



Wymiana aparatury pod napięciem w stacjach przesyłowych

Streszczenie. W artykule zaprezentowano technologie prac pod napięciem na stacjach elektroenergetycznych sieci przesyłowej stosowane w kraju i na świecie, w tym prace diagnostyczne, konserwacyjne oraz wymianę aparatów stacyjnych różnych typów, wymianę oszynowania linkowego i rurowego. Przegląd technologii uzupełniono pracami pod napięciem na urządzeniach pomocniczych stacji. Przegląd rozwiązań technologicznych na świecie ma wskazać możliwe kierunki zastosowań w krajowej elektroenergetyce.

Abstract. (Replacement of apparatuses on HV substations with live line methods). This paper presents live line maintenance technologies on HV substations used in Poland and other countries in the world. The Paper takes into consideration diagnosis and maintenance tasks, replacement of different types of substation apparatuses (for example replacement of bus bars). The review of technologies was supplemented with live line maintenance tasks on auxiliary substation installations. This world-wide technologies' review has the intention to indicate possible directions of applications' implementation in polish electrical power engineering.

Słowa kluczowe: prace pod napięciem, stacje elektroenergetyczne, wymiana aparatów.

Keywords: live line maintenance, HV substations, replacement of apparatuses.

Wprowadzenie

Zarówno w Europie, jak i wielu krajach świata opanowane zostały zabiegi eksploatacyjne na stacjach pod napięciem (PPN) na każdym poziomie napięcia. W Polsce sporadycznie i w niewielkim zakresie ta technika jest stosowana w kraju, ograniczając się do:

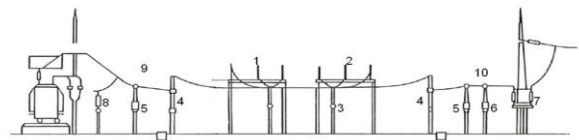
- uzupełniania warstw silikonu izolacji aparatury stacyjnej,
- usuwania obcych przedmiotów,
- wymiany izolacji na bramkach stacyjnych (niektóre przypadki).

Rozpoczęto prace przy bocznikowaniu obwodów prądowych, a artykuł poświęcony tej problematyce prezentowano na konferencji EUI'2003 [1]. Inne doświadczenia z eksploatacji układów izolacyjnych na stacjach prezentowano także na konferencji EUI'1999 [2] oraz na konferencji NIWE'2000 [3], natomiast klasyfikację bezwyłączeniowych technik utrzymania zaprezentowano na konferencji APE'2006 [4]. Najnowsze osiągnięcia w dziedzinie prac pod napięciem prezentowane na konferencjach ICOLIM' 2006 w Pradze (Czechy) oraz na konferencji ESMO'2006 w Albuquerque (USA) omówiono dokładniej na konferencji prac pod napięciem w Gdańsku [5, 6].

Przegląd metod i technologii PPN oparty na doświadczeniu i praktyce zagranicznej [8,9] wskazuje na możliwe kierunki zastosowania tej techniki na urządzeniach elektroenergetycznych powyżej 1 kV w kraju [10,11].

Technika prac pod napięciem na stacjach WN

Szersze zastosowanie techniki PPN na stacjach jest w przekonaniu wielu energetyków niepotrzebne z uwagi na istnienie szyn obejściowych. Jednak na świecie technikę PPN stosuje się w szerokiej skali, często nie stosując szyn obejściowych jako drogich, zajmujących teren i stosunkowo rzadko wykorzystywanych rozwiązań, szczególnie od kiedy wprowadzono technologie bocznikowania aparatury za pomocą przewoźnych, przenośnych zestawów by - passów. W ostatnich latach odnotować należy dynamiczny rozwój techniki PPN na stacjach, który owocuje ciekawymi rozwiązaniami sprzętowymi np. wieże izolacyjne, ekrany izolacyjne oraz zastosowaniami praktycznymi umożliwiającymi wymianę wyłączników, odłączników, a nawet szyn zbiorczych lub całych pól.



Rys.1. Typowe rozmieszczenie aparatury na stacji elektroenergetycznej; 1-, 2-szyny zbiorcze, 3-odłącznik szynowy, 4-wyłącznik, 5-przekładnik prądowy, 6-przekładnik napięciowy, 7-odłącznik liniowy, 8-ogranicznik przepięć, 9-pole transformatora, 10-pole linii.

