

JEDNOSTKA PROJEKTOWA	Biuro Architektoniczne DETAL Sp. z o.o. al. Bolesława Krzywoustego 4/1, 40-870 Katowice NIP 634-013-78-53, KRS 0000084489
INWESTOR	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Gliwicach ul. Chorzowska 150, 44-100 Gliwice NIP 631-21-25-476; KRS 0000102832
NAZWA I LOKALIZACJA ZAMIERZENIA INWESTYCYJNEGO	Budowa infrastruktury technicznej do ładowania autobusów elektrycznych w ramach istniejącej zajezdni autobusowej PKM Sp. z o.o. zlokalizowanej w: 44-100 Gliwice, ul. Chorzowska 150, działki nr ewid. 690, 691, 692, 689; jednostka ewidencyjna: Gliwice; obręb ewidencyjny: 0025, Kolej

Projekt Wykonawczy

Branża elektryczna

PROJEKTOWAŁ

mgr inż. Dawid Pluta

SPRAWDZIŁ

mgr inż. Arnold Gałązka

SPIS ZAWARTOŚCI PROJEKTU

1. Opis techniczny
2. Bilans mocy
3. Obliczenia ogólne
4. Obliczenia kabli nN zasilania ładowarek
5. Obliczenia do układu pomiarowego energii elektrycznej
6. Zestawienie materiałów
7. Rysunki

Nr rysunku	Tytuł rysunku
E.01	Projekt zagospodarowania terenu. Część elektryczna
E.02	Schemat ideowy zasilania
E.03	Schemat strukturalny rozdzielnic średniego napięcia RSN1 20kV
E.04	Widok elewacji rozdzielnic średniego napięcia RSN1 20kV
E.05	Schemat strukturalny rozdzielnic niskiego napięcia RG1-nN 400/230V
E.06	Schemat montażowy rozdzielnic niskiego napięcia RG1-nN 400/230V
E.07	Schemat rozdzielnic potrzeb własnych i oświetlenia terenu RPW1 400/230V
E.08	Schemat montażowy rozdzielnic potrzeb własnych i oświetlenia terenu RPW1 400/230V
E.09	Oświetlenie terenu Schemat ideowy zasilania
E.10	Zestaw gniazd Schemat ideowy zasilania
E.11	Stacja transformatorowa – rzut podstawowy Rozmieszczenie aparatury
E.12	Stacja transformatorowa – rzut podstawowy Plan instalacji oświetlenia i gniazd wtykowych
E.13	Stacja transformatorowa – dach Plan instalacji odgromowej
E.14	Stacja transformatorowa – płyta fundamentowa Plan instalacji uziemienia
E.15	Stacja transformatorowa – rzut podstawowy Plan instalacji uziemienia
E.16	Stacja transformatorowa – rzut piwnic Rozmieszczenie przepustów kablowych
E.17	Schemat układu pomiarowo-rozliczeniowego energii elektrycznej. Widok tablicy licznikowej

8. Załączniki

Nr załącznika	Tytuł
Z.01	Warunki przyłączenia Tauron nr G/KJA/7783/2018
Z.02	Uzgodnienia Projektu Technicznego w zakresie budowy pośredniego układu pomiarowo-rozliczeniowego dla zasilania zajezdni autobusowej Przedsiębiorstwa Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. przy ul. Chorzowskiej 150 w Gliwicach – przyłączy na napięciu 20 kV (TD/OGL/ODP/2019-11-12/0000002 AM/7917_B)
Z.03	Uzgodnienie lokalizacji złącza SN
Z.04	Symulacja oświetlenia – obliczenia programu DIALUX
Z.05	Informacje o Bezpieczeństwie i Ochronie Zdrowia

1. OPIS TECHNICZNY

1.1. Podstawa opracowania

Niniejszy projekt wykonawczy opracowano w oparciu o:

- projekt architektoniczny,
- wytyczne i uzgodnienia branżowe,
- warunki przyłączenia do sieci elektroenergetycznej Tauron,
- wizja lokalna na terenie inwestycji,
- spotkania techniczne w siedzibie Inwestora (PKM Gliwice),
- obowiązujące normy i przepisy,
- ustawę Prawo Budowlane.

1.2. Zakres opracowania

Projekt obejmuje:

- wewnętrzną linię zasilającą WLZ,
- stację transformatorową SN/nN,
- instalację zasilania stacji ładowania autobusów elektrycznych,
- instalację oświetlenia zewnętrznego terenu,
- kanalizację kablową,
- demontaż słupów oświetleniowych oraz likwidację kolizji kablowych,
- główny wyłącznik prądu oraz zagadnienia bhp i ppoż.,
- instalację uziemienia oraz odgromową,
- ochronę przeciwprzepięciową,
- ochronę przeciwporażeniową i zagadnienia BHP.

Projekt nie obejmuje:

- projektu przyłącza elektroenergetycznego – złącza ZK SN LLL 20kV (w zakresie odrębnego opracowania dostawcy energii - Tauron),
- innych instalacji elektrycznych nie objętych niniejszym opracowaniem.

1.3. Stan aktualny zasilania

Aktualnie Zajeżdźnia autobusowa zasilana jest z przyłącza nr 1 i 2 (numeracja zgodna z warunkami przyłącza).

Przyłączy nr 1 – zasilanie podstawowe w wysokości 150kW – napięcie 6kV

Przyłączy nr 2 – zasilanie rezerwowe w wysokości 150kW – napięcie 6kV

Przyłączy nr 1 i nr 2 pozostają bez zmian.

Opracowanie obejmuje przyłączy nr 3:

- zasilanie podstawowe w wysokości 1200kW – napięcie 20kV
- zasilanie podstawowe w wysokości 3400kW – napięcie 20kV - docelowe

Zgodnie z informacjami przekazanymi od Inwestora, Zajeżdźnia autobusowa zostanie rozbudowywana etapami. Dla pierwszego etapu rozbudowy przewiduje się pobór mocy w wysokości rzędu 620kW.

1.4. Przyłącze elektroenergetyczne, układ rozliczeniowy energii elektrycznej

Projekt przyłącza elektrycznego nie wchodzi w zakres niniejszego projektu, zostanie on zrealizowany w ramach umowy przyłączeniowej.

Miejszem przyłączenia do sieci elektroenergetycznej jest linia kablowa SN relacji MCI-Z374. Dla zapewnienia dostawy energii elektrycznej do obiektu Zakład Energetyczny wybuduje złącze kablowe ZK SN LLL, które zostanie włączone do istniejącej linii kablowej 20 kV typu HAKnFpy 3x240, relacji MCI-Z374 dwoma odcinkami linii kablowej typu XRUHAKXS 3x1x240.

Dostawa energii elektrycznej będzie realizowana za pomocą linii kablowej XRUHAKXS 3x1x240mm² od nowego złącza kablowego ZKSN LLL do rozdzielnicy RSN/1 20 kV zlokalizowanej w budynku kontenerowej stacji transformatorowej STR/1.

Parametry techniczne zasilania zostały określone w Warunkach Przyłączenia (nr G/KJA/7783/2018):

moc zwarciova 153,3 MVA przy czasie $t=0$ w punkcie zasilania tj. GPZ Maciejów
czas nastawień zabezpieczeń 0,3 sek. (w GPZ)

prąd zwarciovy 71,35 A

Punkt neutralny transformatora uziemiony przez rezystor wymuszający prąd do 500 A

Długość linii SN od punktu zasilania do miejsca przyłączenia wynosi: linia kablowa SN Al. 240 mm² – długość ok. 650 m.

Dla nowego przyłącza miejscem dostarczania energii elektrycznej są zaciski prądowe na wyjściu kabla z rozdzielni SN w złączu ZK SN. Granicą eksploatacji jest miejsce dostarczania energii elektrycznej.

Rozliczeniowy pomiar energii elektrycznej będzie się odbywał na napięciu 20 kV, w układzie trójfazowym, pośrednim – kategoria B4. Przekładniki pomiarowe zabudowane zostaną w części SN będącej własnością podmiotu przyłączanego. Zastosowane zostaną przekładniki pomiarowe w każdej z trzech faz.

Tablica licznikowa zlokalizowana zostanie w stacji transformatorowej w pomieszczeniu rozdzielni nN. Kartę SIM do urządzenia transmisji danych pomiarowych GPRS dostarczy Tauron Dystrybucja, pozostałe elementy układu pomiarowego zapewni PKM zgodnie z warunkami przyłącza. Tablica licznikowa zostanie wykonana jako dwudzielna, na górnej części zabudowany zostanie licznik energii elektrycznej wraz z urządzeniami zdalnej transmisji danych, a na dolnej stałej części listwy kontrolno-pomiarowe.

Układ pomiarowy zostanie wyposażony w przekładniki pomiarowe w każdej z faz oraz licznik trójsystemowy. Przekładnia przekładników prądowych układu rozliczeniowego jest dostosowana do rzeczywistego obciążenia maksymalnego. Przekładniki prądowe i napięciowe będą wyposażone w tabliczkę znamionową oraz trwale wygrawerowaną w obudowie przekładnika przekładnią. Wtórne obwody prądowe i napięciowe należy prowadzić odrębnymi kablami z zacisków przekładników pomiarowych bezpośrednio do listew kontrolno-pomiarowych zabudowanych na tablicy licznikowej (bez listew i elementów pośredniczących).

1.5. Wewnętrzna linia zasilająca WLZ

Wewnętrzna linia zasilająca zostanie poprowadzona od złącza kablowego ZKSN LLL do rozdzielnicy RSN1 20 kV zlokalizowanej w budynku kontenerowej stacji transformatorowej STR1.

Parametry WLZ: kabel 20 kV typu XRUHAKXS 3x1x240 mm² o planowanej długości ok. 14 m.

