

UZIEMIENIA STANOWISK SŁUPOWYCH Z GŁOWICAMI KABLOWYMI

Stanisław WOJTAS¹, Józef Jacek ZAWODNIAK²

1. Politechnika Gdańska
tel.: 58 347-16-11, e-mail: stanislaw.wojtas@pg.gda.pl
2. SEP o/Gorzów Wlkp
tel.: 665-610-546, e-mail: jj.zawodniak@wp.pl

Streszczenie: Praca zawiera analizę właściwości statycznych i udarowych uziemień stosowanych w systemie elektroenergetycznym do ochrony przeciwprzebiegowej. W końcowych rozdziałach dokonano analizy konstrukcji systemów uziemień z punktu widzenia skuteczności w systemie ochrony układu izolacyjnego od przepięć oraz podano szereg wskazówek dotyczących właściwego doboru uziemień stanowisk słupowych głowic kablowych. Wskazano też na błędy popełniane na etapie wykonywania uziemień.

Słowa kluczowe: uziemienia, głowice kablówce, słupy z głowicami kablowymi

1. WSTĘP

Stanowiska słupowe z głowicami kablowymi stanowią istotny element sieci dystrybucyjnej, ze względu na ochronę od przepięć układu izolacyjnego kabla. Zapewnienie skutecznej ochrony przeciwprzebiegowej w miejscu, gdzie następuje zmiana wartości impedancji falowej, nie powinno się ograniczać wyłącznie do odpowiedniego doboru ogranicznika przepięć i zaprojektowania uziemienia o wymaganej rezystancji [1]. Odpowiednie zaprojektowanie uziemienia pod względem układu przestrzennego, wymiarów poszczególnych elementów i w końcu jego staranne wykonanie w terenie, jest istotne ze względu na poprawne działanie ochrony przeciwprzebiegowej [2].

Miejsce zainstalowania głowicy kablówce stanowi punkt węzłowy sieci elektroenergetycznej, w którym linia napowietrzna o impedancji falowej Z_1 i wartości kilkuset Ω łączy się z linią kablową o znacznie mniejszej impedancji falowej Z_2 , zwykle na poziomie kilkudziesięciu Ω . W tego typu układach elektrycznych, w zależności od stosunku impedancji falowej Z_1 do Z_2 , w punkcie węzłowym będzie dochodziło do zmian amplitudy fal napięcia i prądu. Jeżeli fala przepięciowa przemieszcza się z linii napowietrznej o impedancji Z_1 w kierunku kabla o impedancji Z_2 , amplituda wypadkowa fali napięciowej w węźle ulega zmniejszeniu. W przypadku przemieszczania się fali przepięciowej do węzła z kierunku linii kablówce, jej wartość w punkcie węzłowym wzrasta. Skuteczność działania zabezpieczeń izolacji punktu węzłowego jest ściśle związana z impedancją zainstalowanego w tym miejscu systemu uziemień [3, 4].

W ochronie przeciwprzebiegowej dąży się do zmniejszenia amplitudy fali napięciowej do wymaganej wartości ze względu na ochronę izolacji urządzeń elektroenergetycznych. Realizuje się to w praktyce poprzez połączenie punktu węzłowego z ziemią za pomocą ograniczników przepięć oraz wykonanie odpowiedniego uziemienia, najlepiej o jak najmniejszej wartości impedancji. Ponieważ wartość fali napięciowej w punkcie węzłowym, w tego typu układach elektrycznych, będzie tym mniejsza im mniejsza będzie wartość impedancji uziemienia [3, 4].

Celem pracy jest omówienie właściwości udarowych uziemień stosowanych na stanowiskach słupowych głowic kablowych oraz analiza ich konstrukcji z punktu widzenia skuteczności w systemie ochrony układu izolacyjnego głowic i kabla od przepięć. Zasygnalizowano też przypadki błędów popełnianych przez nieuczciwych wykonawców uziemień.