Na podstawie studiów literaturowych oraz dzięki udziałowi w konferencjach ICOLIM I ESMO dla typowej aparatury (rys.1), w którą są wyposażone stacje WN wybrano ilustracje najbardziej powtarzalnych, bądź oryginalnych zastosowań techniki PPN.

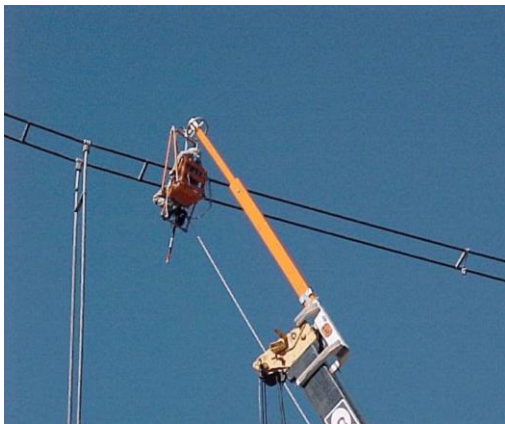
Możliwość realizacji tych ostatnich prac pojawiły się po dokładnej analizie zjawisk towarzyszących bocznikowaniu obwodów prądowych. Z analiz wynika, że długość boczników musi być ściśle określona w zależności od spodziewanych obciążeń prądowych i spadków napięć oraz użytego sprzętu. Sytuację w niektórych przypadkach zaostrza fakt obecności montera w momencie zamykania obwodu bocznika. Analizę tego zjawiska podano w [1].



Rys.2. Prace przy wymianie szyn zbiorczych pod napięciem [12]

Na rysunku 2 przedstawiono wymianę szyn zbiorczych z zastosowaniem specjalnej siatki izolacyjnej zapobiegającej ew. zbyt niemu opadnięciu przewodów szyn w kierunku aparatury stacyjnej. Technologia jest w pewnej mierze analogiczna do prezentowanej na tej konferencji technologii wymiany przewodów odgromowych na OPGW z

użyciem rolek do podtrzymania i wymiany przewodów. Rysunek 3 ilustruje wymianę odstępnika przy użyciu wysięgnika z ramieniem izolacyjnym.



Rys.3. Prace przy wymianie odstępników przewodów szyn zbiorczych pod napięciem [13]

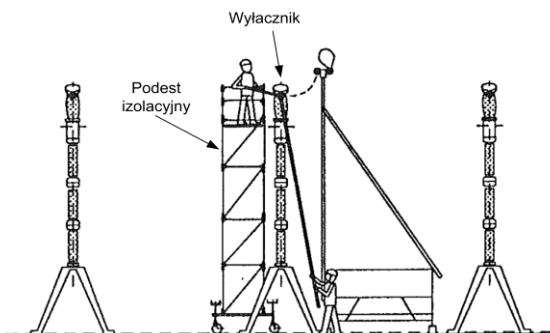


Rys.4. Prace pod napięciem na szynach zbiorczych w wykonaniu przewodowym i rurowym [12]

Na rysunku 4 przedstawiono pracę na szynach zbiorczych w wykonaniu przewodowym i rurowym.

Na kolejnych rysunkach przedstawione zostaną prace przy aparaturze WN związane z wymianą aparatury.

Na rysunku 5 pokazano schematycznie wymianę wyłącznika z zastosowaniem wieży izolacyjnej i boczniaków, a na rysunku 6 fragment zbocznikowania wyłącznika podczas prac pod napięciem.



Rys.5. Poglądowy widok wymiany wyłącznika WN przy zastosowaniu wieży izolacyjnej i boczniaków [8]

Podczas cyklicznych międzynarodowych konferencji ICOLIM (od 1992 r. co dwa lata) i ESMO (od 1977, z reguły co trzy lata) prezentowane są techniki utrzymania sieci przy zastosowaniu prac pod napięciem. Coraz częściej prezentowane są jednorazowe zastosowania techniki PPN na stacjach z konkretnych obiektów elektroenergetycznych.



