Instalacje uziemiające – zalecenia norm

dr inż. Mirosław Zielenkiewicz Prezes Centrum Ochrony przed Przepięciami i Zakłóceniami Elektromagnetycznymi w Białymstoku, Członek Prezydium Polskiego Komitetu Ochrony Odgromowej SEP

dr inż. Tomasz Maksimowicz Kierownik Działu Badawczo-Rozwojowego RST sp. j.

mgr Robert Marciniak Członek Komitetu Technicznego nr 55 Polskiego Komitetu Normalizacyjnego, Członek Europejskiej Grupy Roboczej nr 2 CENELEC/TC81X opracowującej normy ochrony odgromowej EN 62305, Członek Grupy Roboczej nr 11 IEC TC 81

Wstęp

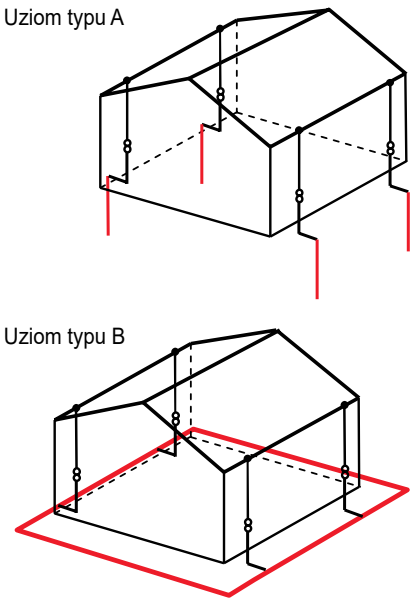
Podstawowym warunkiem dla zapewnienia układom uziomów długoletniego i skutecznego działania jest właściwy dobór materiałów stosowanych w konstrukcjach wzajemnie połączonych uziomów naturalnych i sztucznych. Wybór nieodpowiednich materiałów może prowadzić do przyśpieszonej korozji uziomów i w rezultacie do szybkiej degradacji ich parametrów elektrycznych. Uziom fundamentowy stanowi w wielu przypadkach skuteczne rozwiązanie dla uziemienia instalacji elektrycznych lub odgromowych, w związku z czym jest on aktualnie wymagany jako uziom podstawowy dla obiektów budowlanych, w tym również dla obiektów energetycznych takich jak: kontenerowe stacje elektroenergetyczne niskiego napięcia, stacje elektroenergetyczne wysokiego napięcia oraz linie elektroenergetyczne wysokiego, średniego i niskiego napięcia. Często jednak taki uziom wymaga uzupełnienia o dodatkowe zewnętrzne uziomy sztuczne umożliwiające uzyskanie dostatecznie małej rezystancji uziemienia lub spełnienie wymagań normatywnych odnoszących się do wymiarów geometrycznych uziomu. Zgodnie z wymaganiami norm [1] pogrążane bezpośrednio w gruncie metalowe elementy uziomu sztucznego, łączonego z uziomem fundamentowym, powinny być wykonywane wyłącznie z miedzi, stali nierdzewnej lub stali pomiedziowanej. Stosowanie w tym celu stali ocynkowanej jest niedopuszczalne, ze względu na zbyt dużą różnicę potencjałów elektrochemicznych pomiędzy stalą ocynkowaną w ziemi a żelbetem, co stwarza warunki sprzyjające przyspieszonej korozji uziomu zewnętrznego (stali ocynkowanej). Aktualnie obowiązujące zasady prawidłowego projektowania systemów uziemiających w fundamencie i uziomów sztucznych instalowanych wokół obiektu budowlanego są w szczegółowy sposób opisane w normie PN-EN 62305-3:2009, przywołanej w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [2, 3]. Norma ta z chwilą jej przywołania przez Ministra uzyskała status obowiązkowego stosowania, w związku z czym właśnie, zgodnie z zawartymi w niej zaleceniami, powinny być wykonywane również uziomy fundamentowe i jego połączenia z uziomami dodatkowymi (sztucznymi).

Uziom obiektu budowlanego

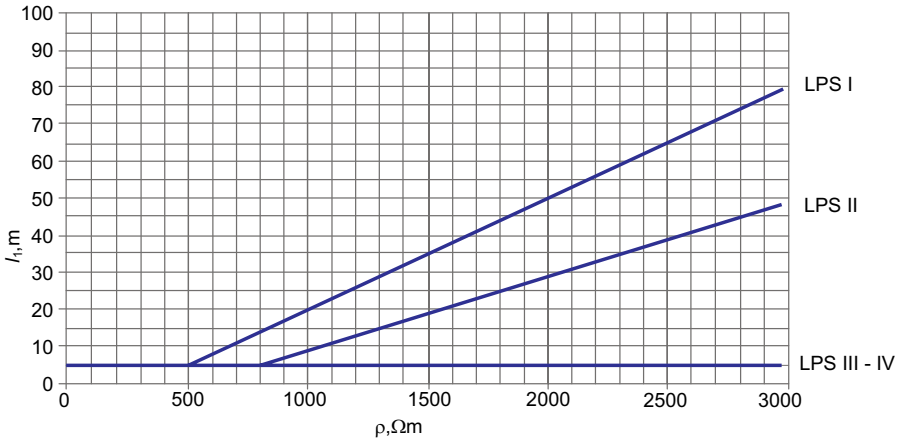
Uziemienie obiektu budowlanego ma na celu spełnienie wymagań ochrony przeciwporażeniowej, a także wymagań funkcjonalnych w stosunku do instalacji elektrycznej [4, 5] oraz instalacji odgromowej [1]. Główne przeznaczenie uziomów odnosi się do kilku ważnych aspektów:

- zapewnienia poprawnej pracy instalacji elektrycznej,
- spełnienia wymagań odnośnie bezpieczeństwa życia ludzi (dla zapewnienia prawidłowego funkcjonowania ochrony przeciwporażeniowej instalacji elektrycznych),
- skutecznego wyrównania potencjałów instalacji obiektu i odprowadzenia energii przepięć występujących w sieciach energetycznych lub powstających na skutek oddziaływania wyładowań atmosferycznych,
- odprowadzenia prądów zwarciowych doziemnych i prądów upływowych,
- bezpiecznego rozproszenia w ziemi prądu pioruna odprowadzonego z instalacji odgromowej (LPS).

Zasady projektowania uziomów dla celów instalacji odgromowej zawarto w normie PN-EN 62305-3:2009 [1], w której wyróżniono dwa typy uziomów (rys. 1):



Rys. 1. Typy uziomów według PN-EN 62305-3



Rys. 2. Minimalna długość l_1 każdego uziomu zgodnie z klasą LPS [1]

– układ typu A: złożony z uziomów poziomych i pionowych instalowanych na zewnątrz obiektu budowlanego;
– układ typu B: w postaci uziomu otokowego, kratowego lub fundamentowego.

O skuteczności systemu uziomowego decyduje jego rezystancja uziemienia. W ogólnym przypadku, jeżeli nie zostały sprecyzowane specjalne wytyczne, dla obiektów budowlanych zaleca się, aby nie przekraczała ona wartości 10 Ω. Dla spełnienia wymagań aktualnych norm odgromowych [1] wystarczy określić minimalną długość uziomu l_1 zgodnie z rysunkiem 2, przy czym kryterium konkretnej wartości 10 Ω, o czym wspomniano wcześniej, uznano za „ogólnie zalecane". Z rysunku 2 wynika, iż wartość minimalna l_1 jest zależna od rezystywności gruntu ρ oraz od klasy projektowanej instalacji odgromowej LPS. Długości l_1 mogą zostać jednak pominięte jako kryterium, jeżeli uzyskana została rezystancja uziemienia mniejsza niż 10 Ω.