2. WŁAŚCIWOŚCI UDAROWE UZIEMIEŃ

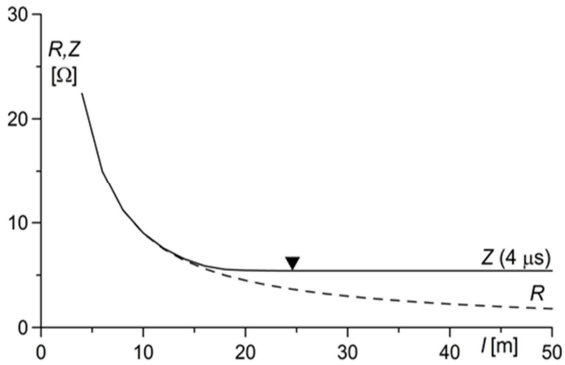
Systemy uziemiające głowic kablowych muszą być projektowane w celu skutecznego odprowadzania do ziemi prądów zwarciovych oraz prądów wywołanych wyładowaniami atmosferycznymi. Przebiegi prądów zwarciovych są mierzone w ms, natomiast piorunowych – w μ s. Biorąc pod uwagę fakt, że parametry czasowe obu prądów różnią się o około 3 rzędy wielkości, właściwości oraz kryteria przydatności zastosowanych uziomów muszą uwzględniać tak szerokie spektrum zmian częstotliwości. Najczęściej stosowanym kryterium wymaganiem przez przepisy jest rezystancja statyczna uziomu mierzona przy częstotliwości zbliżonej do sieciowej. W takim przypadku najłatwiejszym sposobem spełnienia wymagań ograniczenia rezystancji stawianych systemowi uziemień jest wydłużanie uziomu, jak to zostało przedstawione na rysunku 1.

Rezystancja uziomu zmierzona w takich warunkach może być miarą przydatności uziomu tylko w zakresie częstotliwości sieciowych, a nie w dziedzinie szybkich udarów prądowych charakterystycznych dla wyładowań atmosferycznych. W literaturze przedmiotu można znaleźć stwierdzenia, że ocena zdolności ochronnej uziemienia za pomocą pomiarów powinna uwzględniać jego właściwości przy przebiegach o parametrach czasowych podobnych do tych, jakie panują podczas rzeczywistego wyładowania [6].

Gdy długość uziomu jest porównywalna z długością fali udaru prądowego, obwód należy traktować, jako linię o stałych rozłożonych. Występowanie tego typu zjawisk skutkuje tym, że uziom o znacznej długości L można podzielić praktycznie na dwie części:

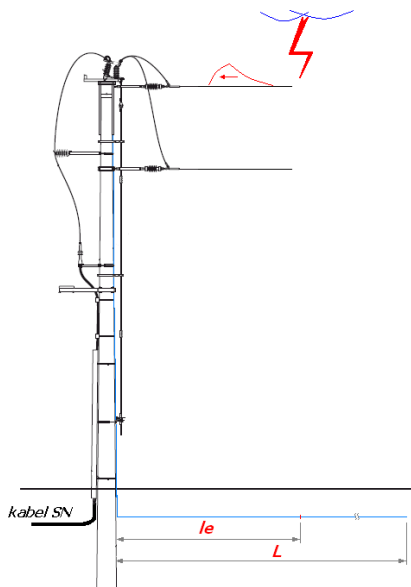
– część efektywną (l_e), która odprowadza prąd do ziemi podczas wyładowania i tym samym ogranicza wartość szczytową udaru,

– część nieefektywną, która nie odprowadza prądu podczas wyładowania do ziemi, a jedynie zmniejsza jego czas do półszczytu [7].



Rys. 1. Impedancja uziomu poziomego w funkcji jego długości przy wymuszeniu sinusoidalnym wolnozmiennym (R) oraz przy wymuszeniu udarami o czasie czoła $4 \mu s$ (Z); na krzywej zaznaczono trójkątem długość efektywną uziomu obliczoną ze wzoru (1) [7]

Z punktu widzenia ochrony przeciwprzepięciowej najważniejszym elementem jest ograniczenie wartości szczytowej napięcia udaru, a więc wykorzystanie długości efektywnej uziomu (rysunek 2).



