

Dr hab. inż. Andrzej SOWA
Mgr inż. Jarosław WIATER
Politechnika Białostocka

KOMPUTEROWA SYMULACJA ROZKŁADU NAPIĘĆ RAŻENIOWYCH W TYPOWEJ STACJI ELEKTROENERGETYCZNEJ 110/15KV

W stacji elektroenergetycznej wysokiego napięcia przepływ prądów zwarciovych w systemie uziomowym powoduje powstanie różnic potencjałów. Występujące w takich przypadkach zagrożenie porażeniowe przeanalizowano wykorzystując program CDEGS, który umożliwia modelowanie zwarć w dowolnym miejscu na terenie stacji.

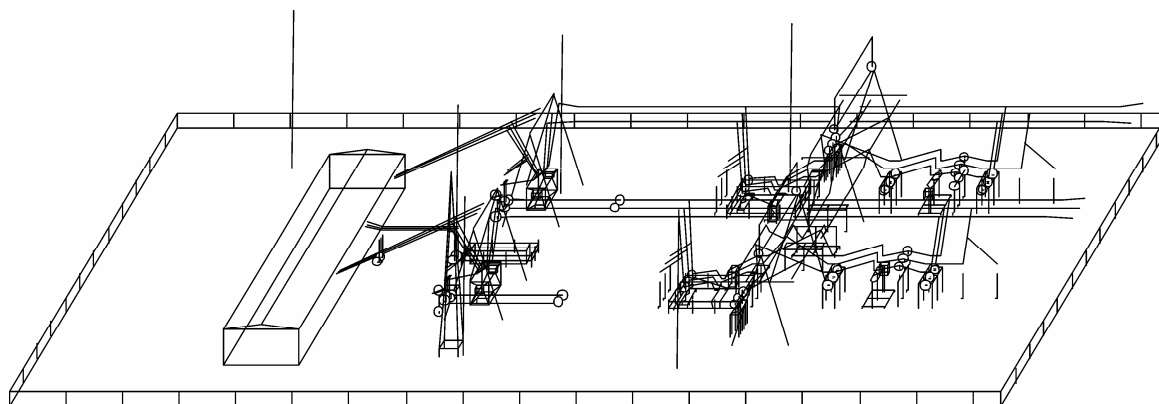
1. Wprowadzenie

W stacji elektroenergetycznej podczas zwarć doziemnych i bezpośrednich wyładowań atmosferycznych przepływ prądu udarowego w systemie uziomowym powoduje powstawanie różnic potencjałów. Wysoki potencjał może występować na dostępnych metalowych konstrukcjach urządzeń elektroenergetycznych oraz wynosić się poza teren stacji np. na metalowych rurociągach, pancerzach kabli, żyłach powrotnych.

