



Instalacje uziemiające – zalecenia norm – część I

Opracowanie:

dr inż. Mirosław Zielenkiewicz
dr inż. Tomasz Maksimowicz
mgr Robert Marciniak

RST Sp. z o.o.

15-620 BIAŁYSTOK
ul. Elewatorska 17/1

tel.: 792 350 100

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



Białystok, luty 2015 r.

1. 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 obecnie wymagany jako uziom podstawowy dla obiektów budowlanych, w tym również dla obiektów energetycznych, takich jak: kontenerowe stacje elektroenergetyczne niskiego napięcia, stacje elektroenergetyczne wysokiego napięcia oraz linie elektroenergetyczne wysokiego, średniego i niskiego napięcia. Często jednak taki uziom wymaga uzupełnienia o dodatkowe zewnętrzne uziomy sztuczne umożliwiające uzyskanie dostatecznie małej rezystancji uziemienia lub spełnienie wymagań normatywnych odnoszących się do wymiarów geometrycznych uziomu. Zgodnie z wymaganiami norm [1] pogrążane bezpośrednio w gruncie metalowe elementy uziomu sztucznego, łączonego z uziomem fundamentowym, powinny być wykonywane wyłącznie z miedzi, stali nierdzewnej lub stali pomiedziowanej. Stosowanie w tym celu stali ocynkowanej jest niedopuszczalne ze względu na zbyt dużą różnicę potencjałów elektrochemicznych między stalą ocynkowaną w ziemi a żelbetem, co stwarza warunki sprzyjające przyspieszonej korozji uziomu zewnętrznego (stali ocynkowanej). Aktualnie obowiązujące zasady prawidłowego projektowania systemów uziemiających w fundamencie i uziomów sztucznych instalowanych wokół obiektu budowlanego są w szczegółowy sposób opisane w normie PN-EN 62305-3:2009, przywołanej w rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [2, 3]. Norma ta z chwilą jej przywołania przez ministra uzyskała status obowiązkowego stosowania, w związku z czym, zgodnie z zawartymi w niej zaleceniami, powinny być wykonywane również uziomy fundamentowe i jego połączenia z uziomami dodatkowymi (sztucznymi).

2. 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].

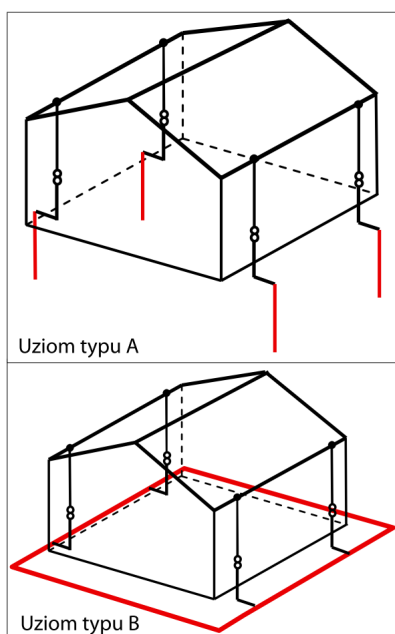
Stosowanie uziomów ma przede wszystkim na celu:

- zapewnienie poprawnej pracy instalacji elektrycznej,
- spełnienie wymagań odnośnie bezpieczeństwa życia ludzi (dla zapewnienia prawidłowego funkcjonowania ochrony przeciwporażeniowej instalacji elektrycznych),
- skuteczne wyrównanie potencjałów instalacji obiektu i odprowadzenia energii przepięć występujących w sieciach energetycznych lub powstających na skutek oddziaływania wyładowań atmosferycznych,

- odprowadzenie prądów zwarciovych doziemnych i prądów upływowych,
- bezpieczne rozproszenie 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.



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

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 . Aby spełnić wymagania aktualnych norm odgromowych [1], wystarczy określić minimalną długość uziomu l_1 zgodnie z rys. 2, przy czym kryterium konkretnej wartości 10Ω , o czym wspomniano wcześniej, uznano za „ogólnie zalecane”. Z rys. 2 wynika, że 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 .