Rys. 2. Stanowisko słupowe z głowicami kablowymi i uziemieniem [5], gdzie: l_e – efektywna długość uziomu, L – całkowita długość uziomu

Długość efektywna uziomu może być obliczona, jako:

$$l_e = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{T}{GL}} \quad (1)$$

gdzie: L - indukcyjność jednostkowa uziomu, G - konduktancja jednostkowa uziomu, T - czas czoła udaru.

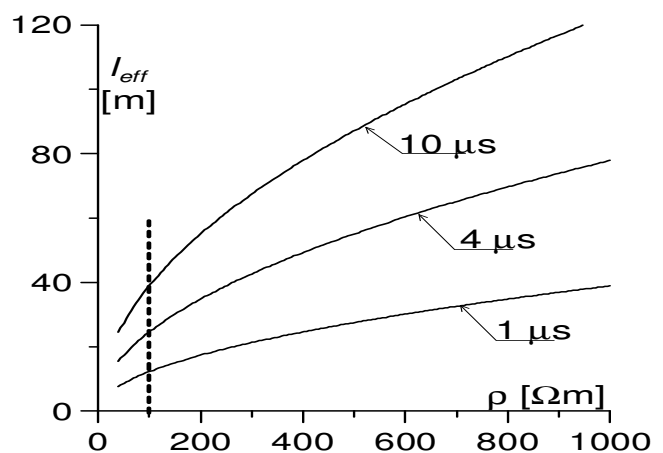
Potwierdzeniem powyższych rozważań są przedstawione na rysunku 1 wyniki obliczeń komputerowych impedancji uziomu poziomego pograżonego w gruncie o rezystywności $100 \Omega m$ w funkcji jego długości. Przy pomiarach statycznych (częstotliwość zbliżona do sieciowej) rezystancja maleje wraz z wydłużaniem uziomu bez względu na przedział tego wzrostu długości. Otrzymana wartość rezystancji uziomu R wynika z równoległego połączenia coraz większej liczby elementów o określonej rezystancji doziemnej każdego z nich. Przy wymuszeniu prądem udarowym (tutaj udar o czasie czoła $4 \mu s$) spadek impedancji uziomu przez dodawanie liczby elementów jest obserwowany tylko do pewnej długości uziomu zbliżonej do długości efektywnej. Dla analizowanego uziomu jego długość efektywna obliczona za wzoru (2) wynosi $26 m$ i została zaznaczona trójkątem na rysunku 1 [7]. Zamieszczone przebiegi sugerują więc, że wydłużanie uziomu powyżej jego długości efektywnej nie spowoduje obniżania spadku napięcia na uziemiu podczas rozpraszania prądu piorunowego w gruncie.

Zależność (1) można uprościć do postaci (2) dla uziomu pionowego oraz do wyrażenia (3), dla uziomu poziomego umieszczonych w gruncie o rezystywności ρ [8]:

$$l_e = 0,9\sqrt{T \cdot \rho} \quad (2)$$

$$l_e = 1,3\sqrt{T \cdot \rho} \quad (3)$$

Z podanych wzorów, dla prostych układów uziemiających, można w przystępny sposób oszacować efektywną długość uziomu. Zaprezentowane wyrażenia wskazują, że długość efektywna uziomu przy stałej długości czoła udaru zależy od rezystywności gruntu. Na rysunku 3 przedstawiono zmiany długości efektywnej uziomu w funkcji rezystywności gruntu dla udarów o czasach czoła $1, 4$ oraz $10 \mu s$ obliczone z zależności (1).



Rys. 3. Zmiany długości efektywnej uziomu w funkcji rezystywności gruntu dla podanych czasów czoła udarów, linią przerywaną zaznaczono rezystywność $100 \Omega m$

3. WYKORZYSTANIE UZIOMU POZIOMEGO

Wykonanie uziemienia przy stanowiskach słupowych linii napowietrznych nie należy do zadań łatwych. Problem ten

związany jest nie tylko z warunkami terenowymi, ale również wymaganiami elektrycznymi, ponieważ uziemienia te z reguły pełnią dwie role w sieciach elektroenergetycznych: ochronną oraz funkcyjną. Realizując tego typu uziomy w pierwszej kolejności należy spełnić wymogi w zakresie ochrony przeciwporażeniowej, a następnie dążyć się do optymalnej konfiguracji uziomu ze względu na ochronę przeciwprzebiegową.

