Centrum Ochrony
przed Przepięciami i Zakłóceniami Elektromagnetycznymi
w Białymstoku

Archaiczne podejście do układu uziomów w energetyce – czas na profesjonalizm

Opracowanie:
dr inż. Mirosław Zielenkiewicz

RST sp. j.

15-569 BIAŁYSTOK,
ul. Myśliwska 2

tel.: 85 741 08 40 85 741 08 80
fax: 85 741 09 69

www.rst.pl
e-mail: rst@rst.pl

Białystok, październik 2016 r.

1. Wstęp

W dobie dynamicznego rozwoju elektroenergetyki, ciągłego jej unowocześniania oraz koniunktury na alternatywne źródła energii ciągle rosną oczekiwania w stosunku do projektantów, którzy w obliczu tak radykalnych zmian technicznych znajdują się obecnie w stanie ustawicznego kształcenia. Okazuje się jednak, że w tle tych wydarzeń związanych z gruntownym unowocześnianiem elektrowni, linii przesyłowych, przechodzeniu na mikroprocesorową technologię ich sterowania zapomnieniu ulega dobra praktyka inżynierska w odniesieniu do uziemienia - jednego z najstarszych elementów wszystkich urządzeń elektroenergetycznych, gwaranta bezpieczeństwa ludzi i niezawodnego funkcjonowania różnorodnych systemów obiektowych. Skala zaniedbań w tym zakresie wymaga niezwłocznego podjęcia działań naprawczych, gdyż, jak się okazuje, konieczność zapewnienia odpowiednich parametrów uziomu przez cały okres jego użytkowania znalazła się na „kartach ksiąg wiedzy tajemnej", do których zaglądają nieliczni.

2. Rola uziemienia w instalacjach elektroenergetycznych a codzienna praktyka

Powszechnie wiadomo, iż urządzenie uziemiające w obiektach energetyki pełni szczególnie istotną funkcję:

- gwarantuje nam ono bezpieczne użytkowanie instalacji zasilania elektroenergetycznego, chroniąc między innymi przed porażeniem prądem elektrycznym w przypadku uszkodzenia izolacji urządzeń,
- jak również pełni funkcję „neutralizatora" prądów doziemnych wyładowań piorunowych, jak również ładunków elektrostatycznych wytwarzanych w procesach produkcyjnych.

Osiągnięcie tych celów możliwe jest jedynie w przypadku przestrzegania określonych reguł projektowania układu uziomów, jego wykonawstwa, a następnie kontroli jego stanu podczas długich lat eksploatacji. Niestety, pomimo powszechnej, jakby się wydawało, wiedzy o wyjątkowej roli uziemienia w instalacjach elektroenergetycznych obecny stan urządzeń uziemiających bardzo często pozostawia wiele do życzenia, a podejście uczestników procesu inwestycyjnego do tego problemu budzi stanowczy sprzeciw. Okazuje się, iż coraz częstszą , a nawet wręcz powszechną praktyką staje się dostarczanie na plac budowy niekompletnych projektów układu uziomów, których projektem nazwać nie sposób lub projektów zawierających istotne błędy, uniemożliwiające później prawidłową eksploatację uziemień. Jednocześnie zdarza się zbyt często, że wykonawcy uziemień nie stosują się do zaleceń projektanta, zamieniając bez jego zgody materiały dobrane dla konkretnego obiektu i stosując w zamian produkty niskiej jakości.

3. Projekt uziemienia

Tradycje projektowania uziemienia w Polsce mogą być powodem do naszej chluby narodowej. Dość wspomnieć tu nazwisko profesora Konstantego Wołkowińskiego, uważanego za prekursora w skali światowej badań nad uziomami naturalnymi, jakimi są fundamenty żelbetowe różnych obiektów. Wybitna osobowość profesora, który skupił wokół

siebie znakomite grono współpracowników, i jego osiągnięcia naukowe i techniczne stały się przyczynkiem do powstania wrocławskiego ośrodka określanego Szkołą Naukową Uziemień Elektroenergetycznych i Ochrony Przeciwporażeniowej, uznawanej w kraju i za granicą.

Ogromne znaczenie uziemieniom w odniesieniu do ich roli w ochronie odgromowej przypisywał profesor Stanisław Szpor, znamienita postać elektryki polskiej, twórca m.in. teorii wpływu rezystancji ziemi na wybór miejsca uderzenia pioruna oraz badacz udarowych zjawisk w układach uziemień, prekursor Szkoły Ochrony Odgromowej w środowisku gdańskim.

Zawartość projektu uziemienia

Korzystając ze spuścizny, jaką pozostawili nam poprzednicy warto wprost zacytować w tym miejscu Profesora Wołkowińskiego, który w rozdziale 9. zatytułowanym *„Projektowanie urządzeń uziemiających”* trzeciego wydaniu swojej książki p.t. *„Uziemienia urządzeń elektroenergetycznych”* z roku 1967 [7], traktowanej przez środowisko polskich inżynierów elektryków jako „bibli” w dziedzinie uziemień, szczegółowo przedstawił jak powinien wyglądać projekt uziemienia:

„Projekt uziemienia, jako część składowa projektu urządzenia elektrycznego powinien zawierać następujące dane:

a) ustalenie wartości prądów doziemnych, stanowiących podstawę wymiarowania uziemienia,
b) obliczenie lub ustalenie w oparciu o normy lub przepisy wymaganej rezystancji uziemień,
c) uzasadnienie łączenia lub rozdziału uziemień o różnym przeznaczeniu oraz wykorzystania uziomów naturalnych,
d) charakterystykę gruntów w terenie przewidzianym pod budowę uziomów oraz dane dotyczące uziomów naturalnych,
e) obliczenie uziomów sztucznych,
f) dobór przewodów uziomowych i uziemiających,
g) plan uziomów i sieci uziemiającej (istniejących i projektowanych),
h) rysunki wykonawcze rozwiązań nietypowych,
i) opis techniczny,
j) zestawienie materiałów,
k) kosztorys.

Ponadto projekt uziemień w urządzeniach o dużym prądzie ziemnozwarciowym (w stacjach elektroenergetycznych o napięciu 110 kV i wyższym) wymaga szczegółowego przeanalizowania zagadnień związanych ze znacznym podnoszeniem się napięcia względem ziemi na uziomie w czasie zwarć doziemnych”.

Przedstawiony opis zawartości projektu zawiera wszystkie elementy niezbędne do uzyskania odpowiednich parametrów każdego urządzenia uziemiającego. Nie ma obecnie lepszego pomysłu na prawidłowe wykonanie projektu uziemienia. Wydaje się, że ten krótki fragment z dzieła Profesora Wołkowińskiego, pokazuje, że szanujący się projektant instalacji elektrycznych powinien wyposażyć się w jego książkę i czerpać z niej garściami w swojej codziennej pracy.

Niska jakość projektowania uziemień, czyli problemy z rzetelnością projektanta i wykonawcy

Tak właśnie powinien wyglądać rzetelnie wykonany projekt uziemień i tylko taki projekt gwarantuje nam odpowiedni poziom bezpieczeństwa ludzi i systemów. W ostatnich czasach można jednak odnieść wrażenie, że gotowe i sprawdzone wzorce w tym zakresie

straciły na znaczeniu, a w walce o zlecenia projektanci instalacji elektrycznych uznali wiedzę o projektowaniu uziomów za coś bardzo wyszukanego, stosowanego przez uznanych specjalistów przy wyjątkowych okazjach, niemającą nic wspólnego z realnym, szybko biegnącym życiem. Wiedzę, której zastosowanie znacząco podniesie koszt wykonania projektu instalacji elektrycznej, a więc uniemożliwi sporządzenia go po znacząco zaniżonej konkurencyjnej cenie. Podobnie jest również obecnie z oceną zagrożenia piorunowego obiektów, której praktycznie nikt nie wykonuje prawidłowo, jeśli w ogóle ja przeprowadza.