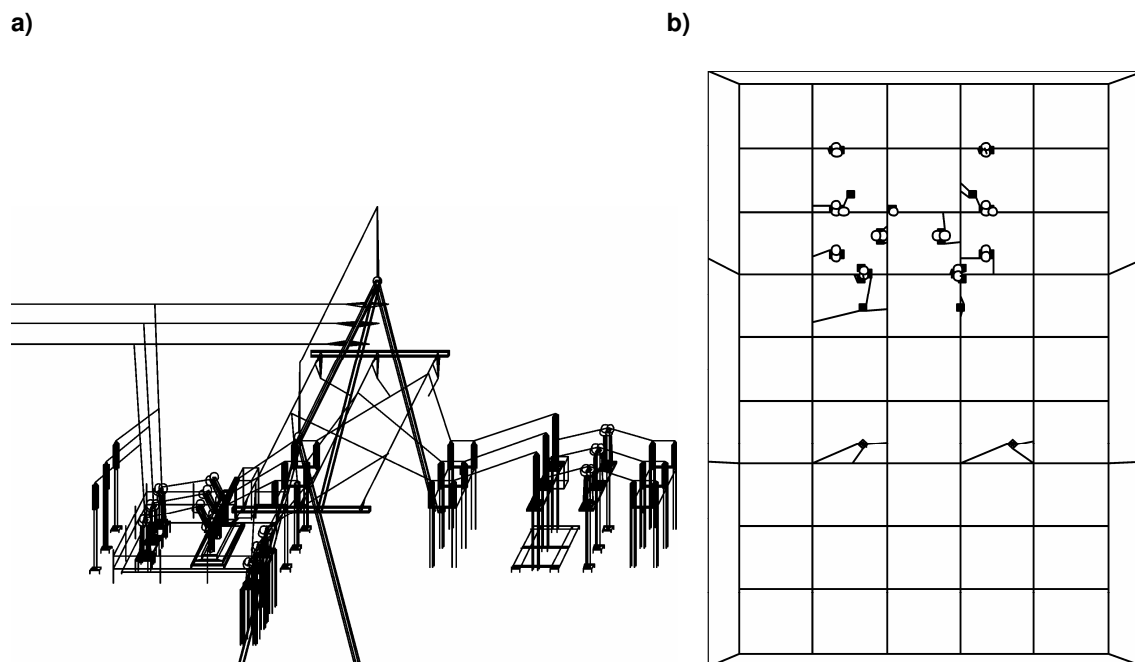
Sz szczególnie groźnych dla obsługi stacji jest wysoki potencjał występujący na dostępnych metalowych konstrukcjach urządzeń, które nie są pod napięciem w czasie normalnej pracy stacji. Symulację rozkładu spodziewanych napięć rażeniowych na terenie stacji przeprowadzono wykorzystując program **CDEGS** (Current Distribution Electromagnetic Interference, Grounding and Soil Structure Analysis), który umożliwia modelowanie zachodzących zjawisk podczas zwarć w dowolnym miejscu na terenie stacji elektroenergetycznej.

2. Charakterystyka analizowanej stacji elektroenergetycznej

Stacje elektroenergetyczne 110/15kV w Polsce są zazwyczaj budowane według typowej dokumentacji KSU-3. Ewentualne modyfikacje dostosowawcze polegają na zmianie umiejscowienia urządzeń i budynków na terenie stacji. Modelowaną stację elektroenergetyczną 110/15 kV przedstawiono na rys.1 i 2.



Rys. 1 Typowa stacja elektroenergetyczna 110/15kV – układ mostkowy H z wyłącznikami w polach liniowych.



Rys. 2 Pole liniowe analizowanej (a) oraz siatka systemu uziomowego stacji elektroenergetycznej 110/15kV

Stacja KSU-3 posiada rozdzielnię 110kV, dwusekcyjną, jednosystemową, szynową, siedmio polową zbudowaną w oparciu o konstrukcje wsporcze wysokie i niskie żelbetowe z oszynowaniem linkowym AFL-6 240mm². W skład rozdzielni 110 kV wchodzi dwa pola liniowe (rys.2.), pole łącznika sekcji, dwa pola transformatorowe, dwa stanowiska transformatorów i dwa pola pomiaru napięcia. Układ rozdzielni 110kV jest typu H4. Uziemienie stacji wykonane jest z bednarki ocynkowanej – uziom kratowy i wyrównawczy.