Trasę WLZ pokazano na Planie zagospodarowania terenu (rys. nr E.01).

Kable należy układać na głębokości 80 cm, na warstwie piasku o grubości co najmniej 10 cm. Ułożone kable należy zasypać warstwą piasku o grubości co najmniej 10 cm, następnie

warstwą piasku lub rodzimego gruntu, jak również oznaczyć na całej długości siatką lub folią w kolorze czerwonym.

Przy wejściu kabla do złącza kablowego oraz do pomieszczenia stacji kabel chronić odpowiednią rurą osłonową.

Kabel należy układać w sposób uniemożliwiający jego uszkodzenie. Przy układaniu powinny być zachowane środki ostrożności zapobiegające uszkodzeniu innych kabli lub urządzeń znajdujących się na trasie budowanej linii oraz przestrzegane zasady ochrony środowiska.

Kabel należy układać zgodnie z wymaganiami normy N-SEP-E-004.

1.6. Stacja transformatorowa SN/nN

Na terenie projektowanego terenu zajezdni autobusowej zostanie zaprojektowana kontenerowa stacja transformatorowa STR-1, stacja zostanie zlokalizowana w północnej części terenu od strony ulicy Chorzowskiej (dokładna lokalizacja została przedstawiona na rys. E.01).

Budynek stacji jest wykonany z żelbetowych, prefabrykowanych elementów. Konstrukcja stacji składa się z dziewięciu niezależnych elementów – trzech piwnic kablowych, trzech brył głównych oraz trzech płyt dachowych. Wszystkie elementy żelbetowe, wykonywane w przeznaczonym do tego miejscu, wykańczane i wyposażane w urządzenia elektryczne. Bryła główna przeznaczona jest do montażu transformatora oraz rozdzielnic SN i nn.

Szczegółowy opis stacji transformatorowej jako budynku został opracowany w części architektoniczno-budowlanej.

Bryła główna została zaprojektowana w formie trzech kontenerów skrzyniowych (trzech pomieszczeń): pomieszczenia rozdzielnic SN, komory transformatorów i pomieszczenia rozdzielnic nN. Pod bryłą główną budynku znajdować się będzie piwnica kablowa pełniąca również funkcję fundamentu (wysokość 900 mm). Dostęp do piwnic zapewniony jest za pomocą włazów umieszczonych w bryle głównej. W ścianach piwnic przewidziano otwory technologiczne na przejścia kablowe.

Stacja została systemowo wyposażona w wewnętrzną instalację elektryczną oświetleniową, gniazda wtykowe 230 V do podłączania elektronarzędzi, grzejniki konwektorowe, wentylatory dachowe, itp. Instalacje prowadzone są we właściwych osłonkach, a zasilanie odbywa się z rozdzielnic potrzeb własnych RPW1.

Pomieszczenie rozdzielnic SN

W pomieszczeniu posadowiona zostanie rozdzielnica średniego napięcia. Zaprojektowano 4-półową modułową rozdzielnicę RSN1 - 20 kV przystosowaną do rozbudowy o kolejne pola. Rozdzielnica w izolacji powietrznej z aparaturą z SF6 na napięcie znamionowe 24 kV w wykonaniu przyściennym.

Rozdzielnica RSN1 - 20 kV została dostosowana do warunków przyłączenia do sieci dystrybucyjnej Tauron o nr G/KJA/7783/2018.

Rozdzielnica składa się z następujących pól:

- jedno pole dopływowe wyposażone w wyłącznik 630A z odłącznikiem i trzema przekładnikami prądowymi do pomiaru i zabezpieczeń i dla potrzeb zabezpieczeń (pole nr 1),
- jedno pole pomiarowe z odłącznikiem 3 przekładniki napięciowe do pomiaru rozliczeniowego oraz zabezpieczeń (pole nr 2),

- dwa pola transformatorowe wyposażone w wyłącznik 630A z odłącznikiem i trzema przekładnikami prądowymi do pomiaru i zabezpieczeń i dla potrzeb zabezpieczeń (pole nr 3 i 4).

Rozdzielnica będzie wyposażona w wyłączniki wysuwne umożliwiające szybką wymianę, w których wykorzystywana jest technika samosprężania z gazem SF6 (sześćfluorek siarki) jako czynnik gaszący i izolujący.

Będzie to rozdzielnica trójfazowa z pojedynczym układem szyn zbiorczych, przedziałowa, przystosowana do standardowej instalacji wewnętrznej w wykonaniu przyściennym lub wolnostojącym. Składać będzie się z pól umieszczonych w obudowach metalowych stanowiących niezależne moduły. Ze względu na zapewnienie maksymalnego bezpieczeństwa rozdzielnica ta musi być wyposażona we wskaźnik położenia styków bezpośrednio z wału aparatu SF6 (bez elementów pośredniczących). Wymaga się, aby wyłącznik był samodzielnym, oddzielnym aparatem pełniącym funkcję tylko łączeniową, a jego wymiana/przegląd była szybka (poprzez wyjechanie z pola).

Schemat rozdzielni pokazano na rysunku E.03.

Podstawowe parametry rozdzielnic RSN1:

Wykonanie i badania	zgodnie z PN-EN 62271-200
Warunki środowiska pracy	wnętrzowe, temperatura: min. -5 st. C, maks. +40 st. C
Konstrukcja	modułowa, przedziałowa, obudowa metalowa
Rodzaj izolacji	powietrzna (AIS), łączniki w SF6
Klasa przegrodzenia	PI (przegrody metalowe i z materiału izolacyjnego)
Kategoria utraty ciągłości pracy:	LSC2A
Klasa łukoodporności (IAC):	A-FL, ustawienie przyścienne
Stopień ochrony osłon:	obudowa - IP3X
Napięcie izolacji	24 kV (3-faz. 50 Hz)
Napięcie sieci	20 kV (3-faz. 50 Hz)
Prąd szyn zbiorczych	630 A
Prąd wytrzymywany	12,5 kA (1s)
Prąd łuku elektrycznego	12,5 kA (1s)

Komora transformatorów

W komorze transformatorów zostanie zabudowany jeden transformator TR-1 o mocy 1600 kVA (z możliwością rozbudowy w kolejnym etapie o drugi transformator o takiej samej mocy). Transformator 3 fazowy, suchy żywiczny w wykonaniu rozdzielczym (technologia próżniowa) będzie ustawiony na szynach jezdnych, po czym zabezpieczony przed przesuwaniem poprzez zablokowanie rolek blokadami – zabudowa transformatora w stacji zgodnie z wytycznymi dostawcy stacji. Transformator będzie jako wolnostojący odgradzony od pozostałego wyposażenia stacji. Zostanie on wyposażony w zabezpieczenia termiczne trzema czujnikami PT100 w celu umożliwienia ciągłego pomiaru temperatury.

Współczynnik wykorzystania transformatora TR-1 (obliczenia wykonano dla mocy docelowej po wykonaniu wszystkich etapów inwestycji, zakładając również zabudowanie drugiego transformatora):

$$k_r = \frac{S_{obl}}{SN} \times 100 = \frac{2323}{2 \times 1600} \times 100 = 73 \%$$

W celu stwierdzenia czy transformator nie uległ uszkodzeniu lub zawilgoceniu w czasie transportu i magazynowania, należy przed włączeniem do sieci przeprowadzić pomiary kontrolne izolacji i uzwojeń.

Podstawowe parametry transformatora:

Moc znamionowa	1600 kVA
Wentylacja	naturalna
Napięcie górne/dolne:	21 / 0,4 kV
Napięcie zwarcia/grupa połączeń/IP:	6% / Dyn5 / IP00
Poziom izolacji uzwojenia GN/ DN:	- napięcie probiercze sinusoidalne DN: AC 50 kV - napięcie probiercze piorunowe GN: LI 95 kV dla GN
Wypożenie/uzwojenia	Podkładki antywibracyjne, karta prób w jęz. polskim / Al-Al
Zgodny z normami	EN 60076

Transformator wyposażony został w zabezpieczenia termiczne z trzema czujnikami PT100 w celu umożliwienia ciągłego pomiaru temperatury.

Transformator powinien być maksymalnie bezobsługowy w eksploatacji, wymagana jedynie okresowa kontrola i ewentualne czyszczenie w zależności od warunków eksploatacji.

Transformator powinien być wyprodukowany na terenie Unii Europejskiej, a warunkiem koniecznym jest serwis techniczny w Polsce.

Pomieszczenie rozdzielnic nN

W stacji zostanie zabudowana rozdzielnica główna RG1-nN 400/230V. Z rozdzielni tej zostaną wyprowadzone wszystkie obwody zasilania odbiorów elektrycznych nowej części zajezdni autobusowej PKM Gliwice (stacje ładowania autobusów elektrycznych oraz zestaw gniazd wtykowych). W pomieszczeniu zostanie zabudowana także tablica pomiarowa dla rozliczenia zużytej energii elektrycznej z dystrybutorem energii; rozdzielnica potrzeb własnych stacji i oświetlenia terenu RPW1 nN 400/230V oraz zostanie przewidziane miejsce rezerwowe na posadowienie baterii kondensatorów BK z automatyczną kompensacją mocy biernej indukcyjnej w przypadku niedotrzymania odpowiedniego współczynnika mocy wymaganego przez Zakład Energetyczny.

Rozdział mocy został przedstawiony w dalszej części opisu w punkcie „Bilans elektroenergetyczny”.

Rozdzielnic RG1-nN zasilona z transformatora TR-1 o mocy 1600 kVA, zostanie wyposażona w dwa wyłączniki 2500 A (drugi wyłącznik 2500 A umożliwiający w kolejnym etapie inwestycji podłączenie drugiego transformatora TR-2 parametrach identycznych do pierwszego oraz rozbudowę zajezdni autobusowej o kolejne stacje ładowania). Rozdzielnicę wyposażono w pole sprężelowe i podzielono na dwie sekcje zasilania po 2500 A.