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 elektrycz-

nych 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 rys. 2, w układach uziomowych typu A minimalna długość każdego uziomu od podstawy przewodu odprowadzającego powinna być równa:

- l_1 dla uziomów poziomych lub
- $0,5 l_1$ dla uziomów pionowych lub nachylonych.

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

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

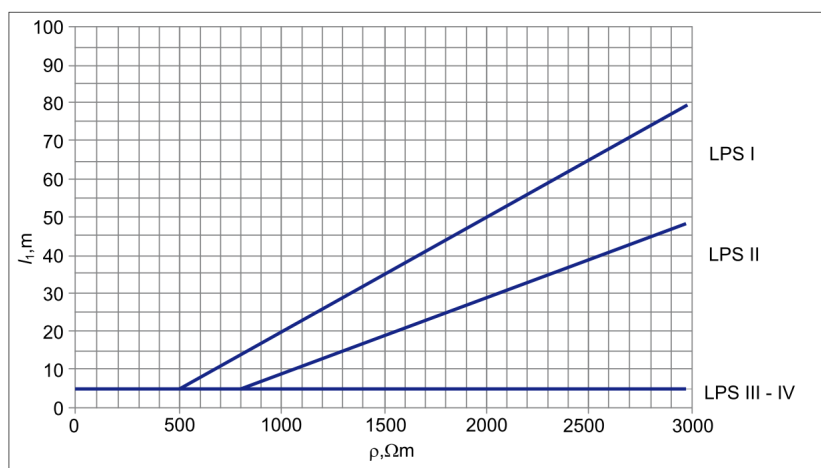
$$l_r = l_1 - r_e$$

dla dodatkowych uziomów poziomych

lub

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

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



Rys. 2. Minimalna długość L_1 każdego uziomu zgodnie z klasą LPS [1]

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

3. 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.) [9], oraz w normach odgromowych, dotyczących:
- projektowania ochrony odgromowej: PN-EN 62305-3:2011 Ochrona odgromowa – Część 3: Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia (oryg.) [1];
- elementów instalacji piorunochronnych: PN-EN 62561-2:2012 Elementy urządzenia piorunochronnego (LPSC) – Część 2: Wymagania dotyczące przewodów i uziomów (oryg.) [8] (wcześniej jako PN-EN 50164-2:2010).

Zamieszczono tam wymagania dotyczące dopuszczanych do stosowania materiałów, rodzajów powłok oraz wymiarów elementów. Zalecenia zawarte w normach [5], [1] i [8] są w dużym stopniu spójne, a wymagania normy PN-EN 50522:2011,

pomimo jej zatwierdzenia przez CENELC jako normy europejskiej w zbliżonym okresie, w pewnym jej zakresie odbiegają od postanowień pozostałych norm. W tablicy 1 zamieszczono i porównano wymagania dotyczące elementów uziemiających zebrane z powyższych norm. Kolorem czerwonym zaznaczono wartości różniące się między poszczególnymi dokumentami.

