

Wybrane aspekty prac pod napięciem w sieciach średniego napięcia

JEL: L94 DOI: 10.24136/atest.2018.438

Data zgłoszenia: 19.11.2018 Data akceptacji: 15.12.2018

W niniejszej publikacji przedstawiono charakterystykę prac pod napięciem na liniach średniego. Zaprezentowano metody i technologię realizacji PPN, zasady organizacji i wykonywania prac.

Słowa kluczowe: Prace Pod Napięciem – PPN, Strefa pod napięciem, Strefa w pobliżu napięcia, Element Ochronny,

Wstęp

Stale rosnące wymagania co do jakości energii a przede wszystkim ciągłości jej dostarczania spowodowały, że Operatorzy Systemów Przesyłowych i Dystrybucyjnych zostali zmuszeni do wprowadzania nowych technologii stosowanych podczas wykonywania prac na sieci, które wiążą się z ograniczaniem wyłączeń odbiorców. Skutkiem czego było wprowadzenie prac pod napięciem oznaczanych w skrócie PPN. Dziś wykonywanie tych prac jest metodą pracy powszechną i stosowaną praktycznie na wszystkich poziomach napięć funkcjonujących w Polsce. Ciągłe zmiany potrzeb odbiorców związane z użytkowymi odbiornikami, zmiany w procesach technologicznych a także zmiany w budowie samych urządzeń energetycznych np. wymiana linii SN gołych na niepełnoizolowane, powodują konieczność wprowadzenia nowych zabiegów PPN. Prowadzone są próby rozszerzenia zakresu PPN, a w ośrodkach szkoleniowych testowane są technologie dotychczas nie realizowane mające na celu ograniczanie wyłączeń. Obecnie w sieciach średniego napięcia próbuje się wprowadzić nowe techniki PPN polegające na wymianie słupa przelotowego czy też montażu odstraszczy dla ptaków.

W 1997 roku wprowadzono w życie Prawo Energetyczne, które nakłada na przedsiębiorstwa zajmujące się dystrybucją i przesyłaniem energii elektrycznej obowiązek realizacji dostaw energii przy zachowaniu nałożonych standardów jakościowych poprzez zapewnienie stałego utrzymywania zdolności sieci, instalacji i urządzeń [1],[10-12].

Aby sprostać ww. wymaganiom podmioty energetyczne zaczęły stosować nowe rozwiązania oraz sposoby eksploatacji sieci z uwzględnieniem wykonania prac pod napięciem co ograniczyło wyłączenia sieci i poprawiło ciągłość zasilania odbiorców.

W niniejszej publikacji przedstawiono charakterystykę wybranych prac pod napięciem na liniach średniego napięcia oraz wynikające z tego korzyści. Przedstawiono również metody i technologię realizacji PPN, zasady organizacji i wykonywania prac.

1 Normalizacja i regulacje prawne w PPN

1.1 Regulacje prawne

Podstawowym aktem, który reguluje organizację pracy w tym także PPN, odnośnie zapewnienia bezpiecznych warunków ich wykonania, jest Ustawa Kodeks Pracy [2]. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 28 sierpnia 2003 r. zgodnie z treścią § 41 ust. 1 w sprawie ogólnych przepisów BHP precyzuje określone w ustawie obowiązki pracodawcy w dziedzinie BHP [3]. Pracodawca jest zobowiązany udostępnić pracownikom aktualne instrukcje do stałego korzystania w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy dotyczące: stosowanych procesów technologicznych w

zakładzie, wykonywania prac związanych z zagrożeniami wypadkowymi lub zagrożeniami zdrowia pracowników oraz instrukcje obsługi maszyn i innych urządzeń technicznych. W zakładach, w których wykonuje się pracę na urządzeniach energetycznych, mają zastosowanie przepisy Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 28 marca 2013 r. w sprawie BHP przy urządzeniach energetycznych [10]. W § 25 pkt. 5 tego rozporządzenia określono wymogi co do wykonywania PPN wyłącznie przy użyciu odpowiednich technologii oraz przy wykorzystaniu środków i narzędzi ochronnych określonych w instrukcji PPN.