Często jednak dochodzi do rozbudowania uziomu tylko w jednym kierunku, poprzez ułożenie uziomu poziomo-pionowego w rowie kablowym, tak jak to pokazano na rysunku 1. Prąd udarowy w tego typu uziomach nie ulega rozprężeniu w kierunku poprzecznym, z powodu braku odgałęzień, w postaci uziomów poziomo-pionowych w odległości mniejszej niż długość efektywna. Dlatego rozbudowane w jednym kierunku uziomy poziome charakteryzują się większą impedancją – większe spadki indukcyjne, wyjście poza długość efektywną [6, 7].

Powstanie wyładowań łukowych w gruncie z powodu odprowadzania dużej amplitudy fali prądowej do ziemi, skutkuje negatywnym oddziaływaniem na układ izolacyjny kabla, jeżeli kabel jest ułożony blisko uziomu – oddziaływanie łuku elektrycznego na kabel. Dlatego istotne jest, aby pomiędzy bednarką uziemiającą a kablem zachować odpowiednią odległość [11].

Praktyką niedopuszczalną jest układanie bednarki przy kablu na dnie wykopu i zasypianie jej piaskiem podatnym na wyładowania elektryczne. Bednarka powinna znajdować się na dnie wykopu (najlepiej z boku), pod warunkiem, że zostanie przykryta minimum 10 cm warstwą gruntu rodzimego. Co istotne, jeżeli w gruncie rodzimym znajduje się sporo wody (grunty mokre), to proces wyładowań elektrycznych w sposób naturalny zostanie dodatkowo ograniczony. Następnie na tak wykonaną warstwę gruntu rodzimego należy nasypać piasek o grubości 10 cm i dopiero ułożyć kabel. Wówczas odległość bednarki od kabla nie będzie mniejsza niż 20 cm [11]. Bednarkę wzdłuż kabla układa się, jeżeli inwestycja jest realizowana na gruntach o dużej rezystywności po to, aby uzyskać wymaganą wartość rezystancji statycznej uziemienia, mierzoną przy częstotliwości zbliżonej do sieciowej.

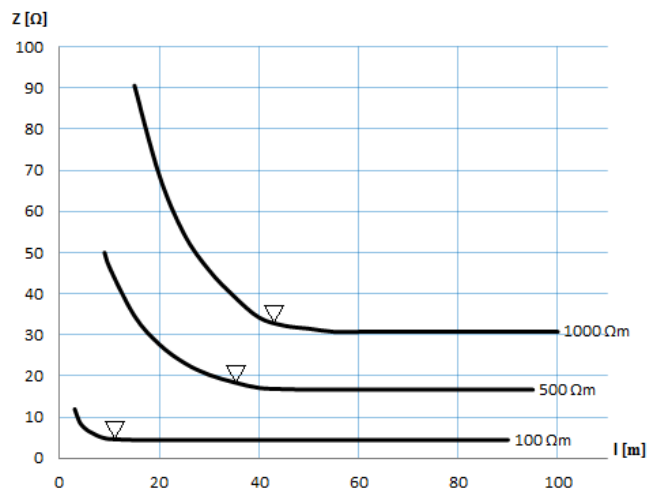
Rezystancja takiego uziomu poziomego może być obliczona jako [10]:

$$R = \frac{\rho}{\pi l} \ln \frac{2l}{d} \quad (4)$$

gdzie ρ oznacza rezystywność gruntu, l – długość uziomu, d – średnicę uziomu, dla bednarki przyjęto pręt zastępczy o średnicy 0,02 m, który zapewnia ekwiwalentną powierzchnię styku z gruntem. W gruntach o rezystywności 100 Ωm rezystancję 10 Ω wymaganą do celów ochrony odgromowej uzyskuje się już dla długości ok. 20 m. W gruntach o większych rezystywnościach, np. 500 Ωm i 1000 Ωm , dla osiągnięcia wymaganej wartości rezystancji już niezbędna jest długość odpowiednio 150 m i 350 m. Tak rozległe systemy uziemiające przewyższają wartości długości efektywnych uziomów przedstawionych na rysunku 3 i nie mogą spełniać swojej roli w układach ochrony odgromowej.

