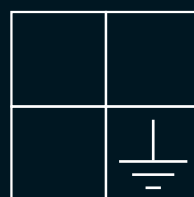




GALMAR

GALMAR

GALMAR











Uziemienia

GALMAR



Spis treści

	Instalacje uziemiające – zalecenia norm	2
	Wstęp	2
	Uziom obiektu budowlanego	2
	Wymagania dla elementów uziemiających	3
	Uziom fundamentowy	5
	Uziomy pomiedziowane	9
	Podsumowanie	10
	Literatura	11
	Wykaz norm z zakresu ochrony odgromowej i uziemień	12
	Wykaz norm z zakresu ochrony przed przepięciami	13
	Nowy standard w instalacjach uziemiających	14
	Instalacje uziemiające Galmar	15
	Uziomy pionowe Galmar	15
	Uziomy poziome (bednarki) i przewody uziemiające Galmar	17
	Uziom fundamentowy Galmar	18
	Uchwyty Galmar	20
	Asortyment uzupełniający do instalacji uziemiających	22
	Charakterystyka produktów Galmar	26
	Pręty uziomowe Galmar	26
	Projektowanie uziemień	28
	Galmar Resistivity – obniżanie rezystancji uziemienia	29
	O firmie	30
	Indeks	32



Instalacje uziemiające – zalecenia norm

dr inż. Mirosław Zielenkiewicz

dr inż. Tomasz Maksimowicz

mgr Robert Marciniak

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 przyspieszonej 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] pograżane 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 odpowia-

dać 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 zwarciovych doziemnych i prądów upływowych,
- bezpiecznego rozproszenia w ziemi prądu pioruna odprowadzonego z instalacji odgromowej (LPS).

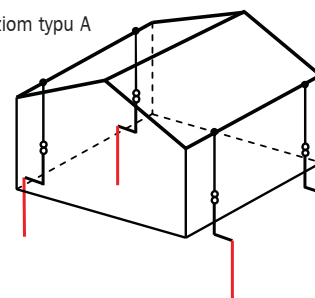
Zasady projektowania uziomów dla celów instalacji odgromowej zawarto w normie PN-EN 62305-3:2009 [1], w której wyróżniono dwa typy uziomów (rys. 1):

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

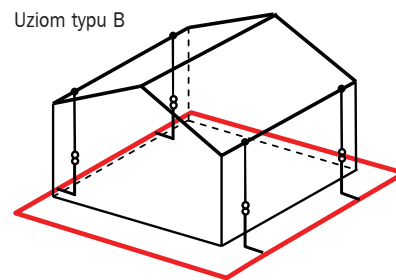
O skuteczności systemu uziomowego decyduje jego rezystancja uziemienia. W ogólnym przypadku, jeżeli nie zostały sprecyzowane specjalne wytyczne, dla obiektów budowlanych zaleca się, aby nie przekraczała ona wartości 10Ω . Dla spełnienia wymagań aktualnych norm odgromowych [1] wystarczy określić minimalną długość uziomu l_1 zgodnie

z rysunkiem 2, przy czym kryterium konkretnej wartości 10Ω , 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 10Ω .

Uziom typu A



Uziom typu B



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

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 1Ω ” [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 nachylnych.

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

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

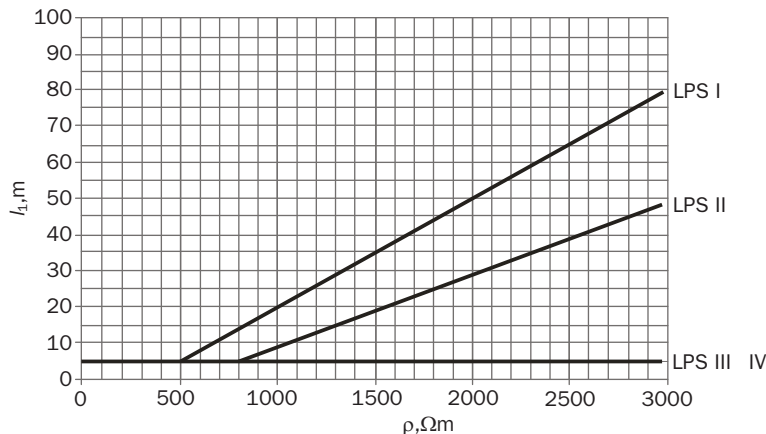
Zamieszczono tam wymagania dotyczące dopuszczanych do stosowania materiałów, rodzajów powłok oraz wymiarów elementów. Zalecenia zawarte w treści norm PN-HD 60364-5-54:2011, PN-EN 62305-3:2011 i PN-EN 62561-2:2012 są w dużym stopniu spójne, a wymagania normy PN-EN 50522:2011, pomimo jej zatwierdzenia przez CENELC jako normy europejskiej w zbliżonym okresie, w pewnym jej zakresie odbiegają od postanowień pozostałych norm. W tabelicy 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



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

dotychczasowe 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 pograżanie 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

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*).

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 pograżaniu w ziemi. Cieńsze grubości warstw dopuszczalne są natomiast w przypadku drutów i bednarek, które są układane poziomo w wykopach i przysypywane ziemią, przez co w znacznie mniejszym stopniu narażone są na uszkodzenia. Nie wydaje się ponadto logiczne, aby większe obciążenia 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.



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

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/m^2 dla elementów 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.

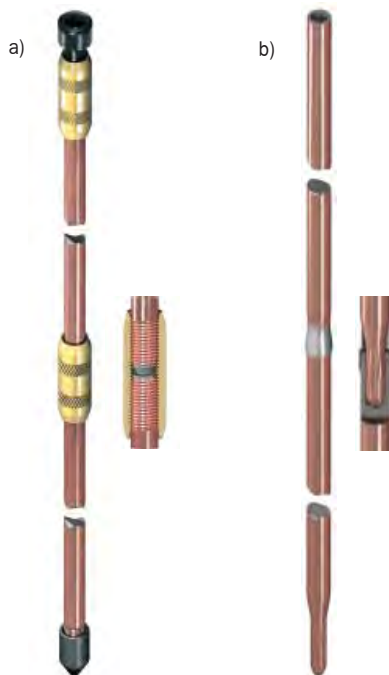
Minimalne wymiary elementów

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 ochronny 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.

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



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



Minimalna powierzchnia przekroju bednarek ze stali nierdzewnej według PN-HD 60364-5-54 powinna wynosić 90 mm² przy grubości 3 mm, natomiast według norm odgromowych powinna ona wynosić co najmniej 100 mm² przy grubości 2 mm. Na rynku przeważnie oferowane są jednak bednarki ze stali nierdzewnej o przekroju 105 mm² (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

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/mm ² /mm [μm]			
			PN HD 60364 5 54: 2011 ¹⁾	PN EN 50522: 2011	PN EN 62305 3: 2011	PN EN 62561 2: 2012
Miedz	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]
		plyta 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 z powłoką Pb	taśma		/ 50 / 2 [20 μm]			
	drut		/ 25 / [1000 μm]			
	linka		1,8 / 25 / [1000 μm]			
Stal	pomiedziana 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 z powłoką Pb	pręt	(15) / / [2000 μm]	15 / / [2000 μm]		
		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
		plyta lita ³⁾			500 x 500	500 x 500 / 3
	goła w betonie	krata ³⁾			600 x 600 ⁴⁾	600 x 600 / ⁶⁾
		drut	10 / /		/ 78 /	10 / 78 /
		taśma	/ 75 / 3		/ 75 /	/ 75 / 3
	nierdzewna	linka ²⁾			/ 70 /	1,7 / 70 /
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

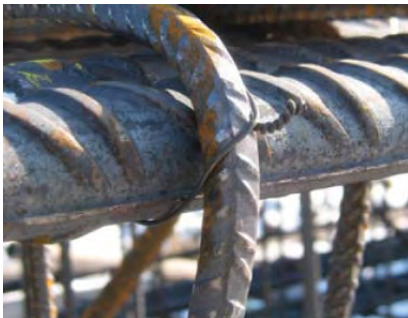
⁵⁾ zbudowana z taśmami o przekroju 25 × 2 mm lub drutu o średnicy 8 mm

⁶⁾ zbudowana z taśmami o przekroju 30 × 3 mm lub drutu o średnicy 10 mm

⁷⁾ wartość średnia

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 żelbetonowych łączone są głównie za pomocą drutu wiązałkowego (rys. 5). W związku z tym, jeżeli fundament ma być skutecznie wykorzystany jako naturalny uziom obiektu,



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

połączenia zbrojenia fundamentu winny być małooporowe. W celu uzyskania pewnych elektrycznie połączeń prętów zbrojenia zaleca się uzupełnienie fundamentu dodatkową wewnętrzną siecią oczkową, wykonaną z prętów lub płaskowników (rys. 6) i powiązaną ze stałą zbrojeniową z użyciem atestowanych zacisków śrubowych. Jeszcze lepsze, bo zdecydowanie trwalsze są połączenia spawane lub wykonane metodą zgrzewania



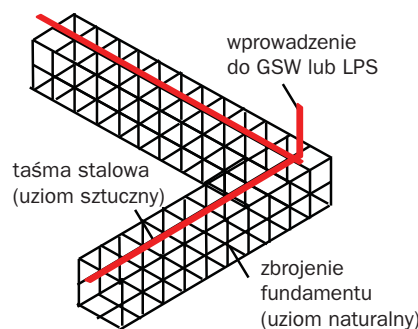
Rys. 6. Zalecane wykonanie uziomu fundamentowego z wykorzystaniem taśmy stalowej (za zgodą RST Sp. j.)

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 jedyne-go 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 $A = \pi r_e^2 = \pi 5^2 = 78,5 \text{ m}^2$, 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.

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 $r_e \geq I_1$ 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.



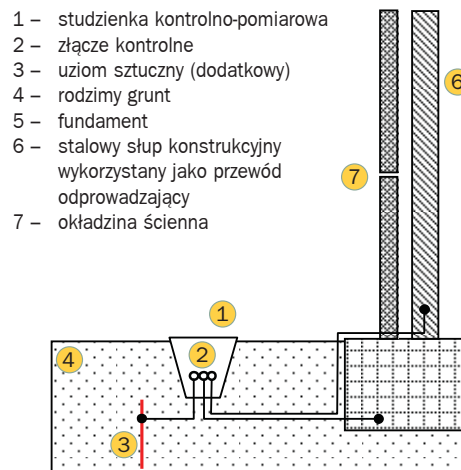
Rys. 7. Uziemienie stacji transformatorowej

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 umożliwi 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



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

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 metodą 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].

