

Załącznik nr 5 do Standardu technicznego nr 11/2015
budowy układów uziomowych w sieci dystrybucyjnej
TAURON Dystrybucja S.A.
(wersja trzecia)

Zawartość projektu układów uziomowych.
Przykłady obliczeń.

Kraków, grudzień 2021 r.

Spis treści

1. Wymagana zawartość projektu układów uziomowych.....	3
2. Określenie spodziewanej trwałości projektowanego układu uziomowego	3
3. Ustalenie wartości prądów zwarciovych doziemnych	3
4. Określenie wymaganej rezystancji uziemienia – wybór kryterium stawianego układowi uziomowemu	4
4.1. Wartość rezystancji uziemienia	4
4.2. Długość uziomu z uwagi na wymogi ochrony odgromowej	4
5. Uzasadnienie łączenia lub rozdziału uziemień o różnym przeznaczeniu oraz wykorzystanie uziomów naturalnych	6
6. Charakterystyka gruntów	6
6.1. Głębokość przemarzania gruntu	7
6.2. Rezystywność gruntu	7
7. Obliczenie rezystancji uziomów sztucznych	7
8. Dobór przewodów uziemiających	8
9. Plan uziomów i instalacji uziemiającej (budowanej i istniejącej)	8
10. Dobór środków uzupełniających dla ograniczania napięć dotykowych rażeniowych i wynoszenia potencjału w stacjach i liniach o napięciu wyższym od 1 kV (WN i SN)	8
11. Rysunki wykonawcze rozwiązań nietypowych	9
12. Opis techniczny	9
13. Zestawienie materiałów	9
14. Kosztorys	10
15. Przykłady projektowe	10
15.1. Stacja transformatorowa SN/nN słupowa	10
15.2. GPZ 110 kV	19

1. Wymagana zawartość projektu układów uziomowych

Część dokumentacji technicznej obiektu lub instalacji w zakresie układu uziomowego powinna zawierać:

- a) charakterystykę gruntów w terenie przewidzianym pod budowę uziomów oraz dane dotyczące uziomów naturalnych,
- b) określenie spodziewanej trwałości projektowanego układu uziomowego,
- c) wartości prądów ziemnozwarciowych oraz czasu trwania zwarcia będących podstawą do wymiarowania układu uziomowego,
- d) określenie wymaganej rezystancji uziemienia,
- e) dobór przewodów uziemiających i uziomów z uwagi na dopuszczalną obciążalność prądem ziemnozwarciowym,
- f) uzasadnienie łączenia lub rozdzielenia uziemień o różnym przeznaczeniu oraz wykorzystanie uziomów naturalnych,
- g) obliczenie uziomów sztucznych,
- h) plan uziomów i instalacji uziemiającej (budowanej i istniejącej),
- i) rysunki wykonawcze,
- j) opis techniczny,
- k) zestawienie materiałów,
- l) kosztorys.

2. Określenie spodziewanej trwałości projektowanego układu uziomowego

Trwałość projektowanego układu uziomowego powinna być dobierana odpowiednio do wymaganej trwałości uziemianych elementów systemu elektroenergetycznego zgodnie z zapisami pkt. 2 Załącznika nr 3.

3. Ustalenie wartości prądów zwarciovych doziemnych

TAURON Dystrybucja S.A. określi w WT dla obiektów energetycznych maksymalną wartość spodziewanych prądów zwarciovych i czas trwania zwarcia.

Podstawą wymiarowania układu uziomowego jest:

- maksymalna wartość napięć dotykowych rażeniowych reprezentowana przez wymaganą wartość rezystancji uziemienia dla ograniczenia wartości napięcia uziomowego U_E lub maksymalna wartość napięcia na przewodzie PEN nie większa niż 50 V lub wartość największego dopuszczalnego napięcia dotykowego rażeniowego $2 \cdot U_{TP}$ dla stacji i $2 \cdot U_D$ dla linii,
- minimalny przekrój przewodów uziemiających narażonych na działanie prądów zwarciovych doziemnych
- konfiguracja układu uziomowego w kontekście rozptywu prądów zwarcia oraz prądów udarowych.

Maksymalne spodziewane wartości prądów zwarciovych doziemnych powinny być wyszczególnione w projekcie z podaniem maksymalnych czasów trwania zwarcia. Dane te powinny być wykorzystane do obliczeń wymaganej wartości rezystancji uziemienia i minimalnych przekrojów przewodów uziemiających.

4. Określenie wymaganej rezystancji uziemienia – wybór kryterium stawianego układowi uziomowemu

Projekt powinien zawierać informacje o kryterium, jakie powinno być spełnione przez układ uziomowy. Kryterium to stanowią:

- maksymalna wartość rezystancji uziemienia lub maksymalna wartość napięć dotykowych rażeniowych ze względu na ochronę przed porażeniem,
- i
- minimalna oraz maksymalna długość uziomu ze względu na wymagania ochrony odgromowej i efektywne odprowadzenia prądu udarowego, ze względu na warunki opisane w punkcie 4.2.

Projektant powinien przeprowadzić obliczenie maksymalnej wartości rezystancji uziemienia lub ustalić jej wartość a także konfigurację układu uziomowego w oparciu o zapisy odpowiednich norm lub przepisów.

4.1. Wartość rezystancji uziemienia

Najczęściej stosowanym kryterium stawianym układowi uziomowemu jest uzyskanie wymaganej wartości rezystancji uziemienia. Z punktu widzenia ochrony przed porażeniem wartość rezystancji uziemienia powinna być odpowiednio mała, aby napięcie na uziemionych częściach przy przepływie prądów zwarciovych nie przekraczało wartości dopuszczalnych z uwzględnieniem czasu trwania zwarcia.

Kryterium wymaganej wartości rezystancji uziemienia stawiane układowi uziomowemu powinno być w projekcie poparte stosownymi obliczeniami lub odwołaniami do określonych wytycznych.

Spełnienie warunku wymaganej wartości rezystancji uziemienia powinno być potwierdzone protokołem z pomiarów przeprowadzonych po wykonaniu układu uziomowego i ujęte w dokumentacji powykonawczej.

4.2. Długość uziomu z uwagi na wymogi ochrony odgromowej

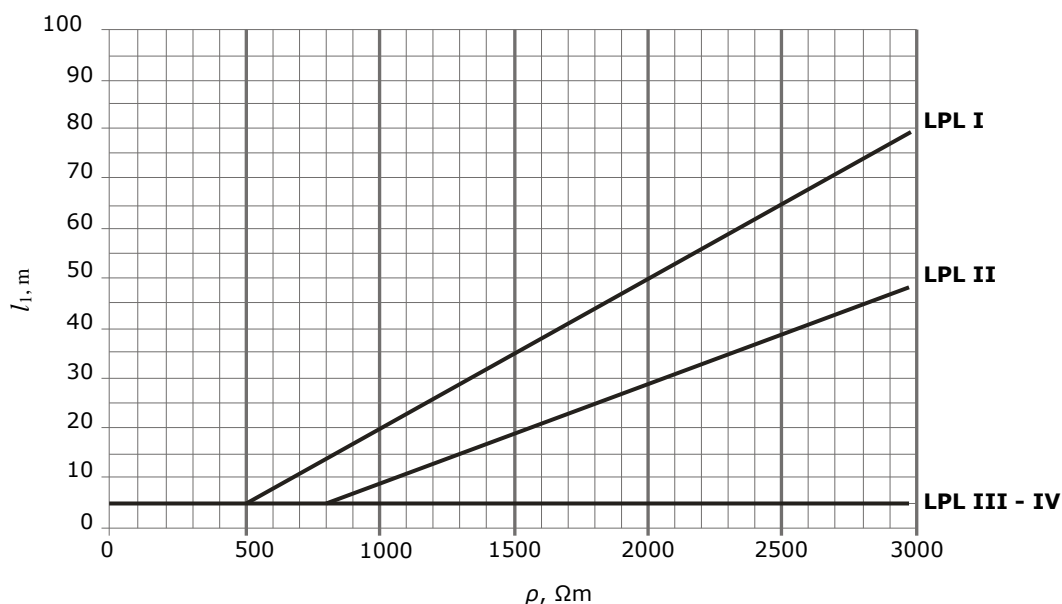
Jeżeli dla obiektu określono poziom ochrony odgromowej LPL (tabela 1), to projektowany układ uziomowy powinien dodatkowo spełniać wymagania w zakresie minimalnej długości uziomu l_1 . Uziomy poziome prostoliniowe powinny mieć w takim przypadku długość nie mniejszą niż l_1 . Dla uziomów kratowych, otokowych i pierścieniowych rozpatruje się średni promień r_e obszaru objętego uziomem poziomym, który nie powinien być mniejszy niż minimalna wymagana długość uziomu: $r_e \geq l_1$. Dla uziomów pionowych prętowych minimalna długość uziomu powinna wynosić $0,5 l_1$.

