



Rozbudowa oczyszczalni ścieków w Kamienicy wraz z przebudową infrastruktury w ramach zadania pn. „Rozbudowa oczyszczalni ścieków w Kamienicy”

Jednostka projektująca	ES PRO Paweł Nowak Projektowanie i Obsługa Inwestycji ul. Międzyborska 50 m. 76 04 – 041 Warszawa				
Inwestor	Gmina Kamienica 34-608 Kamienica 420				
Nazwa inwestycji	ROZBUDOWA OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW W KAMIENICY WRAZ Z PRZEBUDOWĄ INFRASTRUKTURY w ramach zadania pn. "ROZBUDOWA OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW W KAMIENICY"				
Obiekt	Oczyszczalnia ścieków		Kategoria obiektu	XXX	
Lokalizacja	woj. małopolskie, gmina Kamienica, 34-608 Kamienica, obręb 0001 Kamienica nr ew. 4715/1 nr ident. 120705_2.0001.4715/1				
Zakres robót budowlanych	TOM 1 - DOKUMENTACJA PROJEKTOWA PRZEBUDOWY STACJI ŚREDNIEGO NAPIĘCIA				
Rodzaj opracowania	PROJEKT TECHNICZNY				
Branża	Elektryczna i AKPiA				
Kody wg WSZ	45310000; 45310000-3; 45311000-0; 45316000-5; 45312000-7; 45317200-4; 45317300-5				
Nr wydania	01	Nr egzemplarza		Stadium	-

Zespół projektowy:

Funkcja	Specjalność	Tytuł, imię i nazwisko	Nr uprawnień	Podpis
Projektant	Elektryka i AKPiA	mgr inż. Marek Szamocki	LOD/1911/PWOE/12	
Sprawdzający		mgr inż. Kamil Ciborowski	LOD/4537/PWBE/21	

Data wykonania:	Luty 2023 r
------------------------	-------------

Rozbudowa oczyszczalni ścieków w Kamienicy wraz z przebudową infrastruktury w ramach zadania pn. „Rozbudowa oczyszczalni ścieków w Kamienicy”

1.	Wstęp.	4
1.1.	Przedmiot opracowania.	4
1.2.	Podstawa opracowania.	4
1.3.	Lokalizacja inwestycji.	4
1.4.	Zakres opracowania.	4
2.	Opis techniczny.	5
2.1.	Stan istniejący.	5
2.2.	Stan projektowany.	6
2.3.	Zmiana lokalizacji trafostacji i przebudowa linii SN.	6
2.4.	Projektowana stacja transformatorowa.	7
2.5.	Uziemienie stacji.	8
2.6.	Pomiar rozliczeniowy energii elektrycznej.	9
2.7.	Wewnętrzna linia nN zasilająca projektowany obiekt.	10
2.8.	Ochrona od porażeń.	11
2.9.	Elementy demontowane.	11
2.10.	Elementy montowane.	11
3.	Obliczenia techniczne.	12
3.1.	Moc zapotrzebowana.	12
3.2.	Dobór transformatora.	12
3.3.	Dobór zabezpieczenia transformatora po stronie SN.	13
3.4.	Dobór zabezpieczenia transformatora po stronie nN.	13
3.5.	Obliczenia zwarciowe.	14
3.6.	Dobór kabla łączącego transformator z rozdzielnicą nN.	18
3.7.	Wyznaczenie wartości maksymalnej rezystancji uziemienia stacji SN/nN i sieci nN.	20
3.8.	Rezystancja uziomów stacji SN/nN i sieci nN.	22
3.9.	Dobór przekładników prądowych.	26
3.10.	Dobór kabla WLZ.	28
4.	Załączniki.	30
	EZ-1 Lokalizacja obiektów elektroenergetycznych przyłącza w terenie	30
	EZ-2 Sylwetka trafostacji słupowej	30
	EZ-3 Rozdzielnica słupowa nN.	30
	EZ-4 Schemat rozdzielnic słupowej nN	30
	EZ-5 Schemat połączeń układu pomiarowo-rozliczeniowego	30
	Warunki przyłączenia – Tauron dystrybucja	30

Rozbudowa oczyszczalni ścieków w Kamienicy wraz z przebudową infrastruktury w ramach zadania pn. „Rozbudowa oczyszczalni ścieków w Kamienicy”

<i>Oświadczenie projektanta</i>	30
<i>Uprawnienia projektanta</i>	30
<i>Przynależność projektanta do izby inżynierów budownictwa</i>	30
<i>Oświadczenie sprawdzającego.....</i>	30
<i>Uprawnienia sprawdzającego</i>	30
<i>Przynależność sprawdzającego do izby inżynierów budownictwa.....</i>	30

1. Wstęp.

1.1. Przedmiot opracowania.

Przedmiotem opracowania jest dostosowanie przyłącza energii elektrycznej, zaklasyfikowanego do III grupy przyłączeniowej, do zwiększonej mocy zapotrzebowanej, oraz zmiana lokalizacji słupowej trafostacji SN/nN. Zmieniane przyłącze ma zapewnić zasilanie dla rozbudowywanej i modernizowanej oczyszczalni ścieków dla miejscowości Kamienica.

1.2. Podstawa opracowania.

- Zlecenie inwestora.
- Zlecenie z dn. 10.03.2022 roku pomiędzy Zamawiającym ES-PRO Paweł Nowak a wykonawcą ARTMATIC S.C. Do opracowania posłużą informacje i wytyczne uzyskane od Zamawiającego w trakcie trwania umowy oraz informacje uzyskane podczas wizji lokalnej.
- Projekty pozostałych branż.
- Aktualne normy i przepisy dotyczące projektowania sieci i instalacji elektroenergetycznych.

1.3. Lokalizacja inwestycji.

Projektowana inwestycja dotyczy rozbudowy oczyszczalni na terenie ograniczonym działką położoną w woj. małopolskim, w gminie Kamienica (34-608 Kamienica), obręb 0001 Kamienica, nr ew. 4715/1, nr ident. 120705_2.0001.4715/1.

1.4. Zakres opracowania.

Dokumentacja projektowa dla zamierzenia inwestycyjnego Rozbudowa oczyszczalni ścieków w Kamienicy wraz z przebudową infrastruktury w ramach zadania pn. „Rozbudowa oczyszczalni ścieków w Kamienicy” w zakresie branży elektrycznej i AKPiA została podzielona na dwa opracowania. Pierwsze związane z dostosowaniem przyłącza elektrycznego (zaliczonego do III grupy przyłączeniowej) do zwiększonej mocy zapotrzebowanej oraz zmianą lokalizacji trafostacji SN/nN. Drugie zawierające bilans mocy

Rozbudowa oczyszczalni ścieków w Kamienicy wraz z przebudową infrastruktury w ramach zadania pn. „Rozbudowa oczyszczalni ścieków w Kamienicy”

oraz rozwiązania techniczne instalacji elektrycznych i sterowania dla urządzeń technologicznych oraz instalacji wewnętrznych w projektowanych obiektach oczyszczalni ścieków.

Opracowanie niniejsze jest pierwszą z wymienionych powyżej części dokumentacji, i obejmuje swym zakresem zagadnienia związane z dostosowaniem przyłącza do zwiększonej mocy zapotrzebowanej oraz zmianą lokalizacji trafostacji SN/nN. W opracowaniu zawarte są wytyczne i obliczenia wiążące się z takimi zagadnieniami jak:

- wyznaczenie nowej lokalizacji słupowej stacji transformatorowej (obecna lokalizacja jest w kolizji z projektowanym zagospodarowaniem terenu),
- przebudowa linii SN (związana z koniecznością zmiany lokalizacji trafostacji),
- wymiana słupowej stacji transformatorowej (związana z przebudową linii SN),
- wymiana transformatora rozdzielczego,
- zapewnienie odpowiedniej rezystancji uziemienia ochronno-roboczego stacji,
- przystosowanie stacji do pomiaru energii elektrycznej z przyłącza o zwiększonej mocy zapotrzebowanej,
- wymiana rozdzielnicy słupowej nN,
- określenie parametrów wewnętrznej linii nN zasilającej rozbudowywaną oczyszczalnię.

Poza zakresem tego opracowania pozostaje określenie wartości mocy zapotrzebowanej rozbudowywanej oczyszczalni, oraz wszelkie dalsze instalacje elektryczne w obiekcie oczyszczalni, poza główną wewnętrzną linią zasilającą.

2. Opis techniczny.

2.1. Stan istniejący.

Na terenie planowanej inwestycji znajduje się obecnie funkcjonująca oczyszczalnia ścieków dla miejscowości Kamienica. Dla oczyszczalni tej zapewnione jest zasilanie w energię elektryczną z przyłącza zakwalifikowanego do III grupy przyłączeniowej. Przed wjazdem na ogrodzony teren oczyszczalni znajduje się słupowa stacja transformatorowa 15kV/0,4kV. Do stacji doprowadzona jest napowietrzna linia SN (wg. istniejącej dokumentacji, przewodami AFL-6 35mm²), będąca odgałęzieniem od przebiegającej w pobliżu linii głównej 15kV Zabrzeż–Szczawa. Miejscem dostarczenia energii i granicą własności stron są zaciski prądowe odgałęźne w linii głównej sieci dystrybucyjnej. Aktualna moc przyłączeniowa ma wartość 35kW. W rozdzielnicy słupowej nN zainstalowany jest układ pomiaru zużycia energii

Rozbudowa oczyszczalni ścieków w Kamienicy wraz z przebudową infrastruktury w ramach zadania pn. „Rozbudowa oczyszczalni ścieków w Kamienicy”

elektrycznej z licznikiem z pomiarem bezpośrednim, z podłączonym modemem bezprzewodowej transmisji danych oraz synchronizatorem czasu. Z rozdzielnicy trafostacji wyprowadzona jest wewnętrzna linia nN zasilająca obiekty istniejącej oczyszczalni. Linia nN wykonana jest kablem YAKY 4x35mm².