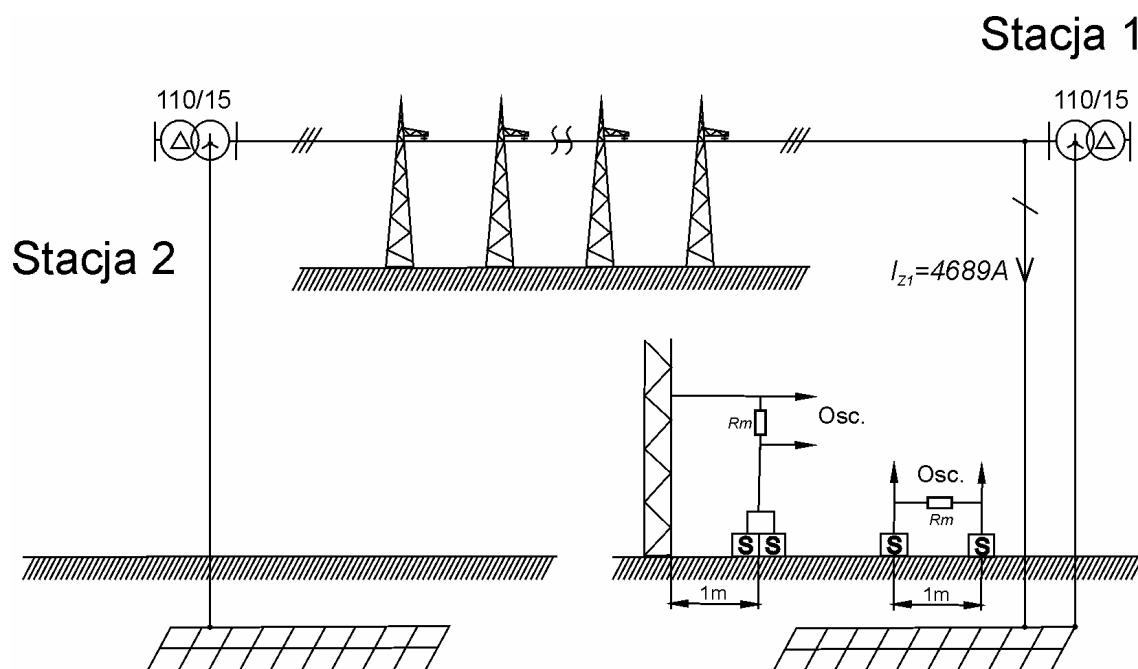
3. Normalizacja w dziedzinie napięć rażeniowych

Według obowiązujących przepisów rezystancja wspólnego uziomu nie może przekroczyć 2Ω, napięcia dotykowe rażeniowe na stanowiskach obsługi oraz w kilku punktach charakterystycznych stacji, między innymi poza ogrodzeniem terenu nie mogą przekraczać największych dopuszczalnych wartości ustalonych dla określonych czasów rażenia [1].

Zalecane przez przepisy układy pomiarowe [1] do wyznaczania napięć dotykowych rażeniowych przedstawia rysunek 1 – metoda wieloprądowa [2]. Do wyznaczenia tych napięć należy użyć dwóch elektrod, odwzorowujących styczność stóp ludzkich z podłożem, opornika R_m modelującego opór ciała człowieka rażonego (1kΩ) i woltomierza o odpowiednim oporze wewnętrznym. Wymagane jest, aby powierzchnia styczności pozornej metalowych, sztywnych elektrod pomiarowych podłożem wynosiła $S=200\text{cm}^2$. Podczas pomiarów napięć dotykowych rażeniowych dwie elektrody powinny być umieszczone obok siebie.

W przypadku, gdy chcemy wyznaczyć w sposób analityczny napięcia dotykowe rażeniowe i krokowe rażeniowe należy posiadać rozkład napięć na terenie stacji względem ziemi odniesienia.

Przy tym założeniu można wyznaczyć napięcia dotykowe rażeniowe w każdym punkcie stacji.

