Mgr inż. Bogumił Dudek
POLSKI KOMITET BEZPIECZEŃSTWA W ELEKTRYCE SEP

Technologie i bezpieczeństwo wymiany pod napięciem przewodów odgromowych na przewody typu OPGW na liniach napowietrznych

Streszczenie: *W artykule opisano zastosowane w Polsce metody budowy traktów światłowodowych na czynnych liniach napowietrznych polegające na wymianie istniejących przewodów odgromowych na typu OPGW [1]. Do wymiany przewodów stosuje się dwie metody: naprężeniową i rolek obrotowych. Przygotowanie do prac jest poprzedzone opracowaniem projektu technologicznego i analizą zjawisk elektromagnetycznych występujących w trakcie wykonywania tych prac [2-7]. Pozytywne doświadczenia z wykonywanych prac otwierają drogę do szerszego zastosowania techniki prac pod napięciem na polskich liniach napowietrznych w przyszłości, pozwalając optymistycznie patrzeć na możliwość poprawy zdolności transmisji bez pogarszania wskaźników efektywności pracy sieci elektroenergetycznej. Temu zjawisku sprzyjają także Urzędy: Komunikacji Elektronicznej i Regulacji Energetyki wydając zbiór zasad dobrych praktyk (publikacja na stronie URE z lutego 2016 roku).*

Technologies and security of live-line exchange of earth conductors into OPGW conductors on overhead power lines

Summary: *The paper presents the Polish methods of building fiberglass routes on live overhead power lines using the exchange of existing conductors into the new ones of OPGW technology [1]. There are two methods utilized: the tension (stress) method and rotational pulleys (rollers) method. Before utilizing each of the methods, there are technological project works and electromagnetic influences calculations proceeded for such method to be utilized [2-7]. The positive experiences from the past using these methods make the pave way for their future wider applications in live-line works on the Polish overhead power lines. Thus, it is possible to be optimistic in case of increasing the power lines capacities (transmission possibilities) without compromising the performance levels of the power grid. Such a philosophy is also supported by the Polish Office of Electronic Communications and the Polish Energy Regulatory Office (ERO) which issued a set of principles of good practice (the publication on ERO from February 2016).*

Największa w Polsce sieć światłowodowa należy do *Telekomunikacji Polskiej S.A.* i wynosi ona przeszło 82 000 km. Drugie miejsce należy do *Exatela* posiadającego 20 000 km światłowodu o przepustowości sięgającej 320 Gb/s, posiadającego punkty styku z zagranicznymi operatorami. Kolejarska sieć *TK Telekom* wynosi około 28 000 km, z czego 6 000 km to światłowody kładzione głównie pod ziemią wzdłuż torów kolejowych. Coraz większa liczba firm posiada sieć mającą wiele punktów styku z zagranicznymi operatorami. Ponadto liczą się sieci grupy *GTS*, *Netii*, *Atmana*, *Hawe* oraz sieć *PIONIER* służąca głównie ośrodkom naukowym i akademickim[1)]. Energetycy od lat budują ze względów technologicznych swoją sieć telekomunikacyjną wykorzystując linie napowietrzne nn, SN, WN i NN. Niedawno opublikowano na stronie Urzędu Regulacji Energetyki zbiór dobrych praktyk w zakresie współpracy sektorów telekomunikacyjnego oraz energetycznego. Wynika to m.in. z potrzeb wykorzystania infrastruktury energetycznej dla potrzeb telekomunikacji.

Zacytujmy: *„Prezes Urzędu Komunikacji Elektronicznej w pełni popiera inicjatywę jaką są współinwestycje pomiędzy przedsiębiorcami telekomunikacyjnymi a przedsiębiorcami energetycznymi w nowoczesne sieci. W ocenie Prezesa UKE prowadzenie „Współinwestycji" niesie za sobą szereg korzyści, takich jak zwiększenie atrakcyjności obszarów, obniżenie nakładów i ryzyka inwestycyjnego. Korzyści te wpisują się w cele i wytyczne zawarte w Europejskiej Agendzie Cyfrowej 2020. Jednocześnie „Współinwestycje" wypełniają zobowiązania nałożone dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/61/UE z dnia 15 maja 2014 r. w sprawie środków mających na celu zmniejszenie kosztów realizacji szybkich sieci łączności elektronicznej. Prezes*

[1)] http://www.spawanieswiatlowodow.com.pl/artykul/sieci-swiatlowodowe-w-polsce, pobrane 28.03.2016 r.

Urzędu Regulacji Energetyki pozytywnie odnosi się do współpracy pomiędzy sektorem energetycznym oraz telekomunikacyjnym w zakresie prowadzenia wspólnych inwestycji oraz współkorzystania z istniejącej infrastruktury. Jednakże podkreślenia wymaga fakt, że przedmiotowa współpraca powinna wpływać pozytywnie na optymalizację wydatków prowadzonych inwestycji, a w konsekwencji stanowić zachętę dla przedsiębiorstw energetycznych, odzwierciedlonej w ramach nowej polityki taryfowej w tym zakresie."

