$

- prąd zwarcioowy zastępczy cieplny:

$$i_{th} = I_k'' \sqrt{n+m} = 3,11 \text{ kA}$$

dla parametrów $n=1$ oraz $m=0,1$ odczytanych z charakterystyk.

Objaśnienia wielkości zwarcioowych:

R_{kQ}	Rezystancja zwarciowa źródła zasilania;
X_{kQ}	Reaktancja zwarciowa źródła zasilania;
$R_{L...}$	Rezystancja zastosowanych linii kablowych;
$X_{L...}$	Reaktancja zastosowanych linii kablowych;
R_k	Rezystancja wypadkowa obwodu zwarciowego;
X_k	Reaktancja wypadkowa obwodu zwarciowego;
Z_k	Impedancja wypadkowa obwodu zwarciowego;
$ Z_k $	Moduł impedancji wypadkowej obwodu zwarciowego;
κ	Współczynnik udaru;
m	Współczynnik uwzględniający skutek cieplny składowej nieokresowej prądu zwarciowego w zależności od czasu trwania zwarcia T_k ; parametrem jest współczynnik udaru κ (wartość odczytana w wykresu);
n	Współczynnik uwzględniający skutek cieplny składowej okresowej prądu zwarciowego w zależności od czasu trwania zwarcia T_k ; parametrem jest stosunek początkowego prądu zwarciowego do ustalonego prądu zwarciowego generatora I_k''/I_k (wartość odczytana w wykresu);
I_k''	Prąd zwarciowy, początkowy;
i_p	Prąd zwarciowy, udarowy;
I_{th}	Prąd zwarciowy, cieplny, zastępczy.

DOBÓR PRZEKŁADNIKÓW PRĄDOWYCH DLA TABLICY TL

Dane wejściowe:

Moc zapotrzebowana energii elektrycznej: $P_z = 3300\text{kW}$

Napięcie robocze: $U_r = 20\text{ kV}$

Prąd roboczy, długotrwały w miejscu zainstalowania $I_r = 102,43\text{A}$
przekładnika prądowego:

Zaprojektowano przekładniki prądowe np. typu CTM20 (w wykonaniu Dacpol) o następujących parametrach znamionowych:

- Prąd pierwotny: $I_{pn} = 100\text{ A}$;
- Prąd wtórny: $I_{sn} = 5\text{ A}$;
- Moc znamionowa: $S_n = 5\text{ VA}$;
- Klasa dokładności: 0,2S;
- Współczynnik bezpieczeństwa przyrządu: FS5;
- Znamionowy prąd krótkotrwały, cieplny: $I_{th} = 300 \cdot I_{pn}$;
- Najwyższe napięcie robocze: $U_m = 24\text{ kV}$;
- Uzwojenie pomiarowe nr 1:
 - **5VA**;
 - **kl.0,2S**;
 - **FS5**
- Uzwojenie zabezpieczającym nr 2:

- 5VA,
- kl. 5P10 dla potrzeb zabezpieczeń dodatkowych generatora.

Poniżej przedstawiono warunki, jakie musi spełniać prawidłowo dobrany przekładnik prądowy.

SPRAWDZENIE ZAKRESU ZNAMIONOWEGO PRĄDU PIERWOTNEGO PRZEKŁADNIKÓW

Sprawdzenie zakresu znamionowego prądu pierwotnego przekładników należy wykonać według warunku:

$$1,2 \cdot I_{pn} \geq I_r \geq 0,1 \cdot I_{pn}$$

$$120A \geq 102,43 A \geq 10 A$$

Warunek prawidłowego doboru został spełniony.

SPRAWDZENIE PRZEKŁADNIKÓW ZE WZGLĘDU NA DOBÓR MOCY ZNAMIONOWEJ UZWOJEŃ

Sprawdzenie doboru przekładników ze względu na dobór mocy znamionowej uzwojeń pomiarowych należy wykonać według warunku:

$$S_n \geq S_2 \geq 0,25 \cdot S_n$$

gdzie:

- S_n Znamionowa moc uzwojeń przekładnika;
 S_2 Rzeczywista moc obciążenia uzwojenia wtórnego.