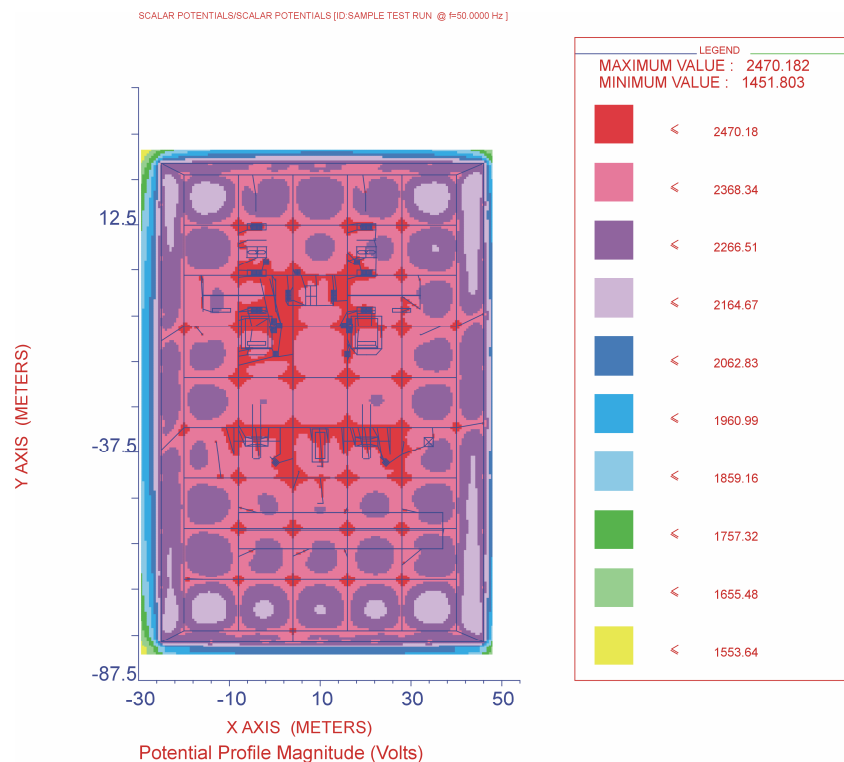


Rys. 4 Układ do pomiaru napięć rażeniowych dotykowych a) i krokowych b) [1].

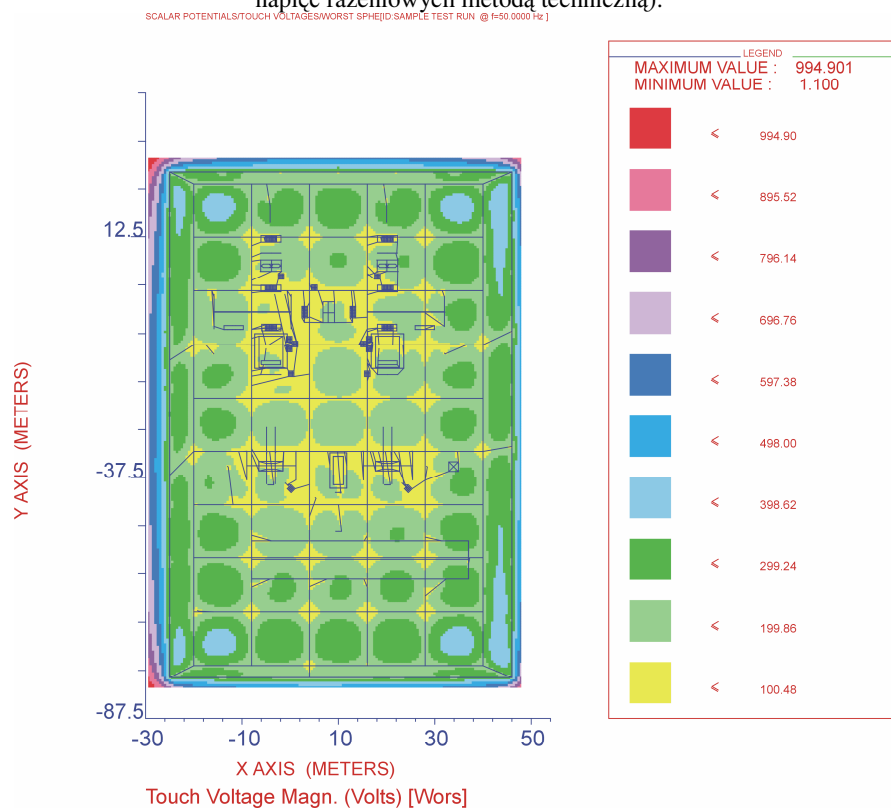
4. Wyniki obliczeń napięć rażeniowych

Program komputerowy umożliwia wyznaczenie rozkładu napięć na terenie stacji względem ziemi odniesienia. Analizę dokonano przy założeniu rezystywności gruntu na poziomie $100 \Omega \cdot \text{m}$. Siatkę uziomową umieszczono na głębokości założonej w projekcie stacji KSU-3. Prąd wprowadzony do systemu uziomowego został przyjęty $I_{z1} = 4689 \text{ A}$ (jednofazowy prąd zwarcia) zgodnie z przykładowym protokołem pomiaru napięć rażeniowych uzyskany z zakładu energetycznego dla stacji typu KSU-3.