I co ważne dalej podano dalsze oczekiwania związane z współpracą: *„Przedsiębiorstwa w ramach dobrych praktyk związanych z prowadzeniem wspólnej inwestycji powinny:*

- *opracować umowy ramowe pomiędzy operatorami na realizację inwestycji i eksploatację urządzeń wybudowanych w ramach „Współinwestycji",*
- *wyznaczyć operatora wiodącego odpowiedzialnego za realizację i koordynację poszczególnych etapów procesu inwestycyjnego oraz mającego umocowanie wszystkich stron przedsięwzięcia do negocjowania i ustalania warunków z podmiotami zewnętrznymi na danym etapie zadania,*
- *dokonać wyboru jednego wykonawcy realizującego zakres „Współinwestycji",*
- *opracować reguły i zasady pozyskania wspólnego prawa drogi w celu eliminacji blokowania i spowalniania inwestycji liniowych,*
- *opracować standardy techniczne dla realizacji wspólnych przedsięwzięć i uwzględnienie ich w dokumentacji przetargowej,*
- *ustalić zasady w zakresie odpowiedzialności i przestrzegania przepisów BHP i ochrony środowiska; współpraca sektora telekomunikacyjnego oraz energetycznego; dobre praktyki w zakresie współpracy sektorów telekomunikacyjnego oraz energetycznego,*
- *ustalić zasady odbiorów i włączenia do eksploatacji skojarzonych urządzeń oraz określić granice eksploatacji i kompetencji w realizacji obowiązków operatorów sieciowych,*
- *opracować zasady współpracy ruchowej oraz instrukcji eksploatacji skojarzonych urządzeń telekomunikacyjnych i energetycznych,*
- *opracować zasady wzajemnego dostępu do urządzeń, dopuszczenia brygad do usuwania awarii i konserwacji czynnych urządzeń z ukierunkowaniem na dotrzymywanie wskaźników jakościowych dostaw usług,*
- *określić na każdym etapie realizacji inwestycji i eksploatacji urządzeń osoby upoważnione do wzajemnych kontaktów w ww. zakresie,*
- *realizować proces inwestycyjny, a także eksploatację wybudowanych urządzeń zorientowanych na dotrzymywanie wskaźników jakościowych, priorytetowych dla obu organizacji – czas przyłączenia (terminy realizacji), SAIDI, SAIFI (optymalizacja czasu włączeń urządzeń), itp."*

MOŻLIWOŚCI TECHNOLOGICZNE INSTALACJI PRZEWODÓW OPGW

Prace przy przewodach wyłączonych linii napowietrznych są energetykom znane od dawna, ale na czynnych liniach są nowym doświadczeniem, zarówno eksploatacyjnym, jak i inwestycyjnym niosącym możliwości poprawy ich zdolności przesyłowych i transmisyjnych. Kompleksowa wymiana przewodów odgromowych na typu OPGW związana jest z szeroką skalą unowocześniania sieci. Ta skala jest przyczyną zmian w nastawieniu do wyłączeń, które z racji coraz rygorystyczniejszego przestrzegania umów dostaw energii (o oferowanych krótkich czasach braku dostaw) i jednocześnie poprawy efektywności wykorzystania sieci coraz trudniej uzyskać. Zezwolenia na prace w weekendy i święta, dotychczas praktykowane jako mniej uciążliwe dla klientów i łatwiejsze do opanowania przez dyspozycje mocy, są jednak obarczone ryzykiem niekorzystnych warunków atmosferycznych. Komplikuje to organizację pracy, więc coraz częściej przyglądano się metodom pozwalającym na realizację prac na czynnych liniach. Znane i opisane różne metody wymiany przewodów odgromowych na czynnych liniach na przewody typu OPGW zaczęto stopniowo stosować w kraju. Pierwsze pozytywne doświadczenia zebrano z prac na szwedzkich liniach 400 kV, na których realizowano fragment obecnej pełnej wymiany przewodów związany z wykładaniem przewodu odgromowego na rolki montażowe oraz pilotażowych zastosowań wymiany przewodów. Wraz z zakupem sprzętu przygotowanie personelu do prac na czynnych liniach oparto na doświadczeniu firm zagranicznych o uznanym prestiżu. Nabrano wprawy podczas treningów na udostępnionych liniach poligonowych lub realnych, które można było chwilowo do takich prac wykorzystać lub w ramach zagranicznych praktyk.

WYMIANA PRZEWODÓW ODGROMOWYCH NA OPGW WG NORM MIĘDZYNARODOWYCH

Kształtujące się w UE jednolite zasady eksploatacji sieci elektroenergetycznej oparte są na normach europejskich obowiązujących[2)] również w kraju PN-EN 50110-1 i 2. O zakwalifikowaniu prac do PPN nie decyduje tylko odległość, ale wiele innych parametrów, toteż projekty norm związane z techniką wymiany przewodów są objęte specjalistycznymi normami. Słownik terminologiczny do prac pod napięciem objęty PN-EN 60743:2014 poświęca rozdział 14 najistotniejszym elementom sprzętu do wymiany przewodów. Z drugiej strony zakwalifikowanie wymiany przewodów do techniki PPN nie oznacza, że wielu prac składowych nie można wykonywać innymi metodami, o tym powinna decydować przyjęta instrukcja i/lub

[2)] Fakt obowiązywania przynależny jest kulturze technicznej.

projekt technologiczny (wykonawczy). Sprawy te były przedmiotem uporządkowania zasad organizacji bezpiecznej pracy owocujące nowym rozporządzeniem Ministerstwa Gospodarki z 2013 roku [10].