Okazuje się, że w rezultacie takiego rozumowania projektanta kolejny uczestnik procesu inwestycyjnego - wykonawca biorący do ręki dokumentację projektową instalacji elektrycznej znajduje tam dzisiaj najczęściej jedynie suchą informację o wymaganej rezystancji uziemienia, zazwyczaj określanej jako konkretna wartość, np. 5 , 10 Ω na podstawie wymagań norm krajowych lub branżowych (np. standardów wewnętrznych grup energetycznych), a dla instalacji elektroenergetycznych wysokiego napięcia – wyznaczanej na podstawie obliczeń wypadkowej rezystancji uziemienia, której wartość najczęściej jest nieznacznie większa od 1 Ω a bywa i mniejsza.

Coraz częściej się zdarza, że projektant nie przedstawia żadnych rysunków odnoszących się do urządzenia uziemiającego, lecz wskazuje w dokumentacji projektowej miejsce lokalizacji uziomu wykorzystując w tym celu jedynie symbol uziemienia złożony z czterech kresek, bez szczegółowego wgłębiania się ani w konstrukcję takiego uziomu, ani tym bardzie w rozplanowanie uziomów i sieci uziemiającej w terenie w stosunku do pozostałych instalacji obiektowych. Pozostawia on do decyzji wykonawcy sposób, w jaki tę wskazaną przez niego wartość należy osiągnąć.

Taką postawę należy uznać za nieprofesjonalną i niedopuszczalną z wielu względów, gdyż:

a) brak rozplanowania uziomów i sieci uziemiającej w stosunku do pozostałych instalacji obiektowych oznacza nieprzeprowadzenie niezbędnych ustaleń między projektantami różnych branż skutkujące często niekontrolowanymi przeskokami prądów piorunowych – odpowiedzialni za ten stan, oprócz projektanta instalacji elektrycznej, są główny koordynator projektu danego obiektu oraz inspektor nadzoru, który taki projekt przyjmuje do realizacji,
b) brak zestawienia materiałów i kosztorysów układu uziomów w dokumentacji projektowej pozwala wykonawcy, najczęściej nie posiadającemu dostatecznie głębokiej wiedzy w tym zakresie, na stosowanie wręcz niezwykłych uproszczeń, a w przypadku przetargu na montaż uziomu z jedynym kryterium cenowym wymusza to na wykonawcy szukanie najtańszych rozwiązań dla osiągniecia wymaganej rezystancji uziemienia, nie mających zazwyczaj niczego wspólnego z wiedzą o prawidłowym uziemianiu, szczególnie w miejscach o trudnych warunkach glebowych, przy wysokich rezystywnością gruntów (dosypywanie soli i podlewanie wodą uziomów na czas pomiarów zdawczo-odbiorczych, łączenie do wszelkich innych lokalnych naturalnych uziomów bez uzgodnienia z ich właścicielem lub zarządcą),
c) brak wskazania odpowiednich materiałów na elementy układu uziomów prowadzi często do ich przyspieszonej korozji z uwagi na zbyt wysokie różnice potencjałów elektrochemicznych w miejscu łączenia różnych materiałów.

Projekt instalacji elektrycznej, który nie zawiera projektu uziemienia szczegółowo przedstawiającego konstrukcję i rozmieszczenie układu uziomów jest projektem niekompletnym i nie powinien być akceptowany. Dotyczy to szczególnie projektów związanych z przesyłaniem energii elektrycznie realizowanych przez grupy energetyczne z uwagi na ich masowość. Bez schematu konstrukcyjnego praktycznie nie jest możliwa prawidłowa wy-

cena ani potrzebnych materiałów ani kosztów robocizny. Wykonawca otrzymując taki projekt sam musi określić konstrukcję uziomu oraz dobrać odpowiednie materiały i elementy – czyli innymi słowy musi go zaprojektować. Wykonawcy nie powinni być stawiani w takiej sytuacji, ponieważ jest to zadanie projektanta, który powinien posiadać do tego celu niezbędną wiedzę i uprawnienia. Takie zachowanie projektanta należy określić po prostu jako niekoleżeńskie wobec wykonawcy, gdyż naraża go ono często na ogromne koszty i skłania do stosowania niewłaściwych rozwiązań (dla oszczędności), co w konsekwencji oznacza poważne problemy z prawem. Trudno się pogodzić z takim podejściem.

Niezwykle istotną kwestią jest również nieuwzględnianie we współczesnych projektach uziemień warunków glebowych charakteryzujących miejsce, w którym ma być wykonana instalacja uziomu. Projektanci zazwyczaj odgórnie zakładają wartość rezystywności gruntu bez jej weryfikacji na miejscu planowanego montażu uziomu. W takim przypadku, nawet jeżeli projekt przeprowadzi obliczenia rezystancji uziemienia oraz załączy do projektu schemat konstrukcyjny układu uziomów, to jego metodę projektowania należy zaliczyć do kategorii „wróżenia z fusów”. No cóż, jeśli założona do projektowania rezystywność gruntu jest znacznie niższa od rzeczywistej, to wykonawca nie będzie w stanie uzyskać zaprojektowanej wartości rezystancji uziemienia bez dodatkowego rozszerzenia układów uziomów, co będzie wiązało się dla niego z dodatkowymi kosztami - najczęściej nieuwzględnianymi przy wycenie projektu.

Można, co prawda, przyjąć, że jeżeli projektant stawia wymagania dotyczące maksymalnej dopuszczalnej wartości rezystancji uziemienia bez pomiaru lokalnej rezystywności gruntu (dla zmniejszenia kosztów projektowania), to powinien to czynić wyłącznie za wiedzą inwestora. W takim przypadku jest on jednak zobowiązany zamieścić również w projekcie wskazówki dla wykonawcy dotyczące postępowania w sytuacji, gdy wymagana rezystancja uziemienia nie zostanie osiągnięta. Odpowiedni zapis w dokumentacji projektowej, iż w takim przypadku należy zwrócić się do projektanta o doprojektowanie niezbędnych dodatkowych elementów uziomu nie będzie wtedy zaskoczeniem dla inwestora, gdy zostanie to wcześniej uzgodnione. Samo pogrążanie dodatkowych uziomów pionowych nie zawsze jest w takich przypadkach wystarczające i w niektórych przypadkach konieczna jest bardziej złożona rozbudowa systemu uziemiającego. Takie uczciwe podejście inwestora i projektanta stawiałoby wykonawcę przed zupełnie innymi wyzwaniami niż obecnie, gdy szukając sposobu na ekonomiczne uzasadnienie swoich działań instalacyjnych radykalnie zmniejsza jakość urządzenia uziemiającego.