Dla obiektów sklasyfikowanych wg normy [N14] jako wymagające ochrony odgromowej o poziomie LPL IV lub LPL III minimalna długość uziomu jest niezależna od wartości rezystywności gruntu i wynosi $l_1 = 5$ m. Minimalna długość uziomu l_1 obiektów sklasyfikowanych jako wymagające ochrony odgromowej o poziomie LPL II lub LPL I zależna jest od wartości rezystywności gruntu ρ przedstawionej na rysunku 1.

Tabela 1

Maksymalne wartości parametrów pioruna powiązanych z LPL [N15].

Pierwszy udar krótkotrwały			LPL			
Parametry prądu	Symbol	Jednostka	I	II	III	IV
Wartość szczytowa	I	kA	200	150	100	
Ładunek udaru krótkotrwałego	Q_{short}	C	100	75	50	
Energia właściwa	W/R	MJ/ Ω	10	5,6	2,5	
Parametry czasu	$T_1\sqrt{T_2}$	$\mu\text{s}/\mu\text{s}$	10 / 350			
Następny udar krótkotrwały			LPL			
Parametry prądu	Symbol	Jednostka	I	II	III	IV
Wartość szczytowa	I	kA	50	37,5	25	
Średnia stromość	di/dt	kA/ μs	200	150	100	
Parametry czasu	$T_1\sqrt{T_2}$	$\mu\text{s}/\mu\text{s}$	0,25 / 100			
Udar długotrwały			LPL			
Parametry prądu	Symbol	Jednostka	I	II	III	IV
Ładunek udaru długotrwałego	Q_{long}	C	200	150	100	
Parametry czasu	T_{long}	s	0,5			
Wyładowanie piorunowe			LPL			
Parametry prądu	Symbol	Jednostka	I	II	III	IV
Ładunek wyładowania	Q_{flash}	C	300	225	150	



Rysunek 1

Minimalna długość l_1 uziomu zgodnie z poziomem ochrony odgromowej LPL

Nie jest konieczne spełnienie warunku minimalnej długości uziomu z uwagi na zagrożenie piorunowe, gdy:

- a. projektowana wartość rezystancji uziemienia $R < 10 \Omega$,
- lub
- b. na etapie wykonawstwa osiągnięta zostanie wartość $R < 10 \Omega$.

Przy projektowaniu uziomu odgromowego należy oprócz jego minimalnej długości, uwzględnić również jego efektywną maksymalną długość. Można przyjąć, iż graniczna długość uziomu dla skutecznej ochrony przed przepięciami wywołanymi wyładowaniami atmosferycznymi, wynosi:

- dla gruntów o niskiej rezystywności $\rho \leq 500 \Omega\text{m}$: 30-35 m,
- dla gruntów o wyższej rezystywności $\rho > 500 \Omega\text{m}$: 60 m.

5. Uzasadnienie łączenia lub rozdzielenia uziemień o różnym przeznaczeniu oraz wykorzystanie uziomów naturalnych

Jeżeli projektowany układ uziomowy ma być łączony z układem uziomowym istniejącym, to projektant powinien uwzględnić rodzaj materiału z jakiego wykonany jest istniejący układ uziomowy, dla zminimalizowania problemów wynikających z różnicy potencjałów elektrochemicznych łączonych materiałów.

Jeżeli dla danego typu instalacji w niniejszym standardzie zawarte są wymagania odnośnie konieczności łączenia lub zakazu łączenia uziemień o różnym przeznaczeniu, to należy się do nich dostosować w projekcie.

6. Charakterystyka gruntów

Projekt powinien zawierać informacje dotyczące rezystywności gruntu w miejscach planowanego montażu uziemień oraz określać w jakiej strefie przemarzania gruntu obszar ten leży.

6.1. Głębokość przemarzania gruntu

Konfiguracja i głębokość pograżenia uziomu powinny zapewniać utrzymanie rezystancji uziemienia poniżej wartości wymaganej przez cały przewidywany okres jego eksploatacji, przy największej spodziewanej w ciągu roku wartości rezystywności gruntu. W związku z tym zaleca się projektowanie i montaż elementów układu uziomowego, zarówno poziomych jak i pograżanych pionowo, na głębokościach nie mniejszych od lokalnej głębokości przemarzania gruntu, którą dla różnych regionów Polski określić można za pomocą Załącznika nr 7 z uwzględnieniem przypadków gdy układ uziomowy ma spełniać wymagania środka ochrony uzupełniającej M. W przypadku niemożliwości układania uziomu poziomego na głębokości poniżej głębokości przemarzania gruntu i ze względu na okresowe zmiany rezystywności gruntu, rezystancja uziemienia powinna być policzona bez uwzględnienia uziomów poziomych z uwzględnieniem współczynnika sezonowych zmian rezystywności gruntu k_R ([T7]).

6.2. Rezystywność gruntu

Na potrzeby obliczeń uziomów sztucznych należy ustalić wartość rezystywności gruntu ρ . Dla układów uziomowych sieci WN i SN oraz w przypadku stacji SN/nN wartość rezystywności powinna być określona na podstawie pomiarów przeprowadzonych dla różnych głębokości zgodnie z Załącznikiem nr 6 stosownie do konfiguracji i przeznaczenia układu uziomowego.

Nie dopuszcza się określania wartości rezystywności gruntu jedynie na podstawie posiadanej wiedzy o rodzaju gruntu i odpowiadających mu typowych wartościach podawanych w literaturze, gdyż projektowanie uziomów na podstawie danych orientacyjnych prowadzi do niedoszacowania lub nadmiernego zużycia materiałów i robocizny w stosunku do rozwiązania optymalnego.

Obliczenia projektowe rezystancji uziemienia poszczególnych elementów poziomych (z uwzględnieniem punktu 6.1.) i pionowych układu uziomowego powinny być oparte na wartościach rezystywności gruntu zmierzonych dla planowanych głębokości pograżania elementów projektowanego układu uziomowego. Dla uziomów poziomych należy przyjmować wartość rezystywności gruntu zmierzonej dla głębokości ich pograżania h_p . Dla uziomów pionowych należy przyjmować wartość rezystywności zmierzoną dla głębokości $(h_p + L_r)$ uwzględniającej projektowaną długość uziomu pionowego prętowego L_r i głębokość pograżenia uziomów poziomych h_p , do których uziomy pionowe są łączone.

Protokół z pomiarów rezystywności gruntu powinien być dołączony do projektu układu uziomowego.

7. Obliczenie rezystancji uziomów sztucznych

Układ uziomowy musi spełnić wymagania w zakresie określonej wartości rezystancji uziemienia, zatem projekt powinien zawierać jej obliczenia stanowiące potwierdzenie spełnienia tego warunku dla założonej konfiguracji układu uziomowego.

Obliczenia należy przeprowadzać korzystając z materiałów poradnikowych zamieszczonych w Załączniku nr 4.

Obliczenia projektowe stanowią wstępny etap wykonania układu uziomowego i określają jego minimalną konfigurację. Należy zawsze brać pod uwagę, że po wykonaniu układu uziomowego zgodnie z projektem może nie być spełniony wymagany warunek maksymalnej dopuszczalnej wartości rezystancji uziemienia. **Z tego względu projekt powinien zawierać szczegółowe**

wytyczne dla wykonawcy w zakresie ewentualnej rozbudowy układu uziomowego w celu zmniejszenia rezystancji uziemienia.