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:

- 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;
- 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).



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



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.)

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.

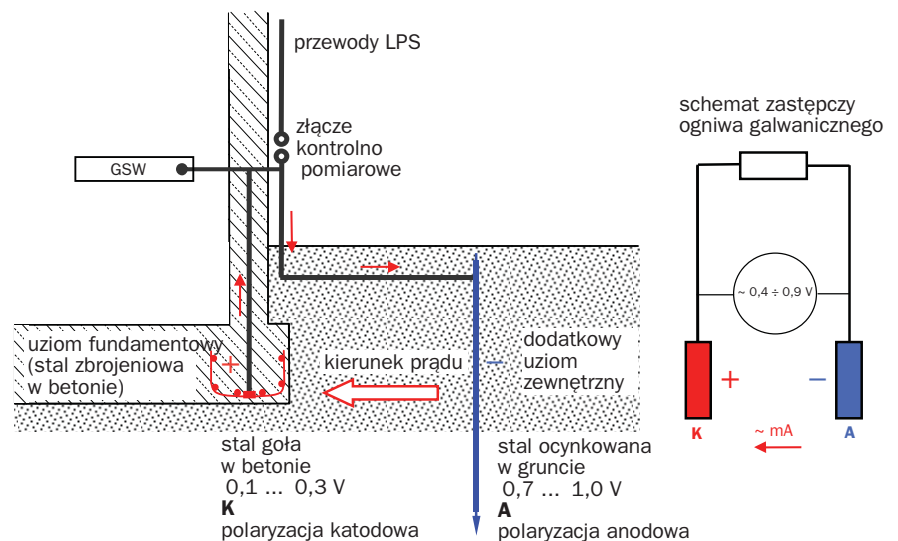
Zagrożenie korozją elektrochemiczną pojawiające się w wyniku utworzenia ogniwa galwanicznego w wyniku połączenia uziomu fundamentowego i uziomu zewnętrznego ze stali ocynkowanej przedstawiono na rys. 11.

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. W tabelicy 2 zestawiono wartości siły elektromotorycznej ogniwa 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 $-0,1 \text{ V}$ do $-0,3 \text{ V}$ [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 $-0,7 \text{ V}$ do $-1,0 \text{ V}$. Takie połączenie daje w rezultacie różnice potencjałów bliską wartości $0,4 \div 0,9 \text{ V}$. Z tego względu łączenie stali ocynkowanej ze stalą uziomu fundamentowego jest niedopuszczalne, ponieważ będzie powodowało przyspieszenie korozji tej pierwszej. Potencjał zbliżony do potencjału stali w betonie posiada miedź lub stal pomiedziowana, dla których waha się on w zakresie od $0,0 \text{ V}$ do $-0,2 \text{ V}$.

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].



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

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

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 odnoszące 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 dosta-

tecznej żywotności systemu uziemiającego należy stosować elementy wykonane ze stali nierdzewnej lub innej dobrze zabezpieczonej przy pomocy odpowiednich prefabrykowanych powłok chroniących przed wilgocią.



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

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.



Rys. 13 Łączenie uziomów pionowych metodą bolec wpust:

- a) uziom pomiedziowany kuty GALMAR z tuleją uszczelniająco-wzmacniająco-zapewniającą minimalną średnicę uziomu na całej jego długości
b) uziom ocynkowany ze spłaszczoną końcówką wskutek wbijania – zmniejszona średnica uziomu w miejscu połączenia prętów



W normach [5] i [8] określone zostały minimalne grubości warstw miedzi, które wynoszą 70 µm dla bednarok 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 GALMAR, cenionej za jakość wyrobów nie tylko w kraju, ale także na całym świecie. Pomiedziowane systemy uziemień firmy 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 Galmar 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 mm²), 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 firmy 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). Uziomy te mogą być łączone w celu uzyskania odpowiednio długiego uziomu pionowego w celu osiągnięcia

wymaganej rezystancji uziemienia, przy czym głębokość pograżenia uziomu łączonego złączkami dochodzi nawet do 30 m i jest znacznie większa od osiągniętych głębokości wbicia uziomów o konstrukcji bezzłączkowej. Wysoka wytrzymałość na rozciąganie 600 N/mm² umożliwia głębokie pograżenie 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 na zdzieranie warstwy ochronnej przy pograżaniu 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 pograżenia 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].

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 bednarok

Materiał	Minimalne wymiary		
	przekrój mm ²	grubość mm	powłoka
miedź goła / cynowana	50	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	



Podsumowanie

Wymagania dotyczące elementów instalacji uziemiającej w omówionych normach powinny być ujednoczone. 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 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 ujednoczenia 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 za względu na spodziewane zagrożenie korozyjne, jak i na konieczność stosowania dodatkowych, kosztownych środków zabezpieczających (izolowania iskiernikami i ostonami).

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 Uziemienia, katalog GALMAR (<http://www.galmar.pl/Galmar-Uziemienia.pdf>)
- [9] M. Łoboda, „Badania korozyjne uziomów pionowych”, Elektrosystemy, nr 4/2008, s. 78-82, kwiecień 2008
- [10] 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
- [11] Rempe Ch., „A Technical Report on The Service Life of Ground Rod Electrodes”, 2003
- [12] PN-HEC 61024-1-2:2002: Ochrona odgromowa obiektów budowlanych. Zasady ogólne. Część 1-2: Przewodnik B – Projektowanie, montaż, konserwacja i sprawdzanie urządzeń piorunochronnych
- [13] 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
- [14] PN-EN 50522:2011 Uziemienie instalacji elektroenergetycznych prądu przemiennego o napięciu wyższym od 1 kV (oryg.)
- [15]

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



Wykaz norm z zakresu ochrony odgromowej i uziemień

Normy przywołane w rozporządzeniu ¹⁾	Normy aktualne ²⁾ według PKN
PN EN 62305 1:2008 Ochrona odgromowa Część 1: Zasady ogólne	PN EN 62305 1:2011 Ochrona odgromowa Część 1: Zasady ogólne (oryg.)
PN EN 62305 2:2008 Ochrona odgromowa Część 2: Zarządzanie ryzykiem	PN EN 62305 2:2012 Ochrona odgromowa Część 2: Zarządzanie ryzykiem (oryg.)
PN EN 62305 3:2009 Ochrona odgromowa Część 3: Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia	PN EN 62305 3:2011 Ochrona odgromowa Część 3: Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia (oryg.)
PN EN 62305 4:2009 Ochrona odgromowa Część 4: Urządzenia elektryczne i elektroniczne w obiektach	PN EN 62305 4:2011 Ochrona odgromowa Część 4: Urządzenia elektryczne i elektroniczne w obiektach (oryg.)
	PN EN 62561 1:2012 Elementy urządzenia piorunochronnego (LPSC) Część 1: Wymagania dotyczące elementów połączeniowych (oryg.)
	PN EN 62561 2:2012 Elementy urządzenia piorunochronnego (LPSC) Część 2: Wymagania dotyczące przewodów i uziomów (oryg.)
	PN EN 62561 3:2012 Elementy urządzenia piorunochronnego (LPSC) Część 3: Wymagania dotyczące iskierników izolacyjnych (ISG) (oryg.)
	PN EN 62561 4:2011 Elementy urządzenia piorunochronnego (LPCS) Część 4: Wymagania dotyczące uchwytów (oryg.)
	PN EN 62561 5:2011 Elementy urządzenia piorunochronnego (LPCS) Część 5: Wymagania dotyczące uziomowych studzienek kontrolnych i ich uszczelnień (oryg.)
	PN EN 62561 6:2011 Elementy urządzenia piorunochronnego (LPCS) Część 6: Wymagania dotyczące liczników udarów piorunowych (LSC) (oryg.)
	PN EN 62561 7:2012 Elementy urządzenia piorunochronnego (LPCS) Część 7: Wymagania dotyczące substancji poprawiających jakość uziemień (oryg.)
PN HD 60364 5 54:2010 Instalacje elektryczne niskiego napięcia Część 5 54: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego Uziemia, przewody ochronny i przewody połączeń ochronnych	PN HD 60364 5 54:2011 Instalacje elektryczne niskiego napięcia Część 5 54: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego Układy uziemiające i przewody ochronne (oryg.)
	PN EN 50522:2011 Uziemienie instalacji elektroenergetycznych prądu przemiennego o napięciu wyższym od 1 kV (oryg.)

1) Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 75, poz. 690)