Istniejące oraz dostępne techniki i technologie pracy na świecie pozwalają na wymianę przewodu odgromowego na przewód typu OPGW bez konieczności wyłączania linii. Jednocześnie prace te można prowadzić nad obiektami krzyżującymi się z innymi liniami elektroenergetycznymi pozostającymi pod napięciem. Wymagania są znormalizowane i podane w dwóch raportach technicznych (w Polsce dostępne w języku angielskim):

- IEC/TR 62263: 2005 Live Working – Guidelines for the installation and maintenance of optical fibre cables on overhead power lines [8],
- IEC/TR 61328: 2003 Live working – Guidelines for installation of transmission line conductors and earthwires – stringing equipment and accessory items [9].

Oprócz ww. raportów technicznych wymagania krajowe realizacji technologii opierają się na normach:

- PN-EN 61230 – Prace pod napięciem. Przenośny sprzęt do uziemiania lub uziemiania i zwierania;
- PN-EN 61477 – Prace pod napięciem. Niezbędne wymagania dotyczące użytkowania sprzętu, narzędzi i urządzeń;
- PN-EN 62192 – Prace pod napięciem. Liny izolacyjne;
- PN-EN 60895 – Prace pod napięciem. Ubiory przewodzące do stosowania przy nominalnych napięciach przemiennych do 800 kV i napięciach stałych do +/- 600 kV;
- PN-EN 61472 – Prace pod napięciem. Minimalne odległości zbliżenia w sieciach prądu przemiennego o napięciu od 72,5 kV do 800 kV. Metoda obliczania.

Zawarte postanowienia norm międzynarodowych uwzględnione w przepisach szczegółowych wykonawcy prac są wyrazem profesjonalizmu w działaniu i odważnego korzystania z dobrych praktyk i doświadczeń innych wykonawców.

Do wymiany przewodów odgromowych na przewody OPGW pod napięciem stosuje się dwie najbardziej znane metody: naprężeniową oraz rolek obrotowych.

METODA NAPRĘŻENIOWA

Montaż przewodów OPGW metodą naprężeniową na czynnych liniach polega na rozwinięciu przewodu OPGW za pomocą urządzeń naprężających (wciągarka i hamownik[3]) – rysunek 1. Urządzenia te powinny mieć regulowaną siłę naciągu oraz prędkość wciągania przewodów, powinny też być wyposażone w hydrauliczny hamulec, który automatycznie zatrzymuje urządzenie po przekroczeniu nastawionej siły naciągu lub gdy przewody zostaną uszkodzone, zerwane.

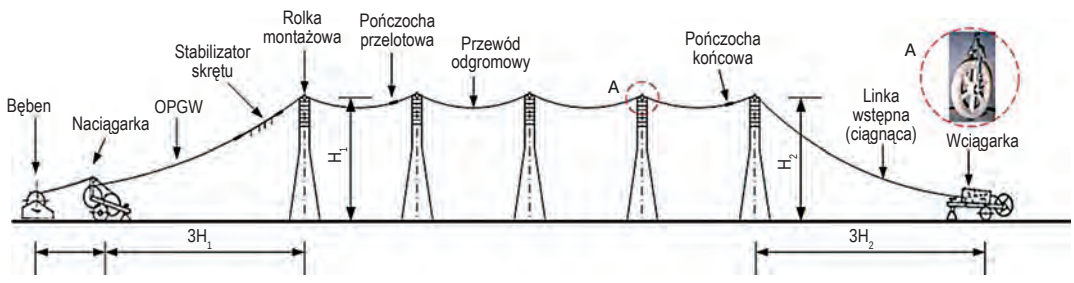
Dzięki pomiarowi ww. wielkości możliwe jest utrzymanie takiej samej siły naciągu oraz uzyskanie bezpiecznego odstępu elektrycznego między wciąganymi przewodami a przewodami roboczymi.

Podczas instalacji przewodów OPGW na czynnych liniach stosuje się liny izolacyjne ze względu na ich lekkość oraz niską wagę. Na każdym słupie sekcji odciągowej montowane są rolki montażowe, na które wykłada się przewód odgromowy. Wymieniany przewód odgromowy wykorzystuje się jako linę ciągnącą dla przewodu OPGW. W tym przypadku przewód odgromowy należy sprawdzić czy nie jest uszkodzony oraz należy skalkulować czy wytrzyma potencjalną siłę naciągu podczas wciągania przewodu OPGW.

Linę izolacyjną rozwija się od wciągarki do słupa na końcu sekcji odciągowej, przekłada przez rolkę montażową na tym słupie i łączy za pomocą pończochy z przewodem odgromowym. Z drugiej strony sekcji odciągowej przewód OPGW łączy się do przewodu odgromowego za pomocą urządzenia przeciwskrętnego i podwiesza poprzez rolkę montażową. Pozwala to na jednoczesne ściąganie starego przewodu i montaż nowego. Po wciągnięciu przewodu OPGW na całej długości sekcji odciągowej następuje regulacja jego zwisu i zamocowanie do konstrukcji wieżyczek odgromowych specjalnym osprzętem przewidzianym do mocowania przewodu OPGW (rys. 2).