Wpływ długości uziomu na jego impedancję udarową dla gruntów o różnych rezystywnościach został przedstawiony na rysunku 4. Obliczenia w oparciu o symulacje komputerowe zostały przeprowadzone dla czasu czoła udaru 4 μs , który jest najczęściej stosowany

w praktyce pomiarowej uziemień. Z krzywych zamieszczonych na rysunku wynika, że w gruntach o rezystywności około 100 Ωm , wartość impedancji na poziomie 10 Ω może być osiągnięta wyłącznie poprzez umieszczenie bednarki wzdłuż kabla. Dla gruntów o wyższych rezystywnościach należy rozbudować system uziemienia w pobliżu stanowiska z głowicami w celu zapewnienia bezpiecznych warunków pracy głowic.



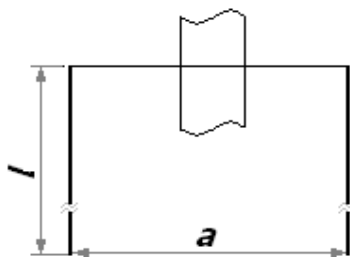
Rys. 4. Impedancja uziomu poziomego w funkcji jego długości pograżonego w gruntach o rezystywnościach 100, 500 i 1000 Ωm mierzona udarami o czasie czoła 4 μs , trójkątami zaznaczono długości efektywne uziomu

4. PRAKTYKA UZIEMIANIA STANOWISK Z GŁOWICAMI KABLOWYMI

W projektach dla stanowisk słupowych z głowicami bez łącznika podstawowym wyznacznikiem jest rezystancja statyczna uziemienia, która powinna wynosić 10 Ω lub mniej, jeżeli na słupie będzie zabudowany łącznik. Natomiast kwestia związana z jego konfiguracją, wymiarem poszczególnych elementów i ich minimalną odległością od kabla SN, jest praktycznie pomijana przez projektantów i pozostawiona kierownikowi robót budowlanych. W takich przypadkach uziemienie zostanie oczywiście przez wykonawcę wykonane zgodnie z wiedzą techniczną i z reguły przy uwzględnieniu istotnego elementu, jakim jest ekonomia, czyli że powinno być tania.

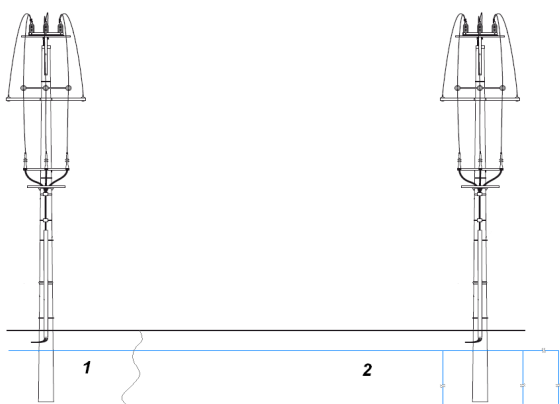
Pierwszym etapem prac związanych z wykonaniem uziemienia przy słupie jest uformowanie otoku o promieniu ok. 1 m. Drugi etap to wykonanie pierwszego uziemienia pionowego, dokładając coraz większą liczbę prętów uziomowych i mierząc każdorazowo wartość rezystancji uziemienia. Brak pozytywnego wyniku pomiaru rezystancji uziemienia, po pogrożeniu pręta w gruncie, powoduje konieczność wykonania drugiego uziomu pionowego. Powstaje jednak pytanie, w jakim miejscu i jak daleko od istniejącego? Najtańszym rozwiązaniem jest wykonanie go po przeciwnej stronie otoku, w odległości 2 m od istniejącego uziemienia pionowego (rys. 5), ale czy takie podejście będzie prawidłowe? Oczywiście, że nie, ze względu na występowanie wzajemnych oddziaływań między uziomami pionowymi. Stosunek a/l długości uziemienia pionowego l do odległości a między nimi powinien wynosić co najmniej 2 [5,9]. Na przykład, jeżeli wykona się jeden uziom pionowy o długości 6 metrów, to następny powinno się wykonać w odległości co najmniej