W przypadku obiektów specjalnych, takich jak stacje transformatorowe, dla celów ochrony przeciwporażeniowej, mogą być wymagane mniejsze wartości rezystancji. Przykładowo, w serii norm PN-HD 60364 dotyczących instalacji elektrycznych niskiego napięcia pojawia się zalecenie, aby *„rezystancja uziemienia części przewodzących dostępnych w stacji transformatorowej nie przekraczała 1 Ω"* [4].

Biorąc pod uwagę tylko kryterium długości uziomu zgodnie z wykresami przedstawionymi na rysunku 2 w układach uziomowych typu A minimalna długość każdego uziomu od podstawy przewodu odprowadzającego powinna być równa:
– l_1 dla uziomów poziomych lub
– 0,5 l_1 dla uziomów pionowych lub nachylonych.

Przy stosowaniu uziomów złożonych (poziomych i pionowych) należy brać pod uwagę ich sumaryczną długość. Całkowita liczba uziomów nie powinna być mniejsza niż 2.

W układach typu B jako kryterium długości uziomu rozpatruje się średni promień r_e obszaru objętego uziomem otokowym lub uziomem fundamentowym, który nie powinien być mniejszy niż minimalna wymagana długość uziomu: $r_e \geq l_1$. Jeżeli warunek ten nie jest spełniony ($r_e < l_1$), to należy stosować dodatkowe uziomy poziome lub pionowe o długościach:

$$l_r = l_1 - r_e$$

dla dodatkowych uziomów poziomych lub

$$l_r = (l_1 - r_e) / 2$$

dla dodatkowych uziomów pionowych. Uziomy dodatkowe należy rozmieszczać w punktach, w których przyłączone są przewody odprowadzające instalacji odgromowej i w miarę możliwości w jednakowych odległościach wzdłuż obwodu uziomu typu B.

W praktyce rozbudowywanie systemu uziomowego o dodatkowe uziomy poziome i pionowe jest także często stosowane do uzyskania odpowiednio małej – wymaganej zgodnie z projektem – rezystancji uziemienia. Uzyskuje się to również przez pogrążanie uziomów pionowych na większe głębokości.

Uziom otokowy, jako odmiana uziomu typu B, powinien być zakopany na głębokości co najmniej 0,5 m w odległości około 1 m od zewnętrznych ścian obiektu. Podobnie pozostałe typy uziomów (typu A) powinny być instalowane przy usytuowaniu ich górnych części na głębokości nie mniejszej niż 0,5 m. Z tego względu jedyną metodą oceny ciągłości połączeń uziomu z instalacją odgromową lub szyną wyrównawczą jest pomiar elektryczny. W tym celu wykonywane są zaciski probiercze zwane potocznie złączami kontrolno-pomiarowymi (ZKP). Zaciski probiercze lokalizowane są w miejscu połączenia przewodów odprowadzających instalacji odgromowej z przewodami uziemiającymi lub w specjalnych skrzynkach pomiarowych umieszczanych w gruncie.

Wymagania dla elementów uziemiających

Na uziomy sztuczne montowane bezpośrednio w gruncie stosuje się: druty, linki, taśmy, pręty, lite płyty lub kratownice. Wymagania jakie powinny one spełniać zawarte są między innymi w najnowszych normach dotyczących instalacji elektrycznych:
– niskiego napięcia: *PN-HD 60364-5-54:2011 Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 5-54: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego – Układy uziemiające i przewody ochronne (oryg.)* [5],
– o napięciu powyżej 1 kV: *PN-EN 50522:2011 Uziemienie instalacji elektroenergetycznych prądu przemiennego o napięciu wyższym od 1 kV (oryg.)* [15],

oraz w normach odgromowych, dotyczących:
– projektowania ochrony odgromowej: *PN-EN 62305-3:2011 Ochrona odgromowa – Część 3: Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia (oryg.)* [1],
– elementów instalacji piorunochronnych: *PN-EN 62561-2:2012 Elementy urządzenia piorunochronnego (LPSC) – Część 2: Wymagania dotyczące przewodów i uziomów (oryg.) [8] (wcześniej jako PN-EN 50164-2:2010).*

Zamieszczono tam wymagania dotyczące dopuszczanych do stosowania materiałów, rodzajów powłok oraz wymiarów elementów. Zalecenia zawarte w treści norm PN-HD 60364-5-54:2011, PN-EN 62305-3:2011 i PN-EN 62561-2:2012 są w dużym stopniu spójne, a wymagania normy PN-EN 50522:2011, pomimo jej zatwierdzenia przez CENELC jako normy europejskiej w zbliżonym okresie, w pewnym jej zakresie odbiegają od postanowień pozostałych norm. W tablicy 1 zamieszczono i porównano wymagania dotyczące elementów uziemiających zebrane z powyższych norm. Kolorem czerwonym zaznaczono wartości różniące się pomiędzy poszczególnymi dokumentami.

Dopuszczane materiały

We wszystkich wymienionych normach jako materiały stosowane do produkcji elementów uziemiających zaleca się stosowanie miedzi: gołej lub cynowanej, oraz stali: ocynkowanej na gorąco, nierdzewnej lub pomiedziowanej elektrolitycznie. Normy elektryczne (zarówno PN-HD 60364-5-54:2011, jak i PN-EN 50522:2011) dopuszczają do stosowania także stal pokrytą powłoką miedzi o grubości 1000 µm, jednak taki materiał podatny jest na odwarstwianie powłoki Cu pod wpływem narażeń mechanicznych. Z tego względu normy odgromowe dopuszczają już jedynie stal pomiedziowaną elektrolitycznie, która dzięki opracowanej technologii zapewnia znacznie trwalszy kontakt obu warstw nawet przy znacznie mniejszej grubości powłoki Cu.

Norma PN-EN 50522 jako jedyna z wymienionych dopuszcza do stosowania takie materiały jak stal i miedź z powłokami z ołowiu. Ze względu na szkodliwe właściwości ołowiu takie materiały nie powinny być obecnie dopuszczane do stosowania.

Pewne rozbieżności pomiędzy zaleceniami poszczególnych norm dotyczą coraz popularniejszej w ostatnich latach stali pomiedziowanej elektrolitycznie. W normie PN-EN 50522 jest mowa jedynie o prętach wykonanych z takiego materiału, przy czym pozostałe normy dopuszczają także druty i taśmy (bednarki). Błędna wydaje się podana w PN-EN 50522 minimalna grubość powłoki miedzi dla prętów pionowych: 90 µm. Zarówno normy odgromowe, jak i norma dotycząca instalacji niskiego napięcia wymagają, aby grubość tej warstwy wynosiła co najmniej 250 µm, ponieważ powłoka o grubości 90 µm może być zbyt mało odporna na narażenia mechaniczne, jakim poddawane są pręty przy pogrążaniu w ziemi. Cieńsze grubości warstw dopuszczalne są natomiast w przypadku drutów i bednarek, które są

Tablica 1. Materiały dopuszczone do stosowania na uziomy w gruncie, ich konfiguracja oraz minimalne wymiary, a także grubości powłok ochronnych