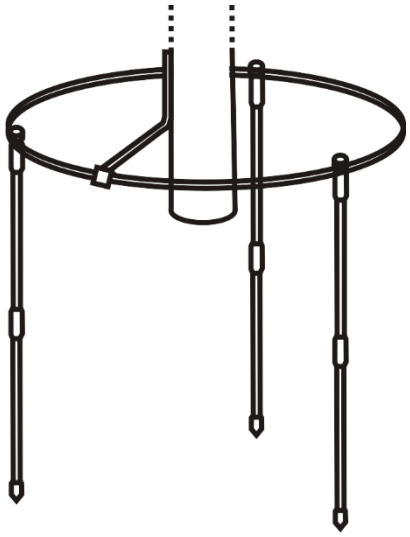
4. Układ uziomów w gruncie o wysokiej rezystywności - przykład z życia wzięty

Dla podkreślenia istniejącego problemu z jakością projektowania w zakresie uziemień przeanalizujmy trudną sytuację, gdy projekt układu uziomów określa zarówno wymaganą wartość rezystancji uziemienia jak i precyzuje konstrukcję układu uziomów, jednak zakłada błędną wartość rezystywności gruntu – niezweryfikowaną z rzeczywistymi warunkami występującymi w terenie, w którym instalacja ma być wykonana.

A mianowicie: wykonawca napowietrznej linii średniego napięcia w okolicach Augustowa, pomimo wykonania wielokrotnych, różnorodnych prób uzyskania zaprojektowanej wartości rezystancji uziomów słupów, nie uzyskał pożądanego efektu, wydatkował na te rozwiązania dodatkową kwotę sięgającą ponad 50000 złotych i zwrócił się w końcu z prośbą o pomoc do firmy specjalistycznej. Okazało się, że mimo wykonania uziomu zgodnie z zamieszczonym w projekcie schematem konstrukcyjnym nie był on w stanie

uzyskać wymaganej rezystancji uziemienia słupa. Projekt dostarczony przez lokalną grupę energetyczną nie budził zastrzeżeń, gdyż zawierał schemat konstrukcji uziomu w postaci pierścienia wykonanego z bednarki ułożonej wokół słupa wzmocnionej trzema uziomami pionowymi rozmieszczonymi równomiernie wzdłuż linii otoku (rys.1). Po wykonaniu uziomów zgodnie z projektem wykonawca przeprowadził kontrolne pomiary rezystancji uziemienia. Otrzymane wartości były znacznie wyższe od zakładanych w projekcie, uzyskanych na podstawie obliczeń. W celu poprawy rezystancji uziemienia wykonawca postanowił pogrążyć zaprojektowane uziomy pionowe na większe głębokości, a następnie rozbudował układ uziomów o dodatkowe promienie, co jednak nie dało pożądanych rezultatów. Zgłosił się więc o pomoc.

Przedstawiciele firmy specjalistycznej po szczegółowym zapoznaniu się z projektem przeprowadzili w danym miejscu pomiary sprawdzające, które potwierdziły skalę problemów wykonawcy ze spełnieniem wymagań projektowych. Okazało się przy tym, że warunki glebowe są w tym rejonie Polski tak niekorzystne (suchy grunt piaszczysty), że już wykonanie samych pomiarów stwarzało problemy z uwagi na prawdopodobnie zbyt mały prąd pomiarowy. Oczywiście, konieczne okazały się pomiary rezystywności gruntu. W rezultacie okazało się, że rezystywność gruntu w danym obszarze była bardzo wysoka większa niż ρ = 3000 Ωm. Projektant zaś przyjął w swoich założeniach rozwiązanie z katalogu projektów standardowych, które było odpowiednie dla gruntu charakteryzującego się rezystywnością ρ = 100 Ωm. Optymizm projektanta w kształtowaniu założeń projektu uziemień i aż ponad 30-krotna różnica w faktycznej rezystywności gruntu, to doskonały przykład niedopuszczalnego projektowania uziomów na odległość i potrzeby rzetelnego wykonywania projektów uziemień, zgodnie ze sztuką. Wykonawca pogrążając uziomy na coraz większe głębokości nie był przy tym świadomy faktu, że przy zbyt małej odległości między uziomami pionowymi ich dalsze pogrążanie na znaczne głębokości nie da tak pożądanych efektów, jakich on oczekiwał, a jedynie zwiększy jego starty finansowe.



Rys. 1. Przykład prostego urządzenia uziemiającego stosowanego do uziemiania słupów wirobetonowego linii średnich napięć
(otok z płaskownika w odległości 1 m od słupa wzmocniony trzema uziomami pionowymi o długości 3 m)

Opisany powyżej przykład porusza kilka ważnych kwestii:

a) po pierwsze: projektant popełnił poważny błąd zakładając odgórnie do obliczeń bardzo niską wartość rezystywności gruntu ρ = 100 Ωm, która okazała się znacznie niższa od rzeczywistej,

b) wykonawca na etapie wyceny wykonania projektu do przetargu nie uwzględnił konieczności rozbudowy instalacji uziemiającej dla uzyskania wymaganej rezystancji

uziemienia, nie zażądał również okazania wyników pomiaru rezystywności gruntu,
c) projekt nie zawierał również wytycznych, w jaki sposób należy rozbudować uziom, jeżeli nie spełni on stawianych mu wymagań,
d) a wykonawca nie posiadał dostatecznej wiedzy jak to wykonać.

Nasuwa się więc retoryczne pytanie, kto ponosi odpowiedzialność w takiej sytuacji? Projektant, który błędnie wykonał obliczenia, czy wykonawca, który nie uzyskał wymaganej rezystancji uziemienia? Winny jest ewidentnie projektant, a wykonawca ma prawo zgłaszać pretensje wyłącznie do samego siebie, gdyż wykazał się całkowitym brakiem wiedzy w zakresie uziemień. Gdyby zgłosił się do inwestora z prośbą o doprojektowanie dodatkowych elementów uziomów słupów, wskazując przy tym na błędy w projekcie, uniknąłby poniesienia nieuzasadnionych, ogromnych kosztów.

5. Znaczenie wartości rezystywności gruntu w projektowaniu uziemień

Wiadomo z podstaw elektrotechniki, iż rezystancja przewodnika zależy od jego rezystywności. Dotyczy to również rezystancji uziemienia uziomu. Osiągnięcie konkretnej wartości tej rezystancji, z uwagi na znaczne różnice odnośnie do rezystywności różnych gatunków gleby, wymaga wielkiej staranności od projektanta już na etapie podejmowania decyzji o kształcie i konstrukcji uziomu. Warte jest zapamiętania, iż przykładowo bardzo małą rezystywnością charakteryzują się grunty orne a znaczną suchy grunt piaszczysty, czy żwirowy. Przykładowe wartości rezystywności gruntu przedstawiono w tablicy 1. Tak więc takim samym układem uziomów w różnych warunkach glebowych projektant może osiągać diametralnie różne wartości rezystancji uziemienia – stąd wymagania wobec kwalifikacji projektanta muszą być bardzo wysokie.

Tablica 1. Przykładowe wartości rezystywności gruntów

Rodzaj gruntu	**Rezystywność *ρ***
grunt bagienny	5 – 40 Ωm
ił, glina, czarnoziem	20 – 200 Ωm
piasek	200 – 2500 Ωm
żwir	2000 – 3000 Ωm
zwietrzałe skały	poniżej 1000 Ωm
piaskowiec	2000 – 3000 Ωm
granit	powyżej 50 000 Ωm
morena	powyżej 30 000 Ωm

Zależność rezystancji uziemienia od wartości rezystywności gruntu wynika wprost z podstawowych wzorów obliczeniowych zamieszczane w normach i poradnikach. Wybrane z nich, dla prostych układów uziomów, przedstawiono w tablicy 2. Z zależności opisujących rezystancję uziomów, obliczanych zarówno według uproszczonych wzorów zamieszczonych w normie PN-EN 60364-5-54 [1], jak i bardziej złożonych podanych w normie PN-EN 50522 [2] jasno wynika, że wartość rezystancji uziemienia R jest liniowo zależna od rezystywności gruntu ρ. Zatem założenie przez projektanta przykładowo dziesięciokrotnie mniejszej rezystywności gruntu w stosunku do jej rzeczywistej wartości skutkuje fatalnym w skutkach dla wykonawcy uzyskaniem w rzeczywistości dziesięciokrotnie większej wartości rezystancji uziemienia niż zaplanowano.