2) Stan na 9.01.2013 r



Wykaz norm z zakresu ochrony przed przepięciami

GALMAR

Normy przywołane w rozporządzeniu ¹⁾	Normy aktualne ²⁾ według PKN
PN IEC 60364 4 442:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed przepięciami. Ochrona instalacji niskiego napięcia przed przejściowymi przepięciami i uszkodzeniami przy doziemieniach w sieciach wysokiego napięcia	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 (oryg.)
PN IEC 60364 4 443:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed przepięciami. Ochrona przed przepięciami atmosferycznymi lub łączeniowymi	PN HD 60364 4 443:2006 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych Część: 4 443: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa Ochrona przed zaburzeniami napięciowymi i zaburzeniami elektromagnetycznymi Ochrona przed przepięciami atmosferycznymi lub łączeniowymi (oryg.)
PN IEC 60364 4 444:2001 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed przepięciami. Ochrona przed zakłóceniami elektromagnetycznymi (EMI) w instalacjach obiektów budowlanych	PN HD 60364 4 444:2012 Instalacje elektryczne niskiego napięcia Część 4 444: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa Ochrona przed zakłóceniami napięciowymi i zaburzeniami elektromagnetycznymi
PN IEC 60364 5 534:2003 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Urządzenia do ochrony przed przepięciami	PN HD 60364 5 534:2012 Instalacje elektryczne niskiego napięcia Część 5 53: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego Odłączanie izolacyjne, łączenie i sterowanie Sekcja 534: Urządzenia do ochrony przed przepięciami
	PKN CLC/TS 61643 12:2007 Low voltage surge protective devices Part 12: Surge protective devices connected to low voltage power systems Selection and application principles (oryg.)
	PN EN 61643 11:2006 + A11:2007 Niskonapięciowe urządzenia do ograniczania przepięć Część 11: Urządzenia do ograniczania przepięć w sieciach rozdzielczych niskiego napięcia Wymagania i próby
	PN EN 61643 21:2004 + A1:2009 Niskonapięciowe urządzenia ograniczające przepięcia Część 21: Urządzenia do ograniczania przepięć w sieciach telekomunikacyjnych i sygnalizacyjnych Wymagania eksploatacyjne i metody badań
	PN EN 61643 311:2002 Elementy do niskonapięciowych urządzeń ograniczających przepięcia Część 311: Wymagania dla iskierników gazowych (GDT) (oryg.)
	PN EN 61643 321:2003 Elementy do niskonapięciowych urządzeń ograniczających przepięcia Część 321: Wymagania dla diod lawinowych (ABD) (oryg.)
	PN EN 61643 331:2008 Elementy niskonapięciowych urządzeń do ograniczania przepięć Część 331: Wymagania dla warystorów z tlenków metali (MOV)
	PN EN 61643 341:2003 Elementy do niskonapięciowych urządzeń ograniczających przepięcia Część 341: Wymagania dla ograniczników tyrystorowych (oryg.)
	PN EN 50550:2011 + AC:2012 Urządzenia zabezpieczające przed przepięciami o częstotliwości sieciowej dla sprzętu do użytku domowego i podobnego (oryg.)

1) Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 75, poz. 690)

2) Stan na 9.01.2013 r



Nowy standard w instalacjach uziemiających

W roku 2008 do grupy produktów firmy Galmar dołączyły drut i bednarka stalowa pomiedziana. Unikalny i jedyny na świecie proces produkcyjny pozwala na uzyskanie produktów o najwyższej jakości i odporności korozyjnej przez kilkadziesiąt lat. Bednarka pomiedziana o grubości powłoki 0,070 mm w połączeniu z uziomem pomiedzianym na grubość powłoki min. 0,250 mm daje nam kompletne rozwiązanie dla systemu uziemień. Na szczególną uwagę zasługuje fakt, iż cena produktu o najwyższym stopniu odporności korozyjnej nie odbiega od cen produktów cynkowanych ogniwo. Produkty pomiedziane otrzymały pozytywne opinie Instytutu Energetyki w Warszawie oraz Laboratorium Wydziału Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej.

Innowacyjne produkty

Bednarka pomiedziana i drut pomiedziany

Powłoka miedziana o grubości 0,070 mm skutecznie zabezpiecza przed korozją przez kilkadziesiąt lat

Uziom pionowy pomiedziany kuty Galmar z tuleją uszczelniająco-wzmacniającą

Powłoka miedzi o grubości 0,250 mm nie do zdercia podczas wbijania, zabezpiecza przed korozją przez kilkadziesiąt lat



Dlaczego grubość powłoki miedzi ma tak duże znaczenie

Główną przyczyną dla której w normach umieszczono powłokę miedzi o grubości 0,250 mm dla uziomów pionowych jest mechaniczna odporność powłoki podczas procesu wbijania uziomu w grunt. Pręt uziomowy jest wówczas narażony na tarcie mogące spowodować częściowe zmniejszenie powłoki miedzi. Przeprowadzone testy udowodniły, że miedź o grubości 0,250 mm skutecznie zabezpiecza stal przed odkryciem podczas pograżania uziomu, a tym samym zapewnia wysoką odporność korozyjną. Grubość powłoki miedzianej 0,070 mm dla bednarek i drutów jest wystarczająca, ponieważ nie jest ona narażona na uszkodzenia mechaniczne podczas układania i zasypywania w rowach przygotowanych dla instalacji uziemiających. Ochrona powłoka miedzi uziomów oraz bednarek i drutów spełnia wymogi normy PN-EN 62561-2 „Elementy urządzenia piorunochronnego (LPSC) – Część 2: Wymagania dotyczące przewodów i uziomów”.

Instalacje uziemiające Galmar

GALMAR

Uziomy pionowe Galmar

Uziom pionowy pomiedziowany kuty Galmar z tuleją uszczelniająco-wzmacniającą

Uziom stalowy ciągniony z elektrolitycznie nałożoną powłoką **0,250 mm** grubości miedzi o czystości 99,9%, która tworzy molekularne i nierozwalne połączenie ze stalą. Rdzeń stalowy posiada wysoką wytrzymałość na rozciąganie 600 N/mm².

Jeden koniec uziomu ma zmniejszoną średnicę metodą kucia na gorąco, dzięki czemu uziom zachowuje na całej długości miedzianą powłokę ochronną. Drugi koniec uziomu posiada otwór, co pozwala łączyć uziomy ze sobą zwiększając jego długość.

Połączenie uziomów jest zabezpieczone za pomocą tulei uszczelniającej wykonanej ze stali nierdzewnej, która dodatkowo wzmacnia mechanicznie połączenie typu bolec-wpust. Tuleja niweluje ewentualne deformacje wpustu powstające podczas pograżania. Bolec uziomu powstaje w wyniku kucia na gorąco przez co jest utwardzany i dzięki temu nie ma konieczności stosowania grotu. Połączenie typu bolec-wpust spełnia wymagania normy PN-EN 62561-2 „Elementy urządzenia piorunochronnego (LPSC) – Część 2: Wymagania dotyczące przewodów i uziomów”.

W celu pograżania uziomów kutych należy stosować trzpień przenoszący siły pograżające na rdzeń uziomu, oraz bijak do pograżania mechanicznego lub bijak do wbijania ręcznego.

Zalety tulei:

- uszczelnienie połączenia typu bolec-wpust,
- wzmocnienie mechaniczne połączenia,
- niwelowanie ewentualnych deformacji wpustu.

Uziom pionowy pomiedziowany kuty Galmar z tuleją uszczelniająco-wzmacniającą

Uziom mm	średnica mm	Długość m	Materiał	Art. nr
14,2		1,5	stal pomiedziowana o grubości powłoki	G000 75
17,2		1,5	0,250 mm, tuleja ze stali nierdzewnej	G000 85

Trzpień do wbijania uziomów kutych Galmar

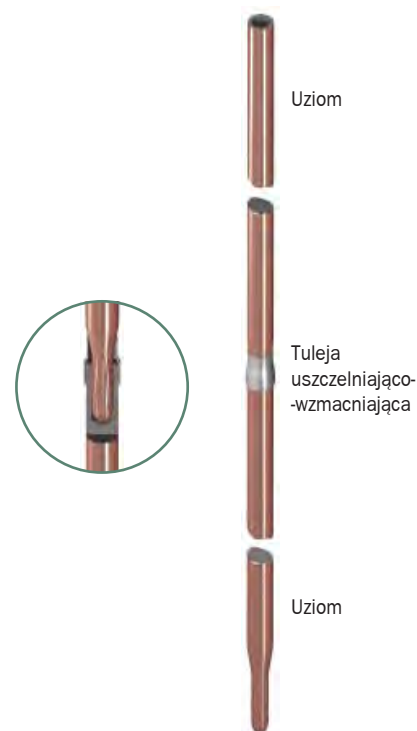
Trzpień do wbijania przenosi siły pograżające z bijaka na uziom. Trzpień należy umieścić we wpuście uziomu i pobijać

Uziom mm	średnica mm	Materiał	Art. nr
14,2		stal	G108 75
17,2			G108 85

Stabilizator trzpienia do wbijania uziomów kutych Galmar

Stabilizator trzpienia do wbijania ma za zadanie centralizację uderzeń trzpienia w rdzeń uziomu kutego podczas pograżania

Uziom mm	średnica mm	Materiał	Art. nr
14,2		teflon	G107 75
17,2			G107 85





Bijak do uziomu kutego Galmar

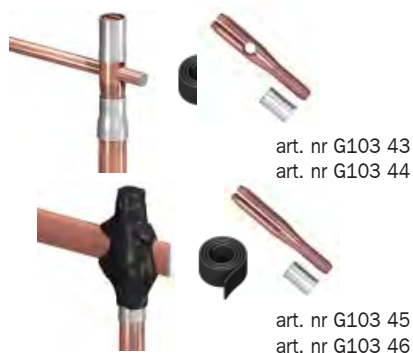
Bijak do uziomu kutego Galmar przenosi drgania z młota udarowego lub młota ręcznego na rdzeń uziomu poprzez trzpień umieszczony w jego wpuście



art. nr G109 75
art. nr G109 85
art. nr G109 76
art. nr G109 86

art. nr G109 77
art. nr G109 87

Uziom mm	średnica	Zastosowanie	Art. nr
14,2		do wbijania mechanicznego młotem z mocowaniem SDS Max	G109 75
		do wbijania ręcznego	G109 76
		do wbijania mechanicznego młotem Hilti TE 905 i TE 1000	G109 77
17,2		do wbijania mechanicznego młotem z mocowaniem SDS Max	G109 85
		do wbijania ręcznego	G109 86
		do wbijania mechanicznego młotem Hilti TE 905 i TE 1000	G109 87



art. nr G103 43
art. nr G103 44

art. nr G103 45
art. nr G103 46

Uchwyt zaciskowy do uziomu kutego Galmar o średnicy 17,2 mm do połączenia z drutem lub bednarką

Uchwyt wyposażony jest w tuleję uszczelniająco-wzmacniającą ze stali nierdzewnej oraz taśmę chroniącą przed korozją ziemną

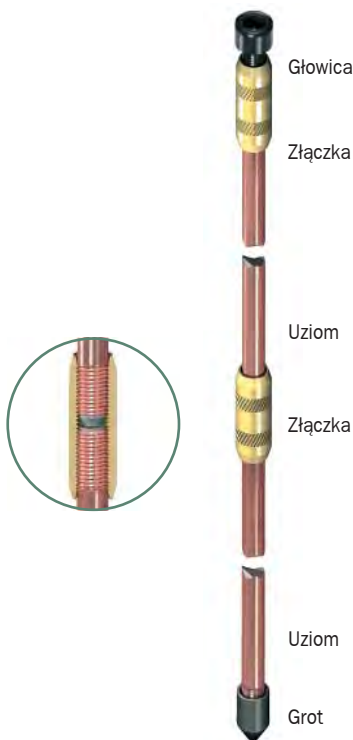
Przewód mm	wymiar	Zastosowanie	Materiał	Art. nr
drut Ø 8		uziom kuty Ø 17,2 mm	stal pomiedziwana, tuleja ze stali nierdzewnej	G103 43
drut Ø 10				G103 44
bednarka 25 x 4				G103 45
bednarka 30 x 4				G103 46

Uziomy pionowe pomiedziwane Galmar z gwintem

Uziom stalowy ciągniony z elektrolitycznie nałożoną powłoką miedzi o czystości 99,9%, która tworzy molekularne i nierozzerwalne połączenie ze stalą. Rdzeń stalowy posiada wysoką wytrzymałość na rozciąganie 600 N/mm² co umożliwia głębokie pograżenie za pomocą wibromłotów. Powłoka miedziana posiada grubość min. **0,250 mm** i gwarantuje żywotność uziomu w glebie min. 30 lat.