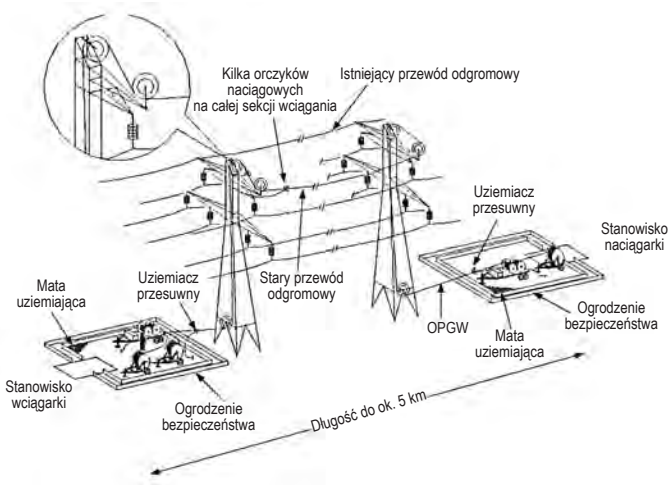
W celu zwiększenia bezpieczeństwa procesu wymiany przewodów – zwłaszcza w sekcjach krzyżujących ważne obiekty, np. drogi, dystrybucyjne linie elektroenergetyczne

[3] Tu zamiennie na rysunku używany jest termin: naciągarka.

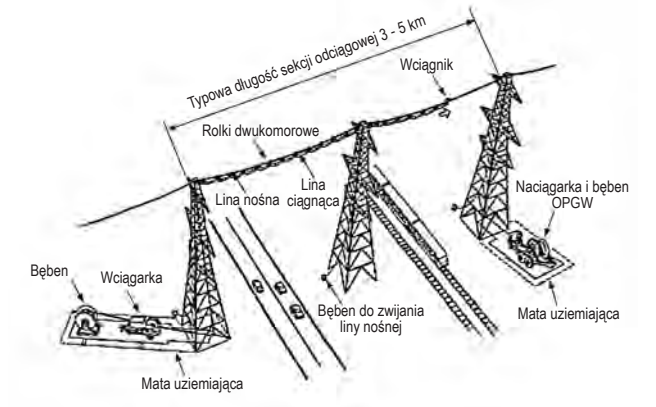


Rys. 1. Wymiana istniejącego przewodu odgromowego na przewód OPGW metodą naprężeniową [1]

– stosuje się metodę montażu specjalnych rolek, przeważnie umieszczanych co kilkanaście metrów. Najczęściej są to rolki obrotowe lub dwukomorowe. Rolki dwukomorowe mają tzw. krążki po dwa w każdej z komór oraz otwierane boki po każdej stronie. Jeden z górnych krążków rolki styka się z istniejącym przewodem odgromowym, natomiast dolny krążek wspiera linę ciągnącą. Wykorzystuje się je przy instalacji przewodu OPGW na całej długości sekcji odciągowej, natomiast rolki obrotowe częściej używa się do zabezpieczenia ważnych przęseł przy metodzie naprężeniowej oraz przy wymianie przewodów w jednym przęśle [4, 5].



Rys. 2. Ogólny schemat metody naprężeniowej wymiany przewodu odgromowego na OPGW [7]



Rys. 3. Ogólny schemat metody rolek obrotowych podczas wymiany przewodu odgromowego na OPGW [7]

METODA ROLEK OBROTOWYCH

Rolki obrotowe używa się także w celu utrzymania kontrolowanego bezpiecznego odstępu elektrycznego między przewodami. Za pomocą wciągnika spalinowego poruszającego się po przewodzie odgromowym i sterowanym radiowo ciągnie się linę, na której montuje się rolki w odstępie co 10-15 m. Przy kolejnych wieżyczkach słupa wciągnik przenoszony jest na drugą stronę wykorzystując specjalne pęto bezpieczeństwa i z zachowaniem szczególnej ostrożności. Po rozciągnięciu liny w całym przęśle lub przęsłach napręża się linę w taki sposób by znalazła się ona nad wymienianym przewodem odgromowym. Ten etap prac wg schematu na rysunku 3 wymaga szczególnej umiejętności i jest przedmiotem treningu szkoleniowego.

Rolki obrotowe wykorzystuje się w miejscach, jak już wspomniano, skrzyżowań z innymi liniami niższych napięć, z drogami kołowymi różnych klas lub torami kolejowymi i trakcją elektryczną. Dzięki zastosowaniu rolek obrotowych można utrzymać niższą siłę naciągu mechanicznego przewodów, zminimalizowany zwis lin i przewodów podczas instalacji oraz utrzymuje się bezpieczne odstępy elektryczne pomiędzy przewodami.

Metoda rolek obrotowych jest w niektórych krajach używana jako główna metoda wymiany przewodu odgromowego na przewód OPGW. W innych stosowana jest, gdy analiza ryzyka zmusza do ograniczenia przypadku zbliżenia z innymi obiektami. Dla liny ciągnącej przyjmuje się orientacyjnie, że nominalne obciążenie powodujące jej zerwanie jest dziesięciokrotnie większe od oczekiwanej siły naciągu.