Tablica 2. Podstawowe wzory na rezystancję uziemienia *R* prostych układów uziemiających

Norma	Rezystancja otoku	Rezystancja uziomu pionowego
PN-EN 60364-5-54 [1]	$R = 2\frac{\rho_E}{L}$	$R = \frac{\rho_E}{L}$
PN-EN 50522 [2]	$R = \frac{\rho_E}{\pi^2 D}\ln\left(\frac{2\pi D}{d}\right)$	$R = \frac{\rho_E}{2\pi L}\ln\left(\frac{L^2}{dh}\right)$
Oznaczenia:	ρ_E – rezystywność gruntu w Ωm L – długość bednarki otoku w m $D = L/\pi$ – średnica otoku w m d – średnica przewodu okrągłego lub połowa szerokości bednarki uziomu w m	ρ_E – rezystywność gruntu w Ωm L – długość uziomu pionowego w m d – średnica uziomu pionowego w m h – głębokość pogrążenia uziomu

Wzory na rezystancję uziemienia zamieszczane w normach dotyczą głównie prostych układów uziemiających a zależności odnoszące się do złożonych kosntrukcji uziemień są jedynie pewnymi uproszczeniami. Złożone układy wzajemnie połączonych uziomów projektowane są zatem najczęściej z dużym przybliżeniem. Obecnie dostępne są liczne programy komputerowe pozwalające na numeryczne obliczenie wartości rezystancji uziemienia nawet najbardziej złożonych instalacji. Cena takich programów na chwilę obecną często jest jednak wysoka, w związku z czym na ich zakup mogą sobie pozwolić tylko firmy specjalistyczne. I z pewnością go zakupią, o ile inwestorzy, a w tym głównie operatorzy sieci energetycznych uznają, że takim sposobem uzyskają znaczne oszczędności i pewność znacznego wzrostu bezpieczeństwa na ich obiektach. Dotyczy to w szczególnie projektów rozległych uziomów kratowych rozdzielni elektroenergetycznych wysokich napięć.

Jednak nawet projektanci mniej rozległych urządzeń uziomowych powinni rozważyć możliwość ich projektowania w oparciu o tego typu oprogramowanie (oczywiście mniej kosztowne), które nie tylko ułatwiłoby im sam proces projektowania, a jednocześnie pozwoliłoby, między innymi, na ocenę skuteczności projektowanego uziomu w zależności od jego konfiguracji i różnych wartości rezystywności gruntu. Taka praktyka projektowa przyczyni się do radykalnego wzrostu jakości oferowanych przez nich usług przekładając się na zwiększenie poziomu bezpieczeństwa instalacji elektrycznych.

Należy zdawać sobie również sprawę, że w przypadku projektowania linii elektroenergetycznej odległe słupy mogą być stawiane w różnych warunkach glebowych i próby uśrednienia wartości rezystywności gruntu w tym przypadku mogą być obarczone zbyt dużym błędem. Koszt takiego błędu, związany z przewymiarowaniem uziomu nie leży w interesie właściciela linii. Wniosek z tego jest oczywisty: w takich przypadkach należy w wymaganiach dla projektanta zapisać konieczność przeanalizowania całej trasę linii z wykonaniem pomiarów rezystywności gruntu przynajmniej w kilku najbardziej charakterystycznych punktach. W takim przypadku projektant w złożonej ofercie na wykonanie projektu uwzględni koszt wykonania tych pomiarów i nie przegra w procedurze przetargowej z projektantami, którzy tego nie zrobią. Taką sytuację mogłoby jednak zmienić wprowadzenie do zapytania ofertowego wymagania, że projekt musi zawierać wyniki pomiarów lokalnej rezystywności gruntu. Postawienie takich wymagań powinno leżeć szczególnie w interesie grup energetycznych. Innym rozwiązaniem tego problemu mogłoby być stworzenie przez grupy energetyczne map ich terenów przedstawiających typowe wartości rezystywności gruntu w danym rejonie, jednak w takim przypadku uczciwość zawodowa

wymaga zapisania w zapytaniu przetargowym informacji o udostępnieniu takiej mapy projektantowi. Projektant zaś powinien być zobowiązanych do zamieszczenia odpowiedniego zapisu w swoim projekcie wskazującego sposób rozwiązania problemu z uzyskaniem odpowiedniej rezystancji, jeśli się on pojawi podczas instalowania układu uziomów pomimo dołożenia staranności przy określeniu rezystywności gruntu.

Sondowania i profile geoelektryczne

Należy również pamiętać, że pomiar rezystywności gruntu może zmieniać się wraz głębokością pogrążanych elementów składowych uziomu. Zdarzają się sytuacje, że pomimo dużej rezystywności gruntu w jego górnych warstwach, pogrążenie uziomu pionowego na głębokość zalegania warstwy o znacznie mniejszej rezystywności (np. na poziomie wód gruntowych) daje w efekcie znacznie mniejsze niż spodziewane wartości rezystancji uziemienia. Oczywiście może zdarzyć się również sytuacja odwrotna. Z tego powodu konieczne jest wykonywanie pomiarów rezystywności gruntu z rozstawianiem sond na odpowiednie różne odległości, co w rzeczywistości przypomina proces sondowania w celu tworzenia profili geoelektrycznych przypowierzchniowej warstwy gruntu.

Najczęściej do tego celu wykorzystywana jest metoda Wennera dobrze opisana w literaturze i często zamieszczana w instrukcjach przyrządów pomiarowych, w związku z czym nie powinno być większych trudności z prawidłową oceną wartości lokalnej rezystywności. Wiadomo – praktyka czyni mistrza.

Trudno się jednak nie zgodzić z faktem, iż wykonywanie pomiarów rezystywności gruntu zawsze wiąże się z dodatkowymi kosztami, zwłaszcza jeżeli projekt dotyczy instalacji, która ma być wykonana na drugim końcu Polski. Nie ma jednak żadnego wytłumaczenia dla sytuacji, w której koszty konsekwencji braku takich pomiarów są przenoszone na wykonawcę uziomu. Wykonawca nie prowadzi przecież działalności charytatywnej lecz zarobkową a przedsiębiorca, w osobie na przykład silnej grupy energetycznej, który korzysta z jego usług nie wymaga beneficjentem takiej charytatywnej działalności.

Warto się przy okazji poważnie zastanowić nad sytuacją, w której projektant uziomu instalacji odgromowej projektuje jej uziom bez określenia lokalnej rezystywności gruntu. Przecież bez wiedzy o jej wartości nie jest w stanie określić prawidłowo wymiarów geometrycznych uziomu dla klasy II. i klasy I instalacji odgromowej, które właśnie zależą bezpośrednio od tej rezystywności, co wynika z wykresu zamieszczonego na rys. 3 normy odgromowej PN-EN 62305-3 [3]. Jeśli taki projektant nie wyznaczył przy tym odpowiedniej klasy ochrony odgromowej na podstawie wyliczeń zagrożenia piorunowego według wymogów 2. arkusza tej normy, to warto rozważyć:

a) w której to jeszcze części firmowanego przez niego projektu napotkamy kolejne uproszczenia,
b) i po co komu potrzebny jest taki pseudo projektant, który może nam przysporzyć kłopotów ?