Połączenie pomiędzy transformatorami, a sekcją zasilania rozdzielnic niskiego napięcia RG1-nN należy wykonać prefabrykowanym mostem szynowym niskiego napięcia o prądzie znamionowym 2500A o minimalnych parametrach jak w poniższej tabeli:

Typ	most szynowy „kanapkowy” izolowany
Prąd znamionowy	2500 A
Stopień ochrony IP	55
Minimalny stopień IK	08
Poziom izolacji	1000 V

Znamionowe napięcie robocze	1000 V
Izolacja niezawierająca halogenków	TAK
Prąd roboczy 2500A przy zawartości 3-ciej harmonicznej	THDi<15%
Wykonanie	L1, L2, L3, PE
Typ obudowy	stalowa, ocynkowana, o stopniu ochrony IPxxD

Ze względu na zapewnienie maksymalnego bezpieczeństwa oraz systemowych rozwiązań nie dopuszcza się mostów szynowych bez obudowy. Mosty szynowe od strony transformatorów zakończone prefabrykowanymi przyłączami elastycznymi zapewniającymi odpowiednie tłumienie drgań, a od strony rozdzielnic interfejsy bądź głowice.

Parametry techniczne rozdzielnic RG1-nN 400/230V:

Napięcie znamionowe izolacji	1000 V
Napięcie znamionowe pracy	400 V
Częstotliwość znamionowa	50 Hz
Prąd znamionowy ciągły szyn zbiorczych	2500 A
Prąd znamionowy krótkotrwały wytrzymywany	50 kA (1s)
Stopień ochrony	IP 30
Odporność mechaniczna	IK 08
Minimalna głębokość szaf	600 mm
Zawartość harmonicznej THDi3:	<15%

Schemat oraz parametry rozdzielni pokazano na rysunku E.04.

Dodatkowe wymagania:

- połączenia zasilające rozdzielnicę z transformatora TR1 będą wykonane przy pomocy systemowych mostów szynowych o stopniu ochrony IP55,
- wszystkie zastosowane aparaty jak i obudowy muszą być produkowane przez jednego producenta i posiadać weryfikację typu (zgodne z normą PN- EN 61439),
- ze względów eksploatacyjnych zaleca się, aby rozdzielnica posiadała ramy uchylne, które pozwolą dotrzeć do aparatury wewnątrz obudowy bez potrzeby demontażu poszczególnych płyt czołowych. Wymagany jest stopień ochrony IP30 zapewniający ochronę przed dotykiem elementów pod napięciem - również po zdjęciu osłon czołowych,
- z uwagi na systemowość oraz zapewnienie maksymalnej pewności zasilania wymaga się, aby ujednolicić aparaturę oraz rozdzielnice u klienta w możliwie wysokim stopniu.
- wymaga się, aby rozdzielnica posiadała zainstalowane szyny u góry konstrukcji rozdzielnic umożliwiając swobodny dostęp do pomiarów termowizyjnych; nie dopuszcza się szyn głównych na plecach ani na dole rozdzielnic.

Podstawowe parametry wyłączników głównych:

Prąd znamionowy	2500 A
Ilość biegunów	3
Min. wymagany prąd wyłączalny graniczny Icu	66 kA
Min. wymagany prąd wyłączalny eksploatacyjny Ics	66kA
Mocowanie aparatów	Wysuwne

stałe/wtykowe/wysuwne	
Typ zabezpieczenia	selektywne, elektroniczne LSI, z pomiarem I,U,P,E, wskazanie wartości największej, z LCD
Zabezp. przeciążeniowe	0,4-1 In
Zabezp. zwarciove zwłoczne	1,5-10 Ir

Rozdzielnica potrzeb własnych i oświetlenia terenu

W pomieszczeniu rozdzielnic niskiego napięcia naprzeciw rozdzielnic RG1-nN umieszczona zostanie rozdzielnica potrzeb własnych i oświetlenia terenu RPW1. Zasilanie doprowadzono z pola P/1 rozdzielnic RG1-nN kablem YKXSžo 5x10mm². Rozdzielnica w wykonaniu natynkowym.

Z rozdzielnic RPW1 zostaną zasilone następujące obwody:

- Oświetlenie zewnętrzne terenu parkingu,
- Oświetlenie wewnętrzne stacji,
- Instalacja gniazd wtykowych wewnątrz stacji,
- Grzejniki elektryczne,
- Instalacja wentylacji pomieszczeń stacji.

Rozdzielnica pracuje w układzie TN-S z osobnym przewodem ochronnym i neutralnym, schemat rozdzielnic został przedstawiony na rys. nr E.05.

Kompensacja mocy biernej

Charakter głównych odbiorników jakimi są stacje ładowania pojazdów elektrycznych sprawia, że kompensacja mocy biernej nie będzie konieczna, jednakże w stacji przewidziano miejsce na posadowienie baterii, w przypadku gdyby w przyszłości zmieniły się parametry odbiorów wychodzących z rozdzielnic zasilającej obiekt zajezdni autobusowej.

Ewentualny dobór mocy baterii kondensatorów po pełnym uruchomieniu obiektu w cyklu pomiarowym min. 7-dniowym.

1.7. Instalacja zasilania stacji ładowania autobusów elektrycznych

Na terenie inwestycji (zajezdni autobusowej) zlokalizowane zostaną ładowarki autobusów elektrycznych. Pierwszy etap inwestycji opracowany w niniejszym projekcie obejmuje doprowadzenie zasilania do:

- jednej stacji ładowania „szybkiej” o mocy maksymalnej 200 kW.
- pięciu stacji ładowania „wolnych” o mocy maksymalnej 80 kW.

Zasilanie stacji ładowania zostało przewidziane z rozdzielnic niskiego napięcia RG1-nN 400/230V, a odpływy do poszczególnych stacji zostaną zabezpieczone odpowiednimi wyłącznikami mocy.

Zasilanie do stacji ładowania o mocy 200 kW zostanie doprowadzone linią kablową składającą się z kabli aluminiowych 2x(YAKXSžo) 4x240 mm². Z kolei każda „wolna” stacja ładowania zasilona zostanie kablem aluminiowym YAKXSžo 4x120 mm². Trasy prowadzenia kabli zostały przedstawione na rys. E.01.

1.8. Instalacja oświetlenia zewnętrznego terenu

Teren parkingu wraz z drogami dojazdowymi zostanie oświetlony oprawami oświetleniowymi (projektorami) o mocy 263 W i strumieniu świetlnym 29 000 lm. Oprawy zostaną umieszczone na słupach (masztach) oświetleniowych na wysokości ok. 12 m od poziomu terenu.

Szczegółowe rozmieszczenie opraw pokazano na projekcie zagospodarowania terenu - rys. E.01, schemat ideowy zasilania instalacji oświetleniowej na rys. E.09.

Zasilanie oraz sterowanie opraw z rozdzielnic potrzeb własnych i oświetlenia terenu RPW1. Sterowanie automatyczne oświetleniem za pomocą zegara astronomicznego lub ręczne za pomocą łącznika krzywkowego. Obwody oświetleniowe zabezpieczono rozłącznikami bezpiecznikowymi. Instalacja oświetlenia zewnętrznego zostanie rozprowadzona za pomocą aluminiowych kabli YAKYżo 5x16 (5x25)mm². W słupach zostaną umieszczone złącza słupowe wraz z zabezpieczeniem nadprądowym.

Instalację oświetlenia terenu przygotowano w taki sposób, aby była możliwość kontynuacji obwodów oświetleniowych w kolejnych etapach realizacji inwestycji.

1.9. Kanalizacja kablowa

Na obszarze inwestycji w miejscach, gdzie teren zostanie utwardzony i przygotowany pod poruszanie się pojazdów i pod stanowiska ładowania autobusów elektrycznych zostanie zaprojektowana kanalizacja kablowa. W skład kanalizacji kablowej wchodzi między innymi: rury osłonowe o podwyższonych parametrach technicznych (SN13kN, N750, poziom szczelności połączeń IP54) wraz z kolanami, studnia kablowa wykonana z żywicy poliestrowej wzmacniana włóknem szklanym oraz pozostałe drobne elementy montażowe (uchwyty dystansowe, uszczelnienia itp.).

Ilość rur osłonowych została tak dobrana, aby uwzględniała kolejne etapy inwestycji i przy późniejszych pracach nie było konieczne demontowanie wybrukowanej nawierzchni zajezdni autobusowej.

Wszystkie elementy kanalizacji kablowej w wykonaniu systemowym.

Układ kanalizacji kablowej został przedstawiony na rysunku E.01.

1.10. Likwidacje słupów oświetlenia oraz likwidacje kolizji kablowych

Na terenie inwestycji znajdują się istniejące lampy oświetlające parking oraz zasilające je kable oświetleniowe. Ponieważ oświetlenie terenu zostało przewidziane z nowych naświetlaczy zasilanych z nowoprojektowanej rozdzielnic RPW1 stacji transformatorowej, stare oprawy wraz z masztami oraz zasilające je obwody należy zdemontować lub wyłączyć z eksploatacji (do decyzji Inwestora – odkopanie istniejących kabli nieczynnych i wyłączonych z eksploatacji nie zostało ujęte w zestawieniu materiałów oraz w kosztorysie).

Wszystkie elementy przewidziane do likwidacji/wyłączenia z użytkowania pokazano na rys. E.01.