4. Dopuszczane materiały

Tabl. 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 [μ m] | | | | |
|---------------------|--------------------------------|---|-------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|--|
| | | PN-HD 60364-5-54: 2011 ¹⁾ | PN-EN 50522: 2011 | PN-EN 62305-3: 2011 | PN-EN 62561-2: 2012 | |
| | | | | | | |
| Miedź | goła/ cynowana | Drut | - / (25) 50 / - | - / 25 / - | - / 50 / - | 8 / 50 / - [1 μ m] |
| | | Taśma | - / 50 / 2 | - / 50 / 2 | - / 50 / - | - / 50 / 2 [1 μ m] |
| | | Pręt | (12) 15 / - / - | | 15 / - / - | 15 / 176 / - [1 μ m] |
| | | Linka ²⁾ | 1,7 / (25) 50 / - [1 μ m] | 1,8 / 25 / - | - / 50 / - | 1,7 / 50 / - [1 μ m] |
| | | Rura | 20 / - / 2 | 20 / - / 2 | 20 / - / - | 20 / 110 / 2 [1 μ m] |
| | | Płyta lita ³⁾ | - / (1,5) 2 | | 500 x 500 / - | 500 x 500 / 1,5 [1 μ m] |
| | | Krata ³⁾ | - / 2 | | 600 x 600 ⁴⁾ / - | 600 x 600 / - [1 μ m] ⁵⁾ |
| | galwanizowana | Taśma | | - / 50 / 2 [20 μ m] | | |
| | z powłoką Pb | Drut | | - / 25 / - [1000 μ m] | | |
| | | Linka | | 1,8 / 25 / - [1000 μ m] | | |
| Stal | pomiedziowana elektrolitycznie | Drut | (8) / - / - [70 μ m] | | - / 50 / - | 8 / 50 / - [250 μ m] 10 / 78 / - [70 μ m] |
| | | Taśma | - / 90 / 3 [70 μ m] | | - / 90 / - | - / 90 / 3 [70 μ m] |
| | | Pręt | 14 / - / - [250 μ m] | 14,2 / - / - [90 μ m] | 14 / - / - | 14 / 150 / - [250 μ m] |
| | | z powłoką Cu | Pręt | (15) / - / - [2000 μ m] | 15 / - / - [2000 μ m] | |
| | z powłoką Pb | Drut | | 8 / - / - [1000 μ m] | | |
| | ocynkowana ognioowo | Drut | 10 / - / - [45 μ m] | 10 / - / - [50 μ m ⁷⁾ | - / 78 / - | 10 / 78 / - |
| | | Taśma | - / 90 / 3 [63 μ m] | - / 90 / 3 [63 μ m] | - / 90 / - | - / 90 / 3 |
| | | Pręt | 16 / - / - [45 μ m] | 16 / - / - [63 μ m] | 14 / - / - | 14 / 150 / - |
| | | Linka ²⁾ | - / 70 / - | | | |
| | | Rura | 25 / - / 2 [45 μ m] | 25 / - / 2 [47 μ m] | 25 / - / - | 25 / 140 / 2 |
| | | Płyta lita ³⁾ | | | 500 x 500 | 500 x 500 / 3 |
| | | Krata ³⁾ | | | 600 x 600 ⁴⁾ | 600 x 600 ⁴⁾ / - ⁶⁾ |
| | goła w betonie | Drut | 10 / - / - | | - / 78 / - | 10 / 78 / - |
| Taśma | | - / 75 / 3 | | - / 75 / - | - / 75 / 3 | |
| Linka ²⁾ | | | | - / 70 / - | 1,7 / 70 / - | |
| nierdzewna | Drut | 10 / - / - | | - / 78 / - | 10 / 78 / - | |
| | Taśma | - / 90 / 3 | | - / 100 / - | - / 100 / 2 | |
| | Pręt | 16 / - / - | | 15 / - / - | 15 / 176 / - | |
| | Rura | 25 / - / 2 | | | | |

Uwagi:

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

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 μ m,

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 tej normie minimalna grubość powłoki miedzi dla prętów pionowych – 90 μm . Zarówno normy odgromowe, jak i norma dotycząca instalacji niskiego napięcia wymagają, aby grubość tej warstwy wynosiła co najmniej 250 μm , ponieważ powłoka o grubości 90 μm może być zbyt mało odporna na narażenia mechaniczne, jakim poddawane są pręty przy pogrążaniu w ziemi. Cieńsze grubości warstw dopuszczalne są natomiast w przypadku drutów i bednarek, które są układane poziomo w wykopach i przysypywane ziemią, przez co w znacznie mniejszym stopniu narażone są na uszkodzenia. Nie wydaje się ponadto logiczne, aby większe obostrzenia były stawiane instalacjom niskiego napięcia (dla których także wymagana jest grubość warstwy 250 μm) niż dla instalacji o napięciu powyżej 1 kV. Obecnie niewielu producentów spełnia te wymagania. Na przykład na rynku dostępne są pręty stalowe pomiedziowane o powłoce Cu 240 μm – różnica, choć niewielka, powoduje, że dany produkt nie spełnia wymagań normatywnych. Przykłady uziomów pionowych pomiedziowanych spełniających wymagania



Fot. 1. Uziomy pionowe pomiedziowane Galmar:
a) kuty z powłoką CU 250 μm , b) gwintowany

wymienionych norm przedstawiono na fot. 1.