Na końcach uziomów znajdują się gwinty umożliwiające monterowi łączenie prętów w tak długi uziom, aby otrzymać możliwie najniższą rezystancję uziemienia.

Połączenie uziomów z zastosowaniem złączki spełnia wymagania normy PN-EN 62561-2 „Elementy urządzenia piorunochronnego (LPSC) – Część 2: Wymagania dotyczące przewodów i uziomów”.



Uziom stalowy pomiedziwany Galmar z gwintem

Gwint typ cale	Uziom średnica mm	Gwint długość mm	Uziom długość*		Materiał	Art. nr
			stopa	m		
5/8	14,2	30	4	1,2	stal pomiedziwana o grubości powłoki 0,250 mm	G100 11
			5	1,5		G100 12
			6	1,8		G100 13
			8	2,4		G100 14
			10	3		G100 15
3/4	17,2	34	4	1,2		G100 21
			5	1,5		G100 22
			6	1,8		G100 23
			8	2,4		G100 24
			10	3		G100 25

* wykonujemy na zamówienie uziomy o różnych długościach do 3 m



Złączka

Gwint typ cale	Materiał	Art. nr
5/8	mosiądz	G104 02
3/4		G104 03



Głowica

Gwint typ cale	Materiał	Art. nr
5/8	stal	G108 02
3/4		G108 03



Grot

Gwint typ cale	Materiał	Art. nr
5/8	stal	G106 02
3/4		G106 03

**Bijak do uziomu Galmar z gwintem**

Bijak przenosi drgania z młota udarowego na głowicę do uziomów stalowych pomiedziowanych z gwintem. Przystosowany do młotów z mocowaniem SDS-Max

Bijak do głowicy cale	Rodzaj głowicy	Art. nr
5/8; 3/4	z otworem	G109 01

**Uziomy poziome (bednarki) i przewody uziemiające Galmar****Bednarka stalowa pomiedziowana**

Bednarka stalowa miedziana w procesie elektrolitycznym o grubości powłoki 0,070 mm. Powłoka miedzi zabezpiecza przed korozją na kilkadziesiąt lat. Jednostką sprzedaży jest kilogram

X x Y mm	Długość m	Materiał	Waga* kg/m	Art. nr
20 x 3	60	stal pomiedziowana o grubości powłoki 0,070 mm	0,50	G110 72(60M)
25 x 3	40		0,62	G110 73(40M)
25 x 4	30		0,82	G110 74(30M)
30 x 4	30		0,98	G110 75(30M)
40 x 4	20		1,32	G110 81(20M)

* tolerancja wagi ±5%



Drut stalowy pomiedziowany

Drut stalowy miedziowany w procesie elektrolitycznym o grubości powłoki 0,070 mm. Powłoka miedzi zabezpiecza przed korozją na kilkadziesiąt lat. Jednostką sprzedaży jest kilogram



Średnica mm	Długość m	Materiał	Waga* kg/m	Art. nr
∅ 8	wg zamówienia	stal pomiedziowana o grubości powłoki 0,070 mm	0,41	G111 49
∅ 8	20			G111 49(20M)
∅ 8	60			G111 49(60M)
∅ 8	80			G111 49(80M)
∅ 10	20		0,63	G111 50(20M)
∅ 10	50			G111 50(50M)

* tolerancja wagi ±5%

Bednarka miedziana

Bednarka z miedzi o wysokiej przewodności zgodnie z normą PN-EN 13601. Jednostką sprzedaży jest kilogram



X x Y mm	Długość m	Materiał	Waga* kg/m	Art. nr
20 x 3	100	miedź	0,53	G110 02(100M)
25 x 3	25		0,67	G110 03(25M)
25 x 3	50		0,67	G110 03(50M)

* tolerancja wagi ±5%

Drut miedziany

Drut z miedzi o wysokiej przewodności. Jednostką sprzedaży jest kilogram



Średnica mm	Długość m	Materiał	Waga* kg/m	Art. nr
∅ 8	wg zamówienia	miedź	0,45	G111 03
∅ 8	20			G111 03(20M)
∅ 8	60			G111 03(60M)

* tolerancja wagi ±5%

Uziom fundamentowy Galmar

Bednarka stalowa (bez pokryć ochronnych) do uziomu fundamentowego

Bednarka stalowa bez pokryć ochronnych do zastosowania w betonie w celu wykonania sztucznego uziomu fundamentowego połączonego uchwytami z prętami zbrojeniowymi. Uchwyty znajdują się w komplecie z bednarką



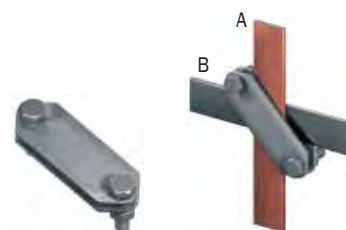
X x Y mm	Długość m	Materiał	Waga* kg	Art. nr
25 x 4	30	stal	30,13	G110 74(30M)S

* tolerancja wagi ±5%

Uchwyt skośny płaski

Uchwyt skośny, płaski, do połączenia bednarki stalowej stanowiącej uziom fundamentowy z bednarką pomiedziowaną wychodzącą z fundamentu w celu połączenia z uziomem zewnętrznym i przewodami odprowadzającymi lub uziemiającymi, skręcany dwiema śrubami M8

Wymiary		Materiał	Art. nr
A	B		
bednarka St/Cu do 40 mm szerokości	bednarka St do 40 mm szerokości	stal, śruby stalowe M8	G103 31S



Bednarka stalowa pomiedziowana

Bednarka stalowa miedziana stosowana jako przewód uziemiający wychodzący z uziomu fundamentowego, stanowiąca połączenie uziomu fundamentowego z uziomem zewnętrznym. Stal pokryta w procesie elektrolitycznym powłoką miedzi o grubości 0,070 mm. Powłoka miedzi zabezpiecza przed korozją na kilkadziesiąt lat. Jednostką sprzedaży jest kilogram

X x Y mm	Długość m	Materiał	Waga* kg/m	Art. nr
25 x 4	30	stal pomiedziowana o grubości powłoki 0,070 mm	0,82	G110 74(30M)
30 x 4	30		0,98	G110 75(30M)
40 x 4	20		1,32	G110 81(20M)

* tolerancja wagi ±5%



Uchwyt skośny

Uchwyt skośny umożliwia łączenie uziomu z bednarką lub przewodem okrągłym w studzience kontrolno-pomiarowej

Wymiary			Materiał	Art. nr
uziom St/Cu mm	bednarka równolegle lub prostopadle do uziomu mm	drut/linka równolegle lub prostopadle do uziomu mm ²		
12,8; 14,2	≤ 30	28 78	stal nierdzewna, śruby	G103 28N
17,2	≤ 30	28 78	ze stali nierdzewnej M8	G103 29N



Studzienki kontrolno-pomiarowe Galmar

Umożliwiają bezproblemową kontrolę połączeń uziom-przewód uziemiający i wykonywanie kontrolnych pomiarów rezystancji uziemień.

Studzienka o numerze G114 04 jest przeznaczona do osadzania w każdym rodzaju utwardzonej powierzchni (zalecana do terenów wykładanych kostką brukową ze względu na specjalnie przygotowaną do tego konstrukcję kołnierza wzmacniającego). Studzienka o numerze G114 02 może być osadzana tylko w terenach utwardzanych betonem lub asfaltem

Wymiary długość x szerokość x wysokość x głębokość mm	Materiał	Art. nr
258 x 258 x 215 x 160	tworzywo sztuczne, pokrywa	G114 02
260 x 215 x 210 x 110	wzmocniona włóknem szklanym	G114 04

art. nr G114 02



art. nr G114 04



Uchwyty Galmar

Uwaga: Uchwyty zakopywane w ziemi powinny być zabezpieczone taśmą typu Denso (patrz str. 24).