Przez teren inwestycji przebiega jedna linia kablowa, wymagająca usunięcia ze względu na konieczność prowadzenia prac ziemnych. Linia ta zasilą pylon reklamowy zlokalizowany przy ulicy Chorzowskiej. Pylon reklamowy zasilany jest kablem miedzianym o przekroju 4x10mm² z tablicy elektrycznej znajdującej się w istniejącym budynku portierni.

Przed rozpoczęciem prac ziemnych należy odłączyć kabel spod napięcia oraz dokładnie sprawdzić jego przebieg poprzez ręczne wykopy kontrolne. Następnie odkopać kabel w miejscu jego wejścia na teren prowadzonej inwestycji i założyć mufę. Od mufy poprowadzić nowy odcinek kabla po nowoprojektowanej trasie, aż do miejsca zasilania (tablicy elektrycznej w budynku portierni). Mufy i głowice powinny być dostosowane do typu kabla, jego napięcia znamionowego, przekroju i liczby żył oraz do mocy zwarciowej, występującej w miejscach ich zainstalowania.

Miejsce założenia mufy oraz nową trasę przekładanego kabla pokazano w części elektrycznej projektu zagospodarowania terenu - rys. nr E.01.

W miejscach przejść kabla pod drogą chronić go rurą osłonową oraz układać na głębokości 70 cm, na warstwie piasku o grubości co najmniej 10 cm. Ułożony kabel należy zasypać

warstwą piasku o grubości co najmniej 10 cm, następnie warstwą piasku lub rodzimego gruntu, jak również oznaczyć na całej długości siatką lub folią w kolorze niebieskim.

Kabel należy układać w sposób uniemożliwiający jego uszkodzenie. Przy układaniu powinny być zachowane środki ostrożności zapobiegające uszkodzeniu innych kabli, rurociągów lub urządzeń znajdujących się na trasie przekładanej linii.

Kabel należy układać zgodnie z wymaganiami normy N-SEP-E-004.

Wyłączenie kabla z pod napięcia konieczne w celu jego przełożenia należy ustalić z jego właścicielem.

1.11. Główny wyłącznik prądu oraz zagadnienia bhp i ppoż.

Główny wyłącznik prądu obiektu

Budynek stacji transformatorowej zostanie wyposażony w przeciwpożarowy wyłącznik prądu. Zostanie on zabudowany przy wejściu do pomieszczenia rozdzielnic nN stacji transformatorowej. Zadziałanie przycisku spowoduje wyłączenie zasilania w całym obiekcie. Przycisk pożarowy zamontowany przy wejściu głównym do stacji zostanie odpowiednio oznakowany. Obudowa wyłączników powinna uniemożliwić niekontrolowane odłączenie obiektu od sieci. Sterowanie przyciskiem jest realizowane automatycznie po zbitiu szklanej szybki. Należy stosować przewody ognioodporne PH90 HDGs 3x1,5. Przewody prowadzić z zastosowaniem systemowych uchwytów kablowych posiadających aktualne świadectwo dopuszczenia (system E-90).

Zagadnienia bhp i ppoż.

Projekt obiektu stacji zasilającej rozwiązano zgodnie z wymaganiami procesu technologicznego z zachowaniem obowiązujących wymagań BHP.

Nie przewiduje się pomieszczeń socjalnych. Pracownicy będą korzystać z pomieszczeń socjalnych w obiekcie administracyjnym.

Pracownicy dozoru stacji będą wyposażeni w ubrania robocze i sprzęt ochrony osobistej oraz muszą posiadać uprawnienia dla obsługi urządzeń i instalacji do 20 kV.

1.12. Obliczenia wymaganej rezystancji uziemienia ochronnego

W celu zapewnienia właściwych potencjałów w sieci nN podczas doziemień pod stronie SN stacji musi zostać spełniony warunek:

$$R_B \leq \frac{U_F}{I_E} = \frac{352}{71,35} = 4,93 \, \Omega$$

Parametry sieci SN (zgodnie z warunkami przyłącza):

t=0,3s – czas trwania zwarcia

IE=71,35A – prąd uziomowy wywołany zwarcie doziemnym po stronie SN

UF=352V dla t=0,3s – zgodnie z krzywą F normy SEP-E -001

1.12.1. Uziemienie otokowe

Projektuje się uziom otokowy. W tym celu należy ułożyć bednarke FeZn 40x5mm pomiedziowanej elektrolitycznie o minimalnej grubości warstwy miedzi wynoszącą 70µm charakteryzującą się wysoką odpornością na korozję, w ziemi na głębokości min.1m w okolicy stacji zgodnie z załączonymi rysunkami. Dla uzyskania odpowiedniej rezystancji uziomu należy zagłębić dodatkowo uziomy szpilkowe pomiedziowane 6xØ20 o dł. 1,5m dając całkowitą głębokość zagłębienia uziomu 10m. Uziomy pionowe należy połączyć z taśmą Fe/Zn 40x5.

Uziomy pionowe należy układać na głębokości co najmniej 0,6m natomiast dolna krawędź powinna być zagłębiona co najmniej na 2,5m. Uziomów poziomych nie wolno przysypywać gruzem, piaskiem lub zakrywać materiałem nie przepuszczającym wodę.

1.12.2. Uziemienie ochronne projektowanego transformatora

Uziemienie ochronne należy wykonać dla konstrukcji stalowych przewodzących i transformatora przez połączenie zewnętrzne zacisków ochronnych tych elementów oraz szyny PEN z rozdzielnicą nN z uziomem otokowym wykonanym z bednarki Fe/Zn 40x5mm koloru żółto-zielonego. Bednarkę należy wprowadzić do stacji przez otwory technologiczne umieszczone w fundamencie.

1.12.3. Uziemienie robocze projektowanego transformatora

Punkt zerowy transformatora TR-1 i TR-2 należy uziemić poprzez wykonanie połączenia zacisku „N” transformatora z uziomem otokowym stacji bez złącza kontrolnego. Połączenie wykonać bednarką Fe/Zn 40x5mm koloru jasno niebieskiego. Bednarkę należy wprowadzić do stacji przez otwory technologiczne umieszczone w fundamencie.

1.12.4. Uziemienie ochronno-robocze

Uziemienia robocze punktu zerowego transformatorów oraz uziemienie ochronne średniego i niskiego napięcia projektowanej stacji będą posiadały wspólny uziom wykonany z bednarki typu FeZn 40x5, który należy połączyć z uziomem otokowym obiektu.

Rezystancja uziomu ze względu na uziemienie ochronno-robocze transformatora powinna wynosić $R < 4,93\Omega$.

Rezystancja uziemienia dla uziomu otokowego:

$$R_1 = \frac{\rho}{\pi \times L} \times \ln \frac{2 \times L}{d} = \frac{200}{\pi \times 45} \times \ln \frac{2 \times 45}{0,016} = 12,2\Omega$$

Rezystancja uziemienia dla jednego uziomu pionowego:

$$R_2 = \frac{\rho}{2 \times \pi \times L} \times \ln \frac{4 \times L}{d} = \frac{200}{2 \times \pi \times 10} \times \ln \frac{4 \times 10}{0,020} = 24,2\Omega$$

Wypadkowa rezystancja stacji:

$$R_w = \frac{R_1 \times R_2}{4 \times R_2 + R_1} = \frac{12,2 \times 24,2}{4 \times 24,2 + 12,2} = 2,7\Omega$$

Uwaga:

Przyjęto rezystywność gruntu w wielkości 200[Ωm].

Niniejsze obliczenia mają jedynie charakter orientacyjny i służy oszacowaniu ilości materiałów celom kosztorysowym na budowę. W celu dokładniejszego oszacowania wartości rezystancji dobranych uziomów, należy wykonać pomiary geoelektryczne gruntu przed rozpoczęciem robót związanych z wykonaniem projektowanych uziomów. W czasie budowy uziemienia należy skontrolować wartość osiągniętej rezystancji uziemienia i w miarę potrzeby zwiększenia ilości zastosowanej bednarki lub zastosować połączenie uziomu poziomego z uziomem pionowym. Wartość rezystancji każdego z uziomów powinna być udokumentowana odpowiednimi protokołami i zatwierdzona przez osobę uprawnioną do wykonywania pomiarów. Protokoły pomiarowe powinny być przekazane inwestorowi przez kierownika budowy.

Uziomy pionowe z otokiem należy łączyć przez spawanie, a spawy chronić przed korozją. Długość uziomów pionowych zależy od rezystywności gruntu.

Uziom otokowy stacji należy prowadzić na głębokości 0,8-1m.

1.13. Instalacja uziemienia wewnętrzna stacji

Uziemienie ochronne wewnątrz stacji należy zrealizować za pomocą linki miedzianej połączonej z bednarką za pomocą zacisku śrubowego. Bednarka połączona z uziomem fundamentowym i otokowym. Podobnie należy uziemić inne elementy stacji jak: metalowe

elementy wyposażenia, metalowe elementy konstrukcyjne oraz stalowe elementy transformatora i rozdzielnic. Bednarka powinna być połączona z uziomem poprzez spawanie.

W projektowanej stacji przewiduje się wykonanie otoku głównego z bednarki min. FeZn 40x5. Do otoku podłączono:

- rozdzielnicę SN linką LGY 70 mm²,
- rozdzielnicę nN linką LGY 70 mm²,
- transformator linką LGY 70 mm²,
- punkt neutralny transformatora linką LGY 95 mm²,
- drzwi, futryny, kraty wentylacyjne linką LGY 35 mm²
- wszystkie metalowe elementy konstrukcji oraz urządzeń nie będące normalnie pod napięciem (metalowe obudowy urządzeń, koryta kablowe, itp.).

Przewody uziemiająco - wyrównawcze należy pomalować na kolor zielony z paskami żółtymi, szerokości 10cm w odstępach co 15cm.