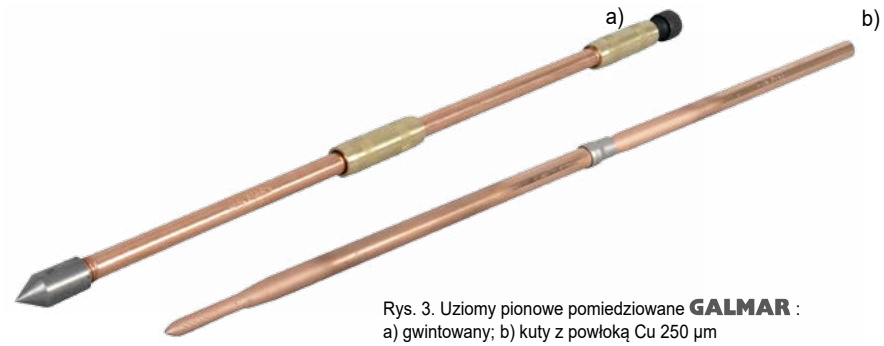
Materiał		Kształt	Minimalne wymiary średnica/przekrój/grubość [grubość powłoki] mm/mm²/mm [µm]			
			PN-HD 60364-5-54: 2011[1)]	PN-EN 50522: 2011	PN-EN 62305-3: 2011	PN-EN 62561-2: 2012
Miedź	goła / cynowana	drut	- / (25) 50 / -	- / 25 / -	- / 50 / -	8 / 50 / - [1 µm]
		taśma	- / 50 / 2	- / 50 / 2	- / 50 / -	- / 50 / 2 [1 µm]
		pręt	(12) 15 / - / -		15 / - / -	15 / 176 / - [1 µm]
		linka [2)]	1,7 / (25) 50 / - [1 µm]	1,8 / 25 / -	- / 50 / -	1,7 / 50 / - [1 µm]
		rura	20 / - / 2	20 / - / 2	20 / - / -	20 / 110 / 2 [1 µm]
		płyta lita [3)]	- / (1,5) 2		500 x 500 / -	500 x 500 / 1,5 [1 µm]
		krata [3)]	- / 2		600 x 600 [4)] / -	600 x 600 / - [1 µm] [5)]
	galwanizowana	taśma		- / 50 / 2 [20 µm]		
	z powłoką Pb	drut		- / 25 / - [1000 µm]		
		linka		1,8 / 25 / - [1000 µm]		
Stal	pomiedziowana elektrolitycznie	drut	(8) / - / - [70 µm]		- / 50 / -	8 / 50 / - [250 µm]
						10 / 78 / - [70 µm]
		taśma	- / 90 / 3 [70 µm]		- / 90 / -	- / 90 / 3 [70 µm]
		pręt	14 / - / - [250 µm]	14,2 / - / - [90 µm]	14 / - / -	14 / 150 / - [250 µm]
	z powłoką Cu	pręt	(15) / - / - [2000 µm]	15 / - / - [2000 µm]		
	z powłoką Pb	drut		8 / - / - [1000 µm]		
	ocynkowana ogniowo	drut	10 / - / - [45 µm]	10 / - / - [50 µm[7)]]	- / 78 / -	10 / 78 / -
		taśma	- / 90 / 3 [63 µm]	- / 90 / 3 [63 µm]	- / 90 / -	- / 90 / 3
		pręt	16 / - / - [45 µm]	16 / - / - [63 µm]	14 / - / -	14 / 150 / -
		linka [2)]	- / 70 / -			
		rura	25 / - / 2 [45 µm]	25 / - / 2 [47 µm]	25 / - / -	25 / 140 / 2
		płyta lita [3)]			500 x 500	500 x 500 / 3
		krata [3)]			600 x 600 [4)]	600 x 600[4)] / - [6)]
	goła w betonie	drut	10 / - / -		- / 78 / -	10 / 78 / -
		taśma	- / 75 / 3		- / 75 / -	- / 75 / 3
		linka [2)]			- / 70 / -	1,7 / 70 / -
	nierdzewna	drut	10 / - / -		- / 78 / -	10 / 78 / -
		taśma	- / 90 / 3		- / 100 / -	- / 100 / 2
		pręt	16 / - / -		15 / - / -	15 / 176 / -
		rura	25 / - / 2			

Uwagi:
1) wartości w nawiasach dotyczą uziomów przeznaczonych jedynie do celów ochrony przeciwporażeniowej
2) średnica podana dla pojedynczego drutu
3) dla płyt i krat podane wymiary to powierzchnia/grubość
4) kratownica skonstruowana z przewodu o długości co najmniej 4,8 m
5) zbudowana z taśmy o przekroju 25 × 2 mm lub drutu o średnicy 8 mm
6) zbudowana z taśmy o przekroju 30 × 3 mm lub drutu o średnicy 10 mm
7) wartość średnia

układane poziomo w wykopach i przysypywane ziemią, przez co w znacznie mniejszym stopniu narażone są na uszkodzenia. Nie wydaje się ponadto logiczne, aby większe obostrzenia były stawiane instalacjom niskiego napięcia (dla których także wymagana jest grubość warstwy 250 µm) niż dla instalacji o napięciu powyżej 1 kV. Obecnie niewielu producentów spełnia te wymagania. Dla przykładu: na rynku dostępne są pręty stalowe pomiedziowane o powłoce Cu 240 µm – różnica choć niewielka, to powoduje, że dany produkt nie spełnia wymagań normatywnych. Przykłady uziomów pionowych pomiedziowanych spełniających wymagania wymienionych norm przedstawiono na rysunku 3.

W przypadku bednarek pomiedziowanych elektrolitycznie wymagania odnośnie cieńszej grubości powłoki wynikają z mniejszego ryzyka uszkodzenia powłoki uziomu. Bednarki układane w wykopach i zasypywane ziemią nie podlegają istotnym narażeniom mechanicznym, stąd w ich przypadku wymagana jest powłoka miedzi o grubości jedynie 70 µm. Bednarka pomiedziowana musi być jednak wystarczająco odporna na wyginanie, a takie narażenie nie może powodować odwarstwiania się miedzianej powłoki ochronnej.

W najnowszych normach odgromowych nie podano wymagań odnośnie grubości powłok cynku, chociaż takie informacje podane były we wcześniejszej wersji normy PN-EN 62305-3 z 2009 r. Były tam sprecyzowane wymagania, które mówiły, że powłoka cynku powinna być gładka, ciągła i wolna od plam a jej minimalna grubość powinna wynosić 50 µm dla elementów okrągłych (druty i pręty) oraz 70 µm dla materiałów płaskich (bednarki). Wśród najnowszych norm wymagania te zamieszczone są jedynie w normach dotyczących instalacji elektrycznych. Należy jednak zwrócić uwagę, że wartości te podane w normach PN-EN 50522:2011 i PN-HD 60364-5-54:2011 są różne. W zależności od kształtu elementu zalecane minimalne grubości powłok wahają się od 45 do 63 µm. Norma PN-EN 62561-2:2012 stawia z kolei wymagania dotyczące gramatury powłoki cynku, która powinna wynosić 350 g/m² dla elementów



Rys. 3. Uziomy pionowe pomiedziowane **GALMAR** : a) gwintowany; b) kuty z powłoką Cu 250 µm

okrągłych i 500 g/m^2 dla elementów płaskich. Takie sformułowanie wymagań jest bardziej uzasadnione, ponieważ nawet wtedy, gdy przerwana zostanie ciągłość powłoki cynku, to w pierwszej kolejności korodować będzie cynk a dopiero później pokryta nim stal.

Żadna z norm nie wymienia wśród materiałów dopuszczanych do stosowania stali ocynkowanej galwanicznie.