12 m. Wykonanie pojedynczego długiego uziomu pionowego przyczynia się do rozbudowania całego układu uziomowego, a to z kolei zwiększa koszty. Lepiej więc uziomy pionowe pogrążyć do głębokości ok. 3 m, wtedy następny uziom pionowy będzie można wykonać w odległości 6 m od istniejącego. Wiąże się to oczywiście z koniecznością wyprowadzenia z otoku dodatkowego promienia w formie uziomu poziomego lub nawet kilku promieni. W przypadku konieczności wykonania kilku uziomów pionowych (np. trzech) istotne jest, aby uziom rozbudowywać równomiernie w każdym kierunku, a nie tylko w jednym. Zdaniem autorów, najlepiej wyprowadzić dodatkowe promienie z otoku pod kątem 120° , a nie 90° , ze względu na korzystniejszy współczynnik wykorzystania uziomu o ok. 10%, oczywiście gdy warunki terenowe na to pozwalają.



Rys. 5. Rozmieszczenie uziomów pionowych, l – długość uziomu, a – odległość między uziomami

Innym sposobem na ograniczenie kosztów, przy jednoczesnym spełnieniu wymagań odnośnie rezystancji statycznej, jest łączenie ze sobą uziemień stanowisk słupowych. Praktykę tę stosuje się wówczas, gdy koszty wykonania dwóch oddzielnych uziomów są większe od kosztów ułożenia bednarki między stanowiskami słupowymi. Tego typu praktykę spotyka się również w przypadkach, gdy rezystywność gruntu nie jest jednakowa w miejscach, gdzie mają być posadowione stanowiska słupowe z głowicami kablowymi. Wówczas na gruncie o małej rezystywności wykonuje się uziemienie o wymaganej wartości, a do następnego słupa, oddalonego na przykład o 50 m, wyprowadza się bednarkę i przyłącza do otoku, jak to zostało pokazane na rysunku 6. Praktycznie uziemienie na tym stanowisku nie spełnia swojej roli, jeżeli chodzi o ochronę przeciwprzepięciową izolacji kabla.

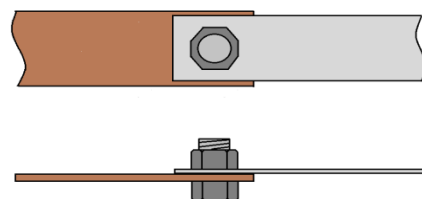


Rys.6. Widok dwóch stanowisk słupowych z głowicami kablowymi, z połączonymi uziemieniami w celu osiągnięcia wymaganej wartości rezystancji uziemienia w gruncie o dużej rezystywności, gdzie: 1 – grunt o dużej rezystywności, 2 – grunt o małej rezystywności [5]

Przekroje poprzeczne poszczególnych elementów uziemienia, zabezpieczające jej warstwy antykorozyjne, jak i elementy służące do ich wzajemnego połączenia ze sobą, powinny spełniać wymogi podane w przedmiotowych normach – niestety nadal jest to tylko teoria. Praktyka terenowa, a więc wnioski z inspekcji przeprowadzanych na budowach linii średniego i niskiego napięcia, przedstawiają rzeczywisty obraz kultury technicznej w zakresie stosowanych materiałów na uziemienia. Poniżej zostaną przedstawione i opisane najczęściej praktykowane przez nieodpowiedzialnych wykonawców sposoby ograniczenia kosztów, poprzez zastosowanie tańszych zamienników materiałowych niezgodnych z normami.

Jednym ze sposobów ograniczenia kosztów związanych z zakupem materiału potrzebnego na wykonanie uziemienia jest łączenie ze sobą w ziemi dwóch różnych taśm uziemiających (bednarek). Elementy widoczne układu uziemiającego wykonane są z taśmy uziemiającej o wymaganym przekroju np. 30×4 mm i powłoce ochronnej np. miedziowanej. Połączenie ze sobą dwóch różnych taśm uziemiających realizowane jest z reguły z pomocą pojedynczej śruby i nakrętki, tak jak to przedstawiono na rysunku 7. Z praktyki terenowej wynika, że prawie zawsze przy tego typu połączeniach brak jest: dwóch podkładek płaskich i jednej sprężynowej, zaś średnica zastosowanej śruby bywa różna, a o zabezpieczeniu antykorozyjnym lepiej nie wspominać.