1.14. Instalacja odgromowa stacji transformatorowej

Na dachu budynku stacji transformatorowej zostanie zamontowana instalacja odgromowa. Zwody poziome i przewody odprowadzające instalacji odgromowej należy wykonać drutem stalowym ocynkowanym FeZn Ø8 mm. Drut prowadzić na odpowiednich uchwytych systemowych. Z instalacją odgromową należy połączyć wszystkie metalowe elementy wystające ponad powierzchnię dachu (rynny, kominy, drabiny, itp.).

Przewody odprowadzające instalacji odgromowej należy poprowadzić po elewacji oraz poprzez złącza kontrolne połączyć z bednarką uziemienia otokowego wyprowadzoną ponad poziom terenu. Przewody odprowadzające prowadzić po możliwie najkrótszej drodze pomiędzy zwodem, a przewodem uziemiającym. Należy zapewnić ciągłość połączeń instalacji. Połączenia instalacji odgromowej należy zabezpieczyć przed korozją.

1.15. Ochrona przeciwprzepięciowa

Dla ochrony przed przepięciami atmosferycznymi bezpośrednimi i indukowanymi oraz przepięciami łączeniowymi, w rozdzielnicy RG1-nN należy zabudować ogranicznik przepięć hybrydowy klasy I+II.

1.16. Ochrona przeciwporażeniowa i zagadnienia BHP

Jako system ochrony przed porażeniem prądem części SN zastosowane zostanie uziemienie ochronne. Uziemieniu ochronnemu podlegają konstrukcje transformatorów, szyny pod transformatory, głowice kablowe kabli SN i konstrukcje wsporcze w komorze transformatorów.

W instalacjach odbiorczych rozdzielnicy głównej nN następuje rozdział układu TN-C na TN-S.

Jako ochronę przed porażeniem prądem elektrycznym w sieci 400/230V TN-S zastosowano samoczynne szybkie wyłączenie zasilania oraz przewód ochronny PE, do którego należy przyłączyć wszystkie metalowe części urządzeń nie będące normalnie pod napięciem. Jako uziom instalacji uziemiającej szyny PE zostanie wykorzystane uziemienie instalacji odgromowej podłączonej do uziemienia fundamentowego budynku. Oporność uziemienia podano wyżej.

Zastosowane zabezpieczenia powinny posiadać charakterystyki zapewniające skuteczność ochrony przeciwporażeniowej. Instalacje elektryczne należy wykonać zgodnie z wymaganiami normy ochrony przeciwporażeniowej PN-IEC 60364-4-41 i PN-IEC 60364-5-54:2011.

Projektowaną instalację objęto ochroną przeciwporażeniową podstawową przed dotykiem bezpośrednim oraz dodatkową przed dotykiem pośrednim.

Ochronę przed dotykiem bezpośrednim zapewniają osłony, pokrywy, izolacja urządzeń elektrycznych, przewodów i kabli.

Ochronę przed dotykiem pośrednim zrealizowano poprzez zastosowanie samoczynnego wyłączania zasilania w przypadku przekroczenia wartości napięcia dotykowego bezpiecznego.

$$Z_s \times I_a \leq U_0$$

Zastosowano wyłączniki umożliwiające spełnienie powyższego warunku.

Przewodu neutralnego „N” i przewodu ochronnego „PE” za punktem rozdziału w rozdzielnicy nie wolno łączyć między sobą.

Po wykonaniu instalacji należy sprawdzić metodą pomiarową skuteczność ochrony przeciwporażeniowej.

Wszystkie prace instalacyjne wykonać zgodnie z obowiązującymi przepisami i normami. Po wykonaniu instalacji, przed oddaniem jej do eksploatacji należy wykonać wymagane badania i pomiary przez uprawnione osoby.

Roboty należy wykonywać pod nadzorem uprawnionej osoby zgodnie ze "Specyfikacjami Technicznymi Wykonania i Odbioru Robót". Wszystkie urządzenia oznaczyć tabliczkami informacyjnymi i ostrzegawczymi zgodnie z przepisami.

Wszystkie materiały i urządzenia muszą posiadać wymagane przez przepisy atesty, certyfikaty lub deklaracje zgodności z normami albo z aprobatami technicznymi.

2. BILANS MOCY

Poniższy bilans uwzględnia także kolejne etapy inwestycji w zakresie stacji STR1

Lp.	Stacja transformatorowa STR1	Moc zainstalowana	Współczynniki obliczeniowe			Moc obliczeniowa zapotrzebowana		Prąd
		Pi	k _j	cosΦ	tgΦ	Pz	Q	I
		[kW]				[kW]	[kVAr]	[A]
1	Ładowarka 200 kW – 1 szt.	200,00	1,00	0,95	0,33	200,00	65,74	303,87
2	Ładowarka 200 kW – 1 szt. (kolejny etap)	200,00	1,00	0,95	0,33	200,00	65,74	303,87
3	Ładowarki 80 kW rząd I – 8 szt.	640,00	1,00	0,95	0,33	640,00	210,36	972,38
4	Ładowarki 80 kW rząd II – 7 szt. (kolejny etap)	560,00	1,00	0,95	0,33	560,00	184,06	850,83
5	Ładowarki 80 kW rząd III – 7 szt. (kolejny etap)	560,00	1,00	0,95	0,33	560,00	184,06	850,83
6	Inne (zestawy gniazd, oświetlenie terenu, itp.)	20,00	0,50	0,93	0,40	10,00	3,95	15,52
7	Rezerwa mocy	700,00	1,00	0,93	0,40	700,00	276,66	1086,41
	SUMA	2880,00				2870	991	4384
	DLA CAŁOŚCI	2880,00	0,75	0,95	0,33	2160	743	3287,8

Poniższy bilans w zakresie etapu I.

Lp.	Stacja transformatorowa STR1	Moc zainstalowana	Współczynniki obliczeniowe			Moc obliczeniowa zapotrzebowana		Prąd
		Pi	k _j	cosΦ	tgΦ	Pz	Q	I
		[kW]				[kW]	[kVAr]	[A]
1	Ładowarka 200 kW – 1 szt.	200,00	1,00	0,95	0,33	200,00	65	303,87
2								
3	Ładowarki 80 kW rząd I – 5 szt.	400,00	1,00	0,95	0,33	400,00	131	607
4								
5								
6	Inne (zestawy gniazd, oświetlenie terenu, itp.)	10,00	0,5	0,93	0,40	5,00	2	7,7
7								
	SUMA	610,00				605	199	919
	DLA CAŁOŚCI	610,00	0,98	0,94	0,30	597	195	3287,8

3. OBLICZENIA OGÓLNE

3.1. Obliczenia zwarciovowe

Parametry sieci na szynach rozdzielni 20kV stacji GPZ Maciejów do ZK-SN LLL 20kV (zgodnie z warunkami przyłącza energii elektrycznej):

$$T_k = 0,3 [s]$$
$$S_{kQ} = 153,3 [MVA]$$

Kabel zasilający XRUHAKXS 3x1x240mm² (AL. 3x240), L-650[mb] – od stacji GPZ Maciejów do ZK-SN LLL 20kV. Kabel w zakresie energetyki.

3.2. Obliczenie mocy zwarciovowej w złączu ZK-SN LLL 20kV

Impedancja, reaktancja i rezystancja układu zasilania w stacji GPZ Maciejów:

$$Z_{kQ} = \frac{C_{max} \times U_n^2}{S_{kQ}} = \frac{1,1 \times 20000^2}{153,3 \times 10^6} = 2,87[\Omega]$$
$$X_{kQ} = 0,995 \times Z_{kQ} = 2,85[\Omega]$$
$$R_{kQ} = 0,1 \times X_{kQ} = 0,1 \times 2,87 = 0,285[\Omega]$$

Reaktancja i rezystancja linii kablowej od stacji GPZ Maciejów do ZK-SN LLL 20kV (zakres energetyki): L-650mb – zgodnie z warunkami przyłącza

$$R_o = 0,165 \left[\frac{\Omega}{\text{km}} \right] - \text{dla kabla } 240 \text{ mm}^2$$
$$R_{l1} = R_o \times l = 0,165 \times 0,65 = 0,1072[\Omega]$$

$$X_o = 0,110 \left[\frac{\Omega}{\text{km}} \right] - \text{dla kabla } 240 \text{ mm}^2$$
$$X_{l1} = X_o \times l = 0,110 \times 0,65 = 0,0715[\Omega]$$

Całkowita rezystancja i reaktancja obwodu zwarciovowego:

$$R_Z = R_{kQ} + R_{l1} = 0,285 + 0,1072 = 0,3922[\Omega]$$
$$X_Z = X_{kQ} + X_{l1} = 2,85 + 0,0715 = 2,9215[\Omega]$$

Impedancja zastępcza układu

$$Z_{z1} = \sqrt{R_Z^2 + X_Z^2} = 2,95[\Omega]$$

Prąd zwarcia początkowy:

$$I_k'' = \frac{c_{max} \times U_n}{\sqrt{3} \times Z_z} = \frac{1,1 \times 20000}{\sqrt{3} \times 2,95} = 4280,9[A] = 4,31[kA]$$

Moc zwarciovowa w złączu ZK-SN LLL 20kV:

$$S_{zkQ} = \sqrt{3} \times I_k'' \times U_n = \sqrt{3} \times 4,28 \times 20000 = 149,26[MVA]$$

3.2.1. Obliczenie mocy zwarciovowej w rozdzielnicy RSN/1 20kV

Kabel zasilający XRUHAKXS 3x1x240mm² (AL. 3x240), L-14[mb] – od ZK-SN LLL 20kV do RSN1 20kV. Kabel w zakresie inwestora.