Uchwyty krzyżowe

Uchwyt krzyżowy profilowany, łączony śrubami M10 z przekładką ze stali nierdzewnej, umożliwia łączenie uziomu z bednarką lub przewodem okrągłym (wewnątrz znajduje się przekładka zapobiegająca powstawaniu korozji między miedzią a cynkiem w przypadku łączenia różnych metali)



Wymiary			Materiał	Art. nr
uziom St/Cu mm	bednarka mm	dрут/linka mm ²		
12,8; 14,2	≤ 40	28 78	stal nierdzewna, śruby	G103 32N
17,2	≤ 40	28 78	ze stali nierdzewnej M10	G103 33N

Uchwyt krzyżowy profilowany, łączony śrubami M8 z przekładką ze stali nierdzewnej, umożliwia łączenie uziomu z bednarką lub przewodem okrągłym (wewnątrz znajduje się przekładka zapobiegająca powstawaniu korozji między miedzią a cynkiem w przypadku łączenia różnych metali)



Wymiary			Materiał	Art. nr
uziom St/Cu mm	bednarka mm	dрут/linka mm ²		
12,8; 14,2	≤ 36	28 78	stal nierdzewna, śruby	G103 95N
17,2	≤ 36	28 78	ze stali nierdzewnej M8	G103 96N

Uchwyty skośne

Uchwyt skośny umożliwia łączenie uziomu z bednarką lub przewodem okrągłym (wewnątrz znajduje się przekładka ze stali nierdzewnej zapobiegająca powstawaniu korozji między miedzią a cynkiem w przypadku łączenia różnych metali)



Wymiary			Materiał	Art. nr
uziom St/Cu mm	bednarka równoległe lub prostopadle do uziomu mm	dрут/linka równoległe lub prostopadle do uziomu mm ²		
12,8; 14,2	≤ 30	28 78	stal nierdzewna, śruby	G103 28N
17,2	≤ 30	28 78	ze stali nierdzewnej M8	G103 29N

Uchwyt skośny z przekładką ze stali nierdzewnej umożliwia łączenie uziomu z bednarką równoległe oraz prostopadle. Zapewnia lepszy styk połączenia



Wymiary		Materiał	Art. nr
uziom St/Cu mm	bednarka równoległe lub prostopadle do uziomu mm		
12,8; 14,2	≤ 40	stal nierdzewna, śruby	G103 78N
17,2	≤ 40	ze stali nierdzewnej M8	G103 79N



Uchwyt skośny uziom-uziom umożliwia łączenie uziomu miedzianego lub miedziowanego z uziomem miedzianym lub miedziowanym

Wymiary		Materiał	Art. nr
uziom St/Cu mm	uziom St/Cu mm		
12,8; 14,2	12,8; 14,2	stal nierdzewna, śruby	G103 69N
17,2	17,2	ze stali nierdzewnej M8	G103 70N



Uchwyt końcowy

Uchwyt końcowy płaski, skręcany dwiema śrubami M10 z przekładką ze stali nierdzewnej, służy do połączenia uziomu z bednarką. Znajdująca się wewnątrz przekładka zapobiega powstawaniu korozji między miedzią a cynkiem w przypadku łączenia różnych metali

Wymiary		Materiał	Art. nr
uziom St/Cu mm	bednarka mm		
12,8; 14,2	≤ 40	stal nierdzewna, śruby	G103 72N
17,2	≤ 40	ze stali nierdzewnej M10	G103 73N



Uchwyt nakręcany

Uchwyt nakręcany mosiężny do uziomów z gwintem, umożliwia połączenie uziomu z przewodem okrągłym miedzianym o przekrojach do 63 mm² (do Ø 9 mm). Uchwyt zalecany jest głównie do łączenia uziomu z linką. Uchwyt nakręcany mosiężny zaleca się zabezpieczyć przed wilgocią koszulką termokurczliwą (patrz str. 24)

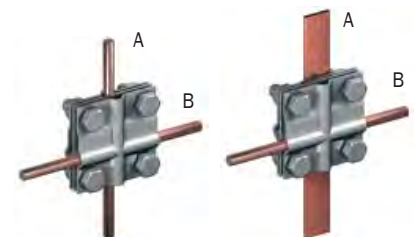
Wymiary			Materiał przewodu	Materiał	Art. nr	
uziom St/Cu		linka mm ²				drut mm
cale	mm					
5/8	14,2	≤ 63	≤ Ø 9	St/Cu lub Cu	mosiądz	G103 52
3/4	17,2	≤ 63	≤ Ø 9			G103 53



Uchwyty krzyżowe

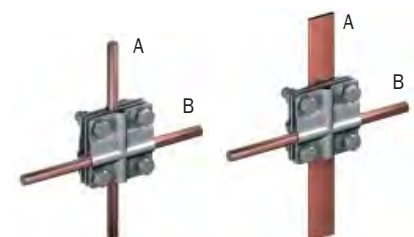
Uchwyt krzyżowy do połączenia przewodu (drut lub bednarka) z przewodem (drut lub bednarka), skręcany śrubami M10

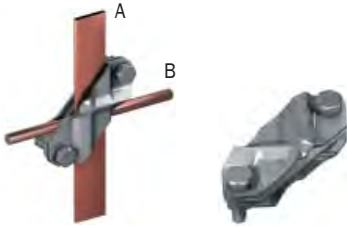
Wymiary		Materiał	Art. nr
A	B		
drut Cu lub St/Zn 28 78 mm ²	drut Cu lub St/Zn 28 78 mm ²	stal nierdzewna, śruby ze stali nierdzewnej M10	G103 42N
bednarka Cu lub St/Zn do 40 mm szerokości	bednarka Cu lub St/Zn do 40 mm szerokości		



Uchwyt krzyżowy do połączenia przewodu (drut lub bednarka) z przewodem (drut lub bednarka), skręcany śrubami M8

Wymiary		Materiał	Art. nr
A	B		
drut Cu lub St/Zn 28 78 mm ²	drut Cu lub St/Zn 28 78 mm ²	stal nierdzewna, śruby ze stali nierdzewnej M8	G103 05N
bednarka Cu lub St/Zn do 36 mm szerokości	bednarka Cu lub St/Zn do 36 mm szerokości		

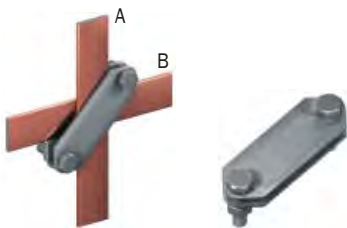




Uchwyt skośny

Uchwyt skośny do połączeń przewodów z przewodami, skręcany dwiema śrubami M8 (wewnątrz znajduje się przekładka ze stali nierdzewnej zapobiegająca powstawaniu korozji między miedzią a cynkiem w przypadku łączenia różnych metali)

Wymiary		Materiał	Art. nr
A	B		
drut Cu lub St/Zn 28 78 mm ²	drut Cu lub St/Zn 28 78 mm ²	stal nierdzewna, śruby ze stali nierdzewnej M8	G103 30N
bednarka Cu lub St/Zn do 40 mm szerokości	bednarka Cu lub St/Zn do 40 mm szerokości		



Uchwyt skośny, płaski, do połączenia bednarki z bednarką, skręcany dwiema śrubami M8

Wymiary		Materiał	Art. nr
A	B		
bednarka Cu lub St/Zn do 40 mm szerokości	bednarka Cu lub St/Zn do 40 mm szerokości	stal nierdzewna, śruby ze stali nierdzewnej M8	G103 31N



Zacisk uziemiający linki nośnej

Służy do wykonania połączeń galwanicznych izolowanej linki nośnej kabla z przewodem uziemiającym oraz do galwanicznego łączenia linek nośnych

Wymiary zakres średnic stosowanych linek nośnych mm	Materiał	Art. nr
3 10	tworzywo sztuczne, śruba stalowa ocynkowana	G103 27

Asortyment uzupełniający do instalacji uziemiających

Studzienki kontrolno-pomiarowe Galmar

Umożliwiają bezproblemową kontrolę połączeń uziom-przewód uziemiający i wykonywanie kontrolnych pomiarów rezystancji uziemień.

Studzienka o numerze G114 04 jest przeznaczona do osadzania w każdego rodzaju utwardzonej powierzchni (zalecana do terenów wykładanych kostką brukową ze względu na specjalnie przygotowaną do tego konstrukcję kołnierza wzmacniającego). Studzienka o numerze G114 02 może być osadzana tylko w terenach utwardzanych betonem lub asfaltem



art. nr G114 02



art. nr G114 04

Wymiary długość x szerokość x wysokość x głębokość mm	Materiał	Art. nr
258 x 258 x 215 x 160	tworzywo sztuczne, pokrywa	G114 02
260 x 215 x 210 x 110	wzmocniona włóknem szklanym	G114 04

Listwa wyrównania potencjału do studzienek plastikowych G114 02 i G114 04

Studzienki o numerach: G114 02 i G114 04 mogą być wyposażone w listwę wyrównania potencjału umożliwiającą podłączenie 5 bednarek o max wymiarze 30 x 4 mm. Listwę umieszcza się w otworach wykonanych w studziencie.



art. nr G114 06

Środek smarujący do złązek uziomów gwintowanych

Stosuje się ją, aby dodatkowo zabezpieczyć połączenia uziomów w złączce. Podczas skręcania uziomów wlewa się pastę do wnętrza złączki. Można ją również stosować jako środek smarujący dla głowicy, ułatwiający wykręcanie głowicy po pogrążeniu kolejnego uziomu.



art. nr G113 01

Protokół do pomiarów rezystancji

Pozwala zarejestrować wszystkie istotne informacje dotyczące badanego uziemienia oraz naszkicować jego konfigurację. Te informacje mogą być przydatne podczas wykonywania następnego pomiaru w/w uziemienia.



art. nr G114 07

Pisak wodoodporny

Pisak do wypełniania protokołu pomiaru rezystancji uziemienia.



art. nr G114 08

Dławik uziomowy

Dławik uziomowy umieszcza się pomiędzy uziomami różnych systemów, np. między uziomem urządzeń energetycznych i telekomunikacyjnych w celu ograniczenia wpływu zakłóceń wielkiej częstotliwości.



art. nr G107 04

Listwy wyrównawcze

Listwa umożliwia podłączenie przewodów: dwóch o średnicy 7-10 mm (50 mm²) lub jednego przewodu o średnicy 7-10 mm i jednej taśmy o wymiarach 30 x 3,5 mm oraz siedmiu przewodów miedzianych o przekroju 2,5 do 25 mm².



art. nr G119 01

Listwa umożliwia podłączenie 7 przewodów o średnicy 7-10 mm, oraz dwóch przewodów o średnicy 7-12 mm lub taśmy o wymiarach 30 x 3,5 mm.



art. nr G119 03

Szyna wyrównawcza umożliwia podłączenie pięciu bednarek o max. wymiarze 30 x 4 mm.



art. nr G119 02



art. nr G112 01

Urządzenie do pograżania uziomów

Elektryczny młot udarowy do pograżania uziomów Galmar – typ GSH 11 E BOSCH z mocowaniem SDS-Max. Lekki młot umożliwiający pograżanie uziomów na bardzo duże głębokości. Instalator może montować krótkie uziomy z ziemi, a długie (od 1,8 m) z drabinki.