8. Dobór przewodów uziemiających

Projekt powinien zawierać szczegółowe wymagania dla parametrów technicznych, jakie powinny spełniać przewody uziemiające wraz z uzasadnieniem. Przewody układu uziemiającego powinny być dobierane pod względem:

- rodzaju materiału dla zapewnienia wymaganego okresu eksploatacji układu uziomowego oraz w celu uniknięcia powstawania ogniw elektrochemicznych powodujących przyspieszoną korozję,
- minimalnych przekrojów dla zapewnienia wytrzymałości na oddziaływanie prądów ziemnozwarciowych o spodziewanych wartościach maksymalnych.

9. Plan uziomów i instalacji uziemiającej (budowanej i istniejącej)

Projekt powinien zawierać plan rozmieszczenia instalacji uziemiającej przedstawiony na planie zagospodarowania terenu.

Plan instalacji powinien uwzględniać:

- jednoznaczne wyróżnienie części istniejącej i projektowanej,
- punkty podłączenia przewodów uziemiających do układu uziomowego,
- lokalizacje elementów instalacji odgromowych (jeżeli występują, np. maszty odgromowe w rozdzielniach napowietrznych WN),
- trasy przebiegu przewodów poziomych z określeniem głębokości, na jakiej powinny być układane,
- punkty lokalizacji uziomów pionowych z zaznaczeniem głębokości ich pograżania,
- punkty połączeń poszczególnych części układu uziomowego ze wskazaniem typu połączenia (spawanie: długość spawu; zgrzewanie egzotermiczne: typ zgrzewu, rodzaj formy; połączenia gwintowe: typ złącza krzyżowego),
- wymiary (przekroje) elementów instalacji uziemiającej ze wskazaniem zastosowanego materiału,
- wartość rezystancji uziemienia.

10. Dobór środków uzupełniających dla ograniczania napięć dotykowych rażeniowych i wynoszenia potencjału w stacjach i liniach o napięciu wyższym od 1 kV (WN i SN)

Projekt układu uziomowego stacji i linii o napięciu wyższym od 1 kV (WN i SN) powinien zawierać wyniki analizy określającej, czy spełnione są kryteria ograniczania napięć dotykowych rażeniowych i wynoszenia potencjału. Zagadnienie to zostało szczegółowo opisane w dokumencie powiązonym [T3].

Należy rozważyć potrzebę i możliwość oraz uzasadnić konieczność zastosowania uzupełniających środków ochrony od porażeń (oznaczane literą M i cyfrą lub cyframi), pozwalających ograniczyć napięcia dotykowe rażeniowe do wartości U_{Tp} [N4]. Sprowadzają się m.in. one do następujących rozwiązań:

- dodatkowy uziom wyrównawczy albo zmniejszenie rozmiarów oczek projektowanego uziomu kratowego,
- warstwy powierzchniowej o dużej rezystywności,

- przewodzące stanowisko obsługi, np. metalowa krata lub płyta połączona ze wszystkimi częściami przewodzącymi jednocześnie dostępnymi z tego stanowiska i z układem uziomowym obiektu,
- pokrycie izolacyjne elementów przewodzących albo zastąpienie ich elementami izolacyjnymi,
- izolacyjne przegrody uniemożliwiające jednoczesne dotknięcie określonych części.

11. **Rysunki wykonawcze rozwiązań nietypowych**

W przypadku projektowania rozwiązań nietypowych, odbiegających od ogólnie przyjętych standardów, których zastosowanie podyktowane jest określonymi ograniczeniami lub innymi wymaganiami stawianymi projektowanemu obiektowi, projekt powinien być uzupełniony o rysunki wykonawcze tych rozwiązań. Rysunki powinny być jednoznaczne, umożliwiające wykonawcy wykonanie układu uziomowego zgodnie z założeniami projektanta.

Uzasadnienie zastosowania rozwiązań nietypowych oraz ich szczegółowy opis powinny być zawarte w opisie technicznym projektu.

W pozostałych przypadkach wymagany jest opis uproszczony układu uziomowego.

12. **Opis techniczny**

Opis techniczny powinien zawierać wszelkie informacje niezbędne do należytego wykonania projektowanego układu uziomowego, jak i całej instalacji uziemiającej, zgodnie z założeniami projektanta.

W opisie należy zawrzeć szczegółowe informacje dotyczące:

- sposobu wykonywania i zabezpieczania połączeń między elementami uziomu,
- zabezpieczania przewodów uziemiających.

Opis powinien zawierać także wytyczne dla wykonawcy w zakresie ewentualnej rozbudowy układu uziomowego w przypadku nieuzyskania wymaganej wartości rezystancji uziemienia po wykonaniu układu uziomowego zgodnie z projektem.

13. **Zestawienie materiałów**

Zestawienie materiałów powinno obejmować:

- długości przewodów (w metrach) płaskich (płaskowników) i okrągłych z podaniem przekrojów i rodzaju materiału,
- liczbę prętów uziomowych z podaniem ich długości, średnicy i rodzaju materiału,
- liczbę uchwytów krzyżowych z wskazaniem typu określającego rodzaj łączonych elementów,
- liczbę materiałów do zabezpieczania połączeń elementów układu uziomowego (np. taśm DENSO),
- liczbę i typy form do wykonania określonej liczby połączeń egzotermicznych oraz liczbę i typy ładunków.

W zestawieniu należy przede wszystkim uwzględnić parametry techniczne (wymiar, rodzaj materiału, właściwości elektryczne), jakie powinny spełniać poszczególne elementy w celu uniemożliwienia zamiany projektowanych rozwiązań na gorsze.

14. Kosztorys

Kosztorys powinien uwzględniać szacunkowe zestawienie kosztów materiałów wymaganych do konstrukcji układu uziomowego i całej instalacji uziemiającej, jak i koszty robocizny.

Dla materiałów w kosztorysie należy zawrzeć ceny katalogowe projektowanych rozwiązań.

Koszty robocizny powinny uwzględniać wszelkie prace związane z:

- robotami ziemnymi (wykopy pod uziomy poziome),
- pograżaniem uziomów pionowych,
- wykonywaniem różnorodnych połączeń w zależności od ich typu, w tym ich izolowanie od wpływu wilgoci w gruncie,
- demontażem istniejących instalacji (jeżeli konieczne),
- wykonywaniem pomiarów kontrolnych.

Do wyceny robocizny należy przyjmować ogólnie przyjęte stawki roboczogodzin określone w wydawnictwie Sekocenbud'u.

15. Przykłady projektowe

Przedstawionych poniżej przykładów **nie można traktować jako gotowych do zastosowania projektów układów uziomowych**.

Wartości przyjęte do obliczeń oraz zaprezentowany w przykładach plan budowy układów uziomowych nie stanowią najlepszego, z punktu widzenia technicznego oraz ekonomicznego, sposobu budowy układów uziomowych dla danego przypadku. Przyjęcie przedstawionych poniżej rozwiązań miało za cel, jedynie, zaprezentowanie wykorzystania jak największej ilości wzorów przedstawionych w Załączniku nr 4 do Standardu.

Są to wyłącznie przykłady zastosowania wzorów do obliczania złożonych układów uziomowych.

15.1. Stacja transformatorowa SN/nN słupowa

Projekt dotyczy budowy stacji transformatorowej SN/nN słupowej, która ma znajdować się w pobliżu linii energetycznej SN przebiegającej wzdłuż drogi lokalnej. Układ uziemiający – ze względu na bardzo wysoką wartość rezystywności gruntu - powinien uwzględniać uziom najbliższego słupa SN linii energetycznej oddalonego o 15 m od projektowanej stacji SN/nN.

15.1.1. Określenie spodziewanej trwałości projektowanego układu uziomowego

Trwałość projektowanego układu uziomowego powinna odpowiadać wymaganej trwałości elementów systemu elektroenergetycznego określonej przez TAURON Dystrybucja S.A. w Załączniku nr 3, która dla stacji słupowych SN/nN, linii napowietrznych i kablowych SN wynosi 35 lat.