Trafostacja wykonana jest jako słupowa stacja transformatorowa typu STSp-20/250 produkcji Z.P.U.E. Włoszczowa (rok prod. 1999), na słupie typu EPV 10,5/12. Wyposażona jest w transformator o mocy znamionowej 40kVA. Trafostacji zostało nadane oznaczenie KRL 71036, oraz nazwa „St. trafo 15/0,4kV Oczyszczalnia Kamienica”. Punkтови poboru energii nadany jest numer PPE 590322429700509197.

Aktualnie w słupowej rozdzielnicy nN zainstalowany jest licznik Landis+Gyr E550 typu ZMG310CR4.000b.03 S2 P07 będący własnością Tauron Dystrybucja S.A., oraz modem GTm-t do transmisji danych i synchronizator czasu MK-6 DCF77/GPS prod. Interbin.

2.2. Stan projektowany.

Zgodnie z uzyskanymi warunkami przyłączenia WP/008950/2023/O09R07 z dnia 01.02.2023r instalacje elektryczne przyłącza, w tym stację transformatorową i układ pomiarowy należy dostosować do zwiększonej mocy przyłączeniowej. Granica własności znajduje się na zaciskach odgałęzienia linii 15kV od linii głównej, więc linia napowietrzna wraz z trafostacją słupową jest własnością użytkownika, czyli Gminy Kamienica.

W celu umożliwienia przeprowadzenia zamierzenia inwestycyjnego oraz zagwarantowania zasilania dla instalacji, w które będzie wyposażona rozbudowywana oczyszczalnia, projektuje się zmianę miejsca ustawienia trafostacji słupowej oraz jej przebudowę w celu zapewnienia zasilania w energię elektryczną o zwiększonej mocy.

2.3. Zmiana lokalizacji trafostacji i przebudowa linii SN.

W obecnym miejscu posadowienia trafostacji słupowej projektowane jest zlokalizowanie budynku rozbudowywanej oczyszczalni. W związku z powyższym konieczna jest zmiana miejsca ustawienia trafostacji. Nowy plan zagospodarowania terenu przesuwając zagospodarowany obszar działki w kierunku, z którego przychodzi odgałęzienie linii SN. Wobec powyższego, najdogodniejszym sposobem dostosowania przyłącza sieci elektrycznej jest przesunięcie słupowej stacji transformatorowej wzdłuż osi istniejącej linii SN, w kierunku jej zasilania (źródła). Wynikające z nowego zagospodarowania terenu skrócenie linii SN

wymaga również usunięcia istniejącego słupa odporowego rozkracznego, z którego obecnie wyprowadzone było ostatnie krótkie (około 34m) przęsło linii do trafostacji słupowej. Projektuje się nową lokalizację trafostacji w osi przedostatniego przęsła, na końcu którego jest obecnie słup odporowy, w odległości około 10m przed tym słupem.

Przebudowa linii SN została zaprojektowana tak, aby nie zmieniać kątów, ani położenia osi istniejących odcinków linii (zwłaszcza wychodzących poza obszar działki odjętej inwestycją), a jedynie dokonać jej skrócenia. Opisane wyżej zmiany w położeniu słupa trafostacji spowodują zmianę jego funkcji w linii – stanie się słupem krańcowym dla sekcji odciągowej. Doprowadzone do niego przęsło linii będzie miało około 69m rozpiętości (przed zmianą 79m). Uzyskać minimalną wysokość przewodów linii SN od terenu o wartości 5,2m.

2.4. Projektowana stacja transformatorowa.

Projektuje się postawienie nowej trafostacji typu STNr13-20/250/II/Sp wg. albumu słupowych stacji transformatorowych SN/nN, Energolinia w Poznaniu. Zakłada się zbudowanie trafostacji krańcowej, na słupie 12m o sile wierzchołkowej 17,5kN, w wykonaniu na napięcie znamionowe 20kV, ze stanowiskiem dla transformatora do 250KVA ustawionym po stronie przeciwnej do linii SN, z zabezpieczeniem na wkładki SN, z wiszącą rozdzielnicą nN. Zakłada się ustawienie słupa trafostacji w ustoju studniowym.

Ze względu na zwiększoną moc przyłączeniową, zakłada się wymianę transformatora rozdzielczego na jednostkę o mocy znamionowej 160kVA, oraz wymianę słupowej rozdzielnicy nN ze względu na zmianę rodzaju układu pomiarowego zużycia energii elektrycznej. W celu skrócenia czasu usuwania ewentualnych awarii, oraz ułatwienia eksploatacji stacji projektuje się zastosowanie rozłączniko-uziemnika SN z napędem ręcznym, obsługiwanym z poziomu terenu wokół stacji.

Projektuje się zastosowanie transformatora o następujących parametrach:

- ✓ znamionowa moc pozorna $S_n = 160 \text{ kVA}$,
- ✓ częstotliwość znamionowa $f_n = 50 \text{ Hz}$,
- ✓ napięcia znamionowe $U_{n1} = 15,75 \text{ kV}$, $U_{n2} = 0,42 \text{ kV}$,
- ✓ regulacja napięcia po stronie górnego napięcia (w stanie beznapięciowym) $\pm 3 \times 2,5 \%$,
- ✓ procentowe napięcie zwarcia $u_k = 4 \%$,
- ✓ straty czynne biegu jałowego $\Delta P_0 = 189 \text{ W}$,
- ✓ straty czynne obciążeniowe $\Delta P_{obc zn} = 1750 \text{ W}$,

- ✓ układ połączeń *Dyn5*,
- ✓ rodzaj chłodzenia *ONAN*.

Na słupie zainstalować wiszącą rozdzielnicę słupową nN, w obudowie z aluminium, zawierającą listwowe rozłączniki bezpiecznikowe (1x NH-3 630A, 3x NH-2 400A), obwody układu pomiarowo-rozliczeniowego półpośredniego, szyny zasilające, np. rozdzielnica typu RW-S 4/3 Al.+P prod. Z.P.U.E. Włoszczowa.

2.5. Uziemienie stacji.

Uziemienie stacji projektuje się jako wspólne dla ochrony od porażeń po stronie SN i ochronno-funkcjonalne po stronie nN. Rezystancja sztucznego uziomu stacji powinna mieć wartość nie większą niż $2,6\Omega$, natomiast wypadkowa rezystancja uziomu stacji oraz uziemień przewodów PEN (PE) sieci nN powinna być nie większa niż $0,98\Omega$. Ze względu na małą rozpiętość i złożoność sieci nN przyjmuje się, że cały wypadkowy uziom o wymaganej rezystancji nie większej niż **0,98 Ω** zostanie wykonany jako sztuczny uziom stacji SN/nN.

Projektuje się wykonanie uziemienia stacji w postaci następujących układów uziomowych:

- Układ uziomowy w postaci pierścienia z płaskownika stalowego, ułożony wokół słupa stacji transformatorowej SN/nN, o średnicy $2m$;
- Układ uziomowy typu R4-6 (cztery uziomy pionowe o długości $6m$ każdy, rozłożone w wierzchołkach kwadratu o boku $6m$, połączonych uziomem poziomym pierścieniowym o średnicy $8,5m$) wokół słupa stacji transformatorowej SN/nN;
- Układ uziomowy typu RP-6-6-8 (osiem uziomów pionowych o długości $6m$ każdy, oddalonych od siebie o $6m$, rozłożone wzdłuż linii prostej) wyprowadzony od pierścienia układu uziomowego j/w, wzdłuż osi linii SN zasilającej stację transformatorową SN/nN (w kierunku poprzedzającego słupa SN);
- Układ uziomowy typu RP-6-6-10 (dziesięć uziomów pionowych o długości $6m$ każdy, oddalonych od siebie o $6m$, rozłożone wzdłuż linii prostej) wyprowadzony od pierścienia układu uziomowego j/w, wzdłuż wewnętrznej linii nN zasilającej projektowaną oczyszczalnię ścieków;
- Układ uziomowy typu RP-6-6-3 (trzy uziomy pionowe o długości $6m$ każdy, oddalone od siebie o $6m$, rozłożone wzdłuż linii prostej) wyprowadzony od pierścienia układu

uziomowego j/w, wzdłuż prostej prostopadłej do osi linii SN, w kierunku drogi dojazdowej do oczyszczalni.

Uziomy poziome oraz górne końce uziomów pionowych projektuje się umieścić na głębokości 1,2m poniżej poziomu terenu (p.p.t.). Do wykonania uziomów poziomych oraz połączeń pomiędzy układami uziomów projektuje się użycie płaskownika stalowego ocynkowanego StZn 40x5mm. Miejsca połączeń zabezpieczyć taśmą antykorozyjną Denso. Do wykonania uziomów pionowych stosować pręty ocynkowane o średnicy 16mm.