Minimalne wymiary elementów

W normie dotyczącej instalacji niskiego napięcia PN-HD 60364-5-54 dla wybranych elementów (druty, linki i pręty miedziane) podano dwa wymiary odpowiednio dla przypadku, gdy instalacja uziemiająca jest przeznaczona jedynie do celów ochrony przeciwporażeniowej oraz, gdy instalacja ma być wykorzystana również do celów ochrony odgromowej. Wymiary elementów uziemień, np. minimalne średnice prętów lub przekroje drutów mogą być mniejsze w przypadku, gdy uziom pełni funkcje jedynie roboczą lub ochrony przeciwporażeniowej i nie jest narażony na oddziaływanie prądów piorunowych. Wymiary zalecane w PN-EN 50522 pokrywają się z wartościami podanymi w PN-HD 60364-5-54 właśnie dla tego przypadku. W związku z tym należy rozumieć, że wymiary podane w PN-EN 50522 dotyczą jedynie zastosowań do celów ochrony przeciwporażeniowej, natomiast jeżeli uziom ma za zadanie także rozproszenie prądu pioruna w ziemi, to należy stosować się do bardziej rygorystycznych wymagań norm PN-EN 62305-3:2011 i PN-EN 62561-2:2012.



Rys. 4. Bednarka i drut ze stali pomiedziowanej **GALMAR** z powłoką Cu 70 µm

W najnowszej normie odgromowej PN-EN 62305-3:2011 zamieszczono mniej szczegółowe w porównaniu do edycji z 2009 r informacje dotyczące uziomów. W stosunku do pierwszej edycji usunięto informacje dotyczące m.in. grubości bednarek, grubości powłoki miedzi i cynku dla prętów stalowych, średnic drutów. Pozostawiono jedynie wymagania dotyczące średnic prętów, powierzchni przekroju drutów i bednarek oraz powierzchnie płyt i kratownic. Wszelkie szczegółowe zalecenia przeniesione zostały do normy PN-EN 62561-2:2012 – poza wymaganiami odnośnie grubości warstw cynku, które obecnie nie są zawarte w żadnej z norm odgromowych. Warto także wspomnieć, że pręty pomiedziowane elektrolitycznie były wymieniane już w normie PN-EN 50164-2:2003 dotyczącej przewodów i uziomów, a w normach odgromowych serii 62305 pojawiły się dopiero w 2011 r.

Różnice można także zauważyć w minimalnych średnicach prętów wykonanych ze stali ocynkowanej oraz stali nierdzewnej a także w wymiarach bednarek ze stali nierdzewnej. Normy elektryczne zalecają stosowanie prętów ze stali ocynkowanej na gorąco i stali nierdzewnej o średnicach 16 mm, przy czym normy odgromowe dopuszczają mniejsze średnice o wartościach odpowiednio 14 i 15 mm. Różnica ta w praktyce jest jednak mało znacząca, ponieważ większość producentów oferuje pręty stalowe o średnicach co najmniej 16 mm (typowo



Rys. 5. Łączenie prętów zbrojeniowych za pomocą drutu wiązałkowego *(za zgodą RST sp. j.)*

∅: 16 mm, 18 mm lub 20 mm), które spełniają wymagania zarówno norm odgromowych jak i elektrycznych.

Minimalna powierzchnia przekroju bednarek ze stali nierdzewnej według PN-HD 60364-5-54 powinna wynosić 90 mm^2 przy grubości 3 mm, natomiast według norm odgromowych powinna ona wynosić co najmniej 100 mm^2 przy grubości 2 mm. Na rynku przeważnie oferowane są jednak bednarki ze stali nierdzewnej o przekroju 105 mm^2 (30 mm × 3,5 mm), co spełnia wymagania dowolnej z norm zarówno w zakresie minimalnej powierzchni przekroju, jak i grubości materiału.

Uziom fundamentowy

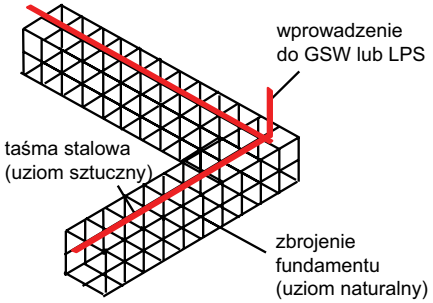
Powszechność stosowania na terenie Rzeczypospolitej Polskiej uziomów fundamentowych to wynik wymagania, jakie wprowadziło rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. [2] w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Zgodnie z zapisami § 184 ust. 1 [2]:

„Jako uziomy instalacji elektrycznej należy wykorzystywać metalowe konstrukcje budynków, zbrojenia fundamentów oraz inne metalowe elementy umieszczone w niezbrojonych fundamentach stanowiące sztuczny uziom fundamentowy”.

Stosowanie uziomów fundamentowych jest zalecane zarówno w dokumentach normalizacyjnych dotyczących instalacji elektrycznych jak i odgromowych. Główne przyczyny preferowania takiego uziomu przez specjalistów związane są z łatwością i niskim kosztem jego wykonania, dobrym kontaktem fundamentu z gruntem, stabilnością jego rezystancji w czasie (mała zależność rezystywności fundamentu od zmian temperatury i wilgotności) i maksymalnym wykorzystanie jego powierzchni do rozproszenia prądów uziomowych w gruncie.

Mając na uwadze, iż uziom fundamentowy tworzą metalowe elementy zalane betonem w fundamencie obiektu budowlanego, to dla zapewnienia ciągłości drogi elektrycznej prądu w takiej konstrukcji szczególną uwagę należy zwracać na jakość wzajemnych połączeń elementów metalowych. W praktyce budowlanej pręty zbrojeniowe konstrukcji żelbetowych łączone są głównie za pomocą drutu wiązałkowego (rys. 5). W związku z tym, jeżeli fundament ma być skutecznie wykorzystany jako naturalny uziom obiektu, połączenia zbrojenia fundamentu winny być małooporowe. W celu uzyskania pewnych elektrycznie połączeń prętów zbrojenia zaleca się uzupełnienie fundamentu





Rys. 6. Zalecane wykonanie uziomu fundamentowego z wykorzystaniem taśmy stalowej *(za zgodą RST Sp. j.)*

dodatkową wewnętrzną siecią oczkową, wykonaną z prętów lub płaskowników (rys. 6) i powiązaną ze stalą zbrojeniową z użyciem atestowanych zacisków śrubowych. Jeszcze lepsze, bo zdecydowanie trwalsze są połączenia spawane lub wykonane metodą zgrzewania egzotermicznego. Wszelkie zabiegi związane z dodatkowymi połączeniami prętów zbrojeniowych powinny być uzgodnione z konstruktorem fundamentu, aby uzyskać pewność, że trwałość tak wykonanego uziomu fundamentowego nie będzie mniejsza niż trwałość budynku.

Istotną zaletą uziomów fundamentowych jest stabilna w czasie rezystancja uziemienia. Zagadnienie to zostało dobrze opisane na przykładzie obiektów budowlanych w opracowaniu E. Musiała [6]. Wpływ na stabilność rezystancji uziomu fundamentowego mają następujące fakty:

– zazwyczaj fundamenty budynków otoczone są gruntem o rezystywności mniejszej niż warstwy powierzchniowe;
– z oczywistych względów rezystywność niższych partii gruntu jest mniej zależna od pory roku oraz warunków pogodowych;
– w budynkach o kilku kondygnacjach podziemnych uziom fundamentowy znajduje się pod najniższą z nich – na takich głębokościach zmienność temperatury i wilgotności gruntu w skali roku jest pomijalnie mała.

W przypadku, gdy parametry uziomu fundamentowego (rezystancja, wymiary geometryczne) są dostateczne dla zaprojektowanego przeznaczenia, to – zgodnie z procedurą opisaną w normie PN-EN 62305-3 – nie jest wymagane stosowanie dodatkowych uziomów sztucznych. Jednak ze względów praktycznych, dla umożliwienia cyklicznej kontroli stanu takiego uziomu, zastosowanie dodatkowych uziomów w miejscach zejścia przewodów odprowadzających pozwala na wykonanie rozłącznych złącz kontrolno-pomiarowych. Najczęściej, w szczególności przy rozległych uziomach fundamentowych, nie wpływa znacząco na koszt inwestycji, a pozwala na przeprowadzenie niezbędnych prac pomiarowych.