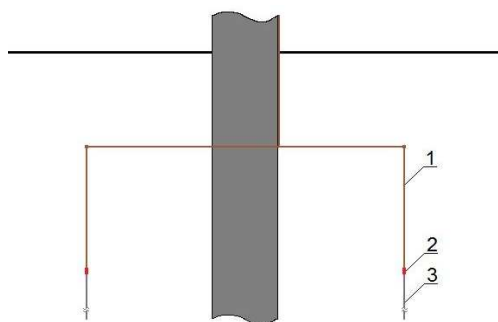
Warto przy tej okazji nadmienić, że w liniach średniego i niskiego napięcia połączenie śrubowe poszczególnych elementów uziemienia, powinno być realizowane za pomocą: dwóch śrub o średnicy minimum 10 mm, czterech podkładek płaskich i dwóch sprężynowych, a połączenie należy zabezpieczyć przed korozją, np. za pomocą masy asfaltowej. Oczywiście wymiary drugiej taśmy uziemiającej ulegają zmniejszeniu np. do 25×3 mm. Poza tym, powłoka antykorozyjna taśmy jest cynkowa lub nawet nie ma jej wcale, zastosowana jest taśmą ze stali czarnej. Przy bezpośrednim połączeniu taśmy uziemiającej miedziowanej z ocynkowaną (ich bezpośredniego styku ze sobą) inicjuje się dodatkowo proces korozji galwanicznej, wynikającej z różnicy potencjału elektrochemicznego obu powłok ochronnych taśm.



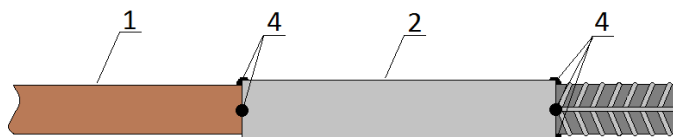
Rys. 7. Stosowane połączenie śrubowe taśm uziemiających
a) widok z góry, b) widok z boku

Drugi ze sposobów ograniczenia kosztów związanych z zakupem materiału potrzebnego na wykonanie uziemienia, jest stosowany przez bardziej doświadczonych „graczy w tej dziedzinie”. Doświadczeni nierzetelni wykonawcy mają świadomość, że nadgorliwi kontrolujący sprawdzają zastosowany materiał na uziemienie, ale z reguły do głębokości uziemienia poziomego, np. w postaci otoku. Dlatego zamienniki materiałowe stosują głębiej, a więc tylko w uziemieniu pionowym, tak jak to przedstawiono na rysunku 8, na głębokości ok. 2 m.

Jak już wcześniej wspomniano uziemienie do głębokości ok. 2 metrów, a więc do końca długości pierwszego pręta od uziemienia poziomego jest wykonane prawidłowo. Dopiero od tego miejsca w głąb gruntu bywa stosowany zamiennik ze stali czarnej, z reguły w postaci pręta zbrojeniowego o wymaganej średnicy. Połączenie ze sobą dwóch różnych prętów, jest realizowane za pomocą kawałka rurki, w którą wsunięte są pręty, tak jak to przedstawiono na rysunku 9. Przy czym, można wyróżnić połączenia: wciskane i wciskano-spawane – z spoiną punktowo-pachwinową. Warto pamiętać, że połączenia spawane w uziemieniach linii średniego i niskiego napięcia uznaje się za prawidłowo wykonane, jeżeli grubość przekroju spoiny będzie wynosiła minimum 3 mm, a jej długość 210 mm. Połączenie należy zabezpieczyć przed korozją na przykład poprzez zastosowanie masy asfaltowej.



