

Wykorzystanie słupów kompozytowych do modernizacji linii napowietrznych SN w technologii prac pod napięciem.

The use of composite poles for the modernization of MV overhead lines in the technology of work under voltage.

Grzegorz IRAUTH^[1], Janusz JURASZEK^[2]

1. Miejsce pracy: Tauron Dystrybucja SA, Region Sieci SN i nN Bielsko-Biała
2. Miejsce pracy: Tauron Dystrybucja SA, Region Sieci SN i nN Żywiec; SEP Oddział Bielsko-Bialski
e-mail: juraszek.janusz@wp.pl

Streszczenie: W artykule autorzy w oparciu o charakterystykę linii SN u polskich operatorów systemu dystrybucyjnego proponują zastosowanie w trakcie modernizacji linii średnich napięć słupów kompozytowych oraz przeprowadzenie prac związanych z ich wymianą w technologii prac pod napięciem. Wskazują korzyści z prowadzenia prac w technice PPN oraz kierunek rozwoju prac pod napięciem w Polsce wynikający wprost ze zmiany polityki regulacyjnej URE.

Słowa kluczowe: linie średniego napięcia, słup kompozytowy, prace pod napięciem.

Summary: In the article, the authors, based on the characteristics of MV lines at Polish distribution system operators, propose to use composite poles during the modernization of medium voltage lines and to carry out work related to their replacement in the technology of works under voltage. They indicate the benefits of conducting works in the PPN technique and the direction of development of works under tension in Poland resulting directly from the change in the regulatory policy of the ERO.

Keywords: medium voltage lines, pole composite, work under pressure

Wnikliwy czytelnik raportu PTPIREE obrazującego stan polskich sieci elektroenergetycznych na pewno zauważył jak duży jest udział linii napowietrznych w całkowitych długościach sieci u polskich operatorów sieci dystrybucyjnej.

Tabela nr 1. Długość i udział linii napowietrznych SN u operatorów.

	DŁUGOŚĆ NAPOWIETRZNYCH LINII ŚREDNIEGO NAPIĘCIA	UDZIAŁ % W CAŁKOWITEJ DŁ. LINII SN
ENEA OPERATOR	33545	73%
ENERGA OPERATOR	55198	80%
PGE DYSTRYBUCJA	90465	80%
Innogy STOEN OPERATOR	282	4%
TAURON DYSTRYBUCJA	40507	62%

Wyjątkiem jest tu Innogy STOEN OPERATOR z przeważającym udziałem linii kablowych z racji prowadzenia działalności na terenie silnie zurbanizowanym jakim jest aglomeracja Warszawska.

Linie te stanowią podstawę zasilania większości odbiorców przez co ich stan techniczny ma decydujące znaczenie w jakości i niezawodności zasilania w energię elektryczną końcowego odbiorcy.

Powyższa tabela nie charakteryzuje w pełni sieci SN gdyż nie mamy w niej zamieszczonej informacji o ich stanie technicznym. Jednakże biorąc pod uwagę, iż większość linii napowietrznych SN w kraju zostało wybudowanych w latach 70-80 XX wieku z wykorzystaniem żerdzi drewnianych, DANA, ŻN, BSW możemy pozwolić sobie stwierdzenie, iż stan techniczny tych linii, słupów oraz zabudowanego na nich osprzętu w większości należy określić jako zły i zakwalifikować do wymiany.

Tak duży udział linii napowietrznych, których czas użytkowania niejednokrotnie przekracza 50 lat wprost przekłada się na ilość usterek i awarii skutkujących brakiem dostaw energii elektrycznej do odbiorców.

Trwają przygotowania do odwrócenia prezentowanego w tabeli nr 1 udziału linii napowietrznych na rzecz linii kablowych. Jednakże biorąc pod uwagę jedynie obowiązujące w kraju uwarunkowania prawne zmiany zaprezentowanych wartości potrąają wiele lat.