Zgodnie z wyżej przedstawionymi przepisami jednoznacznie można określić, że instrukcje PPN są podstawowym dokumentem, który szczegółowo reguluje proces organizacji i wykonanie tego rodzaju prac. Instrukcja ta powinna być jasna, czytelna i zrozumiała dla osób dla których jest przeznaczona. Dla większej przejrzystości przyjęto, części: ogólną, techniczną i technologiczną. Ogólna część instrukcji zawiera określenia przedmiotu, przeznaczenie i zakres stosowania instrukcji. W części technicznej zawarto pojęcia i definicje zawarte w instrukcji, dla lepszego zrozumienia zagadnień w dalszej jej części. Następnie określa się wymagania wobec osób organizujących i wykonujących PPN, takie jak: wymagania kwalifikacyjne, zdrowotne, zasady nadawania, zawieszania, weryfikowania i utraty upoważnień oraz wydawania poleceń na pracę. Określa się też zagadnienia dotyczące warunków atmosferycznych, ruchowych i technologicznych, które muszą być spełnione aby można było wykonać prace pod napięciem. Ogólna część instrukcji określa szczegółowo obowiązki osób odpowiedzialnych za organizację i wykonanie takich, jak: poleciodawca, koordynujący, kierujący zespołem pracowników a także członków zespołu podczas każdego etapu pracy, do których należą prace przygotowawcze, przebieg pracy i jej zakończenie. W sposób szczegółowy instrukcja powinna zawierać:

- Opis prac przygotowawczych, których podstawowym zadaniem jest identyfikacja zagrożeń w strefie pracy,
- Podjęcie decyzji o tym jakich środków należy użyć aby zminimalizować zagrożenie,
- Udzielenie instruktażu zespołowi i omówienie sposobu wykonania pracy,
- Sprawdzenie sprzętu osobistego monterów, narzędzi i sprzętu niezbędnego do wykonania pracy,
- Uzyskanie przez kierującego zespołem od koordynującego zgody na rozpoczęcie pracy i samo dopuszczenie zespołu do pracy.

W tej części instrukcji zostały również zawarte czynności związane z zakończeniem pracy, sprawdzenie poprawności jej wykonania, usunięcia narzędzi i sprzętu oraz zlikwidowania strefy pracy po uprzednim uzyskaniu zgody od koordynującego.

Techniczna część instrukcji określa podstawowe narzędzia i sprzęt oraz wyposażenie osobiste, które są niezbędne do wykonania PPN. Zawiera również charakterystykę techniczną sprzętu i niezbędnego wyposażenia, jego przeznaczenie, warunki użytkowania i przechowywania, sposoby przeprowadzania prób i kontroli okresowych, warunki jakie muszą spełnić aby zostać dopuszczone do użytkowania oraz wymiany lub wycofania z eksploatacji. Technologiczna część instrukcji podaje wykaz technologii, które szczegółowo opisują sposób wykonania konkretnej pracy. Technologie te opisane są w kartach technologicznych, które zawierają szczegóło-

wy opis kolejno następujących po sobie czynności i procedur w celu wykonania konkretnego zadania. Należy wyszczególnić inne, ważne dla prac pod napięciem akty prawne, takie jak:

- Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 28 kwietnia 2003 r. w sprawie zasad stwierdzania posiadania kwalifikacji przez osoby zajmujące się eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci [4], w zakresie dotyczącym uzyskania przez pracowników przewidzianych do PPN uprawnień i kwalifikacyjnych E i D,
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 30 maja 1996 r. w sprawie zasad przeprowadzania badań lekarskich pracowników [5], w zakresie uzyskania zaświadczeń o braku przeciwwskazań do wykonywania PPN,
- Przepisy zawarte w pkt. E załącznika nr. 1 do Rozporządzenia Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 6 czerwca 2014 r w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy [6], w zakresie określania wartości natężeń pola elektrycznego i magnetycznego w miejscu wykonywania pracy.

1.2 Normalizacja krajowa i międzynarodowa w PPN

Z inicjatywy Międzynarodowej Komisji Elektrotechnicznej, utworzono komitet techniczny, którego głównym zadaniem było ujednoczenie sprzętu do PPN. Wydarzenie to miało miejsce w 1975 r w Hadze i uważa się, że zapoczątkowało profesjonalne działania normalizacyjne na świecie w zakresie PPN. Komitet ten rozpoczął swoją działalność w Paryżu w 1976 r a w 1979 przyjął nazwę „Wyposażenie do prac pod napięciem” [7].

W Europie w latach siedemdziesiątych powstały dwie organizacje normalizacyjne, które odegrały wiodącą rolę w zakresie rozwoju PPN, Europejski Komitet Normalizacyjny Elektrotechniki CENELEC (CLC) oraz Europejski Komitet Normalizacyjny (CEN).