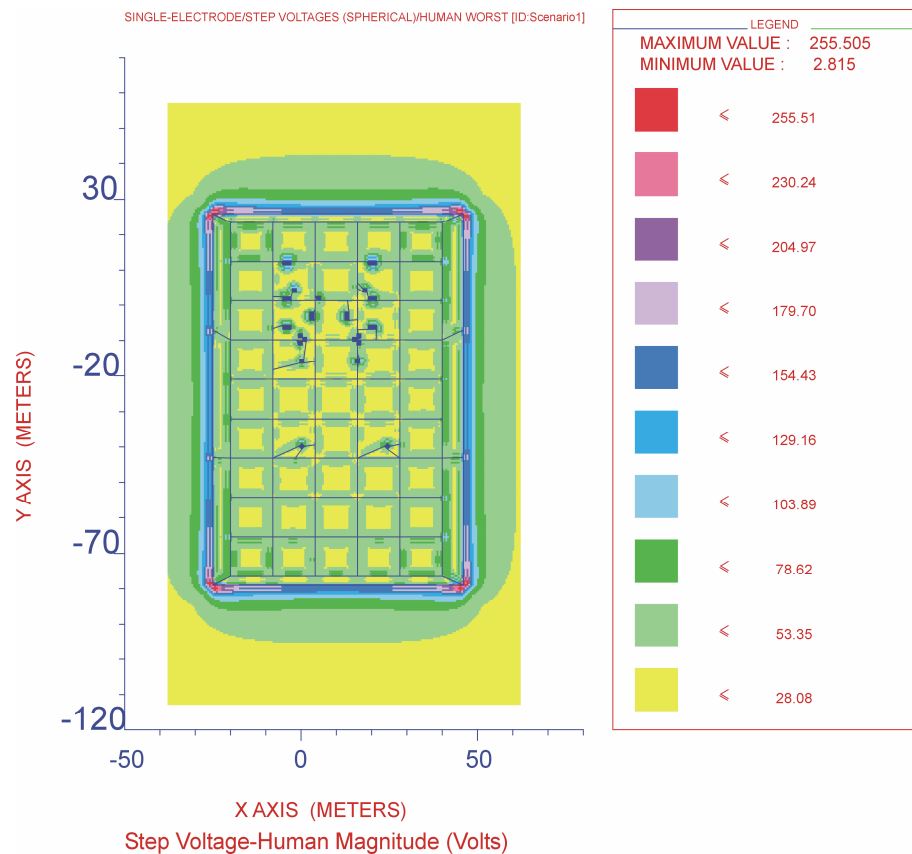
Metoda wyznaczania napięć rażeniowych dotykowych i krokowych zgodna jest z polskimi wytycznymi obowiązującymi w tym zakresie.