W przypadku nieuzyskania odpowiedniej rezystancji uziemienia należy rozbudować system uziomowy przez wydłużenie układu uziomowego zbudowanego z uziomów pionowych 6m, połączonych uziomem poziomym, prowadzonych wzdłuż tras kablowych obejmujących przebieg WLZ oraz odchodzących od niej. Tak rozbudowany układ doprowadzić, aż do miejsca spotkania z uziomem otokowym istniejącego, starego budynku oczyszczalni. W trakcie realizacji inwestycji rozbudowy oczyszczalni system uziomowy zostanie jeszcze rozbudowany o odcinki uziomu prowadzone wzdłuż projektowanych linii kablowych oraz o uziom otokowy dla instalacji odgromowej nowego budynku.

2.6. Pomiar rozliczeniowy energii elektrycznej.

Ze względu na zwiększenie mocy zapotrzebowanej konieczna jest zmiana sposobu pomiaru energii elektrycznej. Zgodnie z warunkami przyłączenia dotychczasowy pomiar w układzie bezpośrednim należy zastąpić pomiarem w układzie półpośrednim (zabudowanym w stacji transformatorowej). Ze względu na wartość mocy przyłączeniowej (90kW) i zakwalifikowanie do III grupy przyłączeniowej układ pomiarowy zalicza się do kategorii B4 (zgodnie z IRiESD Tauron Dystrybucja S.A.). Zgodnie z IRiESD wymagania dla tej kategorii są następujące: przekładniki prądowe o zalecanej klasie dokładności nie gorszej niż 0,5, liczniki energii elektrycznej o klasie dokładności nie gorszej niż 1 dla energii czynnej i nie gorszej niż 2 dla energii biernej, układ pomiarowo-rozliczeniowy powinien umożliwiać transmisję danych pomiarowych do Tauron Dystrybucja, oraz synchronizację czasu przynajmniej raz na dobę. Przekładniki prądowe powinny być tak dobrane, aby ich prąd pierwotny, wynikający z mocy umownej, mieścił się w granicach 20÷120% ich prądu znamionowego, obciążenie strony wtórnej zawierało się w granicach 25÷100% wartości mocy znamionowej uzwojeń przekładników, a współczynnik bezpieczeństwa przyrządu powinien być nie większy niż 5.

Projektuje się użycie przekładników prądowych o następujących parametrach:

- ✓ znamionowy prąd pierwotny $I_{pn} = 150\text{ A}$,
- ✓ znamionowy prąd wtórny $I_{sn} = 5\text{ A}$,
- ✓ moc znamionowa $S_n = 2,5\text{ VA}$,
- ✓ klasa dokładności 0,5,
- ✓ współczynnik bezpieczeństwa FS 5,
- ✓ krótkotrwały znamionowy prąd cieplny $I_{th(TP)} = 60 \cdot I_{pn} = 60 \cdot 150 = 9\text{ kA}$,
- ✓ znamionowy prąd dynamiczny $I_{dyn(TP)} = 2,5 \cdot I_{th(TP)} = 2,5 \cdot 9 = 22,5\text{ kA}$,
- ✓ świadectwo wzorcowania,
- ✓ np. przekładniki serii ISN 2 h 041 150A/5A 2,5VA kl.0,5; prod. Polcontact Warszawa.

Projektuje się użycie rozliczeniowego licznika energii elektrycznej serii EQABP prod. Pozyton, modułu komunikacyjnego do transmisji danych pomiarowych za pośrednictwem sieci GSM serii GTm-sa, oraz synchronizatora czasu serii RTS-22.

Należy zastosować licznik EQABP 57,7/100V÷230/400VAC, 5(10)A, zapewniający klasę pomiaru 1 dla energii czynnej, oraz klasę 2 dla energii biernej. Licznik ten zapewnia możliwość doliczenia strat pomiędzy miejscem dostarczenia energii, a miejscem zainstalowania układu pomiarowego.

2.7. Wewnętrzna linia nN zasilająca projektowany obiekt.

Z rozdzielnic słupowej nN zainstalowanej na słupie trafostacji projektuje się wyprowadzenie wewnętrznej linii kablowej 4x (YAKXS 1x150mm²), o długości 90m, zasilającej obiekt oczyszczalni ścieków. Linia kablowa będzie zabezpieczona w rozdzielnicach bezpiecznikami topikowymi 160A NH2. Zasilanie z WLZ zostanie doprowadzone do złącza kablowego przy drzwiach rozdzielni elektrycznej w nowym budynku oczyszczalni.

Linie kablową prowadzić 0,7m pod poziomem terenu (p.p.t.) projektowanego. W miejscach, w których istniejący poziom terenu wymaga podniesienia do poziomu projektowanego, linię kablową należy poprowadzić w osłonie z rur ochronnych (gładkościennych, z kielichem, o średnicy wewnętrznej min. 90mm, wytrzymałości na ściskanie min. 750N, np. QRG UV 110 prod. Q Systems) na podsypce zapewniającej ułożenie linii na docelowej rzędnej.

2.8. Ochrona od porażień.

Planuje się zastosowanie następujących środków ochrony od porażień:

- ochrona przed dotykiem bezpośrednim po stronie SN – izolacja i zapewnienie odpowiednich odstępów, odległości i osłon części znajdujących się pod napięciem,
- ochrona przed dotykiem pośrednim po stronie SN – uziemienie ochronne,
- ochrona przed dotykiem bezpośrednim po stronie nN – izolacja podstawowa, obudowy i osłony,
- ochrona przed dotykiem pośrednim po stronie nN – samoczynne wyłączenie zasilania.

2.9. Elementy demontowane.

Planuje się dokonanie demontażu lub usunięcia następujących elementów:

- transformator rozdzielczy 15/0,4kV 40kVA,
- słupowa stacja transformatorowa STSp-20/250,
- słup rozkraczny linii SN.

2.10. Elementy montowane.

Planuje się montaż następujących elementów:

- słupowa stacja transformatorowa typu STNr13-20/250/II/Sp, – 1 kpl.
- ustój studniowy do trafostacji słupowej j/w, – 1 kpl.
- transformator rozdzielczy 15/0,4kV 160kVA, – 1 szt.
- wisząca rozdzielnica słupowa RS-W, – 1 kpl.
- układ pomiarowo-rozliczeniowy energii elektrycznej zawierający trzy przekładniki prądowe 150A/5A, licznik energii elektrycznej EQABP, moduł komunikacyjny GTm-sa, synchronizator czasu RTS-22, – 1 kpl.
- płaskownik StZn 40x5mm, do budowy przewodów uziemiających i uziomu poziomego stacji transformatorowej, – 200 mb
- zacisk krzyżowy płaskownik-płaskownik, czterośrubowy, 40mm, – 25 szt.
- uziom pionowy StZn Ø 16mm 6m: 4x pręt 1,5m, 1x szpic (grot), 4x łącznik, 1x zacisk do płaskownika, – 25 kpl.
- taśma zabezpieczająca, antykorozyjna do połączeń ziemnych, Denso, – wg. potrzeb

3. Obliczenia techniczne.

3.1. Moc zapotrzebowana.

Przyjmuje się moc zapotrzebowaną (obliczeniową moc szczytową) projektowanej oczyszczalni o wartości:

$$P_Z = 90 \text{ kW}$$

Wymagany współczynnik mocy: $\operatorname{tg} \varphi \leq 0,4 \Rightarrow \cos \varphi \geq 0,93$

Prąd obliczeniowy:

$$I_B = \frac{P_Z}{\sqrt{3} \cdot U_p \cdot \cos \varphi} = \frac{90 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,93} \cong 140 \text{ A}$$

Moc bierna:

$$Q_Z = \operatorname{tg} \varphi \cdot P_Z = 0,4 \cdot (90 \cdot 10^3) = 36 \text{ kVAr}$$

Moc pozorna:

$$S_Z = \frac{P_Z}{\cos \varphi} = \frac{90 \cdot 10^3}{0,93} \cong 97 \text{ kVA}$$

3.2. Dobór transformatora.

Dobiera się transformator rozdzielczy o znamionowej mocy pozornej 160 kVA.

Przyjmując następujące dane transformatora:

$S_n = 160 \text{ kVA}$ – znamionowa moc pozorna;

$u_k = 0,04$ – napięcie zwarcia;

$i_0 = 0,01$ – prąd biegu jałowego;

$\Delta P_0 = 189 \text{ W}$ – straty czynne biegu jałowego;

$\Delta P_{obc zn} = 1750 \text{ W}$ – znamionowe straty czynne obciążeniowe;

otrzymujemy:

Całkowite straty czynne w transformatorze:

$$\Delta P_{Tr} = \Delta P_0 + \left(\frac{S_Z}{S_n} \right)^2 \cdot \Delta P_{obc zn} = 189 + \left(\frac{97}{160} \right)^2 \cdot 1750 \cong 832 \text{ W}$$

Całkowite straty bierne w transformatorze:

$$\Delta Q_{Tr} \approx i_0 \cdot S_n + \left(\frac{S_z}{S_n}\right)^2 \cdot u_k \cdot S_n = 0,01 \cdot (160 \cdot 10^3) + \left(\frac{97}{160}\right)^2 \cdot 0,04 \cdot (160 \cdot 10^3) \\ \cong 3952 \text{ VAr}$$

Całkowite moce zapotrzebowane:

$$P_{ZC} = \Delta P_{Tr} + P_Z = 832 + 90 \cdot 10^3 \cong 91 \text{ kW} \\ Q_{ZC} = \Delta Q_{Tr} + Q_Z = 3952 + 36 \cdot 10^3 \cong 40 \text{ kVAr} \\ S_{ZC} = \sqrt{P_{ZC}^2 + Q_{ZC}^2} = \sqrt{(91 \cdot 10^3)^2 + (40 \cdot 10^3)^2} \cong 99,4 \text{ kVA}$$

Współczynnik wykorzystania mocy transformatora:

$$k_w = \frac{S_{ZC}}{S_n} = \frac{99,4}{160} \cong 62\%$$

Moc transformatora dobrano z 38% zapasem.