Łączenie uziomów fundamentowych z uziomami dodatkowymi

Stosowanie fundamentu jako jedynego elementu uziomu napotyka określone ograniczenia wynikające z jego wymiarów lub wypadkowej rezystancji uziemienia. I tak, w przypadku obiektów wymagających ochrony odgromowej posadowionych na fundamencie o niedużej powierzchni, takich jak na przykład: wieże antenowe, domy jednorodzinne lub nieduże obiekty techniczne, może okazać się, że spełnienie kryterium minimalnych wymiarów fundamentu nie zostało spełnione. Oznacza to, iż średni promień powierzchni równoważnej r_e obszaru objętego uziomem fundamentowym może nie spełniać warunku

$$r_e = \sqrt{\frac{A}{\pi}} \geq l_1,$$

wymaganego w normie odgromowej PN-EN 62035-3. W związku z tym, że dla IV i III klasy instalacji odgromowej, typowej dla takich obiektów, wymagana minimalna długość uziomu l_1 wynosi 5 m (rys. 2), co odpowiada powierzchni $A = \pi r_e^2 = \pi 5^2 = 78{,}5\ m^2$, to wszystkie obiekty o mniejszej powierzchni objętej fundamentem wymagają zastosowania dodatkowych uziomów sztucznych. W obiektach wyposażonych w instalację odgromową dodatkowe uziomy powinny być przyłączone do uziomu fundamentowego w punktach odejścia do gruntu przewodów odprowadzających.



Rys. 7. Uziemienie stacji transformatorowej

Małe uziomy fundamentowe

Również w obiektach specjalnych, takich jak na przykład: zewnętrzne rozdzielnie wolnostojące lub kioski aparaturowe, samodzielny uziom fundamentowy może być także niewystarczającym rozwiązaniem ze względu na konieczność uzyskania odpowiednio małej wymaganej rezystancji uziemienia, gdyż nie jest możliwe ze względu na małą objętość fundamentu.

Ponadto – po przyłączeniu wszystkich urządzeń usługowych do obiektu, w którym zastosowano samodzielny uziom fundamentowy – pomiar rezystancji uziemienia może okazać się znacznie utrudniony lub wręcz niewykonalny ze względów eksploatacyjnych. W praktyce problem ten związany jest z brakiem odpowiednich złącz kontrolno-pomiarowych oraz z niemożliwością odłączenia od uziomu urządzeń usługowych na czas wykonywania pomiarów rezystancji uziemienia.

Wymienione problemy ze stosowaniem samodzielnego uziomu fundamentowego można skutecznie wyeliminować poprzez zastosowanie dodatkowych uziomów sztucznych, które pozwolą na spełnienie warunku $r_e \geq l_1$ lub uzyskanie odpowiedniej rezystancji uziemienia. Przykład takiego rozwiązania dla niewielkiego uziomu fundamentowego zewnętrznej stacji transformatorowej pokazano na rys. 7. Podobnie dodanie jednego lub kilku uziomów pomocniczych z odpowiednimi zaciskami probierczymi ułatwi wykonywanie okresowych pomiarów rezystancji uziemienia fundamentowego.

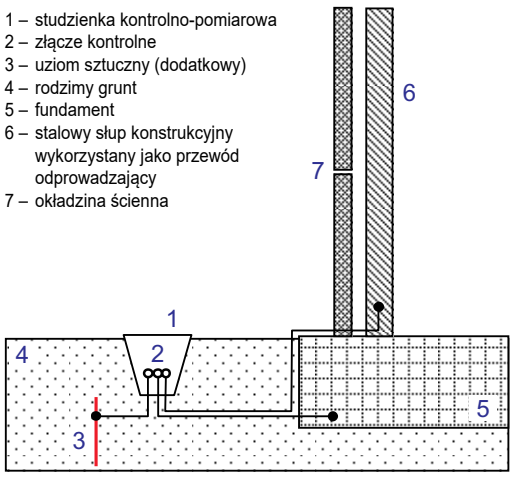
Rozległe uziomy fundamentowe

W ostatnim okresie szczególnie istotnym problemem przy projektowaniu instalacji odgromowych obiektów posadowionych na rozległych płytach fundamentowych staje się brak możliwości oceny ich stanu technicznego. Stalowe konstrukcje nośne takich obiektów (hale fabryczne, tzw. „galerie handlowe", itp.) łączone są zazwyczaj trwale wewnątrz obiektu ze zbrojeniem fundamentu bez możliwości ich rozłączenia. Doskonałym rozwiązaniem w takiej sytuacji jest zastosowanie złącz kontrolno-pomiarowych umieszczanych w studzienkach montowanych w gruncie (rys. 8). Spełnia ono dodatkowo wymogi norm serii 62305, zgodnie z którymi wzajemne połączenia między uziomami powinny być wykonane przy zaciskach probierczych, czyli w miejscu lokalizacji przewodów odprowadzających. Taki sposób umożliwia kontrolowanie stanu rozległej płyty fundamentowej podczas jej eksploatacji na podstawie wyników pomiaru rezystancji uziemienia uziomu oraz rezystancji pomiędzy dwoma punktami uziomu fundamentowego.

Ze zdziwieniem należy się odnieść do wyrażanych w ostatnich czasach opinii, iż wartość rezystancji uziemienia nie ma większego znaczenia. Z oczywistych powodów jej mała wartość (w normie 62305 za taką wartość uznaje się nie więcej niż 10 Ω) ma podstawowe znaczenie zarówno w odniesieniu do wartości impulsowych napięć i prądów pojawiających się w obiekcie, np. podczas bezpośredniego wyładowania piorunowego, jak i ze względów czysto eksploatacyjnych. Wyniki pomiarów rezystancji uziemienia wykonywane z różnych stron płyty fundamentowej, szczególnie po zakończeniu okresu stabilizacji jej warunków przewodnictwa elektrycznego, wykonywane cyklicznie powtarzalną metodyką pomiarową dają pełną gwarancję kontroli stanu uziomu w trakcie wieloletniej eksploatacji obiektu.

Sposoby łączenia uziomów sztucznych z uziomem fundamentowym

Połączenie uziomu fundamentowego z dodatkowymi zewnętrznymi uziomami sztucznymi wiąże się jednak z kolejnym problemem, który w praktyce projektowej i wykonawczej jest zazwyczaj lekceważony. Problem dotyczy doboru nieodpowiednich materiałów na uziomy sztuczne, co może stwarzać warunki sprzyjające przyspieszonej korozji systemu uziomowego. Wiedza na ten temat wśród projektantów instalacji elektrycznych jest obecnie wielce niezadowalająca pomimo, iż wymagania w tym zakresie wprowadzono do aktów normalizacyjnych w naszym kraju już w kwietniu 2002 r. w normie PN-IEC 61024-1-2:2002 [13], a dwa lata później – w kwietniu 2004 r. – normę tę umieszczono w spisie norm przywołanych do Rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [14].



Rys. 8. Złącze kontrolno-pomiarowe przeznaczone do cyklicznej kontroli stanu uziomu fundamentowego, np. w rozległych obiektach o konstrukcji stalowej *(za zgodą RST sp. j.)*

Zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 62305-3 **ze zbrojeniem w betonie bezpośrednio mogą być łączone uziomy ze stali nierdzewnej lub miedzi.** Przykład tak wykonanego, prawidłowego połączenia dodatkowego uziomu sztucznego, zbudowanego na bazie systemu pomiedziowanego **GALMAR**, z uziomem fundamentowym przedstawiono na rys. 9.