6. Kłopoty z doborem odpowiednich materiałów na uziomy

Kolejną kwestią marginalizowaną przez projektantów, ale i inwestorów jest właściwy dobór materiałów na uziomy. Aktualnie w projektach dominuje przede wszystkim stal ocynkowana. Z ostatnich doświadczeń wynika, że nawet grupy energetyczne akceptują takie projekty, ponieważ zakładają, że wykonanie uziomu ocynkowanego jest najtańsze. Nic bardziej błędnego. Od wielu lat wiadomo, że stal ocynkowana nie zawsze jest najkorzystniejszym rozwiązaniem, jeżeli chodzi o warunki glebowe, a w niektórych przypadkach jej stosowanie jest wręcz zabronione według zaleceń obowiązujących norm. Zagad-

nienie to było już wielokrotnie szczegółowo opisywane w literaturze technicznej na przestrzeni ostatnich lat.

Właściwości korozyjne materiałów dopuszczanych do stosowania na uziomy przedstawiono w tablicy 3. na podstawie zaleceń zawartych w normie odgromowej PN-EN 62305-3 [3]. Możemy zauważyć, iż przykładowo stal nierdzewna, charakteryzująca się najwyższą odpornością na korozję nie jest zalecana do stosowania w glebach zawierających dużą zawartość chlorków, a miedź i stal miedziowana nie powinny być stosowane w glebach zawierających związki siarki. Z kolei stal ocynkowana (tylko na gorąco) dopuszczona jest do stosowania jedynie w gruntach łagodnych.

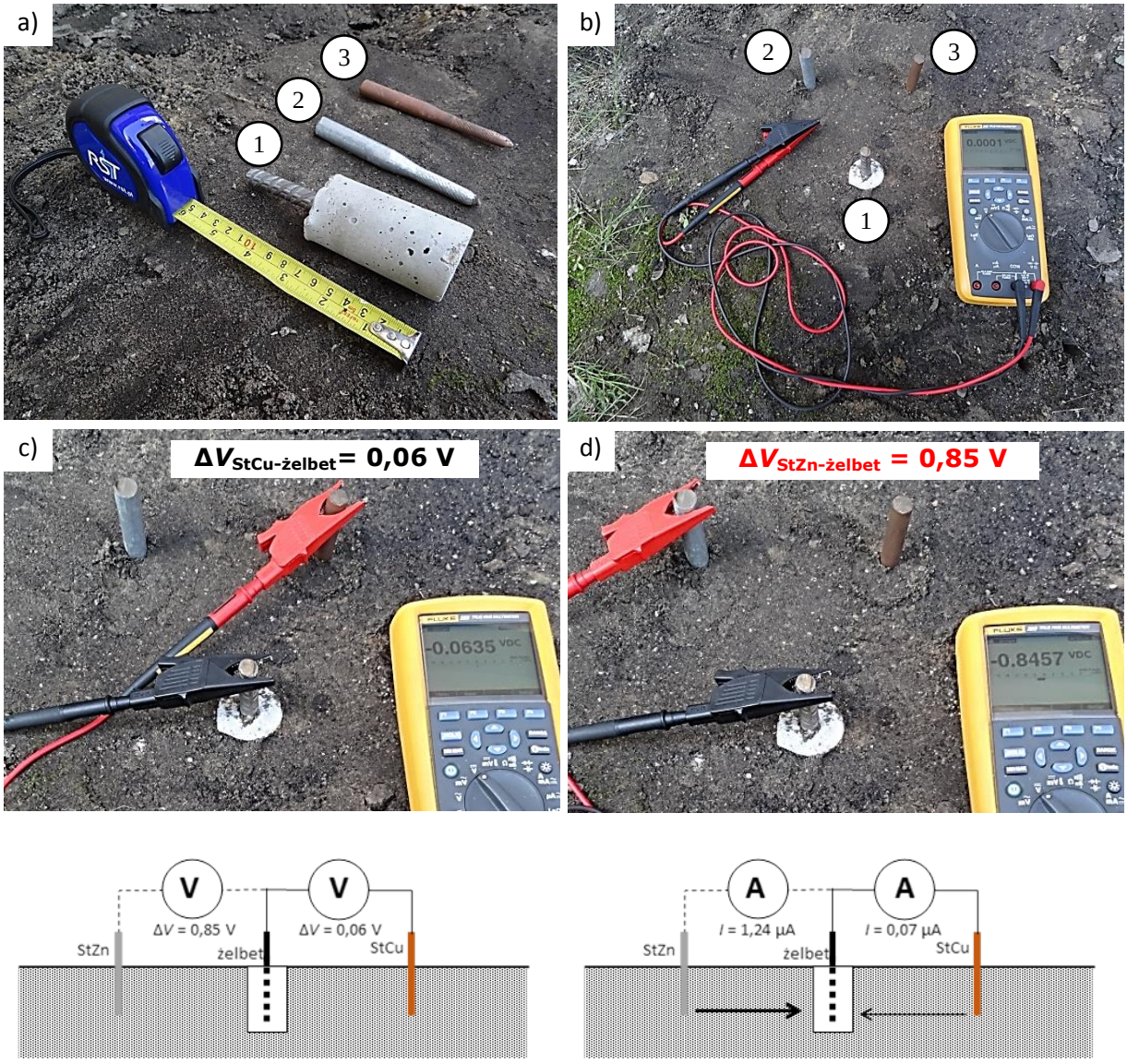
Tablica 3. Właściwości korozyjne materiałów na uziomy (na podstawie PN EN 62305-3 [3])

Materiał	**Właściwości korozyjne**		
	Odporność	**Związki przyspieszające korozję**	**Materiały z którymi galwaniczne połączenie może prowadzić do korozji**
Miedź	– dobra w wielu środowiskach	– związki siarki – materiały organiczne	
Stal ocynkowana na gorąco	– do przyjęcia w betonie i łagodnym gruncie	– duża zawartość chlorków	– stal w betonie (uziom fundamentowy) – miedź
Stal miedziowana elektrolitycznie	– dobra w wielu środowiskach	– związki siarki	
Stal nierdzewna	– dobra w wielu środowiskach	– duża zawartość chlorków	– -

Dodatkowo zarówno normy dotyczące instalacji elektrycznych [1], jak i normy z zakresu ochrony odgromowej [3] zwracają uwagę na ryzyko korozji elektrochemicznej stali ocynkowanej pogrążonej w gruncie łączonej ze stalą zalaną w betonie uziomu fundamentowego. Problem ten poruszany jest również w licznych publikacjach technicznych [4-6]. Zjawisko to doskonale obrazuje prosty pomiar napięcia pomiędzy różnymi metalami umieszczonymi w ziemi, którego pomysłodawcą jest Robert Marciniak z firmy CBM Technology - polskiego producenta miedziowanych systemów uziemiających marki GALMAR.