Za problematykę normalizacji w Polsce odpowiada Polski Komitet Normalizacyjny, działający na podstawie Ustawy o normalizacji z dnia 12 września 2002 r. Polski Komitet Normalizacyjny od 2002 r jest członkiem CLC i CEN, dzięki czemu uzyskał m.in. dostęp do wszystkich dokumentów tworzonych przez tę organizację, a od 2004 r. uczestniczy w opracowywaniu norm europejskich [7]. Na tej podstawie PKN może realizować swoje podstawowe zadanie jakim jest wprowadzenie dokumentów do zbioru Polskich Norm. Dotyczy to zwłaszcza tzw. norm zharmonizowanych, które mogą być stosowane wtedy, gdy ich tytuły i numery zostały opublikowane w Oficjalnym Dzienniku Unii Europejskiej oraz co najmniej jedno państwo członkowskie przeniosło je do zbioru swoich norm krajowych [7]. PKN uczestniczy w opracowywaniu norm europejskich za pośrednictwem Komitetu Technicznego, ds. Elektroenergetycznego Sprzętu Ochronnego i do Prac Pod Napięciem, którego efektem działań w latach dziewięćdziesiątych, było m.in. wprowadzenie norm, które znalazły zastosowanie w PPN na liniach 110 kV:

- PN-EN 60855:1999 – Rury izolacyjne wypełnione pianką i pręty pełne do PPN [8],
- PN-IEC 832:1994 – Drażki izolacyjne i uniwersalne elementy robocze do PPN [9].

Wielką wartość tych norm podkreśla ich temat dotyczący badań i oceny drażków izolacyjnych oraz materiałów użytych do ich wykonania dla sprzętu wykorzystywanego w PPN na liniach wysokich napięć. W tabeli 1 przedstawiono wykaz aktualnych norm związanych z pracami PPN na liniach wysokiego napięcia.

Tab. 1. Aktualny wykaz PN dotyczących PPN

Numer PN	Tytuł normy	Data wprowadzenia
PN-EN 61477:2009E	Prace pod napięciem - Minimalne wymagania dotyczące użytkowania narzędzi, urządzeń i sprzętu	2009-12-15
PN-EN 60855:1999P	Rury izolacyjne wypełnione pianką i pręty pełne do prac pod napięciem [28]	1999-04-19
PN-E-08501:1988P	Urządzenia elektryczne - Tablice i znaki bezpieczeństwa	1988-12-20
PN-EN 50186-1:2003P	Urządzenia myjące stosowane w sieciach elektroenergetycznych pod napięciem powyżej 1 kV - Część 1: Wymagania ogólne;	2003-10-03
PN-EN 61235:1999P	Prace pod napięciem - Rury izolacyjne puste do celów elektrycznych	1999-04-01
PN-EN 61482-1:2009E	Prace pod napięciem - Odzież ochronna przed zagrożeniami termicznymi spowodowanymi łukiem elektrycznym - Część 1-1: Metody badań - Metoda 1 - Określanie parametrów łuku (ATPV i EBT50) dla materiałów trudnopalnych na ubrania	2009-12-15
PN-EN 61477:2009/AC:2010E	Prace pod napięciem - Minimalne wymagania dotyczące użytkowania narzędzi, urządzeń i sprzętu	2010-05-28
PN-EN 60743:2014-02E	Prace pod napięciem - Terminologia dotycząca narzędzi, urządzeń i sprzętu	2014-02-21
PN-EN 61472:2013-12E	Prace pod napięciem - Minimalne odległości zbliżenia w sieciach prądu przemiennego o napięciu od 72,5 kV do 800 kV - Metoda obliczania [20]	2013-12-06
PN-EN 50186-2:2003P	Urządzenia myjące stosowane w sieciach elektroenergetycznych pod napięciem powyżej 1 kV -- Część 2: Wymagania krajowe	2003-10-03
PN-EN 61478:2005P	Prace pod napięciem - Drabiny z materiału izolacyjnego [27]	2005-04-20
PN-EN 60903:2006P	Prace pod napięciem - Rękawice z materiału izolacyjnego	2006-04-06
PN-EN 50374:2006P	Wózki naprzewodowe monterskie	2006-06-20
PN-EN 60895:2006P	Prace pod napięciem - Ubory przewodzące do stosowania przy nominalnych napięciach przemiennych do 800 kV i napięciach stałych do +/- 600 kV [25].	2006-03-24
PN-EN 50508:2009E	Wielofunkcyjne drażki izolacyjne do wykonywania czynności elektrycznych przy instalacjach wysokiego napięcia	2009-07-15
PN-EN 62192:2009E	Prace pod napięciem - Liny izolacyjne [24]	2009-12-15
PN-EN 61318:2010P	Prace pod napięciem - Ocena zgodności stosowana dla narzędzi, urządzeń i sprzętu.	2010-05-18
PN-EN 60832-2:2010E	Prace pod napięciem - Drażki izolacyjne i narzędzia wymienne - Część 2: Narzędzia wymienne	2010-05-20
PN-EN 60832-1:2010E	Prace pod napięciem - Drażki izolacyjne i narzędzia wymienne - Część 1: Drażki izolacyjne [26]	2010-05-20
PN-EN 61482-1:2010P	Prace pod napięciem - Odzież ochronna przed zagrożeniami termicznymi spowodowanymi łukiem elektrycznym - Część 1-2: Metody badań -- Metoda 2: Określanie klasy ochrony przed łukiem elektrycznym materiałów i odzieży przy zastosowaniu wymuszonego i ukierunkowanego łuku elektrycznego (komora probiercza)	2010-06-10
PN-IEC 60050-651:2002P	Międzynarodowy słownik terminologiczny elektryki -Część 651: Prace pod napięciem [23]	2002-05-14
PN-EN 62193:2006P	Prace pod napięciem - Drażki teleskopowe i teleskopowe drażki pomiarowe	2006-07-05