Uziomy ocynkowane, ze względu na ryzyko korozji, mogą być łączone ze zbrojeniem w betonie wyłącznie poprzez izolujące iskierniki zdolne do przewodzenia częściowych prądów piorunowych (klasy N).

Dodatkowe wymagania dla przewodów uziomów wychodzących z betonu lub ziemi są następujące:

a) dla uziomów stalowych – w punkcie przejścia do powietrza powinny być chronione przed korozją za pomocą izolacyjnych taśm lub rur termokurczliwych na odcinku 0,3 m;
b) dla uziomów miedzianych i ze stali nierdzewnej – taka ochrona nie jest konieczna.

Z przedstawionych wyżej zaleceń normatywnych wynika, **iż obecnie stosowanie dodatkowych uziomów ocynkowanych do łączenia z uziomami fundamentowymi wymaga od projektanta wyraźnego uzasadnienia takiej potrzeby** zarówno ze względu na spodziewane zagrożenie korozyjne, jak i na konieczność stosowania dodatkowych, kosztownych środków zabezpieczających (izolowanie iskiernikami i osłonami).

Korozja elektrochemiczna

Korozja uziomu prowadzi do wzrostu rezystancji uziemienia, a w skrajnych przypadkach nawet do jego całkowitego zniszczenia. Na rys. 10 b) przedstawiono przykład stalowej bednarki ocynkowanej umieszczonej w gruncie, która połączona z uziomami fundamentowymi konstrukcji masztu antenowego uległa bardzo silnej korozji po 12 latach eksploatacji. Podobnie jak w przypadku łączenia różnych materiałów w instalacji elektrycznej, gdzie przykładowo nie jest dopuszczalne bezpośrednie łączenie elementów aluminiowych z miedzianymi, należy zwracać uwagę na dobór właściwych materiałów w systemach uziemiających.

Zagrożenie korozją elektrochemiczną pojawiające się w wyniku utworzenia ogniwa galwanicznego w wyniku połączenia uziomu fundamentowego i uziomu zewnętrznego ze stali ocynkowanej przedstawiono na rys. 11.

Różne metale umieszczone w wilgotnym gruncie lub betonie, czyli w środowisku elektrolitycznym, przyjmują różny potencjał elektryczny mierzony względem elektrody odniesienia. Połączone ze sobą różne materiały tworzą ogniwo galwaniczne, przez które w wyniku różnicy potencjałów może nieustannie płynąć prąd stały. Nawet jeżeli wartość tego prądu jest stosunkowo niewielka, rzędu miliamperów, to jest to zjawisko groźne, ponieważ trwa nieprzerwanie. Przyjmuje się, że różnica potencjałów przekraczająca 0,6 V stwarza już warunki sprzyjające przyspieszonej korozji.



Rys. 9. Prawidłowo wykonane połączenie uziomu sztucznego (system pomiedziowany **GALMAR**) z uziomem fundamentowym

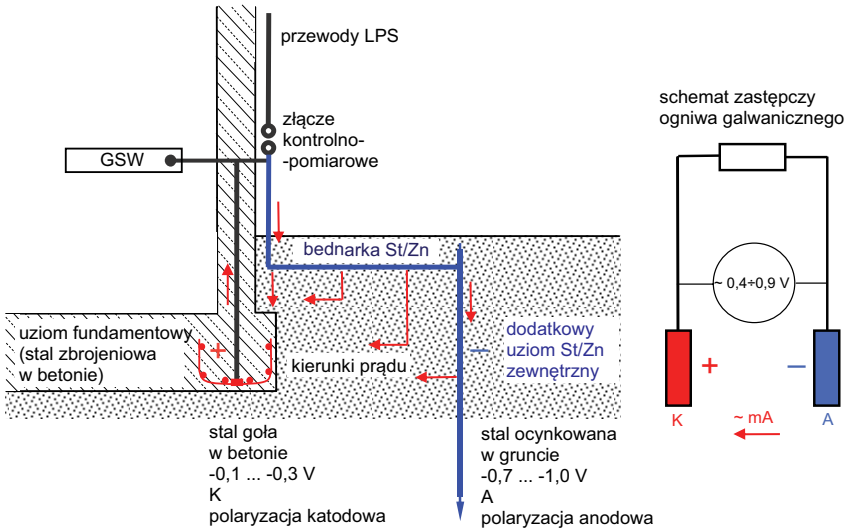
a)



b)



Rys. 10. Korozja bednarki ocynkowanej zastosowanej jako uziom dodatkowy do uziomu fundamentowego
a) Korozja bednarki ocynkowanej po 6 latach eksploatacji w charakterze uziomu dodatkowego jednej ze stóp fundamentowych słupa wysokiego napięcia 220 kV w Sudanie. Jednym z czynników tak szybkiej korozji był fakt jej połączenia ze zbrojeniem fundamentu tego słupa
b) Skorodowana bednarka ocynkowana po 12 latach eksploatacji jako element poziomego uziomu obiektu radiokomunikacyjnego z uziomami fundamentowymi trzonu masztu (wysokość masztu 326 m n.p.t.) i stóp fundamentowych jego odciągów *(za zgodą RST sp. j.)*



Rys. 11. Zagrożenie korozją elektrochemiczną w wyniku połączenia uziomu fundamentowego i uziomu zewnętrznego ze stali ocynkowanej

W tablicy 2 zestawiono wartości siły elektromotorycznej ogniw powstałych w wyniku łączenia par różnych metali stosowanych na uziomy lub na powłoki ochronne elementów uziomów.

Potencjał stali umieszczonej w betonowym fundamencie otoczonym wilgotnym gruntem mierzony względem elektrody odniesienia $Cu/CuSO_4$ wynosi od -0,1 V do -0,3 V [6, 7]. Potencjał stali ocynkowanej – stosowanej często na uziomy sztuczne, jako rozwiązanie najtańsze – umieszczonej w tym samym gruncie, mierzony względem tej samej elektrody odniesienia wynosi od -0,7 V do -1,0 V. Takie połączenie daje w rezultacie różnice potencjałów bliską wartości 0,4 ÷ 0,9 V. Z tego względu łączenie stali ocynkowanej ze stalą uziomu fundamentowego jest niedopuszczalne, ponieważ będzie powodowało przyśpieszenie korozji tej pierwszej. Potencjał zbliżony do potencjału stali w betonie posiada miedź lub stal pomiedziowana, dla których waha się on w zakresie od 0,0 V do -0,2 V.

Zalecenia dotyczące doboru odpowiednich materiałów na uziomy sztuczne łączone z uziomem fundamentowym zawarto między innymi w normie odgromowej PN-EN 62305-3 [1], a także w normie dotyczącej uziemień instalacji elektrycznych niskiego napięcia PN-HD 60365-5-54 [5].

W treści normy PN-EN 62305-3:2009 w punkcie E.5.4.3.2 Uziomy fundamentowe można znaleźć zapis informujący o zagrożeniu, jakie występuje, gdy uziom zewnętrzny jest wykonany ze stali czarnej lub stali ocynkowanej:

„(…)Dalszy problem wiąże się z korozją elektrochemiczną pod wpływem prądów galwanicznych. Stal w betonie ma w przybliżeniu taki sam potencjał galwaniczny szeregu elektrochemicznego, co miedź w gruncie. A zatem, gdy stal w betonie jest połączona ze stalą w ziemi, to czynne napięcie galwaniczne, równe w przybliżeniu 1 V, powoduje przepływ prądu korozji w gruncie oraz mokrym betonie i rozpuszcza stal w gruncie.