Do prostego eksperymentu wykorzystano próbki różnych materiałów: pręt ze stali zbrojeniowej zalany w betonie, fragment uziomu stalowego ocynkowanego i fragment uziomu ze stali miedziowanej (Rys. 2). Pomiary przeprowadzone pomiędzy poszczególnymi próbkami umieszczonymi w gruncie potwierdziły, że potencjały stali w betonie i stali miedziowanej w gruncie są bardzo zbliżone ($\Delta V_{StCu\ -\ żelbet}$ = 0,06 V), natomiast różnica potencjałów zmierzona pomiędzy stalą w betonie a stalą ocynkowaną umieszczoną w ziemi jest o rząd wyższa i wynosi aż $\Delta V_{StZn\ -\ żelbet}$ = 0,85 V. W praktyce inżynierskiej przyjmuje się, że już różnica potencjałów w miejscu styku różnych metali o wartości 0,6 V przy zbliżonych powierzchniach na styku obu materiałów stwarza zagrożenie korozji elektrochemicznej wynikającej z przepływu niewielkiego, co prawda, prądu korozyjnego, ale za to w długim okresie czasu [4]. Zmierzone zostały również prądy płynące pomiędzy próbkami. Wynosiły one odpowiednio: dla połączenia ze stalą ocynkowaną $I_{StZn\ -\ żelbet}$ = 1,24 µA oraz dla stali miedziowanej $I_{StCu\ -\ żelbet}$ = 0,07 µA. Należy podkreślić, że takie prądy zarejestrowano już przy próbkach materiałów zagłębionych jedynie na około 8 cm w ziemi – przy dużych uziomach fundamentowych, z uwagi na ich znaczne powierzchnie, prądy te będą zdecydowanie większe. Z kolei prąd zmierzony między próbką ze stali ocynkowanej i próbką ze stali miedziowanej był stosunkowo bardzo duży i wynosił aż $I_{StCu\text{-}StZn}$ = 48 µA. Jest to naoczny dowód potwierdzający, iż nie można łączyć galwanicz-

nie ze sobą tych materiałów, co, jak wiadomo, jest w kategorycznym tonie podkreślane w dokumentach normatywnych.



Rys. 2. Pomiar różnicy potencjałów pomiędzy różnymi materiałami umieszczonymi w gruncie:
a) próbki materiałów: 1- stal zbrojeniowa w betonie, 2 – stal ocynkowana, 3 – stal miedziowana;
b) stanowisko eksperymentalne;
c) pomiar napięcia między stalą w betonie i stalą miedziowaną ($\Delta V_{Fe/Cu}$ = 0,06 V);
d) pomiar napięcia między stalą w betonie i stalą ocynkowaną ($\Delta V_{Fe/Zn}$ = 0,85 V)

W wielu przypadkach projektanci zdają się nie zdawać sobie sprawy z popełnianych błędów w łączeniu różnych metali w gruncie pomimo wyraźnych wymagań normatywnych. Dla przykładu fundamenty obecnych kontenerowych stacji transformatorowych, słupy wirobetonowe czy betonowe fundamenty posadowienia słupów wysokich napięć w praktyce stanowią naturalny uziom fundamentowy. Z uwagi na ich małe gabaryty wartość rezystancji takich naturalnych uziomów jest jednak zbyt mała dla celów ochrony przeciwporażeniowej i odgromowej, więc konieczne jest zazwyczaj wykonanie dodatkowego uziomu sztucznego. Zgodnie z zaleceniami norm powinien on być w takim przypad-

ku wykonany z miedzi, stali nierdzewnej lub stali miedziowanej. Jeśli przyjrzymy się jednak ofercie producentów kontenerowych stacji transformatorowych, słupów wirobetonowych czy betonowych fundamenty posadowienia słupów zauważymy tu przewody uziemiające wyprowadzone z fundamentu wykonane błędnie ze stali ocynkowanej. Problem tej bardzo łatwo rozwiązać poprzez uświadomienie takiej potrzeby producentom.

7. Trwałość uziomów

Trudno jest zaprzeczyć faktowi, iż wybór materiału na uziom wpływa bezpośrednio na całkowity koszt wykonania urządzenia uziemiającego, a wyliczając w kolejności odpowiadającej rosnącej ceny za materiał, dzisiaj do wyboru projektant ma: stal ocynkowaną, stal miedziowaną, stal nierdzewną i miedź. „Goła" stal czarna byłaby jeszcze tańsza, ale jest absolutnie zakazana do stosowania na uziomy. Analizując jednak całkowity koszt wykonania urządzenia uziemiającego dochodzimy do wniosku, iż zastosowanie najtańszej na rynku stali ocynkowanej może dać złudne oszczędności. Musimy jednak pamiętać, że koszt materiału to jedynie część kosztów budowy uziomów. Nie możemy zapominać przy tym o znacznym, bo nawet 50% i wyższym koszcie robocizny i sprzętu. W rozważaniach na temat kosztu uziomów pomija się obecnie oczywisty fakt, iż należy brać pod uwagę przede wszystkim wieloletni okres eksploatacji instalacji elektroenergetycznych. Generalne założenia dotyczące obliczeniowej trwałości uziomów zakładają [7]:

a) dwudziestopięcioletni okres trwałości dla przeważającej liczby urządzeń;
b) trzydziestopięcioletni – dla linii elektroenergetycznych najwyższych napięć 110 kV, 220 kV, 440 kV.

Oznacza to, iż najkorzystniej by było, aby wszelkie elementy tej instalacji, w tym i urządzenie uziemiające, dla zapewnienia jej niezawodnej pracy charakteryzował czas trwałości zbliżony do przewidywanego okresu eksploatacji danej instalacji. Takie podejście w oczywisty sposób przekłada się na znaczący spadek późniejszych kosztów eksploatacji. Biorąc pod uwagę, że trwałość uziomu wykonanego ze stali miedziowanej wynosi 30-40 lat i zakładając dla uproszczenia, że jest ona dwa razy dłuższa niż uziomu ze stali ocynkowanej (10-15 lat), to po uwzględnieniu konieczności co najmniej jednej wymiany uziomu ocynkowanego (dodatkowe koszty związane z pracami ziemnymi i zakupem materiałów) w okresie 30 lat funkcjonowania obiektu całkowity koszt uziemienia ocynkowanego - w stosunku do miedziowanego (niewymagającego w tym czasie wymiany) będzie znacząco wyższy.

Warto przy tym zauważyć, iż powszechna jest obecnie praktyka klasycznego „chowania głowy w piasek", gdy rzecz dotyczy prawidłowej eksploatacji uziomów ocynkowanych. Warto się nad tym poważnie zastanowić, bo:

a) Czy zdaniem kolegów - zawodowych elektryków częstym jest przypadek, w którym właściciel instalacji wymienia uziom po założonym okresie jego eksploatacji ?
b) Czy wspierający właściciela w eksploatacji obiektu elektrycy wiedzą, iż zachodzi taka potrzeba ?
c) Czy wykonywanie pomiarów wieloletniego urządzenia uziemiającego po minięciu okresu jego przewidywanej trwałości ma w ogóle sens bez odkopania jego fragmentów ?
d) Czy często się zdarza, że uziom ocynkowany jest wymieniany po kilkunastu latach, a może 20 lub 30 latach po prostu dlatego, że uznano, iż się zestarzał ? Czy próbujemy na siłę udowadniać, że on jeszcze jest sprawny ?

Praktycy znają odpowiedź na te trudne pytania, a pozostali, po krótkim zastanowieniu znajdą prawidłową odpowiedź.

Niedowiarkom szybkich postępów korozji uziomów ocynkowanych proponuję wykonanie bardzo łatwego testu. Należy odkopać uziom ze stali ocynkowanej w dowolnym miejscu, gdzie potwierdzone jest jego zaleganie w gruncie od ponad kilkunastu lat. Zamiast stali ocynkowanej zobaczymy co najwyżej skorodowany cienki stalowy element, a w przypadku, gdy dotyczy to bednarki – widok cienkiego paska w gruncie nie powinien być dla nas zaskoczeniem. Aby nie być gołosłownym zalecam przyjrzenie się zdjęciu wyeksploatowanej bednarki uziomu kratowego rozdzielni widocznej na rys. 3. Przeprowadzona w 2016 roku wymiana instalacji uziemiającej pola rozdzielni wysokich napięć 220 kV w jednej z elektrowni pokazała, że po 40 latach od ułożenia w gruncie uziom ocynkowany jest praktycznie całkowicie skorodowany. Wykonanie w niej nowego uziomu ze stali miedziowanej lub stali nierdzewnej przy okazji szerszej modernizacji obiektu zapewni z pewnością długoletnią poprawną i bezpieczną pracę dając dodatkowo ogromną pewność obsłudze obiektu, co do trwałości takiego uziomu.