**Taśma izolująca typu Denso do połączeń skręconych**

Taśma Denso zabezpiecza połączenia podziemne metali przed korozją ziemną i elektrochemiczną

Szerokość mm	Długość m	Art. nr
30	10	G103 55
50	10	G103 56



art. nr G103 57

Cynk w spray'u

Połączenia stali ocynkowanej (np. bednarka) i stali pomiedziowanej (np. uziom) wykonane metodą egzotermiczną trzeba zabezpieczyć dodatkowo cynkiem w spray'u. Pokrywamy miejsce łączenia i 10 cm uziomu w celu przeniesienia ogniwa elektrolitycznego.



art. nr G103 54

Koszulka zabezpieczająca połączenie

Koszulka termokurczliwa zabezpiecza przed dostaniem się wilgoci do połączenia.



art. nr G103 58

Rękaw ochronny

Rękaw chroniący fragment bednarki ocynkowanej przed korozją elektrochemiczną w przypadku połączenia jej z elementem miedzianym lub pomiedziowanym zakopywanym w ziemi.



art. nr G106 11

Tabliczka – uziemienie

Tabliczka sygnalizacyjna, określająca miejsce zainstalowania uziomu. Wykonana z blachy aluminiowej, malowanej proszkowo. Wymiary 150 x 150 mm.



art. nr G107 02

Galmar Resistivity

Galmar Resistivity jest proszkiem zwiększającym powierzchnię elektrody uziemiającej, przez co zostaje obniżona rezystancja uziemienia. Instrukcja wykonania i dodatkowe informacje na stronie 29. Przed zastosowaniem wymaga dodatkowo zmieszania z cementem portlandzkim w proporcjach:

Galmar Resistivity : cement
3 : 1

Mierniki do pomiaru rezystancji uziemień i rezystywności gruntu

Mierniki Megger firmy AVO posiadają najwyższe parametry techniczne i są doskonale dostosowane do trudnych warunków polowych. Pełna automatyzacja wyklucza możliwość błędnego odczytu przez wykonującego pomiar.

Megger DET4TCR2

- pomiar metodami: 2, 3 i 4-elektrodową,
- pomiar uziomów przy współpracy z cęgami,
- na wyposażeniu komplet sond i przewodów,
- wartość częstotliwości testowej ustawiana przez użytkownika,
- prosta obsługa – pomiar uruchamiany jednym przyciskiem,
- automatyczne sprawdzenie układu pomiarowego,
- zasilanie akumulatorowe,
- wybierane napięcie wyjściowe,
- wytrzymała walizka transportowa,
- szczelność obudowy wg IP54.



art. nr GA00 10

Megger DET3TD

- pomiar metodami: 2, 3-elektrodową,
- wybierane napięcie wyjściowe: 25 V lub 50 V,
- na wyposażeniu komplet sond i przewodów,
- prosta obsługa – pomiar uruchamiany jednym przyciskiem,
- wytrzymała walizka transportowa,
- dostarczany z certyfikatem kalibracji,
- szczelność obudowy wg IP54.



art. nr GA00 03

Miernik do pomiaru grubości powłoki miedzianej

Miernik umożliwi pomiar grubości powłok metalowych metodą nieniszczącą grubości powłoki. Można nim mierzyć grubości w zakresie: 0-1999 μm .



art. nr GN00 02

Wskaźnik pH gleby

Zestaw do pomiaru pH gleby pozwala określić odczyn gleby i dobrać materiał odpowiedni do danych warunków.



art. nr G107 03

Sonda pomiarowa

Sonda pomiarowa do pomiarów rezystancji uziemienia lub rezystywności gruntu. Wykonana ze stali, ocynkowana. Wymiary: długość 600 mm, średnica 16 mm.



art. nr G106 12

Uwaga: Producent zastrzega sobie prawo do wprowadzania modyfikacji produktów celem ich udoskonalania.



Charakterystyka produktów Galmar

Pręty uziomowe Galmar

Firma Galmar jest producentem systemu uziemiającego, na który składają się między innymi pomiedziowane uziomy pionowe oraz pomiedziowane przewody stalowe stosowane jako uziomy poziome. Dzięki zastosowaniu uziomów pionowych i poziomych, wykonanych ze stali pokrytej ochronną powłoką miedzianą, system ten charakteryzuje się niską i wieloletnią rezystancją. Uzyskanie niskiej rezystancji umożliwia konstrukcję prętów uziomowych, które można łączyć i pogrzążyć na głębokość do 35 m. Ochronna powłoka miedziana zapewnia utrzymanie tej rezystancji przez 30 lat.



Przewody stalowe pomiedziowane: uziom, bednarka, drut

Aby zapewnić 30-letnią odporność korozyjną stalowe uziomy pionowe muszą być pokryte powłoką miedzi o grubości minimum 0,250 mm, a stalowe przewody powłoką o minimalnej grubości 0,070 mm. Niżej przedstawione testy wyjaśniają potrzebę utrzymania parametrów dla systemów uziemiających zgodnych z wymogami normy europejskiej.

Grubość powłoki – jest inna dla uziomów pionowych i inna dla uziomów poziomych, a mierzona jest za pomocą elektronicznego grubościomierza.

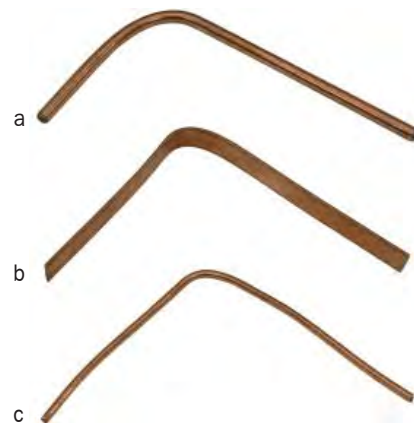
Główną przyczyną, dla której w normach umieszczono powłokę o grubości miedzi 0,250 mm dla uziomów pionowych, jest mechaniczna odporność powłoki podczas procesu wbijania uziomu w grunt. Pręt uziomowy jest wówczas narażony na tarcie mogące spowodować częściowe zmniejszenie powłoki miedzi. Przedstawiony poniżej prosty test, polegający na przebijaniu uziomu pomiędzy szczękami imadła, symuluje zjawiska występujące podczas pogrążania uziomu.



Próba zdzierania powłoki miedzianej w imadle

Na zdjęciach poniżej widzimy test przeprowadzony na dwóch uziomach, różniących się od siebie grubością powłoki miedzianej. Po przeprowadzeniu testu na uziomie o wyjściowej grubości powłoki 0,250 mm, powłoka ta zmniejszyła się do 0,163 mm. Natomiast w drugim przypadku początkowa grubość powłoki miedzianej 0,118 mm została całkowicie uszkodzona, odkrywając stal. Z tego powodu jedynym uziomem spełniającym normy jest uziom z powłoką o minimalnej grubości 0,250 mm. Z badań odporności korozyjnej, wykonanych w warunkach naturalnych wynika, że aby zapewnić 30-letnią odporność uziomu na korozję, należy zapewnić ciągłość ochronnej powłoki miedzi

nej o minimalnej grubości 0,250 mm dla uziomów i 0,070 mm dla drutów i bednarek. Druty i bednarki uziomowe nie są narażone na uszkodzenia mechaniczne podczas wbijania w grunt, a tym samym na zmniejszenie odporności korozyjnej. Zatem wystarczająca jest dla nich miedziana powłoka ochronna o grubości 0,070 mm. Poniżej zamieszczamy zdjęcia oraz wyniki z porównawczych badań korozyjnych stalowych pomiedziowanych oraz ocynkowanych uziomów i przewodów. Testy przeprowadzone zgodnie z normą PN-EN 50164-2 wykazały, iż bednarki i druty ocynkowane ogniowo korodują około 6-krotnie szybciej niż bednarki i druty pomiedziowane. Szybkość korozji ocynkowanych uziomów wyniosła 0,0481 mm/rok, natomiast uziomów pomiedziowanych tylko 0,009 mm/rok.



Próbki przewodów stalowych pomiedziowanych po badaniach korozyjnych i wytrzymałościowych: a) uziom, b) bednarka, c) drut



Początkowa grubość powłoki d = 250 μ m



Początkowa grubość powłoki d = 118 μ m



Przyczepność powłoki – testowana jest, aby sprawdzić, czy powłoka nie będzie się odwarstwiała podczas pograżania uziomu. Testuje się ją w następujący sposób. Zaostrozony uziom należy przebić między szczękami imadła. Odległość między szczękami jest równa średnicy testowanego uziomu pomniejszonej o 1,2 mm. Podczas przebijania powłoka zdziera się w miejscu zetknięcia ze szczękami imadła, a pozostała powłoka nie odwarstwia się. Taka przyczepność pozwala na wykonanie gwintu po miedziowaniu techniką walcowania.



Plastyczność powłoki – sprawdzana jest podczas zginania uziomu o 180°. Brak pęknięć i odwarstwień świadczy o wysokiej jakości naszego wyrobu. Częstotliwość tych testów jest określona w procedurach systemu zarządzania jakością.



Nasze wyroby zostały poddane badaniom i otrzymały pozytywne opinie oraz atesty dopuszczające do stosowania:

- atest UL (Underwriters Laboratories Inc. – USA) dopuszczający nasze uziomy na większość światowych rynków,
- atest Instytutu Energetyki w Warszawie, opinia Zakładu Doświadczalnego Budownictwa i Łączności potwierdzająca zgodność naszych uziomów z normą zakładową TP S.A. o numerze ZN-96/TPS.A.-037, oraz z normą polską PN-T-45000-2,
- orzeczenie PIMot o odporności korozyjnej pomiedziowanych uziomów,
- ekspertyza wytrzymałości połączeń Galmarweld (Politechnika Warszawska),
- raport Politechniki Warszawskiej Wydział Inżynierii Materiałowej „Badania odporności korozyjnej bednarki stalowej pokrytej powłokami miedzianymi oraz pręta uziemiającego miedzianego”,
- raport Politechniki Warszawskiej Wydział Inżynierii Materiałowej „Badania odporności korozyjnej uziomów stalowych, pokrytych powłokami cynkowymi i miedzianymi”,
- raporty badań uziomów pomiedziowanych wykonanych przez KEMA B.V.