3.3. Dobór zabezpieczenia transformatora po stronie SN.

Prąd znamionowy wkładki bezpiecznikowej dla transformatora 160kVA, po stronie SN 15kV:

$$I_{b\ SN} = (2 \div 3) \cdot \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_{n1}} = (2 \div 3) \cdot \frac{160 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 15 \cdot 10^3} = 12,3 \div 18,5 \text{ A}$$

Dobiera się wkładki SN o prądzie znamionowym 16A.

3.4. Dobór zabezpieczenia transformatora po stronie nN.

Prąd znamionowy transformatora 160kVA po stronie nN:

$$I_{n2} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_{n2}} = \frac{160 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400} \cong 231 \text{ A}$$

W rozdzielnicy słupowej nN, w rozłączniku bezpiecznikowym na wejściu do rozdzielnicy (z transformatora) zastosować wkładki WT-2 gTr 160kVA 400V (o prądzie znamionowym 231A), o charakterystyce gTr, które pozwalają na uzyskanie lepszej selektywności do zabezpieczeń poprzedzających oraz następujących po nich, oraz pozwalają na pełniejsze wykorzystanie mocy transformatora.

3.5. Obliczenia zwarciove.

Parametry systemu elektroenergetycznego w miejscu przyłączenia.

Zgodnie z warunkami przyłączenia, moc zwarciova w miejscu dostarczenia energii elektrycznej jest określona na $S''_{kQ} = 250 \text{ MVA}$.

Impedancja systemu elektroenergetycznego:

$$Z_{kQ} = \frac{c_{max} \cdot U_n^2}{S''_{kQ}} = \frac{1,1 \cdot (15 \cdot 10^3)^2}{250 \cdot 10^6} = 0,99 \Omega$$

Początkowy prąd zwarcia symetrycznego:

$$I''_{k3} = \frac{c_{max} \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{kQ}} = \frac{1,1 \cdot (15 \cdot 10^3)}{\sqrt{3} \cdot 0,99} \cong 9,63 \text{ kA}$$

Zastępcza reaktancja systemu elektroenergetycznego:

$$X_{kQ} = 0,995 \cdot Z_{kQ} = 0,995 \cdot 0,99 \cong 0,985 \Omega$$

Zastępcza rezystancja systemu elektroenergetycznego:

$$R_{kQ} = 0,1 \cdot X_{kQ} = 0,1 \cdot 0,985 = 0,0985 \Omega$$

Parametry linii napowietrznej SN.

Od miejsca dostarczenia energii do trafostacji słupowej poprowadzona jest napowietrzna linia SN przewodami 3x AFL-6 35mm², o długości około $l = 250 \text{ m}$.

Rezystancja linii:

$$R_L = \frac{l}{\gamma \cdot S} = \frac{250}{35 \cdot 35} = 0,204 \Omega$$

Reaktancja linii napowietrznej o napięciu większym lub równym 1kV:

$$X_L = 0,4 \cdot 10^{-3} \cdot l = 0,4 \cdot 10^{-3} \cdot 250 = 0,1 \Omega$$

Parametry zwarciove po stronie SN trafostacji.

$$R_k = R_{kQ} + R_L = 0,0985 + 0,204 = 0,3025 \Omega$$

$$X_k = X_{kQ} + X_L = 0,985 + 0,1 = 1,085 \Omega$$

$$Z_k = \sqrt{R_k^2 + X_k^2} = \sqrt{(0,3025)^2 + (1,085)^2} \cong 1,126 \Omega$$

$$I''_{k3} = \frac{c_{max} \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_k} = \frac{1,1 \cdot (15 \cdot 10^3)}{\sqrt{3} \cdot 1,126} \cong 8,46 \text{ kA}$$

Współczynnik udaru zwarciovego prądu udarowego:

$$\chi = 1,02 + 0,98 \cdot e^{-3 \frac{R_k}{X_k}} = 1,02 + 0,98 \cdot e^{-3 \frac{0,3025}{1,085}} \cong 1,45$$

Prąd udarowy:

$$i_p = \chi \cdot \sqrt{2} \cdot I''_{k3} = 1,45 \cdot \sqrt{2} \cdot 8,46 \cdot 10^3 \cong 17,35 \text{ kA}$$

Elektromagnetyczna stała czasowa obwodu zwarcia:

$$T = \frac{X_k}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot R_k} = \frac{1,085}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0,3025} \cong 11,5 \text{ ms}$$

Dla T_k - czasu trwania zwarcia:

$$T_k > 10 \cdot T$$

$$T_k > 115 \text{ ms} \Rightarrow I_{th} = I''_{k3}$$

I_{th} - zwarciovzy zastępczy prąd cieplny.

Parametry zwarciovye po stronie nN trafostacji.

Składowe impedancji systemu elektroenergetycznego przeliczone na stronę dolnego napięcia transformatora:

$$R_{kQ(2)} = R_{kQ} \cdot \left(\frac{U_{T2}}{U_{T1}} \right)^2 = 0,0985 \cdot \left(\frac{420}{15750} \right)^2 \cong 0,07 \text{ m}\Omega$$

$$X_{kQ(2)} = X_{kQ} \cdot \left(\frac{U_{T2}}{U_{T1}} \right)^2 = 0,985 \cdot \left(\frac{420}{15750} \right)^2 \cong 0,7 \text{ m}\Omega$$

Składowe linii napowietrznej SN przeliczone na stronę dolnego napięcia transformatora:

$$R_{L(2)} = R_L \cdot \left(\frac{U_{T2}}{U_{T1}} \right)^2 = 0,204 \cdot \left(\frac{420}{15750} \right)^2 \cong 0,145 \text{ m}\Omega$$

$$X_{L(2)} = X_L \cdot \left(\frac{U_{T2}}{U_{T1}} \right)^2 = 0,1 \cdot \left(\frac{420}{15750} \right)^2 \cong 0,071 \text{ m}\Omega$$

Impedancja transformatora (i jej składowe) obliczone dla dolnego napięcia transformatora:

Składowa czynna napięcia zwarcia:

$$u_R = \frac{\Delta P_{obc zn}}{S_n} = \frac{1750}{160 \cdot 10^3} = 0,0109$$

Składowa bierna napięcia zwarcia:

$$u_X = \sqrt{u_k^2 - u_R^2} = \sqrt{0,04^2 - 0,0125^2} \cong 0,038$$

Rezystancja transformatora:

$$R_{T(2)} = u_R \cdot \frac{U_{T2}^2}{S_n} = 0,0109 \cdot \frac{420^2}{160 \cdot 10^3} = 12,01 \text{ m}\Omega$$

Reaktancja transformatora:

$$X_{T(2)} = u_X \cdot \frac{U_{T2}^2}{S_n} = 0,038 \cdot \frac{420^2}{160 \cdot 10^3} = 41,89 \text{ m}\Omega$$

Impedancja zwarciowa (i jej składowe) po stronie dolnego napięcia transformatora.

$$R_{k(2)} = R_{kQ(2)} + R_{L(2)} + R_{T(2)} = (0,07 + 0,145 + 12,01) \cdot 10^{-3} = 12,225 \text{ m}\Omega$$

$$X_{k(2)} = X_{kQ(2)} + X_{L(2)} + X_{T(2)} = (0,7 + 0,071 + 41,89) \cdot 10^{-3} = 42,661 \text{ m}\Omega$$

$$Z_{k(2)} = \sqrt{R_{k(2)}^2 + X_{k(2)}^2} = \left(\sqrt{(12,225)^2 + (42,661)^2} \right) \cdot 10^{-3} \cong 44,378 \text{ m}\Omega$$

Początkowy prąd zwarcia symetrycznego:

$$I''_{k3(2)} = \frac{c_{max} \cdot U_{n2}}{\sqrt{3} \cdot Z_{k(2)}} = \frac{1,0 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot (44,378 \cdot 10^{-3})} \cong 5,2 \text{ kA}$$

Współczynnik udaru zwarcioowego prądu udarowego:

$$\chi_{(2)} = 1,02 + 0,98 \cdot e^{-3 \frac{R_{k(2)}}{X_{k(2)}}} = 1,02 + 0,98 \cdot e^{-3 \frac{12,225}{42,661}} \cong 1,44$$

Prąd udarowy:

$$i_{p(2)} = \chi_{(2)} \cdot \sqrt{2} \cdot I''_{k3(2)} = 1,44 \cdot \sqrt{2} \cdot 5,2 \cdot 10^3 \cong 10,6 \text{ kA}$$

Elektromagnetyczna stała czasowa obwodu zwarcia:

$$T = \frac{X_k}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot R_k} = \frac{42,661}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 12,225} \cong 11,1 \text{ ms}$$

Początkowy prąd zwarcia po stronie górnego napięcia transformatora wywołany zwarcie po stronie dolnego napięcia transformatora:

$$I''_{k3(1)} = I''_{k3(2)} \cdot \left(\frac{U_{T2}}{U_{T1}} \right) = 5,2 \cdot 10^3 \cdot \left(\frac{420}{15750} \right) = 139 \text{ A}$$

Parametry zwarciove w rozdzielnicy nN trafostacji.