2 Metody prac pod napięciem

Technika PPN wykorzystuje trzy możliwe usytuowania montera względem urządzenia będącego pod napięciem:

- odizolowanie montera posiadającego potencjał ziemi od urządzenia pod napięciem,
- odizolowanie montera posiadającego potencjał urządzenia od ziemi i innych potencjałów,
- odizolowanie montera zarówno od ziemi jak i od urządzenia pod napięciem.

Możliwości te pozwoliły na wykreowanie następujących metod prac pod napięciem: metoda w kontakcie, metoda z odległości, metoda na potencjale, metoda kombinowana C3M.

Metoda w kontakcie

Metoda pracy w kontakcie umożliwia wykonanie pracy pod napięciem wewnątrz strefy zagrożenia przez pracownika pozostającego na potencjale ziemi, przy użyciu rękawic elektroizolacyjnych oraz ręcznych narzędzi o własnościach izolacyjnych. W metodzie tej strefa zagrożenia wokół części urządzenia, do których pracownik może się zbliżyć, jest ograniczana za pomocą osłon izolacyjnych. Pracownik, przebywając w strefie zagrożenia zabezpieczony jest odpowiednim wyposażeniem: izolowany podnośnik lub podest, rękawice elektroizolacyjne, osłony elektroizolacyjne na przewody i izolatory itp. Łatwość prac w kontakcie i stosunkowo mało skomplikowana budowa narzędzi izolacyjnych sprawiają, że metoda ta znajduje powszechne zastosowanie w sieciach i urządzeniach rozdzielczych do 1 kV. Przy urządzeniach średniego napięcia monter, wykonujący prace w kontakcie, znajduje się w koszu podnośnika odizolowanego od ziemi i innych potencjałów oraz wykorzystuje rękawice elektroizolacyjne. Bezpieczne środowisko pracy zapewniają osłony izolacyjne założone na przewody i inne elementy linii.

Metoda z odległości

Metoda pracy z odległości polega na wykonaniu pracy pod napięciem wewnątrz strefy zagrożenia za pomocą narzędzi umieszczonych na drążkach izolacyjnych, przez pracownika, który pozostaje na potencjale ziemi, w odległości większej niż dopuszczalna odległość zbliżenia do części będących pod napięciem. Metoda ta znajduje zastosowanie głównie w sieciach średniego napięcia, przy czyszczeniu urządzeń elektrycznych pod napięciem, w liniach napowietrznych średniego napięcia do podłączania odgałęzień przy użyciu długich drążków izolacyjnych oraz w liniach niskiego napięcia do trwałego odłączenia odgałęzienia przez odcięcie przewodów przy użyciu drążków. Monter przebywa na zewnątrz strefy zagrożenia (przestrzeni wokół części pod napięciem, której przekroczenie wymaga zastosowania środków ochronnych), a praca jest wykonywana wprowadzanymi do strefy zagrożenia narzędziami umieszczonymi na drążkach izolacyjnych. Metoda ta może być zastosowana przez straż pożarną przed przyjazdem pogotowia energetycznego, aby pozbawić napięcia palący się obiekt przed przystąpieniem do jego gaszenia.

Metoda na potencjale

Metoda pracy na potencjale stosowana jest w pracach na liniach najwyższych napięć. Monter zakłada specjalny kombinezon, uszyty z materiału gęsto splecionego metalowymi nićmi. Pozostałe elementy ubioru pracownika, takie jak buty, skarpetki, rękawiczki, również posiadają metalowe nitki. Zadaniem takiego ubioru jest stworzenie warunków, jakie panują w klatce Faraday'a. W metodzie tej nie występuje strefa zagrożenia wokół przewodu, lecz powstają nowe wokół tych części urządzenia, które zachowały potencjał taki, na jakim znajdował się monter zanim przejął potencjał

części urządzenia będącego pod napięciem. Warunkiem przejścia potencjału dowolnej części urządzenia jest przebywanie pracownika na potencjale nieustalonym.