Gdy umieszczone w gruncie uziomy mają połączenie ze stalą w betonie, ***to powinny być wykonane z miedzi lub ze stali nierdzewnej.****”*

Jak już wspomniano wcześniej, zalecenia odnoszącego się do omawianego zakresu zawierała już poprzednia edycja norm odgromowych PN-IEC 61024-1 [13] wprowadzona do stosowania w latach 2001-2002, która w roku 2004 stała się normą obowiązującą, gdyż została wymieniona w wykazie norm przywołanych do Rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [2, 14]. Najnowsza wersja normy PN-EN 62305-3:2011 rozszerza powyższy zapis i dopuszcza do stosowania w takich przypadkach także **stal pomiedziowaną.**

Problem ten podnoszony jest także w normie PN-HD 60365-5-54 [5] w punktach 542.2.5 oraz C.4, zgodnie z treścią których **stali ocynkowanej nie wolno stosować na uziomy sztuczne łączone z uziomem fundamentowym,** a dla zapewnienia dostatecznej żywotności systemu uziemiającego należy stosować elementy wykonane ze stali nierdzewnej lub innej dobrze zabezpieczonej przy pomocy odpowiednich prefabrykowanych powłok chroniących przed wilgocią.

Uziomy pomiedziowane

Elementy wykonane z miedzi lub ze stali nierdzewnej charakteryzują się stosunkowo wysoką ceną i z tego względu projektanci lub wykonawcy często rezygnują z ich stosowania. Dopuszczenie w najnowszych arkuszach norm stali pomiedziowanej galwanicznie daje rozwiązanie najbardziej opłacalne pod względem ekonomicznym z jednoczesnym zachowaniem właściwości zbliżonych do miedzi, a zarazem zgodne z najnowszymi normami. Elementy wykonane ze stali pomiedziowanej charakteryzują się wysoką odpornością na korozję dzięki stosowaniu grubej powłoki miedzi oraz wytrzymałością na rozciąganie typową dla stali.

W normach [5] i [8] określone zostały minimalne grubości warstw miedzi, które wynoszą

Tablica 2. Różnice potencjałów elektrochemicznych par metali najczęściej stosowanych na uziomy lub ich powłoki ochronne w Polsce

Cynk, stopy cynku	Zn na żelazie lub stali, stop 80 Sn/20 Zn na stali	Stal miękka	Stal nierdzewna o zawartości 12% Cr, Cr lub Ni na stali, Sn na stali	Stal nierdzewna o wysokiej zawartości Cr	Miedź, stopy miedzi	Rodzaje powłoki zewnętrznej
0 V	0,05 V	0,4 V	**0,65 V**	**0,75 V**	**0,85 V**	cynk, stopy cynku
0,05 V	0 V	0,35 V	0,6 V	**0,7 V**	**0,8 V**	Zn na żelazie lub stali, stop 80 Sn/20 Zn na stali
0,4 V	0,35 V	0 V	0,25 V	0,35 V	0,45 V	stal miękka
0,65 V	0,6 V	0,25 V	0 V	0,1 V	0,2 V	stal nierdzewna o zawartości 12 % Cr, Cr lub Ni na stali, Sn na stali
0,75 V	**0,7 V**	0,35 V	0,1 V	0 V	0,1 V	stal nierdzewna o wysokiej zawartości Cr
0,85 V	**0,8 V**	0,45 V	0,2 V	0,1 V	0 V	miedź, stopy miedzi

70 µm dla bednarek i przewodów oraz 250 µm dla prętów wykorzystywanych na uziomy pionowe. Taka powłoka powinna zawierać 99,9% czystej miedzi.

Wśród producentów elementów uziemiających wykonywanych ze stali pomiedziowanej Polska może poszczycić się ofertą produktów firmy CBM Technology, cenionej za jakość wyrobów nie tylko w kraju, ale także na całym świecie. Pomiedziowane systemy uziemień **GALMAR** spełniają wymagania norm [1, 5, 8, 15] przedstawione w tablicy 1. w zakresie minimalnych wymiarów oraz wymagania normy [8] odnośnie testowania na narażenia mechaniczne. Opłaca się sprawdzić grubość powłok ochronnych przed ich zamontowaniem (rys. 12), gdyż pokrycie prętów stalowych powłokami galwanicznymi jest, jak wiadomo, trudną sztuką, a z praktyki handlowej i montażowej wynika, iż możemy spodziewać się różnych niespodzianek zarówno w odniesieniu do powłok cynkowych jak i miedzianych.

Oferowane przez firmę CBM technology bednarki pomiedziowane o wymiarach przekroju 25 x 4 mm oraz 30 x 4 mm to produkty unikalne w skali światowej, spełniające stawiane im wymagania odnośnie minimalnej powierzchni przekroju (90 mm^2), jak i grubości taśmy (3 mm) oraz grubości powłoki miedzianej (70 µm). Testy dowodzą, że powłoka miedzi o grubości 70 µm i czystości 99,9%, charakteryzuje się wysoką przyczepnością i plastycznością. Przeprowadzone przez firmę GALMAR badania wykazały ponadto, że bednarki i druty pomiedziowane korodują około 5,5 razy wolniej niż bednarki i druty ocynkowane ogniowo: szybkość korozji ocynkowanych uziomów wyniosła 0,0481 mm/rok,natomiast uziomów pomiedziowanych 0,0090 mm/rok [9].

Uziomy pionowe **GALMAR** oferowane są w dwóch wersjach zależnych od sposobu łączenia kolejnych prętów. Dostępne są uziomy gwintowane, łączone za pomocą złączek oraz tzw. uziomy kute łączone metodą bolec-wpust. Oba typy uziomów dostępne są w znormalizowanych średnicach 14,2 mm i 17,2 mm (minimalna wymagana średnica wg norm: 14 mm).



Rys. 12. Pomiar grubości powłoki pomiedziowanych uziomów pionowych Galmar o minimalnej grubości powłoki 250 µm

Uziomy te mogą być łączone w celu uzyskania odpowiednio długiego uziomu pionowego w celu osiągnięcia wymaganej rezystancji uziemienia, przy czym głębokość pogrążenia uziomu łączonego złączkami dochodzi nawet do 30 m i jest znacznie większa od osiąganych głębokości wbicia uziomów o konstrukcji bezzłączkowej. Wysoka wytrzymałość na rozciąganie 600 N/mm^2 umożliwia głębokie pogrążenie za pomocą wibromłotów. Uziomy kute **GALMAR** dzięki tulei uszczelniająco-wzmacniającej zapewniają zgodnie z wymaganiami norm minimalną średnicę uziomu na całej jego długości. Spełnienie tego wymagania często jest niemożliwe w przypadku innych uziomów łączonych metodą typu bolec-wpust, gdzie może dochodzić do częściowego spłaszczenia końcówki uziomu podczas wbijania i niedokładnego połączenia prętów co pokazano na rysunku 13.

Gruba powłoka miedziana (minimalnie 250 µm) gwarantuje dużą wytrzymałość na zdzieranie warstwy ochronnej przy pogrążaniu prętów w ziemi oraz długą żywotność uziomu w glebie określaną na co najmniej 30 lat. Rozpoczęty w 2003 r. wieloletni program badań korozji uziomów pionowych, prowadzony przez firmę GALMAR, w którym badaniom poddano zakopane na różnych poletkach doświadczalnych uziomy stalowe z powłoką miedzianą oraz cynkową (otrzymaną ogniowo i galwanicznie) wskazują na wyższą odporność na korozję uziomów pomiedziowanych [10]. Po czterech latach od pogrążenia uziomów w ziemi grubość powłoki miedzi nie uległa zauważalnym zmianom (przy początkowej grubości powłoki Cu 260…360 µm) podczas, gdy powłoka uziomów stalowych ocynkowanych galwanicznie uległa niemal całkowitej degradacji (przy początkowej grubości powłoki Zn 20…30 µm), a w przypadku uziomów ocynkowanych ogniowo zmniejszyła się o około 25…30% (przy początkowej grubości powłoki Zn 50…60 µm). Także wieloletnie badania prowadzone za granicą dowodzą wyższości powłok miedzianych nad cynkowymi [11, 12].