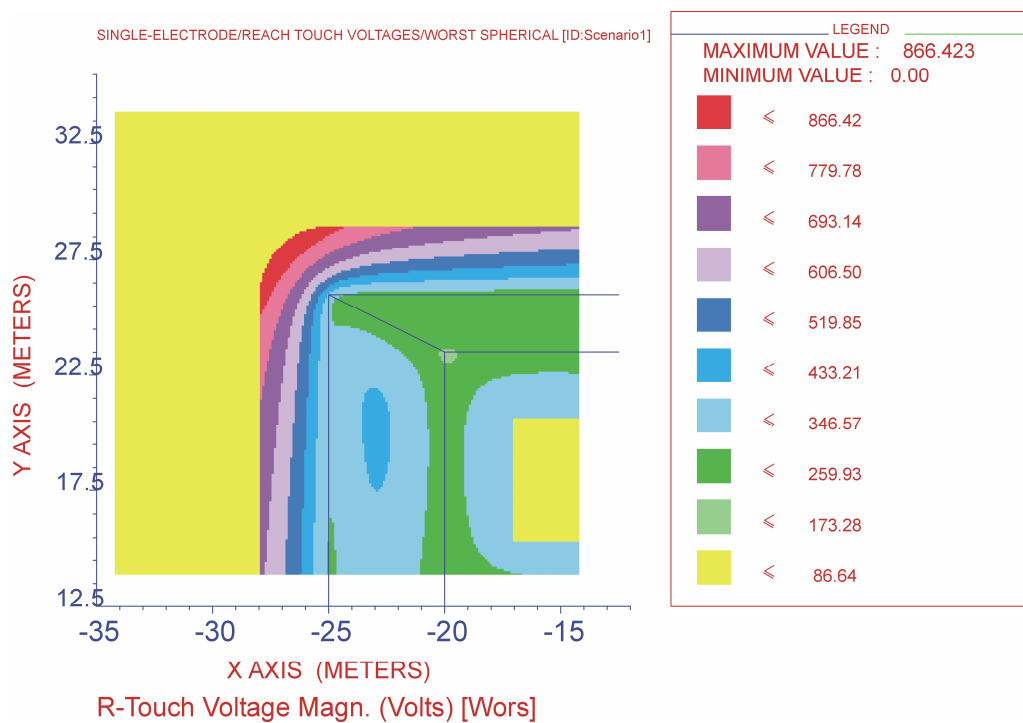
Rys. 5. Napięcie na terenie stacji 110/15kV względem ziemi odniesienia (wzg. sondy napięciowej przy pomiarze napięć rażeniowych metodą techniczną).



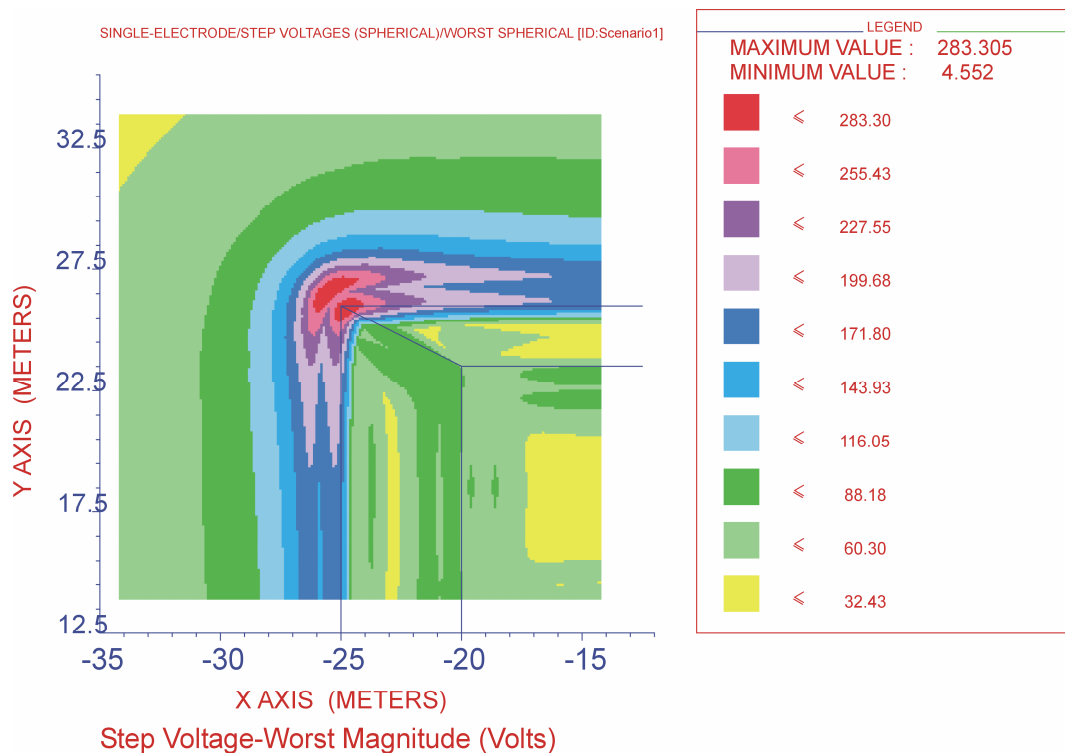
Rys. 6 Napięcie dotykowe rażeniowe na terenie stacji 110/15kV.