Rys.6. Zbocznikowanie wyłącznika WN podczas jego wymiany lub odstawienia do przeglądu [13]



Rys. 7 Prace pod napięciem przy biegunie (kolumnie) odłącznika [13]

Na kolejnych rysunkach przedstawiono prace przy obsłudze, konserwacji lub wymianie odłącznika – rys.7 i rys.8. W zależności od tego czy jest to odłącznik liniowy czy szynowy praca może być bardziej skomplikowana.



Rys. 8 Wymiana odłącznika pod napięciem [13]



Rys.9. Prace pod napięciem na stacji z platform izolacyjnych – fragment pracy przy wymianie przekładnika napięciowego [13]

Prace pod napięciem przy wymianie przekładników napięciowych, prowadzone metodą "na potencjale" przedstawiono na rysunkach 9 i 10.



Rys. 10 Prace przy wymianie przekładnika napięciowego z zastosowaniem by-passa [8]

Prace pod napięciem na infrastrukturze pomocniczej stacji WN

Standardy prac pod napięciem umożliwiają prowadzenie zabiegów eksploatacyjnych pod napięciem na elektroenergetycznej infrastrukturze pomocniczej, czyli na rozdzielniach potrzeb własnych, urządzeniach z reguły do 30 kV. Dla tych urządzeń jest możliwe zastosowanie PPN takich jak:

- czyszczenie izolacji aparatury rozdzielczej i transformatorów "na sucho" przez odsysanie zabrudzeń przy użyciu odkurzacza przemysłowego (rys. 11),
- czyszczenie izolacji z użyciem środków do nawilżania zabrudzeń (rys. 12),
- czyszczenie izolacji i urządzeń "na mokro" przez splukiwanie ich wodą lub wodnymi roztworami izolacyjnych detergentów,
- uzupełnianie impregnatu w głowicach kablowych,
- uzupełnianie oleju w aparaturze rozdzielczej i transformatorach,
- wymiana elementów rozdzielnic, bezpieczników, osprzętu itp.,

Technologie te umożliwiają utrzymywanie wymaganych właściwości izolacyjnych aparatury i urządzeń i są coraz powszechniej stosowane w spółkach dystrybucyjnych w całym kraju. Dotyczy to także urządzeń zasilania gwarantowanego zarówno prądu stałego, jak i przemiennego, których omówienie wykracza poza ramy niniejszego artykułu.



Rys.11 Czyszczenie izolacji urządzeń rozdzielczych na sucho [8]

Czyszczenie izolacji urządzeń rozdzielczych "na sucho" oraz "na mokro" - wodą jest przyjazne dla obsługi i środowiska, w odróżnieniu od środków chemicznych oferowanych przez niektóre firmy, choć bardzo skutecznych jednak warunkujących możliwość ich zastosowania wyłącznie w przestrzeniach otwartych i dobrze przewietrzanych, mogących jednak stanowić niebezpieczeństwo dla otoczenia.



Rys.12 Mycie izolacji nisko i średnio napięciowych na mokro [8]

Szanse robotyzacji robót stacyjnych

Obecnie podstawowym zabiegiem diagnostycznym układów izolacyjnych na stacjach są regularne oględziny. Na stacjach energetycznych ze stałą obsługą oględzin dokonuje się na każdej zmianie, ale nie rzadziej niż raz na dobę. Dużą wygodą w ocenie stanu izolacji i połączeń prądowych na stacjach są roboty dzięki, którym można dokładnie monitorować i ocenić stan urządzeń, jego ewentualne uszkodzenia (rys.13).



Rys.13 Robot do inspekcji urządzeń stacyjnych [12]

Korzyści z zastosowania robotów to szybkość uzyskiwanej informacji, nie przerywanie dostaw energii elektrycznej i wykrywanie usterek, których spostrzeżenie podczas oględzin jest utrudnione lub niemożliwe (np. mgła, silne nasłwietenie słoneczne z jednego kierunku itp.). Dodatkowo ekonomiczne korzyści wynikają z możliwości robotów w zakresie diagnostyki umożliwiającej procesowe śledzenie pogarszania się elementów stacji, umożliwiające podjęcie interwencji we właściwym czasie. Oczywiście roboty zezwalają na podjęcie napraw sieciowych, o ile istnieje dostęp do urządzeń, choć właśnie ich zaletą jest działanie w obszarach trudnodostępnych, o małych odstępach izolacyjnych, i zasadniczo w dowolnych warunkach atmosferycznych.