Innym wariantem omawianej metody jest użycie specjalnej konstrukcji rolek obrotowych z dwoma linami. W tej metodzie lina ciągnąca i nośna mocowana jest do wciągnika i z jego pomocą rozciągana na całej długości sekcji odciągowej poruszając się po przewodzie odgromowym. Po wciągnięciu lin oraz umieszczeniu rolek w odpowiednich odstępach, wciągarka wciąga nowy przewód OPGW za pomocą liny ciągnącej. W wyniku naprężenia przewodu OPGW następuje podniesienie go do góry i zamienienie miejscami z przewodem odgromowym. Następnie przewód odgromowy jest odpinany od konstrukcji słupa i jego koniec jest łączony z lekką liną ciągnącą. W tym czasie przewód OPGW ma regulowany zwis i jest mocowany do konstrukcji wieżyczki odgromowej. Ostatnim etapem jest zdjęcie przewodu odgromowego oraz rolek obrotowych.

Z kolei rolki obrotowe używane są do prac w jednym przęśle linii, najczęściej przy wymianie uszkodzonego przewodu OPGW. Również w tym przypadku używa się wciągnika w celu wciągnięcia liny nośnej i ciągnącej – z tym, że może on być mniejszy i lżejszy, gdyż nie występuje potrzeba wciągania długich (w konsekwencji cięższych) lin.

Etapy procesu wymiany uszkodzonego przewodu OPGW na nowy przedstawiono na rysunku 4 i opisano poniżej:

1. Wciągnik, poruszając się po przewodzie OPGW w przęśle, wciąga linę nośną i linę ciągnącą. Na linie nośnej mocowane są w odpowiednich odstępach rolki obrotowe (rys. 4 a).

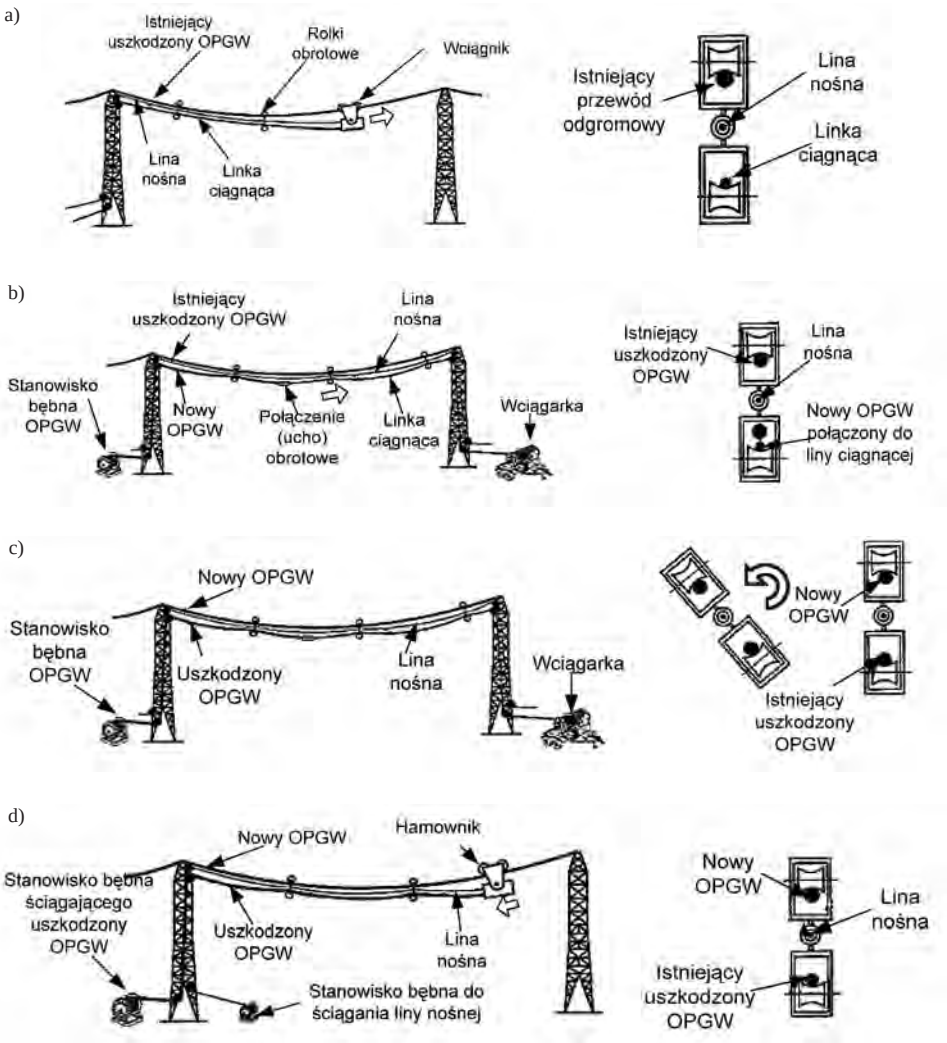
2. Wciągarka wciąga nowy przewód OPGW za pomocą linki ciągnącej. Naciąg przewodu OPGW jest przez cały czas utrzymywany przez hamownik i/lub bęben z przewodem OPGW (rys. 4b).
3. Lina nośna zostaje przeprężona, co powoduje obrócenie rolek i wyniesienie przewodu OPGW nad przewód odgromowy (w niektórych przypadkach ten sam efekt powoduje naprężenie przewodu OPGW). Następnie zostaje wyregulowany zwis przewodu OPGW oraz jego mocowanie do konstrukcji nośnej wieżyczki odgromowej (rys. 4c).
4. Uszkodzony przewód OPGW jest odłączany od konstrukcji nośnej. Do jego końca mocowany jest hamownik (inna rola wciągnika) zabezpieczający ściągany przewód, rolki i liny przed nadmiernym rozpędzeniem się i tym samym przed nadmiernym zwisem lin i przewodów. Uszkodzony przewód i liny ściągane są na odpowiednie bębny (rys. 4d).