Reaktancja i rezystancja

$$R_o = 0,165 \left[\frac{\Omega}{\text{km}} \right] - \text{dla kabla } 240 \text{ mm}^2$$
$$R_{l2} = R_o \times l = 0,165 \times 0,014 = 0,002[\Omega]$$

$$X_o = 0,110 \left[\frac{\Omega}{\text{km}} \right] - \text{dla kabla } 240 \text{ mm}^2$$

$$X_{l2} = X_o \times l = 0,110 \times 0,014 = 0,002[\Omega]$$

Całkowita rezystancja i reaktancja obwodu zwarciovego:

$$R_{Z2} = R_{kQ} + R_{l1} + R_{l2} = 0,287 + 0,1072 + 0,002 = 0,395[\Omega]$$

$$X_{Z2} = X_{kQ} + X_{l1} + X_{l2} = 2,87 + 0,0715 + 0,002 = 2,923[\Omega]$$

$$Z_{Z2} = \sqrt{R_{Z2}^2 + X_{Z2}^2} = 2,95[\Omega]$$

Prąd zwarcia początkowy:

$$I_k'' = \frac{c_{max} * U_n}{\sqrt{3} \times Z_z} = \frac{1,1 \times 20000}{\sqrt{3} \times 2,95} = 4,31[kA]$$

Moc zwarciova w rozdzielni RSN1 20kV:

$$S_{ZkQ} = \sqrt{3} \times I_k'' \times U_n = \sqrt{3} \times 4,31 \times 20000 = 149,17 [MVA]$$

3.2.2. Obliczenie mocy zwarciovej na szynach niskiego napięcia rozdzielni RG-nN 400V

Impedancja poprzedzającego układ zasilania i jej składowe wynoszą:

$$Z_{kQ} = \frac{C_{max} * U_n^2}{S_{kQ}} * \left(\frac{U_{rT2}}{U_{rT1}} \right)^2 = \frac{1,1 \times 20000^2}{148 \times 10^6} * \left(\frac{400}{20000} \right)^2 = 0,00119[\Omega]$$

$$X_{kQ} = 0,995 * Z_{kQ} = 0,00118[\Omega]$$

$$R_{kQ} = 0,1 \times X_{kQ} = 0,1 \times 0,00118 = 0,00012[\Omega]$$

Impedancja transformatora i jej składowe wynoszą:

$$u_{kr} = 0,06 = 6\% - \text{zgodnie z kartą kat. trafo}$$

$$u_{Rr} = \frac{\Delta P_{obc \text{ zn}}}{S_{nT}} = \frac{15,2}{1600} = 0,0095$$

$$u_{Xr} = \sqrt{u_{kr}^2 - u_{Rr}^2} = \sqrt{0,06^2 - 0,0095^2} = 0,0592$$

$$X_{kT} = u_{Xr} * \frac{U_{rT2}^2}{S_{nT}} = 0,061 * \frac{400^2}{1600 * 10^3} = 0,0059$$

$$R_{kT} = u_{Rr} * \frac{U_{rT2}^2}{S_{nT}} = 0,0095 * \frac{400^2}{1600 * 10^3} = 0,0010$$

$$Z_{kT} = u_{kr} * \frac{U_{rT2}^2}{S_{nT}} = 0,06 * \frac{400^2}{1600 * 10^3} = 0,0060$$

lub

$$Z_{kT} = \sqrt{(R_{kT})^2 + (X_{kT})^2} = \sqrt{0,0010^2 + 0,0059^2} = 0,006$$

Całkowita impedancja obwodu zwarciovego:

$$R_k = R_{kQ} + R_{kT} = 0,00012 + 0,0010 = 0,0011[\Omega]$$

$$X_k = X_{kQ} + X_{kT} = 0,00118 + 0,0059 = 0,0071[\Omega]$$

$$Z_k = \sqrt{R_k^2 + X_k^2} = 0,0072[\Omega]$$

Prąd zwarcia początkowy:

$$I_k'' = \frac{c_{max} * U_n}{\sqrt{3} \times Z_k} = \frac{1,0 \times 400}{\sqrt{3} \times 0,0072} = 32131[A] = 32,1[kA]$$

3.2.3. Dobór kabla SN 20kV zasilania rozdzielni RSN/1 20kV w stacji transformatorowej

Parametry w złączu ZK-SN LL 20kV :

$S_{kQ}=148,2$ [MVA]	moc zwarciova
$I_k''=4,28$ [kA]= I_{th}	początkowy prąd zwarciovy trójfazowy
$R_z=0,3942$ [Ω]	rezystancja obwodu zwarciowego
$X_z=2,9415$ [Ω]	reaktancja obwodu zwarciowego
$Z=2,97$ [Ω]	impedancja obwodu zwarciowego

3.2.4. Dobór kabla zasilającego SN 20kV z warunku obciążalności zwarciovej

Kabel zasilający XRUHAKXS 3x1x240mm² (AL. 3x240), L-14[mb] – od ZK-SN LLL 20kV do RSN/1 20kV.

Kabel w zakresie inwestora.

Parametry dobrego kabla

240 mm ²	Przekrój żyły roboczej
50 mm	Przekrój żyły powrotnej
5,5 mm	Grubość znamionowa izolacji
2,5 mm	Grubość znamionowa powłoki
40,8 mm	Średnica zewnętrzna obliczeniowa kabla
0,165 Ω /km	Max. Rezystancja żyły roboczej w temperaturze 90°C
2020 kg	Orientacyjna masa kabla o długości 1km
$U_o/U (U_m) = 12/20(24)$ kV	Zastosowanie: do przesyłu energii elektrycznej
15d (d-średnica kabla)	Min. promień gięcia

Prąd zwarciovy udarowy:

$$\kappa = 1,02 + 0,98 \times \exp \left[-3 \frac{R}{X} \right] = 1,02 + 0,98 \times \exp \left[-3 \frac{0,395}{2,923} \right] = 1,67$$

$$i_p = \sqrt{2} \times \kappa \times I_k'' = \sqrt{2} \times 4,31 = 10,19 [kA]$$

Prąd zwarciovy cieplny zastępczy:

$$I_{th} = I_k'' \cdot \sqrt{1+m} \text{ - dla zwarć odległych}$$

$$m = f(T_k = 1s, \chi = 1,54) = 0$$

Prąd zwarciovy cieplny zastępczy 1-sekundowy:

$$I_{th} = 4,31 \times \sqrt{1+0} = 4,31 [kA]$$

Elektromagnetyczna stała czasowa zastępcza obwodu zwarcia:

$$T = \frac{X_z}{2 \times \pi \times f \times R_z} = \frac{2,923}{2 \times \pi \times 50 \times 0,395} = 0,023[s]$$

$$T_k > 10 \times T$$

$$0,3 > 0,23 \Rightarrow I_{th} \sim I_k''$$

Średnia temperatura przewodu:

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

Konduktywność materiału przewodzącego w temperaturze średniej:

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

Jednosekundowa gęstość zwarcia:

$$k = \sqrt{\gamma_{sr} \cdot c \cdot \frac{\tau_{dz} - \tau_{pz}}{T_k}} = \sqrt{21,87 \cdot 2,48 \cdot \frac{250 - 90}{1}} = 93,15 \left[\frac{A}{mm^2} \right]$$

Przekrój kabla z warunku obciążalności zwarcia:

$$S \geq \frac{1}{k} \sqrt{\frac{I_{th}^2 \times T_k}{1}} = \frac{1}{93,15} \sqrt{\frac{4,31^2 \times 1}{1}} = 46,2 [mm^2]$$

Sprawdzenie żyły powrotnej ze względu na prąd zwarcia dwufazowego:

$$I_{kzp} = 0,033 \times S_{kQ} \times \sqrt{\frac{T_k}{1}} = 0,033 \times 149 \times \sqrt{\frac{1}{1}} = 4,9$$

Warunek: $I_{kzp} < I_{kzdop \text{ } \acute{z}p}$

4,9 < 9,8 – warunek spełniony

Zgodnie z katalogiem kabli dopuszczalna wartość 1-sekundowego prądu zwarcia dla żył powrotnych wynosi:

Przekrój żyły powrotnej [mm ²]	$I_{kdp \text{ } \acute{z}p}$ [kA] 1-sek. prąd zwarcia
10	2,6
16	3,7
25	5,3
35	7,1
50	9,8

Dobrano kabel XRUHAKXS 3x1x240mm² (AL. 3x240), o długości l-14m zgodnie z katalogiem przykładowego producenta kabli.

Dobraný kabel odpowiaá typowi kabla zastosowanego po stronie Zakładu Energetycznego.