W przypadku bednarek pomiedziowanych elektrolitycznie wymagania odnośnie do 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 przy-

padku wymagana jest powłoka miedzi o grubości jedynie 70 μm . Bednarka pomiedziowana musi być jednak wystarczająco odporna na wyginanie, a takie narażenie nie może powodować odwarstwiania się miedzianej powłoki ochronnej.

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

minimalne grubości powłok wahają się od 45 do 63 μm . Norma PN-EN 62561-2:2012 stawia z kolei wymagania dotyczące gramatury powłoki cynku, która powinna wynosić 350 g/m² dla elementów okrągłych i 500 g/m² dla elementów płaskich. Takie sformułowanie wymagań jest bardziej uzasadnione, ponieważ nawet wtedy, gdy przerwana zostanie ciągłość powłoki cynku, 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.

5. 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 funkcję jedynie roboczą lub ochrony przeciwporażeniowej i nie jest narażony na oddziaływanie prądów piorunowych. Wymiary zalecane w PN-EN 50522 pokrywają się z wartościami podanymi w PN-HD 60364-5-54 właśnie dla tego przypadku. W związku z tym należy rozumieć, że wymiary podane w PN-EN 50522 dotyczą jedynie zastosowań do celów ochrony przeciwporażeniowej, natomiast jeżeli uziom ma za zadanie także rozproszenie prądu pioruna w ziemi, to należy stosować się do bardziej rygorystycznych wymagań norm PN-EN 62305-3:2011 i PN-EN 62561-2:2012.

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

Minimalna powierzchnia przekroju bednarek ze stali nierdzewnej wg PN-HD 60364-5-54 powinna wynosić 90 mm² przy grubości 3 mm, natomiast według norm odgromowych powinna 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.

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. z 2002 r. 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. z 2010 r. 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. E. Musiał, Uziomy fundamentowe i parafundamentowe, miesięcznik SEP INPE „Informacje o normach i przepisach elektrycznych”, nr 143, s. 3–33, sierpień 2011.
7. Ochrona elektrochemiczna przed korozją. Teoria i praktyka, praca zbiorowa, WNT, Warszawa 1971.
8. PN-EN 62561-2:2012 Elementy urządzenia piorunochronnego (LPSC) – Część 2: Wymagania dotyczące przewodów i uziomów.
9. PN-EN 50522:2011 Uziemienie instalacji elektroenergetycznych prądu przemiennego o napięciu wyższym od 1 kV (oryg.).
10. M. Łoboda, Badania korozyjne uziomów pionowych, „Elektrosystemy”, nr 4/2008, s. 78-82.
11. R.W. Drisko, Field Testing of Electrical Grounding Rods, Naval Civil Engineering Laboratory, Port Hueneme, California, published by United States Department of Commerce, National Technical Information Service, 1970.
12. Ch. Rempe, A Technical Report on The Service Life of Ground Rod Electrodes, 2003
13. PN-IEC 61024-1-2:2002: Ochrona odgromowa obiektów budowlanych. Zasady ogólne. Część 1-2: Przewodnik B – Projektowanie, montaż, konserwacja i sprawdzanie urządzeń piorunochronnych.
14. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 7 kwietnia 2004 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. (Dz.U. 2004 Nr 109, poz.1156).
15. PN-EN 50522:2011 Uziemienie instalacji elektroenergetycznych prądu przemiennego o napięciu wyższym od 1 kV (oryg.).