Wymienione wyżej metody wymiany przewodów odgromowych lub uszkodzonych przewodów OPGW na nowe wykonywane są w wielu krajach na świecie.

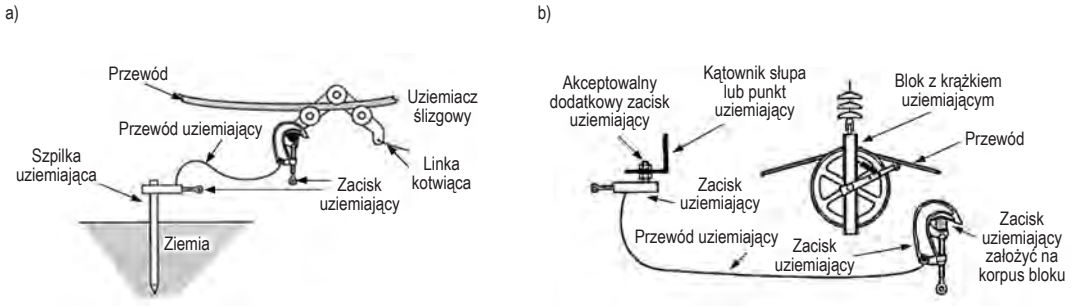
WYMAGANIA ZWIĄZANE Z BEZPIECZEŃSTWEM PROWADZENIA PROCESU TECHNOLOGICZNEGO

Technika prac pod napięciem posługuje się uniwersalną zasadą postępowania przy doborze metod redukcji ryzyka. Przede wszystkim powinno się rozważyć możliwość eliminacji zagrożenia elektrycznego. Jeżeli okaże się to niemożliwe, to należy ograniczyć dostęp do zagrożenia do niezbędnego minimum.

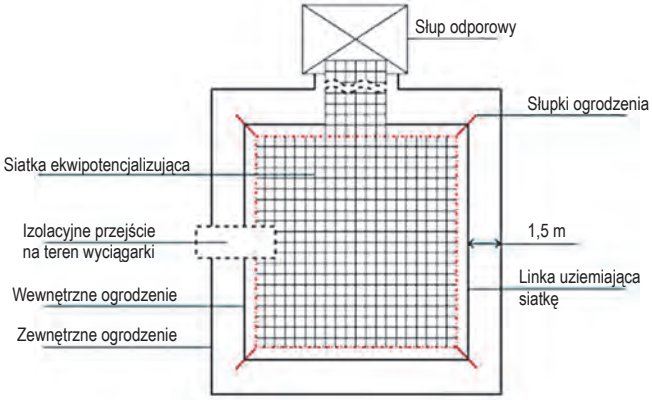
Należy przyjąć, że zagrożenia będą obecne w całym procesie pracy i dlatego należy je kontrolować oraz analizować za pomocą skutecznych środków, zwiększając bezpieczeństwo odpowiednimi środkami ochronnymi.



Rys. 4a-d. Wymiana przewodu z zastosowaniem rolek obrotowych: a) etap I – zakładanie rolek, b) etap II – wciąganie nowego przewodu OPGW, c) etap III – ściąganie uszkodzonego przewodu OPGW, d) etap IV – ściąganie lin



Rys. 5. Schematy uziemienia stanowisk pracy poprzez: a) uziemiacz przesuwny, b) rolkę montażową



Rys. 6. Zaprojektowana siatka uziemiająca

WYMAGANIA DOTYCZĄCE UZIEMIEŃ

W celu bezpiecznego prowadzenia instalacji przewodów – czy to odgromowych, OPGW czy fazowych – należy spełnić następujące wymagania: zastosować połączenie i uziemienie urządzeń wciągających i naprężających, zastosować uziemienie przesuwne uziemiające wciągane przewody, zastosować siatkę uziemiającą (matę uziemiającą) w miejscu pracy oraz zastosować uziemienie rolek montażowych na słupach – rysunek 5.

Uziemienia urządzeń

Wszystkie urządzenia w procesie zakładania przewodów powinny mieć przewidziany jeden punkt do przyłączania uziemienia, zwykle w najdogodniejszym miejscu. Zaleca się, aby do ramy wszystkich urządzeń była przyspawana fabrycznie szyna uziemiająca przeznaczona do przyłączenia zacisku uziemiającego. Zacisk uziemiający powinien być przyłączony poprzez przewód uziemiający do siatki uziemiającej i uziemień przesuwnych.

Uziemienia przewodów i rolek

Zaleca się, aby na każdym instalowanym przewodzie odgromowym było stosowane uziemienie przesuwne (jezdne, ślizgowe). To uziemienie zakładane jest bezpośrednio na przewód przed naprężarką w miejscu jej ustawienia. Natomiast do uziemienia rolek montażowych do przewodów służą: zaciski uziemiające i przewody uziemiające je łączące (rys. 5).