Rys. 8. Stosowane „spawane” lub wciskane połączenia prętów uziemiających, gdzie: 1 – część pozioma i pionowa uziemienia wykonana z prawidłowego materiału, 2 – element łączeniowy, 3 – pręt zbrojeniowy



Rys. 9. Sposób wykonania połączenia prętów od uziemienia pionowego, gdzie: 1 – pręt uziemienia pionowego prawidłowy, 2 – tulejka, 4 – spawy punktowo-pachwinowe

5. WNIOSKI KOŃCOWE

O zapewnieniu skutecznej ochrony od przepięć decyduje wiele czynników, a jednym z nich jest poprawne wykonanie uziemienia, nie tylko pod względem wartości jego rezystancji statycznej, ale również układu przestrzennego oraz odległości pomiędzy poszczególnymi elementami uziomu, co ma na celu uwzględnienie zjawisk fizycznych, jakie zachodzą w uziemieniu podczas odprowadzania prądów piorunowych. Dopiero po spełnieniu

tych trzech wymogów, można mieć pewność, że uziom będzie spełniał poprawnie swoje zadanie.

Duża odpowiedzialność pod tym względem spoczywa na kierownikach robót budowlanych, a przede wszystkim inspektorach nadzoru inwestorskiego reprezentujących interesy inwestora na budowie. Dlatego tak istotne jest, aby wiedza na ten temat była powszechnie znana. I nie chodzi tutaj wcale o to, aby uziomy wykonywać według precyzyjnych wyliczeń, ale o to, by zachować „odpowiedni rozsądek techniczny”, a nie dążyć wyłącznie do obniżenia kosztów. Kosztów, które w czasie eksploatacji, z powodu konieczności wymiany kabla czy głowicy kablowej i odszkodowań dla odbiorców, mogą znacznie przekroczyć nakłady poniesione na poprawne wykonanie uziemienia.

6. BIBLIOGRAFIA

1. Ograniczniki niskiego i średniego napięcia, Poradnik Grupy Apator S.A. 2011.
2. Jabłoński W., Uziemienia w sieciach, instalacjach i urządzeniach elektroenergetycznych, Poradnik INPE dla elektryków, zeszyt nr 12, Wydawnictwo SEP-COSiW, Warszawa 2006.
3. Szpor S.: "Ochrona odgromowa", WNT, Warszawa, 1973-78
4. Nowak W., Identyfikacja narażeń przepięciowych układów elektroenergetycznych wysokich napięć przy wyładowaniach atmosferycznych, Rozprawy monograficzne 139, Wydawnictwo Uczelniane AGH, Kraków 2005.
5. Katalog do projektowania, stanowiska słupowe ze zejściami kablowymi, opracowany rozpowszechniany przez ZPUE Włoszczowa S.A. Włoszczowa 2010.
6. Wojtas S., Wołoszyk M.: Ocena uziemień odgromowych według aktualnych przepisów normalizacyjnych, VI Krajowa Konferencja N-T "Urządzenia Piorunochronne w Projektowaniu i Budowie, SEP Kraków, 20.10.2012.
7. Wojtas S., Lightning impulse efficiency of horizontal earthings, Przegląd Elektrotechniczny, Nr 10b, 2012.
8. Łoboda M., Udarowe właściwości uziemień ochrony odgromowej obiektów budowlanych i elektroenergetycznych, WPW, Warszawa 2000.
9. Wołkowiński K., Uziemienia urządzeń elektroenergetycznych, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1967.
10. Markowska R., Sowa A., Ochrona odgromowa obiektów budowlanych, Dom Wydawniczy MEDIUM, Warszawa 2009.
11. Wytyczne projektowania, Linie kablowe średniego i niskiego napięcia z zastosowaniem kabli elektroenergetycznych o żyłach miedzianych, opracowane przez EnergoLinie Poznań, rozpowszechniane przez Polskie Centrum Rozwoju Miedzi, Wrocław 2004.

EARTHING OF POLE STANDS WITH CABLE TERMINATIONS

The work includes extensive discussion and comparison of the static and impulse properties of the earthing system used in the power surge protection system. The final chapters deal with the design of earthing systems from the point of view of effectiveness in the overvoltage protection system and provide a number of guidelines for the proper selection and construction of earthing pole stands for cable terminations. The errors made during the earthing phase were also indicated.

Keywords: earthing, cable termination, pole stand with cable terminations.