Metoda kombinowana C3M

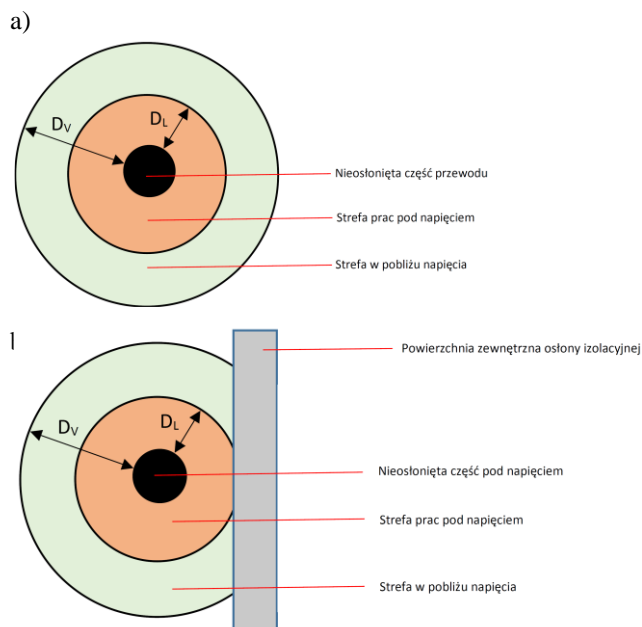
Metoda kombinowana umożliwia wykonanie pracy pod napięciem we wnętrzu strefy zagrożenia przy użyciu rękawic dielektrycznych, drążków i podnośników izolacyjnych, przez pracownika pozostającego na potencjale nieustalonym (odizolowanym od wszystkich ustalonych potencjałów). W metodzie tej każdy obwód z udziałem człowieka tworzony podczas pracy musi posiadać elementy izolacyjne dostosowane do odpowiedniego poziomu napięcia. Warunek ten może być spełniony prawie wyłącznie w liniach napowietrznych najwyższych napięć, gdzie odległości pomiędzy przewodami różnych faz oraz pomiędzy częściami linii, posiadającymi różne potencjały są na tyle duże, że nie występuje prawdopodobieństwo zetknięcia się montera z różnymi potencjałami linii a nieskomplikowany charakter obiektów umożliwia względną swobodę ruchów.

Zakres odległości stref PPN zamieszczono w tabeli 2.

Tab. 2. Strefy PPN wg. [4]

Napięcie znamionowe urządzeń [kV]	Strefa	
	Prac pod napięciem [m]	Prac w pobliżu napięcia [m]
do 1 kV	do 0,3	powyżej 0,3 do 0,7
1 ÷ 30 kV	do 0,6	powyżej 0,6 do 1,4
110 kV	do 1,1	powyżej 1,1 do 2,1
220 kV	do 2,5	powyżej 2,5 do 4,1
400 kV	do 3,5	powyżej 3,5 do 5,4
750 kV	do 6,4	powyżej 6,4 do 8,4

Strefę prac pod napięciem i w pobliżu napięcia przedstawiono na Rys. 1a,b.



Rys. 1. Strefy: a) prac pod napięciem i w pobliżu napięcia, b) prac pod napięciem i w pobliżu napięcia przy zastosowaniu osłony izolacyjnej; D_v – odległość wyznaczająca zewnętrzną granicę strefy prac pod napięciem, D_k – odległość wyznaczająca zewnętrzną granicę strefy w pobliżu napięcia

3 Prace pod napięciem w liniach średniego napięcia

W sieciach SN najczęściej stosowane są dwie metody pracy: metoda w kontakcie (metoda rękawic elektroizolacyjnych) oraz

metoda z odległości. Podczas pracy metodą w kontakcie pracownik przebywa w koszu izolacyjnym podnośnika z wysięgnikiem izolowanym i większość czynności wykonuje za pomocą narzędzi, których używa się przy pracach z wyłączeniem linii SN. Dodatkowo zastosowanie podnośnika z wyciągiem żurawikowym pozwala uprościć część pracy eliminując wysiłek związany z wciąganiem ciężkich przedmiotów (np. odłącznika), czy podnoszeniem przewodów (Rys. 2). Zastosowanie kosza umożliwia przyjęcie wygodnej pozycji przez monter co znacznie ułatwia zakładanie osłon izolacyjnych na przewody, konstrukcje i izolatory.



Rys. 2. PPN metodą w kontakcie, izolowanie strefy pracy na linii 15 kV

W większości spółek dystrybucyjnych wybrano metodę w kontakcie, gdzie pracownik wykonuje czynności rękoma zabezpieczonymi rękawicami elektroizolacyjnymi i ochronnymi oraz rękawami elektroizolacyjnymi za pomocą narzędzi ręcznych, takich samych jak używanych do pracach z wyłączeniem.