W 2016r. nastąpiła zmiana sposobu podejścia regulatora jakim jest Urząd Regulacji Energetyki do sposobu oceny i regulacji podmiotów dystrybuujących energię elektryczną. Zmiana ta w skrócie polegała na zaprzestaniu wyznaczania przychodu regulowanego na podstawie oceny ponoszonych kosztów przez podmiot regulowany na rzecz wskaźników jakościowych wśród których najważniejszymi są wskaźniki niezawodności zasilania mówiące o jakości dostaw energii elektrycznej do odbiorców:

SAIDI – mówiący o czasie trwania przerwy dłuższej którą dotknięty jest odbiorca i SAIFI – mówiący o częstotliwości tych przerw.

Zmiana modelu regulacji w 2016 roku wymusiła na OSD zwrócenie większej uwagi na sposób wykonywania prac eksploatacyjnych i modernizacyjnych, odchodząc od wyłączania odbiorców na czas wykonywania prac, co przełożyło się wprost na szukanie nowych rozwiązań ich wykonywania.

Taką alternatywną coraz częściej stosowaną metodą prowadzenia prac są prace bez wyłączeń w technologii prac pod napięciem. Technologia ta znalazła bardzo szerokie zastosowanie w pracach na napięciu niskim, a obecnie z dużym powodzeniem jest wdrażana na napięciu średnim. Należy tu dodać, że prace tego typu w Polskiej energetyce były rozwijane już od lat 60-tych XX wieku. W latach 90-tych nastąpiła intensyfikacja prac jednak do tej pory nie było na nie tak dużego zapotrzebowania. Obecnie operatorzy mając na uwadze wprowadzane nowe regulacje rozpoczęli prace wdrożeniowe mające na celu zwiększenie ilości prac, które można wykonać w technologii PPN.

Najbardziej rozpowszechnioną metodą prac w technologii prac pod napięciem jest praca w kontakcie zwana również potocznie i nieprawidłowo metodą „długich rękawic”.

OSD bazując na instrukcji PTPiRE wykonuje coraz więcej prac w tej technologii związanych głównie z:

- Wymianą izolatorów
- Wymianą mostków i podłączaniem odgałęzienia
- Wymianą transformatora itd.

W miarę coraz głębszego zaznajamiania się z pracą w technologii PPN na średnim napięciu zauważono, że istnieje szereg dodatkowych prac możliwych do wykonania przy wykorzystaniu obecnego potencjału przeszkolonych monterów i sprzętu.

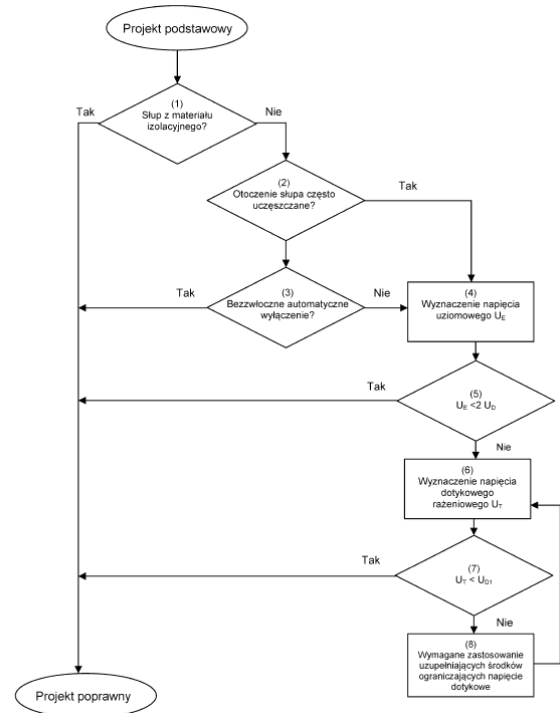
Biorąc przedstawiony na wstępie udział procentowy linii napowietrznych wydaje się oczywistym, że jedną z kluczowych prac, które można wykonać w tej technologii, a którą dotychczas wykonywano wyłącznie z wyłączeniem jest wymiana słupa przelotowego w linii średniego napięcia.

Obecnie na rynku powszechnie stosowane są żerdzie żelbetowe, strunobetonowe i drewniane. W liniach oświetleniowych oraz niskich napięć coraz powszechniej wykorzystuje się żerdzie kompozytowe.