Mata uziemiająca

Mata uziemiająca wykonana jest z połączonych między sobą gołych przewodów tworzących metalowa siatkę i połączona jest z uziomami szpilkowymi. Układana jest na ziemi pod urządzeniami do wciągania lub naprężania przewodów – rysunek 6.

WYMAGANIA DOTYCZĄCE UNIKANIA SKUTKÓW ZJAWISK ELEKTROMAGNETYCZNYCH

Ochrona zdrowia i życia personelu w trakcie prac przy instalowaniu przewodów OPGW na liniach napowietrznych jest sprawą bardzo ważną. Pracownicy znajdujący się na miejscu powinni być chronieni przed skutkami indukowania się napięć i prądów od czynnej linii, na której pracują. Zabezpieczenie to uzyskuje się przez założenie odpowiedniego systemu uziemień w strefie prowadzonych prac, zastosowanie poprawnych metod pracy oraz poprzez wykorzystanie wyposażenia ochronnego.

Na instalowanych przewodach, stosowanych urządzeniach albo linach do wciągania przewodów mogą pojawić się ładunki elektryczne w wyniku jednego lub więcej czynników, takich jak:

- elektromagnetyczna indukcja od przewodów linii, na której wykonuje się pracę i/lub z sąsiednich pracujących linii,
- elektrostatyczne naładowanie się przewodów lub liny wciągającej przewody wskutek warunków atmosferycznych, albo pod wpływem czynnych linii wysokiego napięcia,
- przypadkowe zetknięcie się zakładanego przewodu lub liny wciągającej przewód z istniejącymi przewodami znajdującymi się pod napięciem,
- błędne czynności łączeniowe, w wyniku których na linii pojawią się przepięcia łączeniowe,
- uderzenie pioruna w instalowany przewód lub urządzenia i elementy układu instalowanego.

O ile niebezpieczeństwa powstałe na skutek uderzenia pioruna, zetknięcia się przewodu wciąganego z przewodem fazowym pod napięciem są groźne chwilowo i dobrze poznane, o tyle niebezpieczeństwa powstałe wskutek indukcji elektromagnetycznej są trwałe (występują ciągle) podczas pracy linii, a ich natura lokalnie zmienna.

Doświadczenia grup remontowych pracujących za granicą na czynnych liniach energetycznych podczas instalacji, wymiany czy wciągania przewodów odgromowych oraz światłowodowych wskazują, że monterzy wchodzący na słup (przebywający na słupie) ubrani w zwykłe ubranie robocze na wysokości przewodów roboczych odczuwali dyskomfort na skutek pojawiającego się indukowanego napięcia.

Do określenia poziomu oddziaływań elektromagnetycznych analizowano oddziaływania charakterystyczne dla linii napowietrznych, zbudowanych na typowych słupach kratowych [2-7]. Napięcia indukowane będą największe w przypadku przepływu prądów zwarciowych, zwłaszcza przy zwarciach niesymetrycznych, doziemnych. Dlatego kalkulując napięcia indukowane ogranicza się jedynie do prądów zwarciowych doziemnych, jako najbardziej znaczących.

Opanowanie zjawiska indukcji napięć i prądów jest możliwe dzięki zastosowaniu różnego typu uziemień. Stopień rozbudowania tymczasowego uziemienia zależy od oceny zagrożenia elektrycznego. Dla instalowania nowych przewodów OPGW na obszarach oddalonych od innych linii pod napięciem i w okresie mało prawdopodobnego wystąpienia burzy można stosować minimum wymagań w zakresie uziemień. Owe minimum wymagań polega na połączeniu i uziemieniu wszystkich urządzeń w miejscu wciągania i naprężania. Ponadto należy zastosować uziemienia przesuwne zakładane przy urządzeniach wciągających i naprężających przewody. Pracownicy z uwagi na gromadzący się ładunek elektryczny wynikający ze sprzężeń elektromagnetycznych powinni stosować odzież ochronną, przewodzącą w postaci połączonych elektrycznie z sobą elementów, zwłaszcza połączenia obuwia prądoprzewodzącego z ubiorem.

O koszcie metod prac pod napięciem i w pobliżu napięcia zastosowanych do wymiany przewodów decyduje:

- koszt zakupu specjalistycznego sprzętu, urządzeń oraz narzędzi niezbędnych do wykonania prac – zwłaszcza rolek i lin,
- koszt zastosowanych środków ochronnych przed wpływami oddziaływań czynnych linii (uziemiacze przesuwne, maty uziemiające, indywidualne środki ekranujące od wpływu pola elektrycznego itp.),
- koszt badań laboratoryjnych sprzętu elektroizolacyjnego,
- koszt specjalistycznego szkolenia i niezbędnego treningu.