15.1.2. Charakterystyka gruntów w terenie przewidzianym pod budowę układu uziomowego

Na podstawie załączonego protokołu z pomiarów rezystywności gruntu, przeprowadzonych w miejscu przewidzianym na wykonanie projektowanego układu uziomowego przyjmuje się – dla potrzeb analizowanego przykładu projektowego - następujące wartości rezystywności gruntu:

$$\rho_o = 245 \Omega\text{m dla głębokości około 1 m,}$$

$$\rho_r = 157 \Omega\text{m dla głębokości około 4 m.}$$

15.1.3. Ustalenie wartości prądów uziomowych

Na podstawie danych otrzymanych od Operatora Sieci Dystrybucyjnej dla danego układu zasilania przyjmuje się - dla potrzeb analizowanego przykładu projektowego - do obliczeń projektowych:

prąd uziomowy $I_E = 40,2 \text{ A}$
czas trwania zwarcia $t_F = 4,6 \text{ s}$.

15.1.4. Uzasadnienie łączenia lub rozdziału uzemień o różnym przeznaczeniu oraz wykorzystanie uzimów naturalnych

Zgodnie z wytycznymi doboru środków ochrony przed porażeniem w urządzeniach WN, SN i nN stosowanych przy projektowaniu sieci elektroenergetycznej na terenie TAURON Dystrybucja S.A [T3] w stacjach transformatorowych SN/nN na terenie TAURON Dystrybucja S.A należy łączyć uzemiaenia ochronne urządzeń SN oraz uzemiaenia punktu neutralnego sieci nN. W stacji SN/nN do wspólnego układu uziomowego przyłączony jest punkt neutralny sieci nN wraz z przewodami PEN (PE) linii nN oraz powłoki metalowe lub żyły powrotne kabli SN (przy zasilaniu kablowym stacji).

15.1.5. Obliczenie lub ustalenie w oparciu o zapisy norm lub przepisy wymaganej rezystancji uzimienia

Dobór środków ochrony przed porażeniem dla urządzeń stacji SN/nN ze względu na napięcie rażeniowe na stacji i w jej otoczeniu

Dla stacji transformatorowej projektuje się wykonanie uzimienia ochronno-roboczego, którego rezystancja nie może przekraczać wartości R_E .

Zgodnie z wytycznymi doboru środków ochrony przed porażeniem w urządzeniach WN, SN i nN stosowanych przy projektowaniu sieci elektroenergetycznej na terenie TAURON Dystrybucja S.A [T3] skuteczność ochrony przed porażeniem przy dotyku pośrednim będzie zachowana, jeżeli spełniony zostanie warunek:

$$U_E = I_E Z_E \leq 2 U_{Tp}(t_F),$$

przy czym przy założeniu $Z_E = R_E$ warunek przyjmuje postać:

$$R_E \leq \frac{2 U_{Tp}(t_F)}{I_E}$$

gdzie:

- $U_{Tp}(t_F)$ – maksymalne dopuszczalne napięcie dotykowe rażeniowe, zależne od czasu zwarcia t_F ; $U_{Tp} = 86 \text{ V}$ dla $t_F = 4,6 \text{ s}$;
 I_E – prąd uziomowy w A; $I_E = 40,2 \text{ A}$;
 $Z_E = R_E$ – rezystancja uzimienia ochronnego stacji.,

przy czym wartość R_E nie może być większa od 5Ω

$$R_E \leq 5 \Omega$$

Stąd

$$R_E \leq \frac{2 U_{Tp}}{I_E} = \frac{2 \times 86 \text{ V}}{40,2 \text{ A}} = 4,28 \Omega$$

Dla zapewnienia skuteczności ochrony przed porażeniem przy dotyku pośrednim rezystancja uziemienia lokalnego układu projektowanej stacji transformatorowej (odłączonego od sieci) powinna spełniać warunek:

$$R_E \leq 4,28 \Omega.$$

Wartość jak wyżej spełnia warunek ogólny, konieczny do spełnienia na terenie stacji czyli ograniczenie maksymalnej wartości rezystancji uziemienia dla stacji do wartości $R_E \leq 5 \Omega$.

Dobór środków ochrony przed porażeniem dla stacji SN/nN ze względu na napięcia wynoszone do sieci nN

W celu zapewnienia właściwych potencjałów w sieci nN podczas doziemień po stronie SN stacji ($U_E \leq U_F$) musi zostać spełniony warunek:

$$R_B \leq \frac{U_F}{I_E}$$

gdzie:

R_B – wypadkowa rezystancja uziemienia wszystkich połączonych równolegle układów uziomowych (wypadkowa rezystancja wspólnego uziemienia ochronno–roboczego w stacji transformatorowej oraz uziemień przewodów PEN (PE) we wszystkich punktach linii nN tworzących sieć);

U_F – napięcie zakłócenia dla czasu t_f przepływu prądu jednofazowego zwarcia doziemnego; $U_F = 68 \text{ V}$

I_E – prąd uziomowy w A; $I_E = 40,2 \text{ A}$

U_E – napięcie uziomowe w stacji posiadającej wspólny układ uziemiający dla urządzeń strony SN i nN

$$R_B \leq \frac{U_F}{I_E} = \frac{68 \text{ V}}{40,2 \text{ A}} = 1,70 \Omega.$$

Zmierzona wypadkowa rezystancja uziemienia wszystkich połączonych równolegle uziomów sieci oraz uziemień przewodów PEN (PE) we wszystkich punktach linii nN tworzących sieć powinna spełniać warunek: **$R_B \leq 2,04 \Omega$** .

Pomiaru wartości tej rezystancji należy dokonać po wykonaniu i podłączeniu lokalnego układu uziomowego stacji SN/nN o rezystancji $R_E \leq 4,28 \Omega$.

Dobór środków ochrony przed porażeniem dla sieci nN ze względu na napięcie bezpieczne 50 V

Zgodnie z normą [N7], biorąc pod uwagę dobór środków ochrony przed porażeniem dla sieci nN ze względu na napięcie bezpieczne 50 V, wypadkowa rezystancja wszystkich układów uziomowych (punktu neutralnego i przewodów PEN lub PE) w sieciach rozdzielczych niskiego napięcia o układzie TN i zasilanych z nich instalacjach, w których możliwe jest zwarcie doziemne z pominięciem przewodów PEN (PE) wynosi:

$$R_B \leq R_E \frac{50}{U_o - 50} = 10 \cdot \frac{50}{230 - 50} = 2,78 \Omega$$

gdzie:

R_E – rezystancja w miejscu zwarcia doziemnego z pominięciem przewodu PEN (PE) (jeżeli ustalenie wartości R_E jest trudne można przyjmować $R_E = 10 \Omega$)

$$R_B \leq 2,78 \Omega.$$

15.1.6. Obliczenie uziomów sztucznych

Dla projektowanej instalacji projektuje się układ uziomowy składający się z następujących części składowych:

- układu uziomowego typu R4-6 dla stacji transformatorowej SN/nN słupowej, złożonego z uziomu pierścieniowego o średnicy 4,25 m ułożonego wokół słupa stacji wzmocnionego czterema uziomami pionowymi o łącznej długości 6 m każdy;
- uziomu otokowego słupa SN o kształcie pierścienia o średnicy 2 m;
- układu uziomowego typu RP-3-3 łączącego układy uziomowe stacji słupowej SN/nN i pobliskiego słupa SN linii, składający się z uziomu poziomego o długości 12 m i 3 uziomów pionowych o długości 3 m każdy;
- układu uziomowego rozszerzającego RP-3-6-9(N) ułożonego wzdłuż linii energetycznej w celu zredukowania rezystancji uziemienia poniżej obliczonej wartości R_E złożonego z uziomów pionowych o długości 3 m rozmieszczonych w odstępach co 6 m, połączonych uziomem poziomym.

Dla przewodów poziomych zakłada się zastosowanie płaskownika o przekroju 40 mm x 5 mm, dla którego do obliczeń przyjmuje się średnicę zastępczą:

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

dla $b = 40 \text{ mm}$.

Przyjmuje się głębokość ułożenia uziomu poziomego $h = 0,9 \text{ m}$.