Poniżej przedstawiono szczegółową procedurę obliczeń:

$$S_2 = S_{obc} + S_L$$

gdzie:

- S_{obc} Pobór mocy przez przewody pomiarowe (kable sygnalizacyjne);
 S_L Pobór mocy przez przyrządy pomiarowe w torze prądowym.

$$S_{obc} = I_{rzecz}^2 \cdot Z_{obc}$$

$$Z_{obc} = R_{obc} = \frac{2 \cdot l_p}{\gamma \cdot s} + R_z$$

gdzie:

- I_{rzecz} Rzeczywisty prąd przepływający przez przekładnik;
 Z_{obc} Impedancja przewodów pomiarowych i styków obwodu przyłączonego do zacisków uzwojenia wtórnego przekładnika;
 l_p Długość zastosowanych przewodów pomiarowych;
 γ Konduktywność zastosowanych przewodów pomiarowych;
 s Przekrój zastosowanych przewodów pomiarowych;
 R_z Rezystancja obciążenia styków.

$$I_{rzecz} = \frac{I_r}{V}$$

$$V = \frac{I_{pn}}{I_{sn}}$$

Dodatkowe dane obliczeniowe są następujące:

- $I_p = 7 \text{ m}$;
- $R_z = 0,05 \Omega$ – dla układów w pomieszczeniach zamkniętych;
- $S_L = 0,125 \text{ VA}$ (dane katalogowe).

Szczegółowe wyniki obliczeń doboru przekładników przedstawiono poniżej:

$$V = \frac{I_{pn}}{I_{sn}} = \frac{100}{5} = 20$$

$$I_{rzecz} = \frac{I_r}{V} = \frac{102,43}{20} = 5,12 \text{ A}$$

$$Z_{obc} = R_{obc} = \frac{2 \cdot I_p}{\gamma \cdot s} + R_z = \frac{2 \cdot 7}{57 \cdot 2,5} + 0,05 = 0,15 \Omega$$

$$S_{obc} = I_{rzecz}^2 \cdot Z_{obc} = 5,12^2 \cdot 0,15 = 3,93 \text{ VA}$$

$$S_2 = S_{obc} + S_L = 3,93 + 0,125 = 4,05 \text{ VA}$$

$$S_n \geq S_2 \geq 0,25 \cdot S_n$$

$$5 \text{ VA} \geq 4,05 \text{ VA} \geq 1,25 \text{ VA}$$

Warunek prawidłowego doboru został spełniony.

SPRAWDZENIE PRZEKŁADNIKÓW ZE WZGLĘDU NA WARUNKI ZWARCIOWE

Sprawdzenie doboru przekładników ze względu na wartość krótkotrwałego prądu cieplnego I_{th} .

$$I_{thn} \geq I_{th}$$

$$16 \text{ kA} \geq 3,11 \text{ kA}$$

Warunek prawidłowego doboru został spełniony.

Dobór przekładników napięciowych

Dla zaprojektowanego układu pomiarowego, zastosowano liczniki prod. Landis serii ZMD405CT44.0459.

Dobór przekładników napięciowych w układzie z modułem komunikacyjnym CU-P42

Dla układu pomiarowego rozliczeniowego zastosowano uzwojenie n przekładnika o parametrach:

- **uzw. 1:** 20:√3kV/0,1:√3kV – 0-10VA; kl. 0,2 dla pomiaru rozliczeniowego energii;
- **uzw. 2:** 20:√3kV/0,1:√3kV - 10VA; kl. 0,2 dla analizatora sieci;
- **uzw. 3:** 20:√3kV/0,1:3kV - 10VA kl. 3P dla zabezpieczeń dodatkowych generatora ($u_0 >$, $u <$).

Sumaryczna dla wszystkich faz moc pobierana przez licznik wraz z modulem komunikacyjnym w ślad za danymi producenta wynosi $S=5,4\text{VA}$. Stąd moc dla jednej fazy wynosi $1,8\text{VA}$.