Zakładając połączenie transformatora ze słupową rozdzielnicą nN wykonane kablem 4x2x YKXS 1x70mm², o długości około $l = 7\text{m}$, otrzymujemy:

Rezystancja kabla:

$$R_L = \frac{l}{\gamma \cdot S} = \frac{7}{55 \cdot (2 \cdot 70)} = 0,91 \text{ m}\Omega$$

Rozbudowa oczyszczalni ścieków w Kamienicy wraz z przebudową infrastruktury w ramach zadania pn. „Rozbudowa oczyszczalni ścieków w Kamienicy”

Reaktancja linii kablowej o napięciu mniejszym niż 1kV:

$$X_L = 0,08 \cdot 10^{-3} \cdot l = 0,08 \cdot 10^{-3} \cdot 7 = 0,56 \text{ m}\Omega$$

Impedancja zwarciova (i jej składowe) w rozdzielnicy nN stacji transformatorowej.

$$\begin{aligned} R_{k(2)} &= R_{kQ(2)} + R_{L(2)} + R_{T(2)} + R_L = (0,07 + 0,145 + 12,01 + 0,91) \cdot 10^{-3} \\ &= 13,135 \text{ m}\Omega \end{aligned}$$

$$X_{k(2)} = X_{kQ(2)} + X_{L(2)} + X_{T(2)} + X_L = (0,7 + 0,071 + 41,89 + 0,56) \cdot 10^{-3} = 43,221 \text{ m}\Omega$$

$$Z_{k(2)} = \sqrt{R_{k(2)}^2 + X_{k(2)}^2} = \left(\sqrt{(13,135)^2 + (43,221)^2} \right) \cdot 10^{-3} \cong 45,172 \text{ m}\Omega$$

Początkowy prąd zwarcia symetrycznego:

$$I''_{k3(2)} = \frac{c_{max} \cdot U_{n2}}{\sqrt{3} \cdot Z_{k(2)}} = \frac{1,0 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot (45,172 \cdot 10^{-3})} \cong 5,1 \text{ kA}$$

Początkowy prąd zwarcia po stronie górnego napięcia transformatora wywołany zwarcie na szynach słupowej rozdzielnicy nN (po stronie dolnego napięcia transformatora):

$$I''_{k3(1)} = I''_{k3(2)} \cdot \left(\frac{U_{T2}}{U_{T1}} \right) = 5,1 \cdot 10^3 \cdot \left(\frac{420}{15750} \right) = 136 \text{ A}$$

Współczynnik udaru zwarcioowego prądu udarowego:

$$\chi_{(2)} = 1,02 + 0,98 \cdot e^{-3 \frac{R_{k(2)}}{X_{k(2)}}} = 1,02 + 0,98 \cdot e^{-3 \frac{13,135}{43,221}} \cong 1,41$$

Prąd udarowy:

$$i_{p(2)} = \chi_{(2)} \cdot \sqrt{2} \cdot I''_{k3(2)} = 1,41 \cdot \sqrt{2} \cdot 5,1 \cdot 10^3 \cong 10,2 \text{ kA}$$

Przy zastosowaniu wkładek bezpiecznikowych 160kVA gTr nastąpi ograniczenie prądu zwarcioowego do wartości około:

$$I_o \cong 8,8 \text{ kA}$$

Odczytany z charakterystyki wkładki topikowej 160kVA gTr czas wyłączenia dla $I''_{k3(2)} \cong 5,1 \text{ kA}$ wynosi około $T_k = 50 \text{ ms}$.

Elektromagnetyczna stała czasowa obwodu zwarcia:

$$T = \frac{X_k}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot R_k} = \frac{43,221}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 13,135} \cong 10,47 \text{ ms}$$

Nie jest spełniony warunek $T_k > 10 \cdot T$ $50 \text{ ms} = T_k \ngtr 10 \cdot T = 10 \cdot 10,47 \text{ ms} = 104,7 \text{ ms}$

Zwarcioowy zastępczy prąd cieplny:

Rozbudowa oczyszczalni ścieków w Kamienicy wraz z przebudową infrastruktury w ramach zadania pn. „Rozbudowa oczyszczalni ścieków w Kamienicy”

$$I_{th} = I''_{k3(2)} \cdot \sqrt{1+m} = 5,1 \cdot 10^3 \cdot \sqrt{1+0,209} \cong 5,6 \text{ kA}$$

$$m = \frac{T}{T_k} \cdot \left(1 - e^{-\frac{2 \cdot T_k}{T}}\right) = \frac{10,47}{50} \cdot \left(1 - e^{-\frac{2 \cdot 50}{10,47}}\right) \cong 0,209$$

Jednak dla czasu wyłączenia $T_k = 50 \text{ ms} < 0,1\text{s}$ i faktu zastosowania wkładek topikowych dokładniejsze parametry zwarcia oddaje całka Joule’a wyłączenia, która dla wkładki bezpiecznikowej 160kVA gTr ma wartość $I^2 \cdot t_w = 198000 \text{ A}^2\text{s}$.

3.6. Dobór kabla łączącego transformator z rozdzielnicą nN.

Wymagany najmniejszy przekrój znamionowy przewodu w obwodzie zwarcia powstałego na szynach słupowej rozdzielnicy nN:

$$S \geq \frac{1}{k} \cdot \sqrt{\frac{I_{th}^2 \cdot T_k}{1}}$$

Dla czasów wyłączenia krótszych niż 0,1s (jak dla zabezpieczenia 160kVA gTr) wyrażenie $I_{th}^2 \cdot T_k$ należy zastąpić maksymalną całką Joule’a wyłączenia $I^2 \cdot t_w$ dla danego zabezpieczenia (dla wkładek 160kVA gTr całka Joule’a wyłączenia $I^2 \cdot t_w = 198000 \text{ A}^2\text{s}$).

$k = 115 \text{ A/mm}^2$ – dla przewodów miedzianych w izolacji polwinitowej;

$k = 135 \text{ A/mm}^2$ – dla przewodów miedzianych w izolacji z polietylenu usieciowanego;

$$S \geq \frac{1}{k} \cdot \sqrt{\frac{I^2 \cdot t_w}{1}} = \frac{1}{135} \cdot \sqrt{\frac{198000}{1}} \cong 3,3 \text{ mm}^2$$

Do połączenia zaczepek dolnego napięcia transformatora do słupowej rozdzielnicy nN planuje się zastosowanie kabla **4x2x YKXS 1x70mm²**.

Kabel będzie chroniony (z warunku j/w) zabezpieczeniem 160kVA gTr w przypadku zwarcia na szynach słupowej rozdzielnicy nN, za głównym rozłącznikiem bezpiecznikowym (patrząc od strony zasilania).

W przypadku zwarcia na odcinku od transformatora do rozdzielnicy nN kabel będzie chroniony zabezpieczeniem po stronie SN. Dla zabezpieczenia po stronie średniego napięcia w postaci wkładek topikowych 16A VVC3 10/24kV 442mm, dla początkowego prądu zwarcia po stronie SN $I''_{k3(1)} = 136 \text{ A}$ wywołanego zwarcie po stronie dolnego napięcia transformatora, odczytany z charakterystyki czasowo-prądowej czas wyłączenia wynosi około 50ms.

Rozbudowa oczyszczalni ścieków w Kamienicy wraz z przebudową infrastruktury w ramach zadania pn. „Rozbudowa oczyszczalni ścieków w Kamienicy”

Dla czasu wyłączenia zwarcia $T_k = 0,05 \text{ s} < 0,1 \text{ s}$, należy posłużyć się całką Joule’a wyłączenia, która dla takiej wkładki wynosi $I^2 \cdot t_w = 5200 \text{ A}^2 \text{ s}$.

Po przeliczeniu tej wartości na stronę dolnego napięcia transformatora otrzymujemy:

$$I^2 \cdot t_{w(2)} = I^2 \cdot t_{w(1)} \cdot \left(\frac{U_{T1}}{U_{T2}} \right)^2 = 5200 \cdot \left(\frac{15750}{420} \right)^2 = 7312500 \text{ A}^2 \text{ s}$$

W takim przypadku dopuszczalny, minimalny przekrój kabla wynosi:

$$S \geq \frac{1}{k} \cdot \sqrt{\frac{I^2 \cdot t_w}{1}} = \frac{1}{135} \cdot \sqrt{\frac{7312500}{1}} \cong 20,1 \text{ mm}^2$$

Tak więc kabel 4x2x YKXS 1x70mm² będzie chroniony od zwarć występujących za głównym zabezpieczeniem w rozdzielnicy nN, oraz od zwarć mogących wystąpić na odcinku pomiędzy transformatorem, a rozdzielnicą nN.