Rys. 3. Fragment układu uziomów rozdzielni wysokiego napięcia 220 kV po 40 latach od ułożenia w gruncie

W związku z powyższym warto zadać sobie kilka kolejnych zasadniczych pytań:

1) Czy w obliczu przedstawionych faktów warto akceptować chwilową pozorną oszczędność stosując uziomy ocynkowane w obiektach, dla których okres funkcjonowania zaplanowano znacznie dłuższy od trwałości uziomu? Powątpiewać w stabilność ich parametrów w okresie eksploatacji i wymieniać po kilkunastu latach. A może w takiej sytuacji wrócić do uziomów ze stali czarnej, bez pokryć ochronnych, jak to się stało w ostatnich latach na Białorusi podczas adaptacji norm europejskich (wprowadzono je tu do norm krajowych)?

2) Czy w dalszym ciągu warto nazywać uziomy pomiedziowane mercedesem w uziemieniach, gdy wiadomo, że w rezultacie są one zdecydowanie tańsze od ocynkowanych ze względu na trwałość, jaką zapewnia im gruba miedziana powłoka?
3) Czy nie interesuje nas większa pewność odnośnie do technicznej sprawności takich uziomów w długim czasie i perspektywa braku potrzeby wymiany uziomu ?

Jestem przekonany, że każdy wyciągnie właściwe wnioski. Czas skończyć z archaicznym podejściem do układu uziomów w energetyce . Nadszedł czas na profesjonalne podejście. Warto przy tym zauważyć, że inni zrobili to już dawno. Kraje anglosaskie, a więc Stany Zjednoczone, Australia, Wielka Brytania i tereny jej byłych i obecnych kolonii to obszary z dominującym uziomem miedziowanym, a w Niemczech szerokie zastosowanie mają uziomy ze stali nierdzewnej. Taka decyzję podjęli kilkadziesiąt lat temu. Nie możemy wciąż myśleć, że oni są bogatsi i ich na to stać. Oni po prostu lepiej potrafią od nas liczyć koszty rozłożone w czasie.

8. Fatalne wykonawstwo

Ze względu na opisane wyżej błędy popełniane przez projektantów, wykonawcy urządzeń uziemiających częstokroć muszą borykać się z poważnymi problemami. Najczęściej ich rozwiązanie wiąże się z dodatkowymi kosztami, jakie należy ponieść, gdy nierzetelnie zaprojektowany uziom, z uwagi na nieosiągnięcie wymaganej projektem rezystancji uziemienia musi być rozbudowany. Wszyscy zgodzimy się, ze w taki przypadku wykonawca nie powinien ponosić odpowiedzialności za błędy popełnione przez projektanta, ale jeżeli takie błędy dostrzeże w projekcie, to powinien o tym jak najszybciej poinformować inwestora.

Niestety, nawet jeżeli projekt wykonany został prawidłowo i jest kompletny, błędy popełniane są także na etapie wykonawstwa. Skala tego problemu jest aktualnie ogromna. Głównym grzechem jest nieuprawniona zamiana przez wykonawców materiałów zastosowanych w projekcie, najczęściej dokonywana z uziomów wykonanych w technologii miedziowania na uziomy ocynkowane. Wątpliwym wytłumaczeniem takich sytuacji jest poszukiwanie oszczędności przez wykonawców uczestniczących w przetargach, w których jedyne kryterium stanowi cena, a oni zamieniają rozwiązania opisane w projekcie na tańsze. Tylko dyletant potwierdzi w takim przypadku, że wykonawca zamienia urządzenie uziemiające miedziowane na równorzędne ocynkowane, gdyż nie są to rozwiązania równorzędne.

Proszę sobie wyobrazić jak poważny jest to dzisiaj problem, gdy wyrywkowe kontrole pokazują, iż przekonani o swojej bezkarności wykonawcy potrafią obecnie zastosować nawet materiały niepokryte żadną warstwą ochrony przed korozją. Stosują po prostu stal „czarną" i już. Z pewnością trudno jest z takim wykonawcą wygrać w przetargu. Z oczywistych względów taka praktyka nie powinna mieć miejsca, a jakakolwiek zmiana rozwiązań zastosowanych w projekcie nie może być wykonana bez zgody projektanta i inspektora nadzoru. Niektórzy wykonawcy postanowili z kolei, że dla zmniejszenia kosztów sami staną się producentami uziomów ocynkowanych. Oddają pręty do ocynkowania i stosują w budowanych własnymi siłami instalacjach. Pytanie, na jakiej podstawie wystawiają tym urządzeniom certyfikaty lud deklaracje zgodności pozostawiam otwartym. Ich uzyskanie po prostu sporo kosztuje.

Taki stan rzeczy potwierdzają rozmowy prowadzone obecnie w hurtowniach materiałów elektrycznych i z projektantami instalacji elektrycznych w wielu rejonach kraju, a skala tego zjawiska jest zdumiewająco duża. Można wręcz odnieść wrażenie, że w wielu

miejscach od bardzo dawna lub w ogóle nie widziano tak nowoczesnych rozwiązań jak uziom miedziowany.

W konsekwencji takich działań nieświadomy skutków nieuczciwego postępowania wykonawcy inwestor może w wyniku szybkiego skorodowania uziemienia niespodziewanie doznać poważnych szkód w sprzęcie elektrycznym, co w efekcie skutkuje np. przestojem linii produkcyjnej, a nawet wystąpieniem problemu zagrożenia życia ludzkiego porażeniem prądem elektrycznymi. Wykonawca kieruje się w takich przypadkach świadomością, iż po zasypaniu urządzenia uziemiającego gruntem trudno jest później stwierdzić jego niepoprawne wykonanie, a po pewnym okresie zalegania uziomu w gruncie (im dłużej tym bezpieczniej dla wykonawcy) zawsze można stwierdzić, że niestety warstwa ochronna musiała być kiepskiej jakości i ulotniła się.

W związku z tym, że krytycznym punktem tego typu instalacji są zawsze połączenia poszczególnych elementów uziemienia, to wszelkie połączenia skręcane, spawane czy zgrzewane egzotermicznie powinny być wykonane z należytą starannością, zabezpieczone odpowiednio przed korozją oraz rzetelnie udokumentowane. Takie zalecanie znajdziemy nawet w normach. Pomimo tego, że w dzisiejszych czasach do stworzenia takiej dokumentacji wystarczy zwykły telefon komórkowy z możliwością fotografowania jest to niestety praktyka rzadko stosowana. Dokumentacja powykonawcza zawierająca takie zdjęcia połączeń zwiększa pewność poprawności wykonania instalacji. Przykładowe zdjęcie z dokumentacji powykonawczej przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Zdjęcie połączenia instalacji uziemiającej wykonanego metodą zgrzewania egzotermicznego, zabezpieczonego przed korozją po wykonaniu i oznaczone numerem do zamieszczenia w dokumentacji powykonawczej

Bezpieczeństwo przede wszystkim

Niewyciąganie konsekwencji w stosunku do nierzetelnych projektantów i wykonawców powoduje, że popełniane przez nich błędy będą powtarzać się coraz częściej. W związku z tym należy się przede wszystkim umówić, że dla poprawy obecnej sytuacji konieczne jest zaostrzone wymagań co do zawartości projektów uziemień tak, aby nie było możliwości przekazania niekompletnego projektu i co do ich jakości.