3.2.5. Dobór kabla zasilającego SN 20kV z warunku na spadek napięcia

$$R_{Z2} = R_{kQ} + R_{l1} + R_{l2} = 0,287 + 0,1072 + 0,002 = 0,395 [\Omega]$$

$$X_{Z2} = X_{kQ} + X_{l1} + X_{l2} = 2,87 + 0,0715 + 0,002 = 2,923 [\Omega]$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{X}{R} = \frac{2,923}{0,395} = 7,4 [^\circ] \Rightarrow \varphi = 82 [^\circ]$$

$$\cos 82 = 0,14$$

$$\sin 82 = 0,99$$

Prąd znamionowy obciążenia po stronie SN-20kV:

$$I_B = \frac{S}{\sqrt{3} \times U_n} = \frac{3400}{\sqrt{3} \times 20000} = 98 [A]$$

Spadek napięcia przy mocy umowną:

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

$$= \frac{\sqrt{3} \times 100}{20000} \times 98(0,395 \times 0,14 + 2,923 \times 0,99 = 2,5[\%] < 8[\%]$$

3.2.6. Dobór kabla SN 15kV ze względu na długotrwałą obciążalność prądową

Warunek:

$$\begin{aligned} I_Z &> I_B \\ 420 &> 98 \end{aligned}$$

gdzie:

I_z - wymagana dopuszczalna długotrwała obciążalność prądowa kabla . W przypadku ułożenia w rurach osłonowych należy pomniejszyć o współczynnik 0,85

I_b – prąd obciążenia przy nominalnym obciążeniu mocy umownej

4. OBLICZENIA KABLI NN ZASILANIA ŁADOWAREK

Urządzenie	ładowarka 200kW	ładowarka 80kW	ładowarka 80kW	ładowarka 80kW	ładowarka 80kW	ładowarka 80kW
Typ	200kW	80kW	80kW	80kW	80kW	80kW
nr obwodu	1/6	1/7	1/8	1/9	1/10	1/11
Zabezpieczenie	Wyłącznik mocy	Wyłącznik mocy	Wyłącznik mocy	Wyłącznik mocy	Wyłącznik mocy	Wyłącznik mocy
Napięcie	400	400	400	400	400	400
Moc [kW]	200,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00
L [m]	47,50	51,00	39,00	48,00	59,00	61,00
s [mm ²]	480,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
I _z [A]	448,00	148,00	148,00	148,00	148,00	148,00
I _b [A]	304,00	125,00	125,00	125,00	125,00	125,00
Krotność dla I _b	1	1	1	1	1	1
I _n [A]	350,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00
k ₂	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45
I ₂ [A] = k ₂ * I _n	507,5	203,0	203,0	203,0	203,0	203,0
I _b ≤ I _n ≤ I _z	304,00	125,00	125,00	125,00	125,00	125,00
	≤	≤	≤	≤	≤	≤
	350,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00
	≤	≤	≤	≤	≤	≤
I ₂ ≤ 1,45 * I _z	448,00	148,00	148,00	148,00	148,00	148,00
	507,50	203,00	203,00	203,00	203,00	203,00
	≤	≤	≤	≤	≤	≤
	649,60	214,60	214,60	214,60	214,60	214,60
R [Ω]	0,0028	0,0121	0,0093	0,0114	0,0140	0,0145
X [Ω]	0,00380	0,00408	0,00312	0,00384	0,00472	0,00488
cos φ	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
sin φ	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
ΔU _%	0,51	0,69	0,53	0,65	0,80	0,83
Z _{k1} [Ω]	0,016	0,030	0,024	0,028	0,034	0,035
Z _s [Ω] = 1,25 * Z _{k1}	0,020	0,037	0,030	0,035	0,042	0,043
k	10	10	10	10	10	10
I _a [A] = k * I _n	3500	1400	1400	1400	1400	1400
U ₀ [V]	230	230	230	230	230	230
Z _s * I _a ≤ U ₀	70,76	51,80	41,56	49,23	58,68	60,41
	≤	≤	≤	≤	≤	≤
	230	230	230	230	230	230

5. OBLICZENIA DO UKŁADU POMIAROWEGO ENERGII ELEKTRYCZNEJ

5.1.1. Dane wstępne

Niniejsze poniższe obliczenia i dobór podzespołów układu pomiarowego energii elektrycznej były przekazane i uzgodnione z zakładem energetycznym Tauron które następnie skorygowano/poprawiono zgodnie z dokumentem uzgodnienia – załącznik Z.03.

Dla przyłącza nr3:

Parametry sieci na szynach rozdzielni 20kV stacji GPZ Maciejów do ZK-SN LLL 20kV (zgodnie z warunkami przyłącza energii elektrycznej):

$$T_k = 0,3 [s]$$
$$S_{kQ} = 153,3 [MVA]$$

Kabel zasilający XRUHAKXS 3x1x240mm² (AL. 3x240), L-650[mb] – od stacji GPZ Maciejów do ZK-SN LLL 20kV. Kabel w zakresie energetyki.

5.1.2. Obliczenie mocy zwarciowej w złączu ZK-SN LLL 20kV

Impedancja, reaktancja i rezystancja układu zasilania w stacji GPZ Maciejów:

$$Z_{kQ} = \frac{C_{max} \times U_n^2}{S_{kQ}} = \frac{1,1 \times 20000^2}{153,3 \times 10^6} = 2,87[\Omega]$$
$$X_{kQ} = 0,995 \times Z_{kQ} = 2,85[\Omega]$$
$$R_{kQ} = 0,1 \times X_{kQ} = 0,1 \times 2,87 = 0,285[\Omega]$$

Reaktancja i rezystancja linii kablowej od stacji GPZ Maciejów do ZK-SN LLL 20kV (zakres energetyki): l-650mb – zgodnie z warunkami przyłącza

$$R_o = 0,165 \left[\frac{\Omega}{km} \right] - \text{dla kabla } 240 mm^2$$
$$R_{l1} = R_o \times l = 0,165 \times 0,65 = 0,1072[\Omega]$$
$$X_o = 0,110 \left[\frac{\Omega}{km} \right] - \text{dla kabla } 240 mm^2$$
$$X_{l1} = X_o \times l = 0,110 \times 0,65 = 0,0715[\Omega]$$

Całkowita rezystancja i reaktancja obwodu zwarciowego:

$$R_Z = R_{kQ} + R_{l1} = 0,285 + 0,1072 = 0,3922[\Omega]$$
$$X_Z = X_{kQ} + X_{l1} = 2,85 + 0,0715 = 2,9215[\Omega]$$

Impedancja zastępcza układu

$$Z_{z1} = \sqrt{R_Z^2 + X_Z^2} = 2,95[\Omega]$$

Prąd zwarcia początkowy:

$$I_k'' = \frac{c_{max} \times U_n}{\sqrt{3} \times Z_z} = \frac{1,1 \times 20000}{\sqrt{3} \times 2,95} = 4280,9[A] = 4,31[kA]$$

Moc zwarciowa w złączu ZK-SN LLL 20kV:

$$S_{ZkQ} = \sqrt{3} \times I_k'' \times U_n = \sqrt{3} \times 4,28 \times 20000 = 149,26[MVA]$$

5.1.3. Prądy obciążeniowe

Mocy przyłączeniowej 1200 kW (napięcie SN-20 kV):

$$I_{obcPn} = \frac{P_n}{\sqrt{3} \times U_{ns}} = \frac{1200}{\sqrt{3} \times 20 \times 10^3 \times 0,93} = 37,25[A]$$

Mocy przyłączeniowej 3400 kW (napięcie SN-20 kV) – docelowa:

$$I_{obcPn} = \frac{P_n}{\sqrt{3} \times U_{ns}} = \frac{3400}{\sqrt{3} \times 20 \times 10^3 \times 0,93} = 105,54[A]$$

5.1.4. Dobór przekładników prądowych do układu pomiarowego

Mocy przyłączeniowej 1200 kW (napięcie SN-20 kV):

wielkość	wartość
P_n [kW]	1200
$I_{obc.Pn}$ [A]	37,25
U_n [V]	20
Przekładnia przekładnika prądowego I_{n1}/I_{n2} [A/A]	50/5
$I_{obc.Pn} / I_{n1}$ [%]	74,5

Mocy przyłączeniowej 3400 kW (napięcie SN-20 kV):

wielkość	wartość
P_n [kW]	3400
$I_{obc.Pn}$ [A]	105,54
U_n [V]	20
Przekładnia przekładnika prądowego I_{n1}/I_{n2} [A/A]	100/5
$I_{obc.Pn} / I_{n1}$ [%]	105,5

Na tej podstawie oraz na podstawie obliczeń zwarciovych dobrano przekładniki prądowe jednofazowe z uzwojeniem pierwotnym podwójnym (przełączalne) służące wyłącznie do zasilania obwodów prądowych liczników o następujących parametrach do trójsystemowego pomiaru energii:

Przekładnia	A/A	40-100//5/5
Przełączalność	%	120
Napięcie znamionowe	kV	24
Znamionowy poziom izolacji	kV	24/50/125
Częstotliwość znamionowa	Hz	50

Znamionowy prąd 1-sekundowy	kA	12,5
Znamionowy prąd szczytowy	kA	$2,5 \cdot I_{1\text{-sek}} = 25$
Klasa dokładności	%	0,2s
Moc	VA	5
Rdzeń	-	FS5
40-100//5/5 A, $I_{th}=10\text{kA}$, $I_{dyn}=25\text{kA}$, 5VA, kl.0,2s FS5 wzorc.,		

Sprawdzenie **doboru znamionowego prądu pierwotnego.**

Znamionowy prąd pierwotny przekładnika prądowego powinien być tak dobrany, aby największe trwałe przeciążenie prądem w warunkach roboczych nie przekraczało 120% wartości prądu przekładnika, tzn.:

$$I_{obl} < 1,2 I_n$$

Ze względu na zależność błędów pomiarowych przekładnika funkcji prądu I_{1n} prąd pierwotny przekładnika powinien zawierać się w przedziale określonym następującą zależnością:

$$0,2 I_{1n} < I_{obl} < 1,2 I_{1n}$$

gdzie: I_{obl} - prąd obliczeniowy odpowiadający największemu prądowi obciążenia
Do obliczeń jako maksymalnego trwałego przeciążenia prądowego w warunkach roboczych przyjęto prąd wynikający z następującej zależności:
Projektowany przekładnik prądowy posiada przekładnię 40-100/5 A-A/A.

Sprawdzenie dla mocy 1200kW

$$0,2 \times 40 < 37,25 < 1,2 \times 40 \text{ [A]}$$

$$8 < 37,25 < 48 \text{ [A]}$$

warunek spełniony

Sprawdzenie dla mocy 3400kW – docelowa moc

$$0,2 \times 100 < 105,54 < 1,2 \times 100 \text{ [A]}$$

$$20 < 105,54 < 120 \text{ [A]}$$

warunek spełniony

Sprawdzenie doboru znamionowego prądu wtórnego przekładnika I_{2n}

Odległość przekładników prądowych zainstalowanych na stacji transformatorowej od projektowanej tablicy licznikowej wynosi ok. 5,5 m (długość przewodu).