Obliczenie układu uziomowego typu R4-6 dla stacji słupowej SN/nN

Rezystancja uziemienia pojedynczego uziomu pionowego prętowego (wzór 2.1 z Załącznika nr 4):

$$R_r = \frac{\rho_r}{2\pi L_r} \left[\ln \left(\frac{8L_r}{d_r} \right) - 1 \right] = 29,19 \Omega$$

gdzie: $\rho_r = 157 \Omega\text{m}$ – rezystywność gruntu na głębokości pograżania uziomów pionowych (około 4m),

$L_r = 6 \text{ m}$ – długość uziomu pionowego prętowego,

$d_r = 16 \text{ mm}$ – średnica uziomu pionowego prętowego.

Rezystancja uziemienia pierścienia łączącego uziomy pionowe prętowe (wzór 2.7 z Załącznika nr 4):

$$R_o = \frac{\rho_o}{\pi^2 D} \ln \left(\frac{2\pi D}{d_o} \right) = 40,75 \Omega$$

gdzie: $\rho_o = 245 \Omega\text{m}$ – rezystywność gruntu na głębokości układania uziomów poziomych,
 $D = 4,24 \text{ m}$ – średnica pierścienia,
 $d_o = 25,46 \text{ mm}$ – zastępcza średnica dla bednarki.

Wypadkowa rezystancja uziemienia R_1 układu uziomowego typu R4-6 (wzór 2.14 z Załącznika nr 4):

$$R_1 = \frac{R_r R_o}{n R_o \eta_1 + R_r \eta_2} = 9,35 \Omega$$

gdzie: $n = 4$ – liczba uziomów pionowych,
 $\eta_1 = 0,7$ – współczynnik wykorzystania uziomów pionowych (tabela nr 2.4 lub rysunek 2.4 w załączniku nr 4),
 $\eta_2 = 0,45$ – współczynnik wykorzystania uziomu poziomego (tabela nr 2.4 lub rysunek nr 2.4 w załączniku nr 4).

Obliczenie uziomu pierścieniowego słupa SN

Rezystancja uziemienia pierścienia wokół słupa SN (wzór 2-7 z Załącznika nr 4):

$$R_2 = \frac{\rho_o}{\pi^2 D} \ln \left(\frac{2\pi D}{d_o} \right) = 77,04 \Omega$$

gdzie: $\rho_o = 245 \Omega\text{m}$ – rezystywność gruntu na głębokości układania uziomów poziomych,
 $D = 2 \text{ m}$ – średnica pierścienia,
 $d_o = 25,46 \text{ mm}$ – zastępcza średnica dla bednarki.

Obliczenie układu uziomowego typu RP-3-3 między słupem stacji SN/nN a słupem linii SN

Rezystancja uziemienia pojedynczego uziomu pionowego (wzór 2.1 z Załącznika nr 4):

$$R_r = \frac{\rho_r}{2\pi L_r} \left[\ln \left(\frac{8L_r}{d_r} \right) - 1 \right] = 52,61 \Omega$$

gdzie: $\rho_r = 157 \Omega\text{m}$ – rezystywność gruntu na głębokości pograżania uziomów pionowych,
 $L_r = 3 \text{ m}$ – długość uziomu pionowego,
 $d_r = 16 \text{ mm}$ – średnica uziomu pionowego.

Rezystancja uziemienia przewodu poziomego łączącego uziomy pionowe (wzór 2.6 z Załącznika nr 4):

$$R_p = \frac{\rho_o}{2\pi L} \ln \left(\frac{L^2}{hd_o} \right) = 28,43 \Omega$$

gdzie: $\rho_o = 245 \Omega\text{m}$ – rezystywność gruntu na głębokości układania uziomów poziomych,

$L = 12$ m – długość przewodu prostoliniowego,
 $d_o = 25,46$ mm – zastępcza średnica dla bednarki
 $h = 0,9$ m – głębokość ułożenia przewodu poziomego.

Wypadkowa rezystancja uziemienia układu typu RP-3-3 (wzór 2.14 z Załącznika nr 4):

$$R_3 = \frac{R_r R_p}{n R_p \eta_1 + R_r \eta_2} = 14,08 \Omega$$

gdzie: $n = 3$ – liczba uziomów pionowych
 $\eta_1 = \eta_2 = 0,77$ – współczynnik wykorzystania uziomów

Obliczenie układu uziomowego rozszerzającego typu RP-3-6

Jako układ rozszerzający projektuje się układ typu RP-3-6 ułożony wzdłuż linii energetycznej składający się z uziomów pionowych o długości 3 m każdy rozmieszczonych w odstępach co 6 m wzdłuż przewodu poziomego. Zastosowanie odstępów o długości 6 m ma na celu umożliwienie ewentualnego zwiększenia długości projektowanych uziomów pionowych z projektowanych 3 m do długości 6 m w przypadku wystąpienia konieczności zmniejszenia wypadkowej rezystancji uziemienia na etapie wykonawstwa.

Rezystancja uziemienia pojedynczego uziomu pionowego (wzór 2.1 z Załącznika nr 4):

$$R_r = \frac{\rho_r}{2\pi L_r} \left[\ln \left(\frac{8L_r}{d_r} \right) - 1 \right] = 52,61 \Omega ,$$

gdzie: $\rho_r = 157 \Omega\text{m}$ – rezystywność gruntu na głębokości pograżania uziomów pionowych,
 $L_r = 3$ m – długość uziomu pionowego,
 $d_r = 16$ mm – średnica uziomu pionowego.

Rezystancja uziemienia przewodu poziomego łączącego uziomy pionowe (wzór 2.6 z Załącznika nr 4):

$$R_p = \frac{\rho_o}{2\pi L} \ln \left(\frac{L^2}{h d_o} \right) = 9,36 \Omega$$

gdzie: $\rho_o = 245 \Omega\text{m}$ – rezystywność gruntu na głębokości układania uziomów poziomych,
 $L = 48$ m – długość przewodu prostoliniowego,
 $d_o = 25,46$ mm – zastępcza średnica dla płaskownika,
 $h = 0,9$ m – głębokość ułożenia przewodu poziomego.

Wypadkowa rezystancja uziemienia układu typu RP-3-6-9(N) (wzór 2.14 z Załącznika nr 4):

$$R_4 = \frac{R_r R_p}{n R_p \eta_1 + R_r \eta_2} = 4,80 \Omega$$

gdzie: $n = 9$ – liczba uziomów pionowych,
 $\eta_1 = \eta_2 = 0,75$ – współczynnik wykorzystania uziomów.

Obliczenie wypadkowej rezystancji uziemienia

Wypadkowa rezystancja uziemienia wynosi:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \Rightarrow R = 2,50 \Omega$$

Obliczona wartość wypadkowej rezystancji projektowanej instalacji uziemiającej stacji transformatorowej $R_E = 2,5 \Omega$ (z pominięciem zjawiska wzajemnego oddziaływania uziomów) jest mniejsza od wymaganej, a więc spełniony jest warunek $R_E \leq 4,28 \Omega$.

Spełniony jest również warunek:

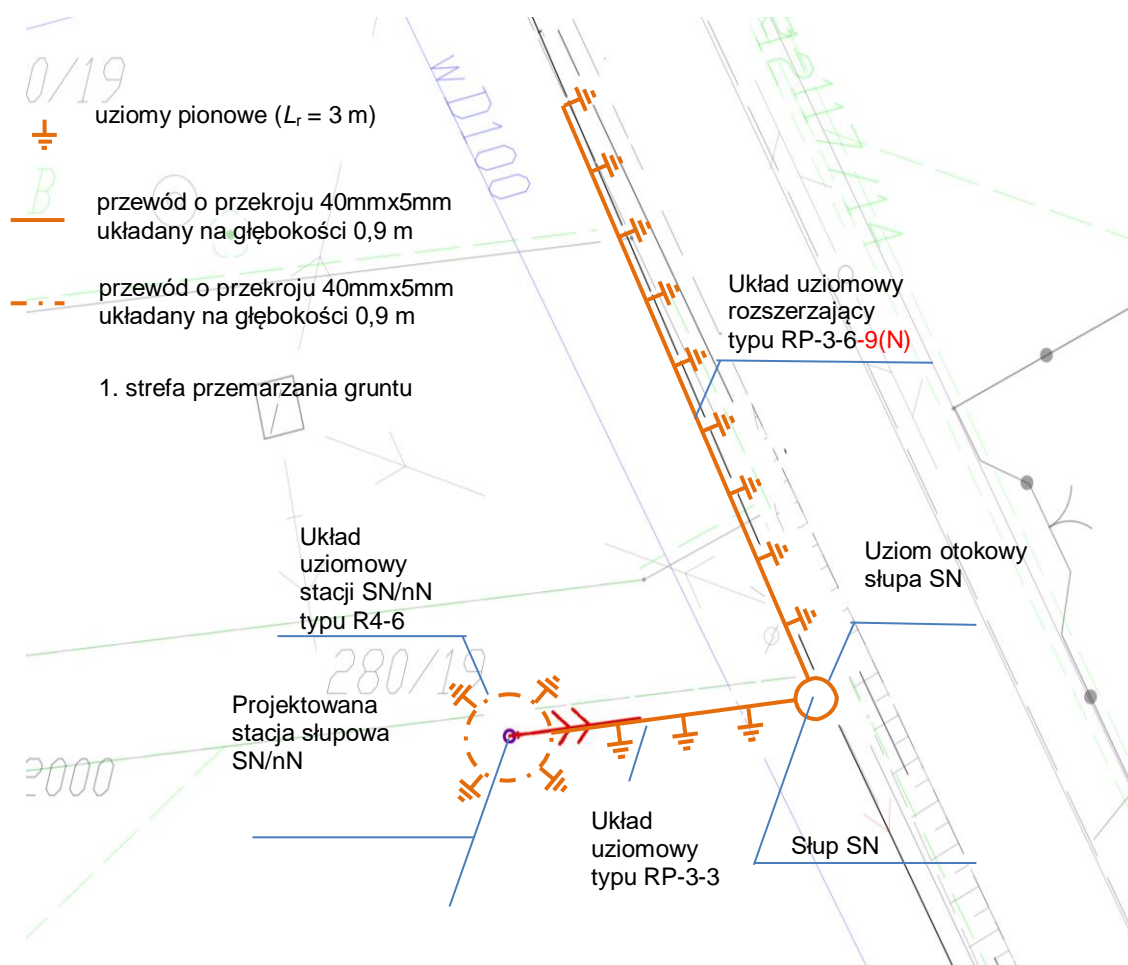
$$R_B \leq R_E \frac{50}{U_0 - 50} = 10 \cdot \frac{50}{230 - 50} = 2,78 \Omega.$$

15.1.7. Dobór przewodów uziomowych i uziemiających

Zgodnie z zapisami standardu minimalne dopuszczalne wymiary elementów układu uziomowego dla stacji słupowej SN/nN:

- a. dla układu ze stali miedziowanej elektrolitycznie StCu: bednarka 40 mm x 5 mm i pręt uziomowy o średnicy 14,2 mm i długości 1,5-1,52 m,
- b. dla układu uziomowego ze stali cynkowanej ogniowo StZn: bednarka 40 mm x 5 mm i pręt uziomowy o średnicy 16 mm i długości 1,5 m.

15.1.8. Plan uziomów i sieci uziemiającej (budowanej i istniejącej)



15.1.9. Rysunki wykonawcze rozwiązań nietypowych

W przedmiotowym projekcie dla stacji transformatorowej SN/nN słupowej nie przewiduje się rozwiązań nietypowych, wymagających dodatkowych wyjaśnień.

15.1.10. Opis techniczny

Przewody poziome (pierścieniowe wokół słupa stacji SN/nN i słupa SN, przewody prostoliniowe między słupem stacji SN/nN i słupem SN oraz uziomu rozszerzającego) układać w wykopach na głębokości 0,9 m.

Wszelkie połączenia układu uziomowego (pomiędzy uziomami poziomymi i między uziomem poziomy i pionowym) wykonać za pomocą uchwyty krzyżowych łączonych śrubami w rozmiarze co najmniej M8 lub poprzez spawanie lub za pomocą zgrzewów egzotermicznych (zgodnie z zapisami w dokumencie głównym standardu). Miejsca połączeń skręcanych i spawanych zabezpieczyć dodatkowo przed korozją za pomocą taśmy DENSO. Dodatkowego zabezpieczenia antykorozyjnego nie wymagają połączenia elementów miedzianych lub stalowych pomiedziowanych wykonywanych za pomocą łączy egzotermicznych.

Przewody uziemiające zabezpieczyć przed korozją, np. za pomocą taśmy Denso, na odcinku od 0,3 m powyżej powierzchni gruntu aż do miejsca połączenia z układem uziomowym w gruncie.

15.1.11. Ewentualna rozbudowa projektowanego układu uziomowego

Po wykonaniu instalacji zgodnie z projektem wykonać pomiar rezystancji uziemienia na zacisku kontrolnym stacji SN/nN. W przypadku stwierdzenia braku spełnienia warunku dla wymaganej rezystancji uziemienia R_E należy dążyć do jej osiągnięcia poprzez stopniowe zwiększanie głębokości pograżania kolejnych uziomów pionowych układu rozszerzającego do maksymalnej długości pojedynczego uziomu pionowego równej 6 m.

W przypadku konieczności dalszej redukcji rezystancji uziemienia dla spełnienia warunku wymaganej rezystancji R_B postępować w sposób analogiczny.

Nie zaleca się pograżać uziomów pionowych układu rozszerzającego na głębokości większe niż 6 m (z uwagi na odległość między uziomami pionowymi wynoszącą 6m) i w związku z tym, jeżeli konieczna będzie dalsza rozbudowa dla osiągnięcia wymaganej wartości rezystancji uziemienia, kolejne uziomy pionowe należy pograżać wzdłuż linii energetycznej w przeciwnym kierunku w stosunku do projektowanego układu rozszerzającego. Innym dopuszczalnym przypadkiem rozbudowy układu uziomowego jest zabudowa uziomów ukośnych, które pozwalają na zmniejszenie odległości zabudowy. Dodatkowy koszt tego uzupełnienia uzgodnić z Inwestorem.

Wszelkie zmiany układu uziomowego zaznaczyć w dokumentacji powykonawczej.

Uwaga: W przypadku wystąpienia konieczności dalszej rozbudowy układu uziomowego niezbędne jest uzgodnienie z jego projektantem sposobu osiągnięcia wymaganej rezystancji, co musi znaleźć odbicie w postaci zmian naniesionych w dokumentacji powykonawczej, zatwierdzonych podpisem przez projektanta.

15.1.12. Przykładowe zestawienie materiałów

Zestawienie materiałów		
Element instalacji uziemiającej	JM	ilość
Płaskownik stalowy z warstwą zabezpieczenia antykorozyjnego, przekrój 40x5 mm	m	90
Pręt stalowy z warstwą zabezpieczenia antykorozyjnego, długość 1,5 m, średnica $\varnothing 16$ mm	szt.	40
Uchwyt do łączenia płaskownika i prętów	szt.	16
Uchwyt do łączenia płaskowników	szt.	6
Taśma DENSO	szt.	5
Izolacja termokurczliwa przewodu uziemiającego	m	2

Uwaga: zestawienie materiałów nie uwzględnia ewentualnych materiałów koniecznych do rozbudowy układu uziomowego. W przypadku wystąpienia takiej konieczności niezbędne jest uzgodnienie z projektantem układu uziomowego sposobu osiągnięcia wymaganej rezystancji, co musi znaleźć odbicie w postaci zmian naniesionych w dokumentacji powykonawczej zatwierdzonych podpisem przez projektanta.

15.1.13. Kosztorys

W kosztorysie do projektu uwzględnia się wszelkie zaplanowane koszty:

- materiałów,
- robocizny,
- sprzętu
- pomiarów.

15.2. GPZ 110 kV

Projekt dotyczy budowy GPZ 110 kV/SN.

15.2.1. Ustalenie wartości prądów zwarciovych doziemnych

Na podstawie charakterystyki układu zasilania przyjmuje się do obliczeń projektowych:

Prąd zwarcia doziemnego $I_E = r I_{k1}'' = 16,461 \text{ kA}$

Czas trwania zwarcia $t_F = t_{k1} = 0,6 \text{ s}$

15.2.2. Charakterystyka gruntów w terenie przewidzianym pod budowę układów uziomowych oraz dane dotyczące uziomów naturalnych

Na podstawie mapy stref przemarzania gruntów ustala się głębokość przemarzania na terenie projektowanej stacji $h_z = 0,8 \text{ m}$.