Ich podstawową zaletą jest niska waga, która pozwala na budowę lub ewentualną wymianę słupów w trudno dostępnych lokalizacjach. Dodatkową zaletą stosowania słupów jest brak konieczności ich konserwacji z uwagi na zastosowane materiały do ich budowy, które również sprawiają, że słup taki tak jak słup drewniany jest słupem izolacyjnym.

Obecnie słupy drewniane przy modernizacji wymieniane są na słupy betonowe. Pociąga to za sobą wiele ograniczeń wynikających wprost z wieloarkuszowej normy PN-EN50341-1.

Przystępując do projektowania nowej linii czy też modernizacji istniejącej linii należy sprawdzić skuteczność ochrony przed porażeniem elektrycznym przy dotyku pośrednim wg poniższego algorytmu:



Rys. nr 1. Algorytm projektowania układu uziemiającego. [5]

Co się stanie gdy po czasie w wyniku postępującej urbanizacji terenów dojdzie do zmiany charakteru otoczenia słupa?

Pamiętajmy bowiem, że biorąc pod uwagę zwiększenie zamożności społeczeństwa tereny dotychczas nie klasyfikowane jako często uczęszczane zmieniają swój charakter (urbanizacja terenów) przez co operatorzy stoją przed koniecznością dodatkowego wykonywania np. układów uziomowych dla słupów które dotychczas tego układu nie wymagały. Budowa takiego układu nie była by konieczna po zastosowaniu żerdzi kompozytowych.

Jak widać na powyższym algorytmie wystarczy aby słup zastosowany do budowy linii spełniał warunki dla słupa izolacyjnego by projekt był poprawny pod względem skuteczności ochrony przed porażeniem elektrycznym przy dotyku pośrednim.

Takie kryterium z całą pewnością spełnia słup kompozytowy oraz słup drewniany. Dla tych słupów co do zasady nie ma potrzeby wykonywania sprawdzenia skuteczności ochrony pod warunkiem że nie są na nich zabudowane inne urządzenia mogące sprowadzić potencjał do poziomu ziemi przy uszkodzeniu np. metalowy napęd łącznika.

Koszty wymiany słupa przelotowego SN można podzielić na koszty stałe niezależne od sposobu wymiany i koszty zmienne zależne od wybranego sposobu realizacji prac.

Koszty stałe to:

- koszty materiałowe – słup, konstrukcja wsporcza, izolatory

- Koszty sprzętu
- Koszty roboczo-godziny

Natomiast kosztami zmiennymi są:

- Koszty niedostarczonej energii – przy pracach prowadzonych z wyłączeniem napięcia
- Koszty agregatów – przy zasilaniu poszczególnych stacji transformatorowych SN/nN poprzez agregaty. W tym przypadku brak jednak możliwości zasilania odbiorców przyłączonych po stronie średniego napięcia.

Utrzymanie zasilania odbiorców po stronie nN poprzez agregaty jest dodatkowo zależne od:

- Mocy agregatów zależnej od mocy stacji transformatorowych
- Ilości agregatów zależnej od konfiguracji linii na której realizowana jest wymiana słupa
- Zwiększenia ilości roboczo-godzin i sprzętu wraz z koniecznością dopuszczenia do pracy i samej pracy agregatów na stacjach
- Zwiększenia czasu realizacji pracy z uwagi na samo dopuszczenie i przygotowanie miejsca pracy. Czas realizacji zależny od ilości agregatów.

Przy zastosowaniu do wymiany istniejącego słupa drewnianego żerdzi betonowej dochodzi dodatkowo konieczność dokonania sprawdzenia zachowania skuteczności ochrony przed porażeniem, oraz gdy wymiana słupa realizowana jest na terenie o częstym przebywaniu ludzi konieczność zaprojektowania i wykonania układu uziomowego słupa, który w zależności od terenu przez który przebiega linia może być uziomem rozbudowanym.

Alternatywą powyższego sposobu realizacji jest wykonanie wymiany słupa w technologii prac pod napięciem przy zastosowaniu słupa kompozytowego. Prace w tej technologii pozwalają na utrzymanie zasilania odbiorców, a co za tym idzie całkowitą eliminację kosztów niedostarczonej energii czy też wszystkich kosztów związanych z zapewnieniem zasilania odbiorców poprzez agregaty.