Wykonanie prac w tej technologii wymaga zastosowania sprzętu elektroizolacyjnego o odpowiedniej klasie elektroizolacyjności przystosowanej do napięcia linii na której wykonywana jest praca. Podstawowym narzędziem służącym do ochrony pracowników oraz szybkiego ich przemieszczania się jest podnośnik z wysięgnikiem i koszem izolacyjnym, natomiast do podstawowego sprzętu elektroizolacyjnego należą:

- rękawice elektroizolacyjne stosowane w raz z rękawicami ochronnymi,
- osłony na przewody i izolatory,
- płachty elektroizolacyjne całe oraz z rozcięciem.

Ze specjalistycznych narzędzi elektroizolacyjnych wykorzystuje się jedynie różnego rodzaju drążki i bocznik izolowany.

Technologia PPN w sieci SN wymaga w pierwszej kolejności zizolować elementy pod napięciem na których będą wykonywane prace, a następnie uziemione elementy w pobliżu miejsca pracy, np. poprzecznik słupa, odciąg itp. W przypadku pracy na przewodzie zewnętrznym linii, nie jest konieczne izolowanie pozostałych przewodów, chyba że praca wymaga wejścia monter między dwa przewody. Pracę należy wykonywać w odpowiedniej kolejności zgodnie z kartami technologicznymi zawartymi w „Instrukcji pracy pod napięciem w sieciach napowietrznych 15 i 20 kV”. Technologia wykonania umożliwia realizowanie części prac opisanych w jednej karcie bądź też łącznie kilku kart technologicznych. Dlatego też jest bardzo uniwersalna i przyczynia się do dużej ilości prowadzonych czynności i prac pod napięciem. Karta technologiczna pracy określa procedury przygotowania i przebiegu prac. Instrukcja prac pod napięciem w sieciach napowietrznych 15 i 20 kV opracowana przez Polskie Towarzystwo Przesyłu i Rozdziału Energii Elektrycznej PTPIREE obejmuje następujące technologie:

- przygotowanie prac pod napięciem w sieciach napowietrznych 15 i 20 kV metodą „rękawic izolowanych”,
- SN-02 Wymiana izolatora stojącego lub wsporczeo,
- SN-03 Wymiana izolatora odciągowego,
- SN-04 Podłączenie odgałęzienia (bez naciągu) na słupie rozgałęźnym,
- SN-05 Podłączenie mostków na słupie odgałęźnym i odporowym,
- SN-06 Odłączenie mostków na słupie odgałęźnym i odporowym,
- SN-07 Odłączenie transformatora,
- SN-08 Podłączenie transformatora,
- SN-09 Demontaż, montaż transformatora,
- SN-10 Demontaż odłącznika zamontowanego nad przewodami linii,
- SN-11 Wymiana odłącznika zamontowanego pod przewodami linii,
- SN-12 Przegląd linii SN,
- SN-13 Naprawa, wymiana mostka,
- SN-14 Montaż osłon ochronnych dla ptaków na izolatorach liniowych,
- N-15 Montaż osłon dla ptaków na transformatorze.

Alternatywną metodą PPN w sieciach SN jest metoda z odległości. Przy wykonywaniu pracy metodą z odległości pracownik przebywa na zewnątrz strefy zagrożenia, a praca jest wykonywana wprowadzonymi do strefy zagrożenia narzędziami umieszczonymi na drążkach izolacyjnych (Rys. 3).



Rys. 3. PPN metodą w odległości, demontaż mostka odłącznika na linii 15 kV

Posługiwanie się tą metodą nie jest łatwe ze względu na:

- duży wysiłek statyczny mięśni,
- niewygodną pozycję ciała pracownika,
- konieczność nabycia przez pracownika wymaganych umiejętności precyzyjnego posługiwania się specjalistycznymi narzędziami umieszczonymi na długich drążkach izolacyjnych.

Metoda ta jest zatem dość męcząca i wymaga od pracownika dużej sprawności fizycznej, a jej wdrożenie wymaga dłuższego szkolenia pracowników, stąd jest metodą niechętnie stosowaną na liniach średniego napięcia.

Podczas prac pod napięciem w sieciach SN dopuszcza się powiązanie metod omawianych powyżej jako metody kombinowanej C3M. Umożliwia ona wykonanie pracy pod napięciem we wnętrzu strefy zagrożenia (Rys. 4.) Metodę opracowano we Francji w roku 1982 i w wyniku rozwoju technicznych środków ochrony dla zapewnienia pełnego bezpieczeństwa wprowadzono pojęcie „elementów ochronnych” EP (fr. Element de Protection).