Podsumowanie

Wymagania dotyczące elementów instalacji uziemiającej w omówionych normach powinny być ujednolicone. Sytuacja, gdy różne normy definiują odmienne wymagania nie powinna być mieć miejsca. Obecny stan wskazuje na brak współpracy pomiędzy poszczególnymi grupami roboczymi pracującymi nad normami. Norma PN-HD 60364-5-54 opracowana została przez grupę roboczą IEC/TC 64 zajmującą się instalacjami elektrycznymi niskiego napięcia i ochroną przeciwporażeniową, norma PN-EN 50522 opracowana została przez grupę IEC/TC 99 zajmującą się instalacjami elektrycznymi o napięciu powyżej 1 kV napięcia przemiennego i 1,5 kV napięcia stałego, a normy serii PN-EN 62305 i PN-EN 62561 przez grupę IEC/TC 81 zajmującą się ochroną odgromową. Oferowane na rynku produkty, tak jak zostało to omówione w tekście, przeważnie oferowane są w wymiarach, które spełniają wymagania dowolnej z norm. Jednak niektóre różnice, takie jak grubość powłoki miedzi dla prętów

a)



b)



Rys. 13. Łączenie uziomów pionowych metodą bolec wpust:
a) uziom pomiedziowany kuty **GALMAR** z tuleją uszczelniająco-wzmacniającą zapewniającą minimalną średnicę uziomu na całej jego długości
b) uziom ocynkowany ze spłaszczoną końcówką wskutek wbijania – zmniejszona średnica uziomu w miejscu połączenia prętów

Tablica 3. Materiały i wymiary minimalne drutów

Materiał	Minimalne wymiary		
	średnica mm	przekrój mm^2	powłoka
miedź goła / cynowana	8	50	- / 1 µm
stal pomiedziowana elektrolitycznie	8	50	250 µm
	10	78	70 µm
stal ocynkowana ogniowo	10	78	350 g/m^2
stal goła w betonie	10	78	–
stal nierdzewna	10	78	–

Tablica 4. Materiały i wymiary minimalne bednarek

Materiał	Minimalne wymiary		
	przekrój mm^2	grubość mm	powłoka
miedź goła / cynowana	0	2	- / 1 µm
stal pomiedziowana elektrolitycznie	90	3	70 µm
stal ocynkowana ogniowo	90	3	500 g/m^2
stal goła w betonie	75	3	–
stal nierdzewna	100	3	–

Tablica 5. Materiały i wymiary minimalne prętów

Materiał	Minimalne wymiary		
	średnica mm	przekrój mm^2	powłoka
miedź goła / cynowana	15	176	- / 1 µm
stal pomiedziowana elektrolitycznie	14	150	250 µm
stal ocynkowana ogniowo	16	200	350 g/m^2
stal nierdzewna	16	200	–

stalowych (90 µm wg PN-EN 50522; 250 µm wg pozostałych norm) może mieć już istotne znaczenie dla długoletniej praktyki eksploatacyjnej. W tablicach 3-5 przedstawiono propozycję ujednolicenia zaleceń dotyczących wymiarów i grubości powłok opracowaną na podstawie omówionych norm dla najczęściej stosowanych elementów: drutów, bednarek i prętów.

Analizując zapisy najnowszych norm dotyczących ochrony odgromowej oraz norm dotyczących instalacji elektrycznych optymalne rozwiązanie stanowią obecnie uziemienia wykonane ze stali pomiedziowanej elektrolitycznie. Przy obecnych cenach elementów z czystej miedzi i stali nierdzewnej oraz wysokim ryzyku kradzieży tych pierwszych, jest to rozwiązanie najbardziej opłacalne pod względem ekonomicznym. Tylko elementy z odpowiednią grubością powłoki miedzi (250 µm dla prętów, 70 µm dla bednarek) zapewniają zgodność z wszystkimi normami (dotyczącymi zarówno ochrony odgromowej, jak i instalacji elektrycznych) i są dopuszczone do stosowania w każdym przypadku, także jako uziomy sztuczne łączone z uziomem fundamentowym.

Z przedstawionych wyżej zaleceń zawartych w normach ochrony odgromowej wynika, iż stosowanie do łączenia z uziomami fundamentowymi dodatkowych uziomów sztucznych na bazie przewodników ocynkowanych pozostaje z nimi w sprzeczności i wymaga od projektanta wyraźnego uzasadnienia takiej potrzeby zarówno ze względu na spodziewane zagrożenie korozyjne, jak i na konieczność stosowania dodatkowych, kosztownych środków zabezpieczających (izolowania iskiernikami i osłonami).

Projektanci i wykonawcy, dla zapewnienia odpowiedniej żywotności instalacji uziemiających, powinni zwracać szczególną uwagę na dobór odpowiednich materiałów. Ma to zasadnicze znaczenie w przypadku wykorzystywania uziomów fundamentowych. Tylko stosowanie materiałów wysokiej jakości zgodnych z najnowszymi normami zapewni skuteczne i trwałe działanie systemu uziemiającego.

Literatura

[1] PN-EN 62305-3:2011 Ochrona odgromowa. Część 3: Uszkodzenia fizyczne obiektu i zagrożenie życia

[2] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Dz.U. 2002 nr 75 poz. 690

[3] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 10 grudnia 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Dz.U. 2010 nr 239 poz. 1597

[4] PN-HD 60364-4-442:2012 Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 4-442: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa – Ochrona instalacji niskiego napięcia przed przepięciami dorywczymi powstającymi wskutek zwarć doziemnych w układach po stronie wysokiego i niskiego napięcia

[5] PN-HD 60364-5-54:2011 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 5-54: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Uziemienia, przewody ochronne i przewody połączeń ochronnych.

[6] Musiał E, „Uziomy fundamentowe i parafundamentowe", Miesięcznik SEP INPE „Informacje o normach i przepisach elektrycznych", nr 143, s. 3-33, sierpień 2011

[7] „Ochrona elektrochemiczna przed korozją. Teoria i praktyka", praca zbiorowa, WNT Warszawa 1971

[8] PN-EN 62561-2:2012 Elementy urządzenia piorunochronnego (LPSC) – Część 2: Wymagania dotyczące przewodów i uziomów

[9] Uziemienia, katalog GALMAR (http://www.galmar.pl/Galmar-Uziemienia.pdf)

[10] M. Łoboda, „Badania korozyjne uziomów pionowych", Elektrosystemy, nr 4/2008, s. 78-82, kwiecień 2008

[11] Drisko R. W., „Field Testing of Electrical Grounding Rods", Naval Civil Engineering Laboratory, Port Hueneme, California, published by United States Department of Commerce, National Technical Information Service, luty 1970

[12] Rempe Ch., „A Technical Report on The Service Life of Ground Rod Electrodes", 2003

[13] PN-IEC 61024-1-2:2002: Ochrona odgromowa obiektów budowlanych. Zasady ogólne. Część 1-2: Przewodnik B – Projektowanie, montaż, konserwacja i sprawdzanie urządzeń piorunochronnych

[14] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 7 kwietnia 2004 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Dz.U. 2004 nr 109 poz.1156

[15] PN-EN 50522:2011 Uziemienie instalacji elektroenergetycznych prądu przemiennego o napięciu wyższym od 1 kV (oryg.)

Opracowanie to zostało zamieszczone za zgodą Centrum Ochrony przed Przepięciami i Zakłóceniami Elektromagnetycznymi w Białymstoku.