Na podstawie załączonego protokołu z pomiarów rezystywności gruntu, przeprowadzonych w miejscu przewidzianym na wykonanie projektowanej instalacji przyjmuje się następujące wartości rezystywności gruntu:

$\rho_o = 175 \text{ }\Omega\text{m}$ dla głębokości około 1 m,

$\rho_{r-4m} = 131 \text{ }\Omega\text{m}$ dla głębokości około 4 m,

$\rho_{r-7m} = 101 \text{ }\Omega\text{m}$ dla głębokości około 7 m,

$\rho_{r-10m} = 75 \text{ }\Omega\text{m}$ dla głębokości około 10 m.

15.2.3. Kryterium, jakie powinno być spełnione przez układ uziomowy (obliczenie lub ustalenie w oparciu o zapisy norm lub przepisy wymaganej rezystancji uziemienia)

Maksymalna wartość rezystancji uziemienia ze względu na ochronę przed porażeniem

Z wymagań ochrony przed porażeniem wynika, iż wypadkowa rezystancja uziemienia stacji powinna spełniać warunek:

$$R \leq 1 \text{ }\Omega.$$

15.2.4. Uzasadnienie łączenia lub rozdziału uziemień o różnym przeznaczeniu oraz wykorzystanie uziomów naturalnych

Na terenie GPZ należy łączyć do wspólnego układu uziomowego części przewodzące dostępne i obce, wysokiego i niskiego napięcia.

15.2.5. Dobór przewodów uziomowych i uziemiających

Dla zapewnienie długoletniego okresu eksploatacji układ uziemiający projektuje się z miedzi. Dla przewodów poziomych i uziemiających należy zastosować płaskownik Cu o przekroju minimalnym 50 mm^2 i grubości 2 mm. Jako uziomy pionowe projektuje się pręty miedziane z aktywatorem chemicznym.

Minimalny przekrój płaskownika układu uziomowego i przewodu uziemiającego A , przy jakim następuje wzrost temperatury przewodu do maksymalnej dopuszczalnej wartości T_m przy przepływie prądu zwarciovego I w czasie t_f dla miedzi wynosi:

$$A_{Cu} = I_F \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{TCAP \times 10^{-4}}{t_f \alpha_r \rho_r}\right) \ln\left(\frac{K_o + T_m}{K_o + T_a}\right)}} = 44,85 \text{ mm}^2$$

gdzie: $I_F = I_{k1} = 16,461 \text{ kA}$ – wartość skuteczna prądu zwarciovego,
 A – wymagany przekrój poprzeczny płaskownika układu uziomowego w mm^2 ,
 $t_f = t_{k1} = 0,6 \text{ s}$ – czas przepływu prądu zwarciovego,
 $TCAP = 3,42 \text{ J}/(\text{cm}^3 \times ^\circ\text{C})$ – pojemność cieplna na jednostkę objętości,
 $\alpha_r = 0,00381 \text{ 1}/^\circ\text{C}$ – współczynnik cieplny rezystywności przy temperaturze odniesienia T_r ,
 $\rho_r = 1,78 \text{ }\mu\Omega\text{cm}$ – rezystywność przewodu przy temperaturze odniesienia T_r ,
 $K_o = 242 \text{ }^\circ\text{C}$ – współczynnik temperatury,
 $T_m = 1084 \text{ }^\circ\text{C}$ – maksymalna dopuszczalna temperatura,
 $T_a = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ – temperatura otoczenia.

Zakłada się zastosowanie na budowę układu uziomowego i przewodów uziemiających płaskownika miedzianego o przekroju minimalnym 50 mm^2 i grubości 2 mm .

Ze względu na nagrzewania się gruntu na skutek prądów doziemnych (wysychanie gruntu prowadzącego do wzrostu jego rezystywności) należy spełnić warunek na minimalną powierzchnię zewnętrzną układu uziomów poziomych:

$$S_{min} = I_{us} \sqrt{\rho t} \cdot 10^{-4} = 16,87 \text{ m}^2$$

gdzie: $I_{us} = 16\,461 \text{ A}$ - przewidywany prąd uziomowy,
 $\rho = 175 \text{ }\Omega\text{m}$ - rezystywność gruntu,
 $t = t_{k1} = 0,6 \text{ s}$ - czas przepływu prądu.

15.2.6. Obliczenie uziomów sztucznych

Dla GPZ projektuje się uziom kratowy według załączonego planu uziomów.

Rezystancję uziomu kratowego rozbudowanego o uziomy pionowe oblicza się z wzoru:

$$R_g = \frac{R_1 R_2 - R_m^2}{R_1 + R_2 - 2R_m}$$

gdzie: R_1 – rezystancja uziemienia uziomu kratowego,
 R_2 – rezystancja uziemienia uziomów pionowych,
 R_m – rezystancja wzajemna między uziomami pionowymi i uziomem kratowym.

Poszczególne rezystancje składowe R_1 , R_2 , R_m oblicza się z następujących zależności:

$$R_1 = R_k = \rho_o \left[\frac{1}{L_k} + \frac{1}{\sqrt{20A}} \left(1 + \frac{1}{1+h\sqrt{20/A}} \right) \right] = 0,99 \text{ }\Omega,$$

$$R_2 = \frac{1}{n} \frac{\rho_r}{2\pi L_r} \left[\ln \left(\frac{8L_r}{d_r} \right) - 1 + \frac{2k_1 L_r}{\sqrt{A}} (\sqrt{n} - 1)^2 \right] = 0,11 \Omega,$$

$$R_m = \frac{\rho_o}{\pi L_k} \left[\ln \left(\frac{2L_k}{L_r} \right) + \frac{k_1 L_k}{\sqrt{A}} - k_2 + 1 \right] = 0,91 \Omega,$$

$$k_1 = -0,04x + 1,41 = 1,361$$

$$k_2 = 0,15x + 5,50 = 5,683$$

gdzie: $\rho_o = 175 \Omega$ – rezystywność gruntu na głębokości układania uziomów poziomych,
 $\rho_r = 75 \Omega$ – rezystywność gruntu na głębokości pograżania uziomów pionowych,
 $A = 78,84 \text{ m} \times 95,94 \text{ m} = 7564,0 \text{ m}^2$ – powierzchnia zajmowana przez uziom kratowy,
 $L_k = 9 \text{ m} \times 78,84 + 9 \text{ m} \times 95,94 = 1573 \text{ m}$ – suma długości przewodów uziomu kratowego,
 $n = 27$ – liczba uziomów pionowych,
 $L_r = 9 \text{ m}$ – długość uziomu pionowego,
 $d_r = 19 \text{ mm}$ – średnica uziomu pionowego,
 $h = 0,9 \text{ m}$ – głębokość ułożenia uziomu poziomego,
 $x = 95,94/78,84 = 1,22$ – stosunek długości dłuższego boku uziomu kratowego do boku krótszego.

Dla powyższych założeń rezystancja uziomu kratowego rozbudowanego o uziomy pionowe wynosi:

$$R_g = \frac{R_1 R_2 - R_m^2}{R_1 + R_2 - 2R_m} = 0,999 \Omega.$$

Obliczona wartość wypadkowej rezystancji uziemienia stacji **$R = 0,999 \Omega$** jest mniejsza od wymaganej, a więc spełniony jest warunek **$R \leq 1 \Omega$** .