Rys. 4. PPN metoda C3M, wymiana izolatora na słupie przelotowym linii 15 kV

Zastosowanie tej metody w PPN powoduje, że monter pracujący pod napięciem znajduje się wewnątrz obwodów elektrycznych faza - faza lub faza - ziemia, musi zatem chronić się przed niebezpieczeństwem porażenia przez umieszczenie w obwodzie elementów ochronnych. Liczba stosowanych elementów ochronnych zależy od poziomu napięcia, przykładowo dla napięcia 20 kV koniecznym jest zastosowanie 6 EP dla obwodu faza - ziemia oraz 8 EP dla obwodu faza - faza). W wyniku badań ustalono dla tej metody następujące odpowiedniki elementów ochronnych EP:

- 10 cm przerwy powietrznej lub drążka izolacyjnego odpowiada – 1 EP,
- 1 osłona izolacyjna – 8 EP,
- 1 płachta z materiału izolacyjnego – 1 EP,
- rękawice elektroizolacyjne lub naramienniki – 2 EP,
- 10 cm ramienia izolacyjnego podnośnika – 1 EP.

Zespół odpowiadający za wykonanie pracy z wykorzystaniem metody C3M określa minimalną liczbę EP dla ochrony przed porażeniem lub zwarcie. Przykładowo dla napięcia 20 kV, dla wymaganych 6 EP wybór może być następujący:

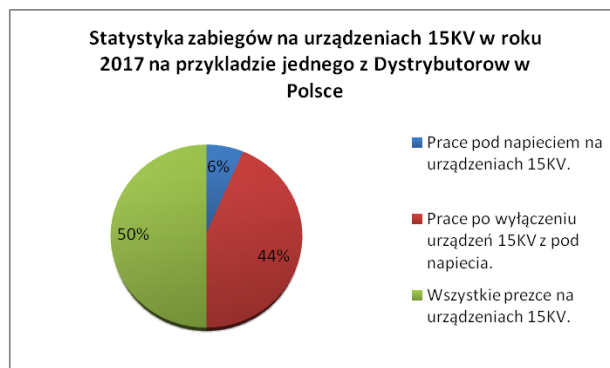
- 60 cm przerwy powietrznej albo,
- 60 cm drążka izolacyjnego albo,
- zastosowanie rękawic elektroizolacyjnych (2EP) i 40 cm przerwy powietrznej (4EP) albo,
- zastosowanie rękawic elektroizolacyjnych (2EP) i płachty izolacyjnej (1EP) i 30 cm przerwy powietrznej (3EP).

W praktyce możliwości kształtowania bezpiecznych warunków pracy bezpośrednio przez sam zespół wykonujący pracę jest nowym kierunkiem szkolenia monterów umożliwiającym im pełniejszą identyfikację z tworzoną przez siebie technologią.

4 Koszt prac pod napięciem w liniach SN

Oszacowanie kosztów prac pod napięciem nie jest precyzyjne w stosunku do tej samej pracy wykonywanej przy wyłączeniu. Prace pod napięciem ze względu na swą specyfikę nie są ograniczone ramą czasową. Przekłada się to na koszt pracy monterów wykonujących operacje i czynności bez wyłączenia napięcia. Dla przykładu wymiana odłącznika napowietrznego typu: ON3V (odłącznik manualny) na THO (odłącznik radiowy) przy wyłączeniu powinna zająć monterowi około 8 roboczo godzin obejmujących wyłączenie, przygotowaniem strefy pracy oraz jej likwidacji po zakończeniu montażu. Taka sama wymiana z zastosowaniem metody PPN może trwać dwukrotnie dłużej co oznacza poniesienie znacznych kosztów. Lecz nie tylko te wskaźniki są istotne. Jednym z najważniejszych wskaźników dla dystrybutora energii jest dostarczenie i zapewnienie bezprzerwowego zasilania dla odbiorców priorytetowych takich jak szpitale czy państwowe obiekty strategiczne. Wyłączenie takiego odbiorcy i strata z tytułu niedostarczonej energii elektrycznej wpływa

niekorzystnie na dochody Spółki Dystrybucyjnej. Stwierdza się zatem, że poniesiony wyższy koszt wykonywanej pracy pod napięciem, bilansuje i przynosi ekonomiczny zysk w porównaniu z pracami przy wyłączeniu linii. Statystykę wykonywania PPN na przykładzie wybranego Oddziału Spółki Dystrybucyjnej przedstawiono na Rys.5.