Zabezpieczenie kabla od przeciążeń będzie zapewnione przez wkładki 160kVA gTr. Prąd zadziałania dla tego zabezpieczenia wynosi:

$$I_2 = k_2 \cdot I_n = 1,5 \cdot 231 = 346,5 \text{ A}$$

$k_2 = 1,5$ – dla wkładek o charakterystyce gTr;

I_n – prąd znamionowy zabezpieczenia; dla wkładki 160kVA gTr: $I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{160 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400} \cong 231 \text{ A}$;

Obciążalność długotrwała dla kabla 4x2x YKXS 1x70mm² 0,6/1kV ułożonego wg. sposobu F $I'_Z = 268 \text{ A}$. Współczynnik poprawkowy uwzględniający ułożenie kabli w dwóch wiązkach w powietrzu lub na powierzchni, wbudowanych lub obudowanych $k_{p1} = 0,80$. Współczynnik poprawkowy uwzględniający wyższą temperaturę otoczenia (do 45°C) $k_{p2} = 0,87$.

$$I_Z = k_{p1} \cdot k_{p2} \cdot 2 \cdot I'_Z = 0,80 \cdot 0,87 \cdot 2 \cdot 268 \cong 373 \text{ A}$$

Sprawdzenie warunku na obciążalność długotrwałą:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

$$140 \leq 231 \leq 373 \quad \text{– warunek spełniony}$$

Sprawdzenie warunku na przeciążalność prądową:

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_Z$$

$$346,5 \leq 1,45 \cdot 373$$

$$346,5 \leq 540,85 \quad \text{– warunek spełniony}$$

3.7. Wyznaczenie wartości maksymalnej rezystancji uziemienia stacji SN/nN i sieci nN.

Zgodnie z warunkami przyłączenia, prąd zwarcia doziemnego po stronie SN (z izolowanym punktem neutralnym) wynosi $I_{CS} = 100A$. Czas wyłączenia zwarcia doziemnego wynosi 0,8s. Trafostacja znajduje się poza obszarem Zespolonej Instalacji Uziemiającej (ZIU), więc jako kryterium skuteczności ochrony przed porażeniem na stacji SN przyjmuje się warunek:

$$U_E \leq 2 \cdot U_{TP}$$

U_E – napięcie uziomowe;

U_{TP} – największe dopuszczalne napięcie dotykowe rażeniowe (dla danego czasu rażenia t_F).

Dla przyjętego czasu rażenia $t_F = 0,8 s$ największe dopuszczalne napięcie dotykowe rażeniowe $U_{TP} = 130 V$.

$$U_E = Z_E \cdot I_E$$

$$I_E = r \cdot I''_{k1}$$

U_E – napięcie uziomowe;

Z_E – impedancja uziemienia ochronnego; $Z_E = R_E$ – rezystancja uziemienia ochronnego (lokalnego);

I_E – prąd uziomowy;

I''_{k1} – prąd zwarcia doziemnego; r – wsp. redukcyjny ($r = 1$); $I''_{k1} = I_{CS}$;

Rezystancja uziemienia chroniącego przed porażeniem na stacji SN:

$$R_E \leq \frac{2 \cdot U_{TP}}{I_E}$$

$$R_E \leq \frac{2 \cdot 130}{100} = 2,6 \Omega$$

Ze względu na zastosowanie w trafostacji ochrony przeciwprzepięciowej, rezystancja uziemienia nie powinna być większa niż 10Ω .

Uziemienie punktu neutralnego sieci w każdej stacji oraz uziemienia przewodów PEN (PE) przyłączonych do tego punktu powinny być wykonane tak, aby wypadkowa rezystancja R_{B1} tych uziemień, których rezystancja nie przekracza 30Ω (każdego uziemienia), znajdujących się wraz z uziemionym przewodem na obszarze koła o średnicy 200 m, zakreślonego dookoła stacji spełniała warunek:

$$R_{B1} \leq 5 \Omega$$

Punkt neutralny sieci elektroenergetycznej niskiego napięcia pracującej w układzie TN i połączone z nim przewody PEN (PE) tej sieci mogą być połączone z uziemieniem urządzeń średniego napięcia (**wspólne uziemienie strony SN i nN**), jeżeli napięcie uziomowe U_E uziomu, o wypadkowej rezystancji R_{B2} , występujące przy zwarcu w sieci średniego napięcia, nie wywoła w sieci niskiego napięcia zagrożenia porażeniowego. Dla zapewnienia właściwych potencjałów w sieci nN, podczas doziemienia po stronie SN stacji, należy spełnić warunek:

$$R_{B2} \leq \frac{U_F}{I_E} = \frac{U_F}{r \cdot I''_{k1}}$$

R_{B2} – wypadkowa rezystancja uziemienia wszystkich połączonych równolegle uziomów: ochronno-neutralnego stacji SN/nN oraz uziemień przewodów PEN (PE) linii nN tworzących sieć.

U_F – największe dopuszczalne napięcie zakłócenkowe (dla danego czasu rażenia t_F).

Dla przyjętego czasu rażenia $t_F = 0,8 \text{ s}$ największe dopuszczalne napięcie zakłócenkowe $U_F = 98 \text{ V}$ (wg. PN-IEC 60364-4-442:1999).

Z podanej zależności otrzymujemy warunek:

$$R_{B2} \leq \frac{98}{100} = 0,98 \Omega$$

Dla ograniczenia, do wartości dopuszczalnych, napięć rażeniowych pojawiających się podczas zwarć doziemnych w sieci nN poprzez część nie połączoną z przewodem PEN (PE) (z pominięciem w obwodzie zwarcia przewodów PEN (PE)), należy spełnić zależność:

$$R_{B2} \leq R_{ZW} \cdot \frac{50}{U_0 - 50}$$

50 – najwyższe dopuszczalne długotrwale napięcie dotykowe [V];

U_0 – napięcie znamionowe sieci względem ziemi (wartość skuteczna) [V];

R_{ZW} – minimalna rezystancja między przewodem liniowym (fazowym) i ziemią odniesienia w miejscu zwarcia [Ω]; jeżeli ustalenie tej wartości jest trudne, można przyjmować $R_{ZW} = 10 \Omega$;

$$R_{B2} \leq 10 \cdot \frac{50}{230 - 50} = 2,77 \Omega$$

Podsumowanie.

Rezystancja sztucznego uziomu lokalnego stacji powinna spełniać warunek: **$R_E \leq 2,6 \Omega$**

Natomiast wypadkowa rezystancja uziemienia połączonych równolegle uziorów ochronno-neutralnego stacji SN/nN oraz wszystkich uziemień przewodów PEN (PE) linii nN tworzących sieć powinna spełniać warunek:

$$R_{B2} \leq 0,98 \Omega$$

3.8. Rezystancja uziorów stacji SN/nN i sieci nN.

Dla obliczeń przyjmuje się rezystywność gruntu dla uziorów poziomych o wartości $\rho_o = 200 \Omega m$, a dla uziorów pionowych $\rho_r = 100 \Omega m$.

Uziomy poziome układać na głębokości 1,2m p.p.t.

Uziomy poziome stacji oraz przewody uziemiające projektuje się wykonać płaskownikiem stalowym ocynkowanym StZn 40x5mm.

Średnica zastępcza płaskownika axb wynosi:

$$d_o = \frac{2 \cdot b}{\pi} = \frac{2 \cdot 40}{\pi} \cong 25,46 \text{ mm}$$

① Uziom pierścieniowy o średnicy 2m wokół słupa stacji transformatorowej SN/nN.

Rezystancja pierścieniowego uzioru poziomego:

$$R_{w1} = R_o = \frac{\rho_o}{\pi^2 D} \ln \left(\frac{2\pi D}{d_o} \right) = \frac{200}{\pi^2 \cdot 2} \ln \left(\frac{2\pi \cdot 2}{0,02546} \right) \cong 62,84 \Omega$$

R_o – rezystancja uzioru poziomego pierścieniowego;

ρ_o – rezystywność gruntu na głębokości uzioru poziomego;

D – średnica pierścienia, 2m;

d_o – średnica zastępcza dla płaskownika, 25,46mm.

② Układ uziorowy typu R4-6 (cztery uziomy pionowe o długości 6m każdy, rozłożone w wierzchołkach kwadratu o boku 6m, połączonych uziorom poziomym pierścieniowym o średnicy 8,5m) wokół słupa stacji transformatorowej SN/nN.

Rezystancja pojedynczego uzioru pionowego:

$$R_r = \frac{\rho_r}{2\pi L_r} \left[\ln \left(\frac{8L_r}{d_r} \right) - 1 \right] = \frac{100}{2\pi \cdot 6} \left[\ln \left(\frac{8 \cdot 6}{0,016} \right) - 1 \right] \cong 18,59 \Omega$$

R_r – rezystancja pojedynczego uzioru pionowego;

ρ_r – rezystywność gruntu na głębokości uzioru pionowego;

L_r – długość uzioru pionowego prętowego, 6m;

d_r – średnica uzioru pionowego prętowego, 16mm.

Rezystancja pierścieniowego uziomu poziomego:

$$R_o = \frac{\rho_o}{\pi^2 D} \ln \left(\frac{2\pi D}{d_o} \right) = \frac{200}{\pi^2 \cdot 8,5} \ln \left(\frac{2\pi \cdot 8,5}{0,02546} \right) \cong 18,24 \Omega$$

R_o – rezystancja uziomu poziomego pierścieniowego;

ρ_o – rezystywność gruntu na głębokości uziomu poziomego;

D – średnica pierścienia, 8,5m;

d_o – średnica zastępcza dla płaskownika, 25,46mm.