Powierzchnia zewnętrzna S uziomów poziomych wynosi:

$$S = 2 L (a+b)$$

wartości zaprojektowane:

$L = 1573 \text{ m}$ - długość wszystkich uziomów poziomych (tworzących uziom kratowy),

$a = 0,025 \text{ m}$ - szerokość płaskownika,

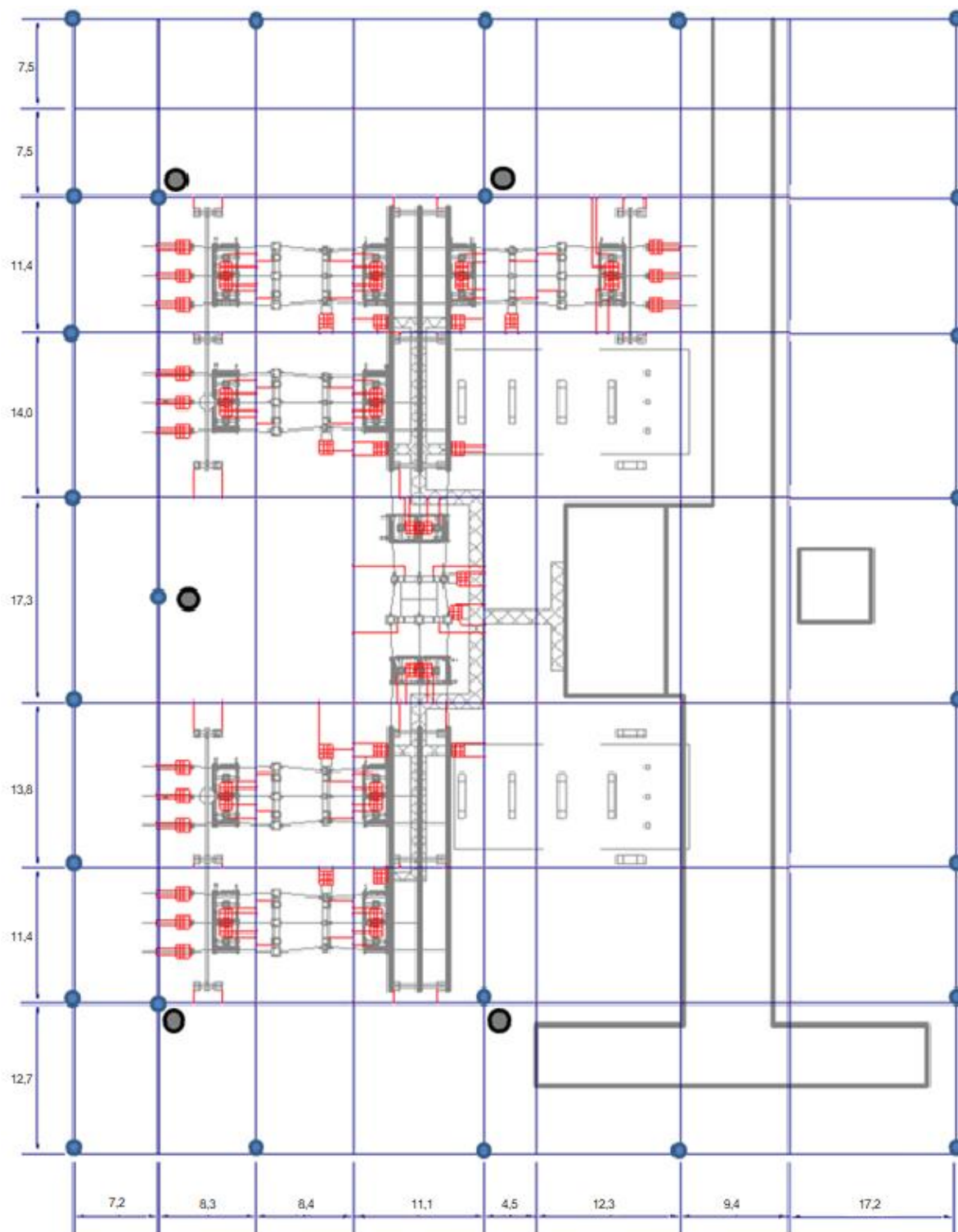
$b = 0,002 \text{ m}$ - grubość płaskownika,

$$S = 2 \times 1573 \times (0,025 + 0,002) = 84,94 \text{ m}^2$$

$$S = 84,94 \text{ m}^2 \geq S_{\min} = 16,87 \text{ m}^2$$

Warunek minimalnej powierzchni zewnętrznej układu uziomów poziomych ze względu na nagrzewania się gruntu na skutek prądów doziemnych jest spełniony.

15.2.7. Przykładowy plan układu uziomowego



Kolor niebieski - uziom sztuczny w postaci kraty uziomowej

Kolor czerwony - dodatkowe uziomy sztuczne w postaci kraty uziomowej o małych oczkach, w miejscach, w których mogą znajdować się osoby dokonujące czynności ruchowych

● Uziom pionowy L = 9 m

● Maszt odgromowy

15.2.8. Rysunki wykonawcze rozwiązań nietypowych

W przedmiotowym projekcie dla stacji GPZ 110 kV nie przewiduje się rozwiązań nietypowych, wymagających dodatkowych wyjaśnień.

15.2.9. Opis techniczny

Projektowany uziom kratowy wykonać z płaskownika miedzianego o przekroju minimalnym 50 mm^2 i minimalnej grubości 2 mm, układać zgodnie z rysunkiem na głębokości 0,9 m. Poszczególne uziomy poziome (tworzące uziom kratowy), układać w odległości min. 20 cm od ścianek kanałów i tuneli kablowych. Pod pasami transportowymi oraz pod kanałami i tunelami kablowymi uziom kratowy układać w rurze osłonowej BE 50- 6 m ze złączką Arot 120042. Pod tunelami kablowymi rury osłonowe układać w podkopach, których wolne przestrzenie należy wypełnić ziemią.

Po obwodzie uziomu kratowego, w punktach oznaczonych na rysunku pogрузić uziomy pionowe o długości 9 m każdy. Jako uziomy pionowe zastosować uziomy miedziane z aktywatorem chemicznym.

Jako przewody uziemiające stosować płaskownik miedziany o przekroju minimalnym 50 mm^2 i minimalnej grubości 2 mm.

Przewody uziemiające masztów odgromowych łączyć do uziomu kratowego. W punktach połączeń przewodów uziemiających maszty odgromowe do uziomów kratowych, wykonać dodatkowe uziomy pionowe o długości 9 m.

Wszelkie połączenia układu uziomów (pomiędzy przewodami poziomymi i między uziomem poziomym i pionowym) wykonać połączeniami egzotermicznymi. Po wykonaniu, każde połączenie powinno być oznakowane i udokumentowane fotograficznie w dokumentacji powykonawczej.

Wszelkie konstrukcje wymagające uziemienia łączyć z uziomem kratowym. Przewody uziemiające konstrukcji łączyć z uziomem kratowym połączeniami egzotermicznymi.

W miejscach, w których mogą znajdować się osoby dokonujące czynności ruchowych zaprojektowano zastosowanie kratownic uziemiających o wymiarach 0,9 m x 0,9 m i oku 22,5 cm zakopane na głębokości 0,3 m. Kratownice łączyć do uziomu kratowego stacji połączeniami egzotermicznymi.

Po wykonaniu instalacji uziemiającej wykonać pomiar rezystancji uziemienia oraz napięć rażeniowych dotykowych. W przypadku stwierdzenia braku spełnienia warunku dla wymaganej rezystancji uziemienia R należy dokonać rozbudowy układu uziomowego o kolejne uziomy pionowe z zachowaniem wymaganej odległości 9 m od wykonanych już uziomów pionowych.

15.2.10. Przykładowe zestawienie materiałów

Zestawienie materiałów		
Materiał	jm	ilość
Płaskownik miedziany o minimalnym przekroju 50 mm ² i grubości 2 mm	m	1573
Uziom prętowy miedziany z aktywatorem chemicznym o długości ok. 1,5 m	szt.	162
Łączenie egzotermiczne płaskownika i prętów	szt.	30
Łączenie egzotermiczne płaskowników	szt.	60
Taśma DENSO	szt.	15
Izolacja termokurczliwa przewodu uziemiającego	m	10

Uwaga: zestawienie materiałów nie uwzględnia ewentualnych materiałów koniecznych do rozbudowy układu uziomowego. W przypadku wystąpienia takiej konieczności niezbędne jest uzgodnienie z projektantem układu uziomowego sposobu osiągnięcia wymaganej rezystancji, co musi znaleźć odbicie w postaci zmian naniesionych w dokumentacji powykonawczej zatwierdzonych podpisem przez projektanta.

15.2.11. Kosztorys

W załączonym kosztorysie uwzględnia się wszelkie zaplanowane koszty:

- materiałów,
- robocizny,
- sprzętu,
- pomiarów.