Ze względu na niewielką odległość przekładników od układu pomiarowego właściwie dobrano przekładniki o mocy **$S_n = 5\text{VA}$**

Sprawdzenie doboru przekładnika prądowego ze względu na moc znamionową S_n

Ze względu na zachowanie klasy dokładności konieczne jest spełnienie następującego warunku obciążenia przekładnika:

$$0,25 S_n \leq S_{2ob} \leq S_n$$

gdzie: S_{2ob} – moc odpowiadająca rzeczywistemu obciążeniu przekładnika prądowego

S_n – moc znamionowa przekładnika prądowego

Moc obciążającą przekładnik w stanie pracy normalnej S_{2ob} można wyrazić następującą zależnością:

$$S_{2\text{ ob}} = S_{\text{EQM}} + S_{\text{zest}} + (I_{2n}^2 \cdot R_p)$$

gdzie: $S_{2\text{ ob}}$ – moc odpowiadająca rzeczywistemu obciążeniu przekładnika prądowego

S_{EQM} – moc pobierana przez obwody prądowy = 0,05 VA

S_{zest} – moc tracona na zestykach $\cong 1,25$ VA

R_p – rezystancja zastępcza przewodów obwodów wtórnych

Dla przewodów do wtórnych obwodów prądowych przyjęto następujące parametry:

$s=2,5 \text{ mm}^2$, $l=5,5\text{m}$, $\gamma=57 \text{ m}/(\Omega \text{ mm}^2)$

Dla tych parametrów moc tracona na przewodach wynosi:

$$S_p = \frac{2 \times 5,5 \times 5^2}{57 \times 2,5} = 1,93 \text{ VA}$$

Moc obciążenia uzwojenia wtórnego wyniesie:

$$S_{2\text{ob.}} = 0,05 + 1,25 + 1,93 = 3,23 \text{ VA}$$

Sprawdzenie

$$0,25 \times 5 \leq 3,23 \leq 5$$

$$1,25 \leq 3,23 \leq 5 \quad \text{warunek spełniony}$$

Dobrano przekładniki prądowe o mocy znamionowej $S_n = 5 \text{ VA}$

5.1.5. Dobór przekładników napięciowych do układu pomiarowego

Sprawdzenie doboru przekładnika napięciowego ze względu na moc znamionową S_n

Ze względu na zachowanie klasy dokładności konieczne jest spełnienie następującego warunku obciążenia przekładnika:

$$0,25 S_n \leq S_{\text{ob}} \leq S_n$$

gdzie: S_{ob} – moc odpowiadająca rzeczywistemu obciążeniu przekładnika

S_n – moc znamionowa przekładnika

Moc obciążającą przekładnik w stanie pracy normalnej $S_{2\text{ob}}$ można wyrazić następującą zależnością:

$$S_{2\text{ ob}} = S_{\text{EQM}} + S_{\text{zest}}$$

gdzie: $S_{2\text{ob}}$ – moc odpowiadająca rzeczywistemu obciążeniu przekładnika napięciowego

S_{EQM} – moc pobierana przez cewkę napięciową licznika

Dla napięcia fazowego (zgodnie z kartą dobranego licznika) $100/\sqrt{3} = 2,1\text{VA}$

S_{zest} – moc tracona na zestykach – pomijalnie mała

Dla powyższych danych oraz zastosowanego układu połączeń moc $S_{2\text{ ob}}$ obciążającą przekładnik w stanie pracy normalnej wyniesie:

$$S_{2\text{ob}} = 2,1 \text{ VA}$$

Projektowane są przekładniki napięciowe o przekładni $20:\sqrt{3}/0,1:\sqrt{3}/0,1:\sqrt{3}$; mocy 5VA; kl. 0,2; 50Hz.

Sprawdzenie warunku:

$$0,25 \times 5 \leq 2,1 \leq 5$$

$$1,25 \leq 2,1 \leq 5$$

warunek jest spełniony

5.1.6. Sprawdzenie spadku napięcia na obwodzie napięciowym licznika

$$\Delta U_{\%} = \frac{2 \times l \times S_{ob}}{\gamma \times S \times U^2} \times 100\% = \frac{2 \times 7 \times 2,1}{57 \times 1,5 \times 58^2} \times 100\% = 0,0001\%$$

gdzie:

S_{ob} – maksymalna obliczeniowa moc obciążenia przekładnika

l – długość wtórnych obwodów napięciowych

Warunek $\Delta U < 0,1 \%$ jest spełniony

5.1.7. Straty na przyłączu SN

Straty na przyłączu SN dla licznika

Mnożna dla strat obciążeniowych linii kablowej:

dla przekładni 50/5

$$A_{obck} = (R_o \times l) \times \delta_p^2 \times 10^{-3} = (0,125 \times 0,014) \times 10^2 \times 10^{-3} = 0,000175$$

dla przekładni 100/5

$$A_{obck} = (R_o \times l) \times \delta_p^2 \times 10^{-3} = (0,125 \times 0,014) \times 20^2 \times 10^{-3} = 0,0007$$

Mnożna dla strat jałowych linii kablowej:

$$A_{jak} = (\omega \times C \times l \times S_N^2 \times \text{tg} \delta \times 10^{-6})$$

$$= 314 \times 0,3 \times 0,014 \times 240^2 \times 0,004 \times 10^{-6} = 0,0003$$

gdzie:

R_o	rezystancja żyły roboczej kabla XRUHAKXS 3x1x240	=	0,125	(Ω/km)
$\text{tg} \delta$	współczynnik strat dielektrycznych	=	0,004	
δ_p	przekładnia przekładnika prądowego	=	10 20	dla 50/5 A/A dla 100/5 A/A
δ_U	Przekładnia przekładnika napięciowego	=	200	dla $20/\sqrt{3}$ / $100/\sqrt{3}$
S	przekrój kabla SN	=	240	mm^2
l	długość linii kablowej	=	14	m
C	pojemność robocza kabla dla 240mm ²	=	0,30	dla 1x240 mm ² ($\mu\text{F}/\text{km}$)
ω	$2\pi f$	=	314,1593	

5.1.8. Obliczenia zwarciove

▪ Stacja GPZ Maciejów

GPZ	S_k MVA	U_N kV	c	$X_Q \Omega$
Maciejów	$S_k = S_k'' = 153,3$	20	1,1	$Z_{kQ} = \frac{C_{max} \times U_n^2}{S_{kQ}} = \frac{1,1 \times 20000^2}{153,3 \times 10^6} = 2,87[\Omega]$ $X_{kQ} = 0,995 * Z_{kQ} = 2,85[\Omega]$ $R_{kQ} = 0,1 \times X_{kQ} = 0,1 \times 2,87 = 0,285[\Omega]$

▪ Linie zasilające projektowane urządzenia:

Typ linii	l m	$R_L \Omega$	$X_L \Omega$
-----------	-------	--------------	--------------

XRUHAKXS 3x1x240	$L_1=650$	$R_o = 0,165 \left[\frac{\Omega}{\text{km}} \right]$ $R_{l1} = R_o \times l = 0,165 \times 0,65$ $= 0,1072[\Omega]$	$X_o = 0,110 \left[\frac{\Omega}{\text{km}} \right]$ $X_{l1} = X_o \times l = 0,110 \times 0,65$ $= 0,0715[\Omega]$
	Suma	0,1072	0,0715

Rezystancja pętli zwarcia:	$R_Z = R_{kQ} + R_{l1} = 0,285 + 0,1072 = 0,3922[\Omega]$
Reaktancja pętli zwarcia:	$X_Z = X_{kQ} + X_{l1} = 2,85 + 0,0715 = 2,9215[\Omega]$
Impedancja pętli zwarcia:	$Z_{z1} = \sqrt{R_Z^2 + X_Z^2} = 2,95[\Omega]$
Początkowy symetryczny prąd zwarcia I_k'' jest równy ustalonemu prądowi zwarcia I_k :	$I_k'' = \frac{c_{max} * U_n}{\sqrt{3} \times Z_z} = \frac{1,1 \times 20000}{\sqrt{3} \times 2,95} = 4280,9[A]$ $= 4,31[kA]$
Współczynnik do obliczenia prądu zwarciovego szczytowego:	$K \approx 1,02 + 0,98e^{-3R_Z/X_Z} = 1,68$
Prąd zwarciovym szczytowy (udarowy):	$i_p = \sqrt{2} \times K \times I_k'' = \sqrt{2} \times 1,68 \times 4,31 = 10,21kA$
Znamionowy krótkotrwały prąd cieplny	$T_k=1,0s > 10T$ stąd $I_{th} \approx J_k'' = 4,31$ $12,5 \text{ kA} > 4,31 \text{ kA}$ warunek spełniony I_{th} przekładników=12,5kA
Warunek dynamiczny $I_{dyn} > I_p$	$25 \text{ kA} > 10,21 \text{ kA}$ warunek spełniony I_{dyn} przekładników=25kA

W projektowanym miejscu przyłączenie tj. złącze kablowe SN-20 kV (zakres odrębnego opracowania) prąd $I_{th}=4,31 \text{ kA}$.

Wytrzymałość zwarciovą 1-sek, dla żyły 150mm^2 wg karty katalogowej

$$I_{1s \text{ kabla}} = 22,6 \text{ kA}$$

$$I_{th} < I_{1s \text{ kabla}}$$

$$64,31 < 22,6 - \text{warunek spełniony}$$