Rys. 7 Napięcie krokowe rażeniowe na terenie stacji 110/15kV.



Rys. 8 Napięcie dotykowe rażeniowe przy ogrodzeniu stacji 110/15kV.



Rys. 9 Napięcie krokowe rażeniowe przy ogrodzeniu stacji 110/15kV.

Największe zagrożenie na terenie stacji jest przy jej obrzeżach. Szczególnie niebezpieczne jest przebywanie w pobliżu ogrodzenia stacji w trakcie przypiływu jednofazowego prądu zwarcowego. Wartości napięć rażeniowych w tym miejscu znacznie przekraczają wartości uznane za bezpieczne [4]. Zagrożenie obejmuje zarówno pracowników mogących przebywać w tym czasie na terenie stacji jak również osoby postronne przechodzące w pobliżu ogrodzenia stacji. Na samym terenie stacji zagrożenie istnieje tylko w bezpośrednim sąsiedztwie urządzeń wysokiego napięcia – pola liniowe i transformatorowe. Szczególnie te miejsca, w którym urządzenia są łączone z systemem uziomowym – uziemienie punktu neutralnego transformatora 110/15kV.

Znaczne wartości napięć na terenie stacji względem ziemi odniesienia stwarzają zagrożenie dla tych instalacji stacji, które połączone są z innymi systemami uziomowymi. Szczególnie zagrożona wydaje się być linia telefoniczna będąca na liście obowiązkowego wyposażenia stacji elektroenergetycznej.

5. Wnioski

W artykule przedstawiono komputerową metodę wyznaczania napięć rażeniowych w typowej stacji elektroenergetycznej 110/15 kV. Implementacji komputerowej dokonano na podstawie projektu stacji 110/15 kV KSU 3/32 będącego wzorem do budowy większości obiektów tego typu w kraju. Użyto do tego celu trójwymiarowego odwzorowania przestrzennego w programie CDEGS. Wyznaczone napięcia rażeniowe mogą posłużyć do weryfikacji założeń przyszłych modernizacji typowych stacji 110/15 kV.

Wartości napięć rażeniowych na terenie stacji elektroenergetycznej typu KSU-3 stwarzają zagrożenie dla zdrowia i życia ludzi przebywających na jej terenie lub w bezpośrednim jej sąsiedztwie. Uzasadniony jest fakt potrzeby modernizacji systemu

uziomowego stacji szczególnie przy jej obrzeżach. Analiza komputerowa w tym zakresie prac projektowych wydaje się być zasadna i ekonomicznie uzasadniona.

Literatura

- [1] PN-E-05115:2002 Instalacje elektroenergetyczne prądu przemiennego o napięciu wyższym niż 1kV. PKN, Warszawa 2002.
- [2] Skliński R. Zagrożenie porażeniowe powodowane pracą stacji elektroenergetycznych w aglomeracji miejskiej. Wydawnictwo Politechniki Białostockiej, Białystok 2002.
- [3] Kosztaluk R.: Uziemienia i ochrona od porażień w instalacjach wysokich napięć Unii Europejskiej. Część 6 – Weryfikacja ochronnych właściwości uziemień. Biuletyn SEP INPE , nr 50, 2003, s.38-60.
- [4] Rozporządzenie Ministra Przemysłu z dnia 8 października 1990 roku w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać urządzenia elektroenergetyczne w zakresie ochrony przeciwporażeniowej. Dz. Ust. RP Nr 81, Warszawa, dnia 26.11.1990 r. Nr 81, poz. 473.