Wypadkowa rezystancja układu uziomowego:

$$R_{w2} = \frac{R_o \cdot R_r}{nR_o\eta_1 + R_r\eta_2} = \frac{18,24 \cdot 18,59}{4 \cdot 18,24 \cdot 0,7 + 18,59 \cdot 0,45} \cong 5,71 \Omega$$

n – liczba uziomów pionowych, 4;

η_1 – współczynnik wykorzystania uziomów pionowych (dla $n = 4$), 0,7;

η_2 – współczynnik wykorzystania uziomu poziomego (dla $n = 4$), 0,45;

③ Układ uziomowy typu RP-6-6-8 (osiem uziomów pionowych o długości 6m każdy, oddalonych od siebie o 6m, rozłożone wzdłuż linii prostej) wyprowadzony od pierścienia układu uziomowego 2, wzdłuż linii SN zasilającej stację transformatorową SN/nN (w kierunku poprzedzającego słupa SN).

Rezystancja pojedynczego uziomu pionowego:

$$R_r = \frac{\rho_r}{2\pi L_r} \left[\ln \left(\frac{8L_r}{d_r} \right) - 1 \right] = \frac{100}{2\pi \cdot 6} \left[\ln \left(\frac{8 \cdot 6}{0,016} \right) - 1 \right] \cong 18,59 \Omega$$

R_r – rezystancja pojedynczego uziomu pionowego;

ρ_r – rezystywność gruntu na głębokości uziomu pionowego;

L_r – długość uziomu pionowego prętowego, 6m;

d_r – średnica uziomu pionowego prętowego, 16mm.

Rezystancja uziemienia przewodu poziomego łączącego uziomy poziomy:

$$R_p = \frac{\rho_o}{2\pi L} \ln \left(\frac{L^2}{h \cdot d_o} \right) = \frac{200}{2\pi \cdot 48} \ln \left(\frac{48^2}{1,2 \cdot 0,02546} \right) \cong 7,45 \Omega$$

R_p – rezystancja uziomu poziomego prostoliniowego;

ρ_o – rezystywność gruntu na głębokości uziomu poziomego;

L – długość przewodu prostoliniowego, 48m;

d_o – średnica zastępcza dla płaskownika, 25,46mm;

h – głębokość ułożenia przewodu poziomego, 1,2m.

Wypadkowa rezystancja układu uziomowego:

$$R_{w3} = \frac{R_p \cdot R_r}{nR_p\eta_1 + R_r\eta_2} = \frac{7,45 \cdot 18,59}{8 \cdot 7,45 \cdot 0,63 + 18,59 \cdot 0,63} \cong 2,82 \Omega$$

n – liczba uziorów pionowych;

η_1 – współczynnik wykorzystania uziorów pionowych (dla $n = 8$ i $s/L_r = 1$), 0,63;

η_2 – współczynnik wykorzystania uzioru poziomego (dla $n = 8$ i $s/L_r = 1$), 0,63.

④ Układ uziorowy typu RP-6-6-10 (dziesięć uziorów pionowych o długości 6m każdy, oddalonych od siebie o 6m, rozłożone wzdłuż linii prostej) wyprowadzony od pierścienia układu uziorowego 2, wzdłuż wewnętrznej linii nN zasilającej projektowaną czyszczalnię ścieków.

Rezystancja pojedynczego uzioru pionowego:

$$R_r = \frac{\rho_r}{2\pi L_r} \left[\ln \left(\frac{8L_r}{d_r} \right) - 1 \right] = \frac{100}{2\pi \cdot 6} \left[\ln \left(\frac{8 \cdot 6}{0,016} \right) - 1 \right] \cong 18,59 \Omega$$

R_r – rezystancja pojedynczego uzioru pionowego;

ρ_r – rezystywność gruntu na głębokości uzioru pionowego;

L_r – długość uzioru pionowego prętowego, 6m;

d_r – średnica uzioru pionowego prętowego, 16mm.

Rezystancja uziemienia przewodu poziomego łączącego uzioru poziome:

$$R_p = \frac{\rho_o}{2\pi L} \ln \left(\frac{L^2}{h \cdot d_o} \right) = \frac{200}{2\pi \cdot 60} \ln \left(\frac{60^2}{1,2 \cdot 0,02546} \right) \cong 6,20 \Omega$$

R_p – rezystancja uzioru poziomego prostoliniowego;

ρ_o – rezystywność gruntu na głębokości uzioru poziomego;

L – długość przewodu prostoliniowego, 60m;

d_o – średnica zastępcza dla płaskownika, 25,46mm;

h – głębokość ułożenia przewodu poziomego, 1,2m.

Wypadkowa rezystancja układu uziorowego:

$$R_{w4} = \frac{R_p \cdot R_r}{nR_p\eta_1 + R_r\eta_2} = \frac{6,20 \cdot 18,59}{10 \cdot 6,20 \cdot 0,6 + 18,59 \cdot 0,6} \cong 2,39 \Omega$$

n – liczba uziorów pionowych;

η_1 – współczynnik wykorzystania uziorów pionowych (dla $n = 10$ i $s/L_r = 1$), 0,6;

η_2 – współczynnik wykorzystania uzioru poziomego (dla $n = 10$ i $s/L_r = 1$), 0,6.

⑤ Układ uziorowy typu RP-6-6-3 (trzy uzioru pionowe o długości 6m każdy, oddalone od siebie o 6m, rozłożone wzdłuż linii prostej) wyprowadzony od pierścienia układu

uziomowego 2, w linii prostej prostopadłej do osi linii SN, w kierunku drogi dojazdowej do oczyszczalni.

Rezystancja pojedynczego uziomu pionowego:

$$R_r = \frac{\rho_r}{2\pi L_r} \left[\ln \left(\frac{8L_r}{d_r} \right) - 1 \right] = \frac{100}{2\pi \cdot 6} \left[\ln \left(\frac{8 \cdot 6}{0,016} \right) - 1 \right] \cong 18,59 \Omega$$

R_r – rezystancja pojedynczego uziomu pionowego;

ρ_r – rezystywność gruntu na głębokości uziomu pionowego;

L_r – długość uziomu pionowego prętowego, 6m;

d_r – średnica uziomu pionowego prętowego, 16mm.

Rezystancja uziemienia przewodu poziomego łączącego uziomy poziome:

$$R_p = \frac{\rho_o}{2\pi L} \ln \left(\frac{L^2}{h \cdot d_o} \right) = \frac{200}{2\pi \cdot 18} \ln \left(\frac{18^2}{1,2 \cdot 0,02546} \right) \cong 16,40 \Omega$$

R_p – rezystancja uziomu poziomego prostoliniowego;

ρ_o – rezystywność gruntu na głębokości uziomu poziomego;

L – długość przewodu prostoliniowego, 18m;

d_o – średnica zastępcza dla płaskownika, 25,46mm;

h – głębokość ułożenia przewodu poziomego, 1,2m.

Wypadkowa rezystancja układu uziomowego:

$$R_{w5} = \frac{R_p \cdot R_r}{nR_p\eta_1 + R_r\eta_2} = \frac{16,40 \cdot 18,59}{3 \cdot 16,40 \cdot 0,78 + 18,59 \cdot 0,78} \cong 5,77 \Omega$$

n – liczba uziomów pionowych;

η_1 – współczynnik wykorzystania uziomów pionowych (dla $n = 3$ i $s/L_r = 1$), 0,78;

η_2 – współczynnik wykorzystania uziomu poziomego (dla $n = 3$ i $s/L_r = 1$), 0,78.

⑥ Rezystancja wypadkowa sztucznego uziomu stacji, utworzona z układów uziomowych 1÷5, ma wartość:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_{w1}} + \frac{1}{R_{w2}} + \dots + \frac{1}{R_{wn}}$$
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{62,84} + \frac{1}{5,71} + \frac{1}{2,82} + \frac{1}{2,39} + \frac{1}{5,77}$$

$$R \cong 0,88 \Omega$$

3.9. Dobór przekładników prądowych.

Dobór przekładni.

Prąd pierwotny przekładnika prądowego, dla mocy zapotrzebowanej:

$$P_Z = 90 \text{ kW}$$

Wymagany współczynnik mocy: $\operatorname{tg} \varphi \leq 0,4 \Rightarrow \cos \varphi \geq 0,93$

Prąd obliczeniowy:

$$I_B = \frac{P_Z}{\sqrt{3} \cdot U_p \cdot \cos \varphi} = \frac{90 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,93} \cong 140 \text{ A}$$

Dobiera się przekładnik o pierwotnym prądzie znamionowym $I_{pn} = 150 \text{ A}$.

Prąd znamionowy strony pierwotnej przekładnika prądowego powinien spełniać warunek:

$$20\% \cdot I_{pn} \leq I_B \leq 120\% \cdot I_{pn}$$

$$20\% \cdot 150 \leq 140 \leq 120\% \cdot 150$$

$$30 \leq 140 \leq 180 \quad - \text{warunek spełniony}$$

Prąd znamionowy strony wtórnej przekładnika prądowego powinien mieć wartość $I_{sn} = 5 \text{ A}$.

Klasa przekładnika prądowego powinna być dobrana na 0,5.

Dobór mocy znamionowej przekładnika.