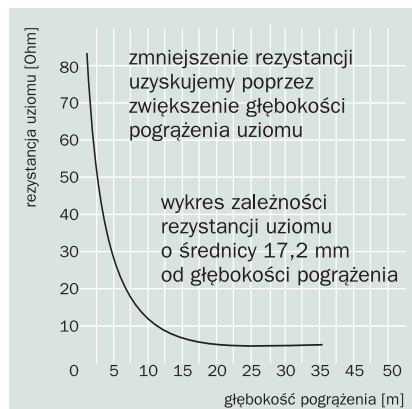
Nasz system pomiedziowanych uziomów pozwala na utrzymanie:

- a) niskich kosztów inwestycyjnych,**
- b) niskich kosztów eksploatacji.**

Wydawałoby się, że zaawansowana technologia miedziowania uziomów spowoduje, że jego cena po montażu będzie bardzo wysoka. W praktyce okazuje się, że najdroższym elementem w koszcie uziemienia jest koszt jego montowania, a nie materiał, z jakiego jest uziom wykonany.

W konsekwencji koszt uziomu Galmar po zamontowaniu jest równy, a w wielu przypadkach niższy, od dotychczas stosowanych.

Dzięki możliwości łączenia uziomów w dowolne odcinki możemy pogрузić uziom nawet do 30 metrów i uniezależnić go od wpływu zmian warunków atmosferycznych powodujących wzrost rezystywności gruntu (zmarzliny i susze), co jest przyczyną wzrostu wartości rezystancji uziemienia.

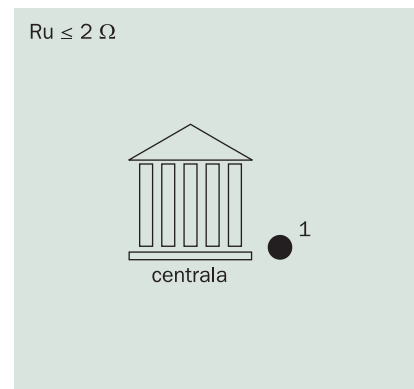


Przykładowy wykres zależności zmian rezystancji od głębokości pograżania

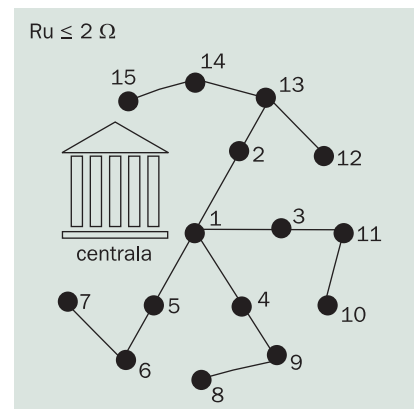
Głębokie pograżenie daje możliwość uzyskania wymaganej wartości rezystancji przy minimalnej ilości punktów uziomowych. Aby uzyskać taką samą wartość rezystancji przy zastosowaniu uziomów płtykich pionowych 6 m lub powierzchniowych, trzeba znacznie rozbudować uziemienie i zająć dużą powierzchnię, co podnosi wielokrotnie koszt uziemienia. W warunkach miejskich pionowe uziomy zlikwidują dodatkowo problem konieczności zdemontowania takich nawierzchni jak asfalt czy bruk.

Schematy obok przedstawiają sytuację w Zamościu, gdzie należało uzyskać 2 Ω rezystancji. Jak widać na głębokości 12 m

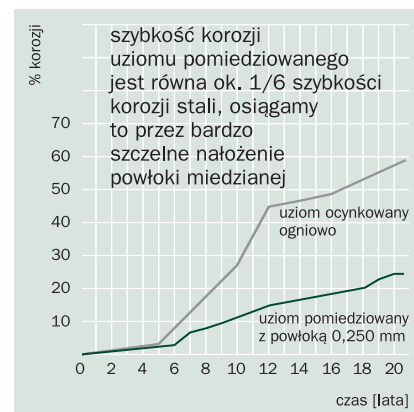
przy zastosowaniu uziomu Galmar w jednym punkcie uzyskaliśmy wymaganą rezystancję, a przy zastosowaniu uziomów stalowych umieszczonych na głębokości 3 metrów tę wartość rezystancji można było uzyskać dopiero przy 15 punktach.



Schemat zastosowania uziomu Galmar 12-metrowego (materiał: 1 szt. x 12 m uziomu Galmar)



Schemat zastosowania uziomów stalowych 3-metrowych i bednarki położonej na głębokości 0,8 m (materiał: 42 m bednarki, 15 szt. x 3 m uziomów stalowych)



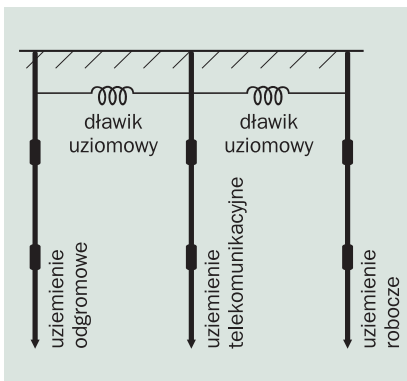
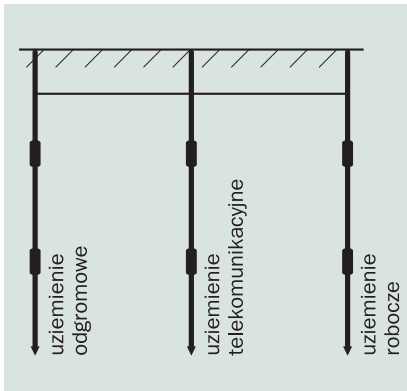
Korozja dwóch rodzajów uziomów w czasie

Projektowanie uziemień

Aby wykonać najbardziej skuteczne uzimienie, przy niskich kosztach materiałowo-montażowych, należy opracować projekt uzimienia opierając się na poniższych informacjach. W zależności od zadania jakie mają spełniać uzimienia dzielimy je na:

- ochronne** – ochrona ludzi i zwierząt przed porażeniem elektrycznym,
- robocze** – celowe połączenie z uziomem obwodu elektrycznego w celu utworzenia ekwipotencjalnego poziomu odniesienia, zapewniającego poprawną pracę urządzeń,
- odgromowe** – uzimienie mające odprowadzić do ziemi udarowe prądy wyładowań atmosferycznych.

Zależnie od indywidualnego podejścia inżyniera, uzimienia ochronne i robocze łączymy z uzimieniem odgromowym bezpośrednio lub przy pomocy dławika uziomowego, którego zadaniem jest eliminacja prądów zakłóceńowych i fal wysokiej częstotliwości.



Łączenie systemów uziemień

Prawidłowo zaprojektowana i wykonana instalacja uzimniająca powinna charakteryzować się:

- niską rezystancją uzimienia,
- utrzymaniem stałej rezystancji uzimienia przez cały okres eksploatacji,
- dobrą odpornością na korozję,
- zdolnością do przenoszenia wysokich prądów udarowych,
- długą żywotnością – min. 30 lat.

Projektując uzimienia należy mieć na uwadze:

- warunki glebowe,
- materiał z jakiego wykonany jest uziom,
- rodzaj zastosowanych uziomów.

Uzimienia odgromowe powinny cechować się nie tylko niską rezystancją ale przede wszystkim niską impedancją falową, która minimalizuje oddziaływanie sił elektromagnetycznych towarzyszących odprowadzaniu ładunku (szybkemu narastaniu potencjału) wyładowania atmosferycznego.

a) warunki glebowe

Rezystywność gruntów wpływa decydująco na sposób budowy uzimienia. Wpływ na rezystywność mają:

- skład fizyczny gleby** – w zależności od rodzaju gleby rezystywność waha się w granicach od kilku do kilkunastu tysięcy omometrów. Wszędzie gdzie jest to możliwe powinno się unikać gruntów suchych, piaszczystych i skalistych;

Rezystywność gruntów

Rodzaj gleby	Rezystywność Ωm
gleba bagnista	2-2,7
piasek gliniasty i gliny	4-150
kreda	60-400
piasek	90-8000
torf	powyżej 200
żwir	300-500
skała	powyżej 1000

- wilgotność** – zwiększona zawartość wilgoci w ziemi może szybko obniżyć jej rezystywność. Jest to szczególnie ważne, gdy bierze się pod uwagę zawartość wilgoci w obszarach (strefach) o wysokich sezonowych wahanach opadowych. Dlatego też gdziekolwiek jest to możliwe uziom powinien być zainstalowany dość

głęboko – na poziomie wód gruntowych lub na stałym poziomie wilgotności;

- pH gleby** – przed zainstalowaniem systemu uzimniającego powinniśmy sprawdzić odczyn gleby by dobrać metal, który w danych warunkach glebowych zapewni maksymalną żywotność uzimienia. Przyjaznym środowiskiem dla miedzi jest środowisko alkaliczne – $\text{pH} > 7$, dla aluminium, cyny i metali ocynkowanych najlepsze jest środowisko kwaśne – $\text{pH} < 7$;
- temperatura** – zmiana temperatury gleby może znacząco wpływać na rezystywność.

Wpływ zmian temperatury na rezystywność gleby (dla piasku gliniastego o wilgotności 15,2%)

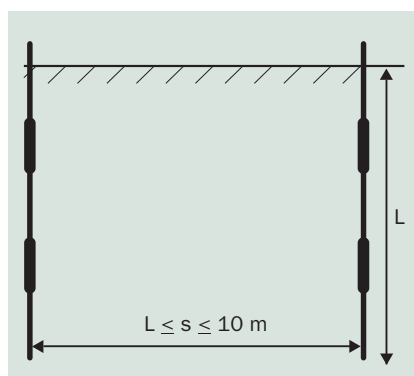
Temperatura $^{\circ}\text{C}$	Rezystywność Ωm
20	72
10	99
0 (woda)	138
0 (lód)	300
-5	790
-15	3300

b) materiał

Aby zdecydować jaki materiał zastosować, należy wziąć pod uwagę odporność korozyjną materiału uziomu. Musimy mieć pewność, że wartość rezystancji naszego uziomu nie będzie wzrastać z biegiem lat w wyniku korozji materiału, z jakiego jest on wykonany.