Koszt wykonania samej technologii pod napięciem jest podobny do prac na liniach wyłączonych. Korzyści osiągane jednak z nie wyłączania linii, utrzymania sprzedaży energii i z reguły nie obniżania poziomu bezpieczeństwa pracy sieci przewyższają koszty niezbędne do realizacji technologii prac pod napięciem. Są także korzystniejsze dla współpracujących firm, które mogą je lepiej rozplanować, gdyż nie zależą od możliwości wyłączenia i nie są narażone na ich odwołania w przypadkach potrzebnych operatorom. W dobie gospodarki rynkowej można liczyć na powiązanie biznesu przynoszącego korzyści wszystkim stronom, wymagając weryfikacji dotychczasowego rozdziału kosztów postępu technicznego. Ta weryfikacja może być rezultatem otwarcia rynku usług specjalistycznych pozwalającym firmom osiągnąć zwrot z zaangażowanego kapitału.

Pierwsze zastosowanie w Polsce technik wymiany przewodu odgromowego na typu OPGW na czynnej linii 400 kV Kozienice – Miłosna odbyło się w 2010 roku [6]. Uzyskane umiejętności można wykorzystać w dalszych podobnych pracach na liniach napowietrznych w kraju i za granicą.

KONIECZNE SPECJALISTYCZNE REGULACJE PRAWNE

Skoro technologie wymiany przewodów są opanowane i praktykowane w kraju i na świecie warto się odnieść do dobrych praktyk w zakresie współinwestycji, o których mówiliśmy na wstępie. Otóż problem w zakresie wykorzystania linii elektroenergetycznych do budowy traktów światłowodowych polega w konsekwencji na rozstrzyganiu dylematu co jest ważniejsze: przesył energii czy utrzymanie transmisji? Dylemat ten się zaostrza w przypadkach awarii, w których należy zdecydować się co podlega ochronie i pierwszeństwu przywracania funkcjonowania. Dodatkowo nie każda awaria może powodować przerwanie obu funkcji. Właśnie do tego zachęcają dobre praktyki, aby uzgadniać sposoby interwencji w przypadkach awarii technicznych. Ponadto interpretację pozostałych wskazań dobrych praktyk pozostawia się analizom specjalistów. Należeć będzie do nich między innymi dostęp na stacjach elektroenergetycznych do pomieszczeń telekomunikacji i przeważnie przejście przez teren stacji służb telekomunikacyjnych w zakresie całodobowego dostępu. Zapewne jest to do osiągnięcia przy wypracowaniu wspólnych procedur, bo należy przewidywać dalszy rozwój współinwestycji, o których mówiono na wstępie artykułu.

LITERATURA

[1] Dudek B.: Materiały źródłowe do opisu stanu techniki prac pod napięciem, *Energetyka* 2016, nr 3.

[2] Tarko R., Nowak W., Szpyra W.: Oddziaływania elektromagnetyczne w napowietrznych liniach elektroenergetycznych, *Biuletyn Energia Elektryczna* 2016, nr 2.

[3] Dudek B.: Bezpieczeństwo prac podczas wymiany przewodów odgromowych na liniach napowietrznych, ELSAF 2015, XX Konferencja Naukowo-Techniczna Bezpieczeństwo elektryczne, Szklarska Poręba, 23-25 września 2015 r.
[4] Kochan G., Lenarczyk K., Kiczkajło K., Dudek B.: Replacement of existing ground wire with OPGW under live-line conditions, Budapest, ICOLIM'2014, także *Energetyka* 2014, nr 8.
[5] Dudek B., Mikołajczyk K., Rogiński L.: Replacement of an existing ground wire by OPGW; experiences of the Polish work on the energized 400 kV overhead power line, Zagreb, ICOLIM'2011.
[6] Andruszkiewicz J.: Zagrożenia związane z oddziaływaniem napięć i prądów linii elektroenergetycznej przy pracach w pobliżu napięcia, *Eltel Networks* 2011.
[7] Dudek B.: Wymiana przewodów odgromowych na elektroenergetycznych liniach pod napięciem, *Energetyka* 2010, nr 5.
[8] IEC/TR 62263: 2005 Live Working – Guidelines for the installation and maintenance of optical fibre cables on overhead power lines, 2005 r.
[9] IEC/TR 61328: 2003 Live working – Guidelines for installation of transmission line conductors and earthwires – stringing equipment and accessory items.
[10] Rozporządzenie MG w sprawie BHP przy urządzeniach energetycznych (Dz.U. z dn. 23.04.2013, poz. 492).
[11] OPGW Reconductoring on Live Line. General aspect and procedure details, Tesmec, ICOLIM'2008.

STRASBOURG APRIL 26TH TO 28TH
ICOLIM 2017
INTERNATIONAL CONFERENCE ON LIVE MAINTENANCE

Tematyka eksploatacji pod napięciem urządzeń elektrycznych i elektroenergetycznych prądu przemiennego i stałego regularnie trafia na łamy *Śląskich Wiadomości Elektrycznych*, (np. nr 5/2013, nr 4/2015). Dostęp do najnowszych osiągnięć w tej dziedzinie zawdzięczamy europejskiemu forum wymiany doświadczeń w technice prac pod napięciem w ramach konferencji ICOLIM, w którym Polacy odgrywają ważną rolę.

Właśnie kolejna dwunasta już konferencja ICOLIM odbędzie się w dniach **26-28 kwietnia 2017 roku** w Strasbourgu we Francji.

Zachęcamy do udziału i zapoznania się ze szczegółowymi informacjami na stronie internetowej: **www.icolim2017.org**.

Zgłoszenia referatów do 29 kwietnia 2016 roku!