Proces wymiany słupa w technologii PPN przebiega następująco:

1. Przygotowanie miejsca pracy – oględziny linii i mocowania przewodów na sąsiednich słupach
2. Zaizolowanie konstrukcji wsporczej i przewodów roboczych
3. Wyniesienie i odsunięcie przewodów od słupa
4. Demontaż słupa
5. Montaż słupa kompozytowego, w ziemi lub w istniejącym szczudle
6. Zaizolowanie konstrukcji wsporczej z izolatorami
7. Ponowny montaż przewodów roboczych do izolatorów

Powyższy opis jest opisem pobieżnym mającym na celu przedstawić kluczowe etapy pracy.

Warto jednocześnie wspomnieć o czasie jaki jest potrzebny do wymiany słupa, który to wynosi około trzech godzin dla słupa wkopywanego. W przypadku wymiany słupa z jego ponownym montażem do istniejącego szczudła czas ten może zostać skrócony do dwóch godzin. Jest to nieporównywalnie mniej z czasem jaki należałoby poświęcić

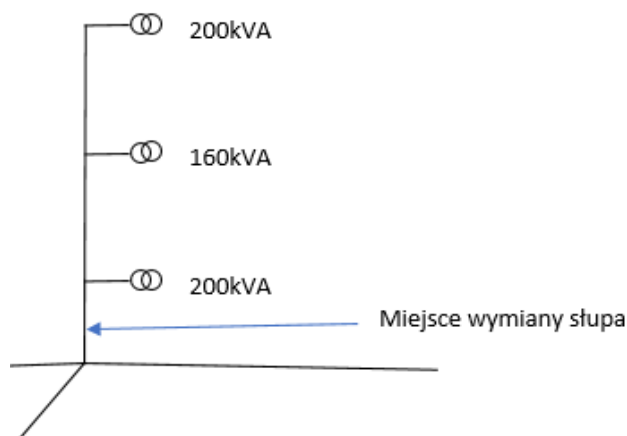
na przygotowanie do wykonania prac metodami obecnie stosowanymi z zapewnieniem zasilania odbiorców poprzez np. agregaty prądotwórcze. Biorąc pod uwagę powyższe sprawna i wyszkolona ekipa monterska jest w stanie wymienić w ciągu jednego dnia roboczego od dwóch do trzech słupów przelotowych średniego napięcia.

Nie bez znaczenia jest, że zastosowanie do wymiany słupa kompozytowego podnosi bezpieczeństwo wykonania samej pracy z uwagi na brak możliwości zniesienia potencjału w kierunku ziemi.

Analiza przypadku

Poniżej przedstawiono porównanie wykonania prac w technologii tradycyjnej przy zastosowaniu żerdzi E13,5/6 oraz w technologii prac pod napięciem przy zastosowaniu słupa kompozytowego 12/6/EKO.

Założenia: linia SN zasilająca promieniowo 3 stacje transformatorowe z transformatorami o mocy 160kVA, 200kVA. Czas trwania pracy uzależniony od technologii wykonania i dodatkowych czynności wynikający z zasilania alternatywnego odbiorców.



Rys. nr 2. Uproszczony schemat linii.

Tabela nr 2. Porównanie kosztów

	słup wirowany technika tradycyjna	słup kompozytowy technika PPN
czas wymiany	6h	4h
Koszt wymiany R+S	9 400,00 zł	9 400,00 zł
Koszt żerdzi	1 800,00 zł	3 000,00 zł
Wykonanie uziemienia ochronnego	2 000,00 zł	-
Koszty utrzymania zasilania - agregaty	3 700,00 zł	-
Szacowany koszt odtworzenia stanowiska	16 900,00 zł	12 400,00 zł

Jak widać z powyższej tabeli wykonanie prac z zastosowaniem słupa kompozytowego w technice PPN jest znacznie bardziej efektywne ekonomicznie – brak konieczności odtworzenia uziemienia ochronnego. Dodatkowo wykonywanie prac w tej technologii pozwala na ograniczenie do zera konieczności zasilania odbiorców z użyciem agregatów prądotwórczych.