Przyjmuje się, że moc pozorna pobierana przez obwód prądowy licznika (przez każdą z faz z osobna) ma wartość $S_{ap} = 0,03 \text{ VA}$ (np. licznik serii EQABP prod. Pozyton).

Przyjmuje się, że moc pozorna tracona w miejscach połączeń obwodów wtórnych przekładnika, o znamionowym prądzie wtórnym $I_{sn} = 5 \text{ A}$, wynosi $S_Z = 1,25 \text{ VA}$.

Moc tracona w przewodach połączeń obwodów wtórnych przekładnika wyraża się zależnością:

$$S_P = \frac{I_{sn}^2 \cdot L}{\gamma \cdot S} = \frac{5^2 \cdot 4}{55 \cdot 2,5} = 0,73 \text{ VA}$$

L – długość przewodów obwodu wtórnego przekładnika; 4m ;

γ – konduktywność materiału żył przewodów obwodu wtórnego przekładnika; (dla Cu: $55 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$);

S – przekrój żył przewodów obwodu wtórnego przekładnika; $2,5\text{mm}^2$.

Obciążenie strony wtórnej przekładnika prądowego wynosi:

$$S_s = S_{ap} + S_P + S_Z = 0,03 + 0,73 + 1,25 = 2,01 \text{ VA}$$

Dobiera się przekładnik o mocy znamionowej $S_n = 2,5 \text{ VA}$.

Moc znamionowa S_n przekładnika prądowego powinna spełniać zależność:

$$\begin{aligned} 20\% \cdot S_n &\leq S_s \leq S_n \\ 0,5 &\leq 2,01 \leq 2,5 \quad - \text{warunek spełniony} \end{aligned}$$

Sprawdzenie wytrzymałości zwarciowej przekładnika prądowego.

Przyjmuje się następujące dane przekładnika prądowego:

- krótkotrwały znamionowy prąd cieplny $I_{th(TP)} = 60 \cdot I_{pn} = 60 \cdot 150 = 9 \text{ kA}$;
- znamionowy prąd dynamiczny $I_{dyn(TP)} = 2,5 \cdot I_{th(TP)} = 2,5 \cdot 9 = 22,5 \text{ kA}$;
- współczynnik bezpieczeństwa przyrzędu FS5.

Obwód zwarciowy, w miejscu zainstalowania przekładników prądowych, jest chroniony wkładkami bezpiecznikowymi 160kVA gTr dla których całka Joule’a wyłączenia $I^2 \cdot t_w = 198000 \text{ A}^2\text{s}$.

W związku z tym faktem, warunek na sprawdzenie wytrzymałości przekładnika prądowego na skutki cieplne przepływu prądu zwarciowego przyjmuje postać:

$$\begin{aligned} I_{th(TP)} &\geq \sqrt{\frac{I^2 \cdot t_w}{1}} \\ 9000 &\geq \sqrt{\frac{198000}{1}} = 445 \quad - \text{warunek spełniony} \end{aligned}$$

Ponownie wykorzystując fakt ochrony obwodu zwarciowego, w miejscu zainstalowania przekładników prądowych, przez wkładki topikowe 160kVA gTr, uzyskujemy ograniczenie prądu zwarciowego do wartości około $I_O \cong 8,8 \text{ kA}$.

Sprawdzenie wytrzymałości przekładnika prądowego na skutki dynamiczne przepływu prądu zwarciowego ma postać:

$$\begin{aligned} I_{dyn(TP)} &\geq I_O \\ 22,5 &\geq 8,8 \quad - \text{warunek spełniony} \end{aligned}$$

Odporność przekładnika prądowego na skutki dynamiczne oddziaływania prądu zwarciowego byłaby zachowana również bez ograniczającego działania wkładek topikowych, uzyskującego w takiej sytuacji wartość prądu udarowego $i_{p(2)} \cong 10,2 \text{ kA}$.

3.10. Dobór kabla WLZ.

Wewnętrzną linię zasilającą projektuje się wykonać kablem 4x (YAKXS 1x150mm²). Długość geometryczna linii kablowej to 79m, natomiast długość kabla wraz z podejściami do rozdzielnic przyjmuje się na 90m.

Dla założonej wartości mocy zapotrzebowanej $P_Z = 90 \text{ kW}$ i wynikającego z niej prądu obliczeniowego $I_B = 140 \text{ A}$, projektuje się zabezpieczenie kabla WLZ wkładkami bezpiecznikowymi 160A gG. Jednakże sam kabel, jak i sprawdzenia jego doboru będą przeprowadzone dla wkładek 200A gG, pozwalających na ewentualne późniejsze zwiększenie mocy przyłączeniowej, lub poprawę selektywności działania zabezpieczeń i niezawodności zasilania.

Minimalny przekrój kabla ze względu na warunki zwarciove.

Czas wyłączenia zwarcia, o początkowym prądzie zwarcia $I''_{k3(2)} \cong 5,1 \text{ kA}$, przez wkładki 200A gG jest mniejszy niż 0,1s, więc do rozważań przyjmuje się całkę Joule’a wyłączenia, która dla tej wkładki wynosi $I^2 \cdot t_w = 362520 \text{ A}^2\text{s}$. Minimalny przekrój kabla z żyłami aluminiowymi i izolacją z polietylenu usieciowanego wynosi:

$$S \geq \frac{1}{k} \cdot \sqrt{\frac{I^2 \cdot t_w}{1}} = \frac{1}{87} \cdot \sqrt{\frac{362520}{1}} \cong 6,92 \text{ mm}^2$$

$k = 74 \text{ A/mm}^2$ – dla przewodów aluminiowych w izolacji polwinitowej;

$k = 87 \text{ A/mm}^2$ – dla przewodów aluminiowych w izolacji z polietylenu usieciowanego;

Sprawdzenie warunków na obciążalność długotrwałą i przeciążalność prądową.

Zabezpieczenie kabla 4x (YAKXS 1x150mm²) od przeciążeń będzie zapewnione przez wkładki 200A gG. Prąd zadziałania dla tego zabezpieczenia wynosi:

$$I_2 = k_2 \cdot I_n = 1,6 \cdot 200 = 320 \text{ A}$$

$k_2 = 1,6$ – dla wkładek o charakterystyce gG i $I_n \geq 20 \text{ A}$;

Obciążalność długotrwałą dla kabla 4x (YAKXS 1x150mm²) 0,6/1kV ułożonego w ziemi w wiązce trójkątnej $I'_Z = 308 \text{ A}$ (według katalogu producenta TeleFonika Kable). Współczynnik poprawkowy uwzględniający wyższą rezystywność cieplną gruntu (do $2,5 \frac{\text{K}\cdot\text{m}}{\text{W}}$) $k_p = 0,81$.

$$I_Z = k_p \cdot I'_Z = 0,81 \cdot 308 \cong 249 \text{ A}$$

Sprawdzenie warunku na obciążalność długotrwałą:

Rozbudowa oczyszczalni ścieków w Kamienicy wraz z przebudową infrastruktury w ramach zadania pn. „Rozbudowa oczyszczalni ścieków w Kamienicy”

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

$$140 \leq 200 \leq 249 \quad - \text{warunek spełniony}$$

Sprawdzenie warunku na przeciążalność prądową:

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_Z$$

$$320 \leq 1,45 \cdot 249$$

$$320 \leq 361 \quad - \text{warunek spełniony}$$

Sprawdzenie warunku na spadek napięcia.

Spadek napięcia w WLZ wyniesie:

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

$$\Delta U_{\%} = \frac{\sqrt{3} \cdot 100 \%}{400} \cdot 140 \cdot (0,0172 \cdot 0,93 + 0,0072 \cdot 0,37) \cong 1,13 \%$$

$$\Delta U_{\%} = 1,13 \% \leq 3 \% - \text{warunek spełniony}$$

gdzie:

U_n – znamionowe napięcie międzyfazowe; 400V;

I_B – prąd obliczeniowy obciążenia;

R_L – rezystancja linii zasilającej;

X_L – reaktancja linii zasilającej;

$\cos\varphi$ – współczynnik mocy, 0,93;

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

Rezystancja linii 4x (YAKXS 1x150mm²) o długości 90m:

$$R_L = \frac{l}{\gamma \cdot S} = \frac{90}{35 \cdot 150} \cong 0,0172 \Omega$$

Reaktancja linii kablowej o napięciu mniejszym niż 1kV:

$$X_L = 0,08 \cdot 10^{-3} \cdot l = 0,08 \cdot 10^{-3} \cdot 90 = 0,0072 \Omega$$

Rozbudowa oczyszczalni ścieków w Kamienicy wraz z przebudową infrastruktury w ramach zadania pn. „Rozbudowa oczyszczalni ścieków w Kamienicy”

4. Załączniki.

EZ-1 Lokalizacja obiektów elektroenergetycznych przyłącza w terenie

EZ-2 Sylwetka trafostacji słupowej

EZ-3 Rozdzielnica słupowa nN

EZ-4 Schemat rozdzielnic słupowej nN

EZ-5 Schemat połączeń układu pomiarowo-rozliczeniowego

Warunki przyłączenia – Tauron dystrybucja

Oświadczenie projektanta

Uprawnienia projektanta

Przynależność projektanta do izby inżynierów budownictwa

Oświadczenie sprawdzającego

Uprawnienia sprawdzającego

Przynależność sprawdzającego do izby inżynierów budownictwa