Z tego prąd wynosi:

$$I = \frac{S}{U} = \frac{1,8}{58} = 0,031 \text{ A}$$

Moc tracona na przewodach ($l = 7\text{m}$; $s = 1,5 \text{ mm}^2$):

$$S_d = \frac{I^2 \cdot 2 \cdot l}{\gamma \cdot s} = \frac{0,031^2 \cdot 14}{57 \cdot 1,5} = 0,16 \cdot 10^{-3}$$

Moc tracona na przewodach oraz zaciskach są pomijalnie małe.

Zatem całkowita moc pobierana z przekładnika wynosi $S=1,8 \text{ VA}$.

Dla pomiaru w klasie 0,2 należy spełnić warunek:

$$S_n \geq S_{obl}$$

- dla uzwojenia pomiarowego – rdzeń I - $10 \geq 1,8$ - warunek prawidłowego doboru został spełniony;
- dla analizatora jakości energii ND45 – rdzeń II - $10 \geq 1,5$ - warunek prawidłowego doboru został spełniony;
- dla analizatora zabezpieczenia BEL Plus OZE – rdzeń III - $10 \geq 2,5$ - warunek prawidłowego doboru został spełniony;

OBLICZENIE MNOŻNEJ UKŁADU POMIAROWEGO

$$P_1 = \sqrt{3} \cdot I_1 \cdot U_1 = \sqrt{3} \cdot I_2 \cdot U_2 = \sqrt{3} \cdot \frac{I_{1N}}{I_{2N}} \cdot I_2 \cdot \frac{U_{1N}}{U_{2N}} \cdot U_2$$

$$P_1 = \sqrt{3} \cdot I_1 \cdot U_1 = \sqrt{3} \cdot \frac{100}{5} \cdot I_2 \cdot \frac{20}{0,1} \cdot U_2 = 4000 \cdot \sqrt{3} \cdot I_2 \cdot U_2 = 4000 \cdot P_2$$

Na podstawie powyższych obliczeń, mnożna układu pomiarowego wynosi 4000.

SPRAWDZENIE WYMAGANEGO PRZEKROJU KABLA SN ZE WZGLĘDU NA KRYTERIUM ZWARCIOWE

Ze względu na brak danych o wartości jednosekundowej gęstości zwarciowej przewodu, posłużono się następującymi zależnościami:

$$\tau_{sr} = \frac{\tau_{pz} + \tau_{dz}}{2} = \frac{90 + 250}{2} = 170^\circ \text{C}$$

$$Y_{sr} = \frac{Y_{20}}{1 + \alpha (\tau_{sr} - 20)} = \frac{35}{1 + 0,004 (170 - 20)} = 21,87 [m / \Omega \cdot mm^2]$$

$$k = \sqrt{Y_{sr} \cdot c \cdot \frac{\tau_{dz} - \tau_{pz}}{T_k}} = \sqrt{21,87 \cdot 2,48 \cdot \frac{250 - 90}{0,4}} = 147,29 A/mm^2$$

$$s \geq \frac{I_{th}}{k} \cdot \sqrt{\frac{T_k}{1}} = \frac{3110}{147,29} \sqrt{2} = 29,77$$

29,71 < 120. Warunek prawidłowego doboru przekroju kabla został spełniony.

SPIS RYSUNKÓW

lp.	TEMAT	SYMBOL	SKALA
1.	STACJA TRANSFORMATOROWA - RZUT	E001	-
2.	STACJA TRANSFORMATOROWA. ELEWACJE PRZEDNIA I TYLNA	E002	-
3.	STACJA TRANSFORMATOROWA. ELEWACJE BOCZNE	E003	-
4.	STACJA TRANSFORMATOROWA. PLAN UZIEMIENIA	E004	-
5.	STACJA TRANSFORMATOROWA. DETAL	E005	-
6.	SCHEMAT IDEOWY 20KV STACJI TRANSFORMATOROWEJ	E006	-
7.	WIDOK ROZDZIELNICY 20KV	E007	-
8.	SCHEMAT STRUKTURALNY ROZDZIELNIC 0,4KV	E008	-
9.	WIDOK ROZDZIELNIC 0,4KV	E009	-