Podsumowanie

Zdecydowana większość linii SN u operatorów stanowią linie napowietrzne, w których największy udział ok 70% stanowią słupy przelotowe, które z powodzeniem można zastąpić słupami kompozytowymi.

Zastosowanie słupów kompozytowych do wymiany istniejących stanowisk słupowych linii SN w technologii PPN przynosi następujące korzyści:

- Zwiększenie niezawodności - ograniczenie wskaźników SAIDI i SAIFI.
- Skrócenie czasu pracy z uwagi na brak konieczności wykonywania wyłączeń i przełączeń przygotowania strefy pracy i dopuszczenia do pracy.
- Ograniczenie ryzyka powstania poważnych awarii spowodowanych stanem konstrukcji wsporczych.
- Brak przerwy w zasilaniu odbiorców co przekłada się na wzrost satysfakcji klienta
- Zmniejszenie kosztów wykonania wymiany – brak konieczności stosowania zasilania tymczasowego z agregatów lub linii tymczasowej.
- Zmniejszenie kosztów późniejszej eksploatacji linii – zastosowanie słupa izolacyjnego – brak konieczności wykonywania układu uziomowego niejednokrotnie bardzo kosztownego.
- Zwiększenie bezpieczeństwa pracy linii poprzez zastosowanie słupa izolacyjnego.

Wprowadzenie do stosowania nowych technik pracy jakimi bez wątpienia jest wymiana słupa SN w technologii PPN wymaga aktualizacji obecnej instrukcji do prac pod napięciem. Spółki dystrybucyjne jak i PTPiREE dostrzegając wagę problemu jakim jest ograniczenie czasu trwania i częstości przerw prowadzą obecnie intensywne prace nad opracowaniem nowej instrukcji prowadzenia prac w technologii prac pod napięciem w linia napowietrznych SN.

Poruszony powyżej problem wydaje się być bardzo istotny z punktu widzenia operatorów sieci – spółek dystrybucyjnych, gdyż w ich zarządzaniu znajdują się dziesiątki tysięcy słupów drewnianych czy też betonowych, których okres użytkowania wynosi ponad 30 lat.

Tak aspekt techniczny jak i ekonomiczny pozwala jednoznacznie stwierdzić, iż zastosowanie żerdzi izolacyjnych jakimi bez wątpienia są żerdzie kompozytowe przynosi wymierne korzyści krótko jak i długo falowe.

Literatura

1. ENERGETYKA DYSTRYBUCJA I PRZESYŁ 2018 – Raport PTPiREE, Poznań maj 2019
2. REGULACJA JAKOŚCIOWA W LATACH 2018-2025 dla Operatorów Systemów Dystrybucyjnych - Warszawa, 17 wrzesień 2018 r.
3. Sieci energetyczne pięciu największych operatorów Jarosław Tomczykowski - Biuro PTPiREE - Energia Elektryczna" - nr 5/2015
4. Stan i potrzeby rozwojowe sieci elektroenergetycznych w procesie transformacji niskoemisyjnej w Polsce – Dr hab. inż. Wiesław Nowak prof. n., Dr inż. Waldemar Szpyra, Dr inż. Rafał Tarko– Europejski Instytut Miedzi – styczeń 2017
5. PN-EN50341-1 Wieloarkuszowa norma Elektroenergetyczne linie napowietrzne prądu przemiennego powyżej 1kV
6. Ochrona przeciwporażeniowa w elektroenergetycznych liniach napowietrznych wysokiego napięcia aktualny stan normalizacji - Stanisław Czapp - Zeszyty naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Śląskiej nr 35
7. Uziemienia betonowych słupów linii średniego napięcia – Dr. inż. Witold Hoppel - INPE nr 208-209 styczeń luty 2017
8. Linie średniego napięcia w aspekcie awaryjności oraz problemów formalno – technicznych – A. Arciszewski, J. Zawodniak – Instytut Politechniki Poznańskiej, Prace Instytutu Elektrotechniki zeszyt 247, 2010
9. Prace Pod Napięciem – AS. Cader, R. Fober, T. Gontarz – ZIAD, 2000