Rys. 5. Statystyka PPN dla wybranego Oddziału Spółki Dystrybucyjnej

Podsumowanie

Prace pod napięciem zalicza się do nowoczesnych technologii prowadzenia eksploatacji sieci elektroenergetycznej bez konieczności wyłączeń linii dostarczających energię elektryczną. Jednocześnie prace te wydajnie wpływają na utrzymanie standardów jakościowych usług przesyłowych i dystrybucyjnych. W dzisiejszej gospodarce rynkowej energia elektryczna jest towarem o wymiernej cenie co zmusza operatorów systemów dystrybucyjnych, do wykonywania i ciągłego doskonalenia tego typu prac. Jedną z głównych korzyści PPN jest przede wszystkim brak konieczności wykonywania przełączeń sieci mających na celu odstawienie linii do prac eksploatacyjnych. Zapobiega się tym samym przesłaniu energii sąsiednimi liniami i niepotrzebnego ich przeciążenia. Problem ten szczególnie jest istotny w miesiącach znacznego obciążenia sieci a w niektórych dniach nawet przeciążonych. Wykonywanie PPN eliminuje konieczność angażowania zespołów pogotowia energetycznego do czynności przełączeń sieci i przygotowania strefy pracy a także przekłada się na ograniczone zaangażowanie dyspozytora ruchu sprawującego nadzór nad daną siecią. Inną zaletą PPN jest wydłużenie czasu eksploatacji urządzeń łączeniowych (odłączniki, rozłączniki i wyłączniki) wynikającą z braku potrzeby wykonania czynności manipulacyjnych a także wyeliminowania możliwości wykonania pomyłek łączeniowych.

Przedstawione korzyści świadczą o pozytywnym efekcie ekonomicznym, do którego zalicza się m.in. brak utraty przez operatora opłat za dostawę i przesył energii, uzyskanie należności ze sprzedanej energii, brak konieczności zakupu energii na pokrycie strat sieciowych oraz zaangażowanie mniejszej ilości pracowników do prowadzenia prac w stosunku do metod tradycyjnych.

Wadą PPN są wysokie koszty, które trzeba ponieść na przeszkolenie osób organizujących i wykonujących prace, a także zakupu specjalistycznego sprzętu oraz jego badań okresowych i przechowywania. Istotny jest też czas wykonania PPN gdzie nie rzadko jest dłuższy niż przy pracach wykonywanych metodą z wyłączeniem.

Bibliografia:

1. Prawo Energetyczne. Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. (Dz.U. z 2012 r. poz. 1059),
2. Kodeks Pracy. Ustawa z dnia 26 czerwca 1974 r. (Dz. U. 2014, poz. 1502).

3. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 28 sierpnia 2003 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy (Dz. U. 2003, Nr.169, poz. 1650).
4. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 marca 2013 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy urządzeniach energetycznych (Dz. U. 2013, poz. 492).
5. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 28 sierpnia 2013 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy. (Dz. U. 2003 r. Nr. 169, poz. 1650).
6. Rozporządzenie Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 30 maja 1996 r. w sprawie przeprowadzania badań lekarskich pracowników w zakresie profilaktycznej opieki zdrowotnej nad pracownika oraz orzeczeń lekarskich wydawanych do celów przewidzianych w Kodeksie Pracy (Dz. U. 1996 Nr. 69, poz.332).
7. Centralny Instytut Ochrony Pracy: Szczególne rodzaje prac. Praca na wysokości. www.ciop.pl
8. PN-EN 60855:1999, Rury izolacyjne wypełnione pianką i pręty pełne do prac pod napięciem,
9. PN-IEC 832:1994, Drażki izolacyjne i uniwersalne elementy robocze do prac pod napięciem,
10. Łukasik Z., Kozyra J., Kuśmińska- Fijałkowska A.: Monitoring of low voltage grids with the use of SAIDI indexes, Przegląd elektrotechniczny R.93 NR 9/2017, pp. 146-150,
11. Kozyra J.: Monitorowanie i diagnozowanie uszkodzeń w procesach wytwarzania i przesyłu energii elektrycznej, Logistyka 3/2015 str. 2415-2425,
12. Łukasik Z., Kozyra J., Kuśmińska- Fijałkowska A., Górecki R.: Supplying electricity to service and business complexes, 12th International Conference 2018 ELECTRO, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).

Selected aspects of work under voltage in medium voltage grids

This publication presents the characteristics of work under voltage on medium lines. The methods and technology of the PPN implementation, principles of organization and performance of works have been presented.

Keywords: Works under voltage - PPN, Area under voltage Zone near voltage, Protective Element,

Autorzy:

dr inż. **Jacek Kozyra** – Uniwersytet Technologiczno – Humanistyczny w Radomiu, j.kozyra@uthrad.pl

mgr inż. **Eryk Ostapiuk** – Uniwersytet Technologiczno – Humanistyczny w Radomiu, e.ostapiuk@uthrad.pl

mgr inż. **Kamil Hebda** – Uniwersytet Technologiczno – Humanistyczny w Radomiu, k.hebda@uthrad.pl