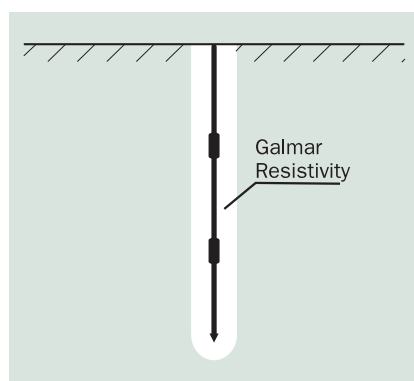
c) rodzaj zastosowanych uziomów

Projektowanie nowych układów uziomowych powinno być oparte na niezbędnych danych dotyczących parametrów gruntu, umożliwiających wybór optymalnego rozwiązania układu uziomowego. Podstawą do projektowania układów uziomowych jest więc przeprowadzenie dokładnych pomiarów gruntu, które umożliwią wyznaczenie rezystywności gruntu na różnych głębokościach. Dzięki nim możemy zdecydować, jaki układ uziomowy będzie najlepszy pod względem technicznym i ekonomicznym. Musimy jednak pamiętać o zasadzie, że odległość między uziomami pionowymi powinna być równa co najmniej długości pograżonych uziomów, ale nie większa niż 10 metrów.



Wymagane odległości pomiędzy uziomami

W przypadku bardzo dużej rezystywności gruntu stosujemy uziom pionowy z Galmar Resistivity.



Uziom pojedynczy z Galmar Resistivity

Galmar Resistivity – obniżanie rezystancji uziemienia

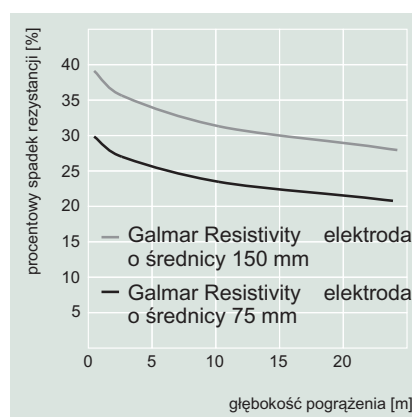
Trudności związane z wykonaniem uziemienia w gruntach o bardzo wysokiej rezystywności skłoniły firmę Galmar do wprowadzenia nowego produktu, który pomoże w wielu przypadkach rozwiązać ten problem.

Galmar Resistivity to proszek zwiększający powierzchnię elektrody uziemiającej, w wyniku czego dochodzi do obniżenia rezystancji nawet do 70%, oraz znacznego obniżenia impedancji udarowej uziemienia.

Należy pamiętać, iż zastosowanie Galmar Resistivity zwiększa koszty wykonania uziemienia, dlatego też zaleca się jego stosowanie głównie w gruntach skalistych, gdzie inne metody okazują się bezskuteczne.

Galmar Resistivity można stosować zarówno do uziomów pionowych jak również poziomych. Stosowany jest zazwyczaj jako suchy proszek, którym jest obsypywany wcześniej zamontowany uziom.

Pochłaniania wilgoć z otaczającej gleby powoduje stwardnienie proszku. Można go również stosować w formie zaprawy po uprzednim wymieszaniu z cementem i wodą.



Przeciętny wpływ Galmar Resistivity na zmianę rezystancji uziomu pionowego

Galmar Resistivity charakteryzuje kilka ważnych zalet:

- zapewnia doskonały kontakt z glebą na całej powierzchni uziomu,
- obniża do kilkudziesięciu procent rezystancję uziemienia,
- obniża impedancję udarową,
- znacznie zmniejsza korozję uziomów,
- łatwy do instalacji,
- bezpieczny dla środowiska,
- chroni przed kradzieżą.



O firmie



Siedziba firmy Galmar i laboratoria



Centrum produkcyjne o pow. 30 000 m²



Linia do produkcji uzimów pomiedziowanych z powłoką miedzi o grubości min. 0,250 mm



Linia galwaniczna do produkcji drutu i taśmy pomiedziowanej z powłoką miedzi o grubości 0,070 mm



Linia do produkcji taśmy miedzianej

Firma Galmar to producent najwyższej klasy uzimień i ochrony odgromowej, z wieloletnim doświadczeniem na rynku polskim i światowym. Została założona w 1969 roku i do dnia dzisiejszego pozostaje w rękach rodziny. W wyniku opracowanej przez firmę technologii, pozwalającej na miedziowanie uzimów, bednarki i drutu z 30-letnią gwarancją na odporność korozyjną, Galmar jest prekursorem nowej jakości instalacji odgromowej.

W wyniku intensywnego rozwoju, firma obsługuje kraje na całym świecie: Algieria, Arabia Saudyjska, Australia, Białoruś, Belgia, Chiny, Dania, Egipt, Estonia, Finlandia, Francja, Holandia, Libia, Litwa, Łotwa, Malezja, Maroko, Niemcy, Norwegia, Oman, Pakistan, Polska, Portugalia, Republika Czech, Rosja, Stany Zjednoczone, Sudan, Szwecja, Tajlandia, Tunezja, Ukraina, Wielka Brytania, Zjednoczone Emiraty Arabskie.

Firma posiada olbrzymie zaplecze produkcyjne, gdzie znajdują się urządzenia najnowocześniejszych technologii, m.in. do produkcji uzimów stalowych pomiedziowanych, drutów i bednarek stalowych pomiedziowanych, bednarek miedzianych oraz elementów ochrony odgromowej i przepięciowej. Na zdjęciu obok zaprezentowana jest w pełni skomputeryzowana linia do produkcji uzimów pomiedziowanych z grubością powłoki Cu min. 0,250 mm o wydajności 100 000 sztuk miesięcznie. W czerwcu 2007 roku uruchomiona została automatyczna linia miedziowania drutów i bednarek na potrzeby instalacji piorunochronnych i uziemiających.



Firma Galmar koncentrując się na najwyższej jakości swoich produktów oprócz zaplecza produkcyjnego posiada zaplecze badawczo-rozwojowe. Centrum Uziemień i Ochrony Odgromowej jest pomocne przy szkoleniu oraz prowadzeniu badań dla projektantów, inżynierów, wykonawców związanych z ochroną odgromową, uziemieniami oraz ogranicznikami przepięć. W skład centrum wchodzi laboratorium wysokonapięciowe, laboratorium badawcze do analizy skuteczności systemów uziemień oraz laboratorium do badania odporności korozyjnej materiałów.

Centrum w ramach swojej działalności przeprowadza symulacje wyładowań atmosferycznych z wykorzystaniem generatora wysokonapięciowego, bierze udział w programie rejestracji wyładowań atmosferycznych na terenie Polski, bada rezystywność gruntów i rezystancje uziemień w różnych warunkach glebowych, przeprowadza badania chemiczne materiałów wykorzystywanych w uziemieniach i ochronie odgromowej we własnym laboratorium chemicznym oraz niezależnych jednostkach badawczych. Cele te realizowane są przez zespół konsultantów we współpracy z profesorem Zdobysławem Flisowskim – patronem naszego ośrodka.

Zadaniem konsultantów jest zarządzanie projektami badawczymi, seminariami, szkoleniami, ale przede wszystkim pomoc Klientom firmy w doborze produktów oraz projektowaniu uziemień, ochrony odgromowej i przepięciowej.

Od momentu powstania firmy stawiamy sobie za cel doskonalenie jakości naszych produktów, oraz udzielanie naszym Klientom szeroko rozumianego wsparcia technicznego, łącząc zarówno doświadczenie jak i kreatywność wnoszoną przez młodych inżynierów.



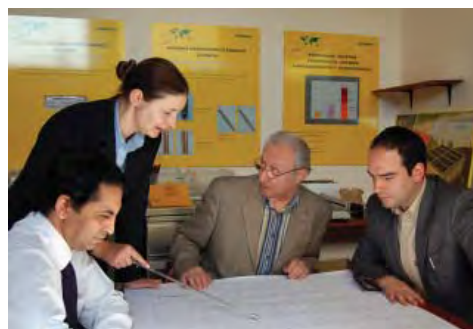
Symulacja wyładowań atmosferycznych w model linii napowietrznej w laboratorium wysokonapięciowym Galmar



Symulacja wyładowań atmosferycznych w model wieży GSM w laboratorium wysokonapięciowym Galmar



Konsultanci firmy Galmar: w środku prof. Zdobysław Flisowski, po prawej dr Marek Łoboda, po lewej dyr. firmy Galmar – Robert Marciniak



Inżynierowie firmy Galmar pracujący nad projektem uziemień



Indeks

Art. nr	Strona	Art. nr	Strona
GA00 03	25	G110 74(30M)S	18
GA00 10	25	G110 75(30M)	17, 19
GN00 02	25	G110 81(20M)	17, 19
G000 75	15	G111 03	18
G000 85	15	G111 03(20M)	18
G100 11	16	G111 03(60M)	18
G100 12	16	G111 49	18
G100 13	16	G111 49(20M)	18
G100 14	16	G111 49(60M)	18
G100 15	16	G111 49(80M)	18
G100 21	16	G111 50(20M)	18
G100 22	16	G111 50(50M)	18
G100 23	16	G112 01	24
G100 24	16	G113 01	23
G100 25	16	G114 02	19, 22
G103 05N	21	G114 04	19, 22
G103 27	22	G114 06	23
G103 28N	19, 20	G114 07	23
G103 29N	19, 20	G114 08	23
G103 30N	22	G119 01	23
G103 31N	22	G119 02	23
G103 31S	19	G119 03	23
G103 32N	20		
G103 33N	20		
G103 42N	21		
G103 43	16		
G103 44	16		
G103 45	16		
G103 46	16		
G103 52	21		
G103 53	21		
G103 54	24		
G103 55	24		
G103 56	24		
G103 57	24		
G103 58	24		
G103 69N	21		
G103 70N	21		
G103 72N	21		
G103 73N	21		
G103 78N	20		
G103 79N	20		
G103 95N	20		
G103 96N	20		
G104 02	17		
G104 03	17		
G106 02	17		
G106 03	17		
G106 11	24		
G106 12	25		
G107 02	24		
G107 03	25		
G107 04	23		
G107 75	15		
G107 85	15		
G108 02	17		
G108 03	17		
G108 75	15		
G108 85	15		
G109 01	17		
G109 75	16		
G109 76	16		
G109 77	16		
G109 85	16		
G109 86	16		
G109 87	16		
G110 02(100M)	18		
G110 03(25M)	18		
G110 03(50M)	18		
G110 72(60M)	17		
G110 73(40M)	17		
G110 74(30M)	17, 19		