Doskonale wiemy, gdzie leży dzisiejszy problem: jeżeli Inwestor nie sprecyzuje dokładnie tego czego oczekuje, a jedynie zamieści ogólne zapisy w opisie przedmiotu zamówienia, to pozostawi projektantowi w pewnych kwestiach domniemanie dowolnej in-

terpretacji intencji inwestora, co pozwoli mu na zmniejszenie kosztów projektu, ale która może skutkować stosowaniem rozwiązań złej jakości. Nie może być jednak tak, jak się to często zdarza obecnie, że inwestor płacąc za projekt niewspółmiernie niską cenę oczekuje, że otrzyma pełnowartościową dokumentację. To nie jest możliwe – otrzyma dokładnie to za zapłacił, a mianowicie – namiastkę projektu uziomów, z którą będą walczyły potem brygady montażowe, zdumione, że im zostawiono wolną rękę. Taka „wolną rękę" zazwyczaj wykorzystają na własną korzyść, a jeśli przy tym zabraknie właściwego nadzoru inwestorskiego lub gdy okaże się on niekompetentny, to nie możemy oczekiwać, że uziom wykonywany w taki sposób bezie bezpieczny.

Tam gdzie w grę wchodzi nie tylko zapewnienie poprawnej pracy systemu, ale również bezpieczeństwo ludzi cena uziomu powinna odgrywać rolę drugorzędną. Z tego względu korzystniej zastosować rozwiązania bardziej niezawodne nawet pomimo nieco wyższej ceny. Przykład mogą tu stanowić uziomy miedziowane. Dwadzieścia lat temu projektant miał do wyboru przede wszystkim stal ocynkowaną oraz miedź. O stali nierdzewnej w ogóle nie wspominano. Uziomy miedziane ze względu na cenę były bardzo rzadko stosowane. Od kilku lat istnieje jednak rozwiązanie pośrednie w postaci uziomów miedziowanych, które są co prawda droższe od ocynkowanych ale znacznie tańsze od miedzianych i nierdzewnych, a przy tym charakteryzują się właściwościami zbliżonymi do miedzi. Jest to zatem rozwiązanie dające ogromne korzyści, które jednak w dalszym ciągu przegrywa w sytuacjach gdzie liczy się wyłącznie cena. Nikt na budowie nie myśli przecież w perspektywie wieloletniej. Takie myślenie leży w kompetencji inwestora i etycznego projektanta.

Podsumowanie

W obliczu gwałtownego spadku jakości urządzeń uziemiających zauważanego w naszym kraju w ostatnich latach konieczne jest zaostrzenie kryteriów ich projektowania i nadzoru na ich wykonaniem. Jakość projektów, w tym wykonywanych również na potrzeby grup energetycznych, w niektórych przypadkach w ogóle nie powinna być akceptowana przez inwestora. Zbyt często bowiem spotyka się przypadki, gdy projekty są niekompletne lub zawierają poważne błędy techniczne. Projektowanie w formie wrysowania w symbolu uziemienia bez sprecyzowania konstrukcji uziomu powinno być piętnowane w elitarnym środowisku projektantów instalacji elektrycznych.

Nie ulega wątpliwości, że w interesie inwestorów, a w tym szczególnie grup energetycznych leży aby urządzenia uziemiające, jako istotna część instalacji elektroenergetycznych, było projektowane, wykonywane i eksploatowane z zapewnieniem jak najwyższej jego jakości w całym okresie zaplanowanej trwałości.

Aby to osiągnąć należy w pierwszej kolejności zadbać o kompletność projektów uziemienia i ich zgodność z zapisami normatywnymi. Należy określić precyzyjne wymagania, co taki projekt powinien zawierać, aby uniknąć sytuacji, w których wykonawca przejmuje rolę projektanta oddając w rezultacie do nie przydatny do użytku bubel. Konieczne jest sprawowanie właściwego nadzoru nad wykonaniem urządzenia uziemiającego, zarówno odnośnie do jego zgodności z projektem, jak i z obowiązującymi normami. Jakość wykonanych prac musi być potwierdzona w dokumentacji powykonawczej i w raportach z pomiarów

Warto przewartościować podejście do materiałów stosowanych na uziomy. Dobrą jakość uziomów gwarantują materiały o długim okresie trwałości i nie jest to z pewnością stal pokryta cynkiem. Konieczne jest zatem zweryfikowanie dotychczasowego podejścia do kosztów uziomu z uwzględnieniem ewentualnej konieczności jego wymiany w okresie zaplanowanego użytkowania uziemianego obiektu bądź instalacji.

Podziękowania

Autor dziękuje wszystkim, którzy w ostatnim czasie, przy okazji intensywnych spotkań dotyczących zasad projektowania i wykonywania skutecznych i trwałych uziemień, mieli okazję tłumaczyć mu zawiłości procesów projektowania, wykonawstwa i eksploatacji uziomów w dobie wszechobecnych trendów przetargowych opierających się jedynie na kryterium cenowym, zmuszających - ich zdaniem - uczestników procesu inwestycyjnego do podejmowania decyzji niemających nic wspólnego z dobrą praktyką inżynierską.
W odpowiedzi na taką argumentację autor pragnie jeszcze raz zwrócić uwagę na fakt, iż takie zachowanie, gdy projektant lub wykonawca instalacji elektrycznych postępuje niezgodnie ze sztuką inżynierską w żaden sposób nie mieści się w normach postępowania inżyniera z kręgu elitarnej grupy elektryków projektantów, wykonawców i inspektorów nadzoru. Normy te określane etyką zawodową dotyczą wszystkich świadczących usługi, a szczególnie tych, którzy są w trybie nakazowym zrzeszeni w Polskiej Izbie Inżynierów Budownictwa i zobowiązani do przestrzegania postanowień jej Kodeksu Etyki Zawodowej oraz wszystkich członków Stowarzyszenia Elektryków Polskich, którzy z własnej woli objęci są Zasadami etycznego postępowania członków SEP.

Bibliografia

1. PN-EN 60364-5-54:2011 Instalacje elektryczne niskiego napięcia -- Część 5-54: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego -- Układy uziemiające i przewody ochronne
2. PN-EN 50522:2011 Uziemienie instalacji elektroenergetycznych prądu przemiennego o napięciu wyższym od 1 kV
3. PN-EN 62305-3:2011 Ochrona odgromowa -- Część 3: Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia
4. Musiał E., *Uziomy fundamentowe i parafundamentowe*, Miesięcznik SEP INPE „Informacje o normach i przepisach elektrycznych”, nr 143, s. 3-33, sierpień 2011
5. Maksimowicz T., Zielenkiewicz M., *Zalecenia norm dotyczące materiałów stosowanych na uziomy sztuczne łączone z uziomem fundamentowym*, elektro.info, nr 4/2013
6. Zielenkiewicz M., Maksimowicz T., Marciniak R., *Instalacje uziemiające – zalecenia norm,* Miesięcznik SEP INPE „Informacje o normach i przepisach elektrycznych”, nr 184-185, s. 67-87. styczeń 2015
7. Wołkowiński K., Uziemienia urządzeń elektroenergetycznych, wyd. 3 (rozszerzone i całkowicie zmienione), WNT, Warszawa, 1967. s. 472
8. KODEKS zasad etyki zawodowej członków Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa, czerwiec 2013 r. (http://www.piib.org.pl/pliki/pdf/Podstawowe_dok_2015.pdf)