Możliwości prowadzenia prac pod napięciem na stacjach KSE

Technika PPN na stacjach sieci przesyłowej i dystrybucyjnej jest obca naszej kulturze eksploatacyjnej. Szanse zastosowania PPN w polskiej elektroenergetyce co prawda rosną, choć jest to założenie teoretyczne. Dotychczasowa praktyka wskazuje, że technicznie PPN są do opanowania, brakuje motywacji prawnej i ekonomicznej. Zarówno prawo energetyczne jak i dotychczasowe nastawienie do klientów polskich przedsiębiorstw energetycznych nie zwiastuje przełomu. Pozostaje nadzieja, że mechanizmy rynkowe wymuszą tego typu zachowanie, wówczas jednak pozostaną do rozwiązania problemy dopuszczenia tego typu praktyk na szerszą skalę (konieczność adaptacji technik zagranicznych do polskich

warunków, dotyczy to także norm międzynarodowych i wymagań technicznych dla sprzętu).

Mimo znacznej poprawy w walce z zabrudzeniami izolacji, potrzeby uzupełniania warstw silikonu izolacji aparatury stacyjnej są ciągle aktualne i dotychczasowe możliwości realizacji pod napięciem należy utrzymać.

Usuwanie obcych przedmiotów i wymiana izolacji na brankach stacyjnych jest do zaadaptowania, choć wymaga opracowania dokumentów umożliwiających ich wprowadzenie.

Bez większych problemów można zastosować technikę prac pod napięciem na urządzeniach pomocniczych np. rozdzielniach potrzeb własnych średniego napięcia oraz na urządzeniach zasilania gwarantowanego.



Rys.14 Prace pod napięciem na stacjach WN są możliwe dzięki stosowaniu specjalnej odzieży ekranującej przed wpływem pola elektrycznego [12]

Początki zastosowania boczników na stacjach zostały już zrobione, co prawda przy krótkich czasach wyłączeń, ale teraz pora na sięgnięcie po zdobycze techniki PPN.

Według wstępnych analiz rozwiązań konstrukcyjnych krajowych stacji, KSE otwiera szeroko możliwości stosowania prac pod napięciem. Z zebranych opinii i rozmów największe szanse zastosowania ma wymiana pod napięciem ograniczników przepięć. Analizy ekonomiczne mogą wskazywać na potrzeby zastosowania techniki PPN dla innych aparatów, ale od czegoś należy zacząć.

Rozwój techniki PPN na stacjach to także konieczność przełamania barier i uprzedzeń oraz przyzwyczajenia służb eksploatacyjno-ruchowych do prac eksploatacyjnych. To także szansa poprawy bezpieczeństwa pracy i wyeliminowania wypadków pochodzenia elektrycznego.

Podsumowanie

Na krajowych obiektach stacyjnych wprowadzenie techniki PPN będzie koniecznością wynikającą

z ograniczania czasu przerw w dostawie energii, likwidacją szyn obejściowych jako rozwiązań nie efektywnych oraz poprawą bezpieczeństwa pracy przy zachowaniu wysokich standardów jakości usług utrzymaniowych.

Robotyzacja z uwagi na zaangażowanie niektórych polskich uczelni w przemysłowe rozwiązania robotów (a nie tylko do celów edukacyjnych) może sprzyjać wzrostowi zainteresowania, a w konsekwencji i ich zastosowania przez krajowe spółki elektroenergetyczne.

Wzorem wielu krajów uwzględnianie na etapie projektowania nowych obiektów stacyjnych wymagań wynikających z techniki PPN pozwoli na ich bardziej efektywną obsługę eksploatacyjną w przyszłości.

LITERATURA:

- [1] Balawender A., Dudek B.: Bocznikowanie obwodów prądowych WN – bez i po napięciem, *Przegląd Elektrotechniczny* nr 1, 2003 r. (materiały z Sympozjum EUI' 2003)
- [2] Wierzbicki A., Dudek B.: Problemy eksploatacji kładów izolacyjnych wysokiego napięcia na terenie działania PSE-Południe Sp. z o. o.; *VII Sympozjum EUI 1999 r.*
- [3] Bensch L., Dudek B.: Problemy eksploatacji układów izolacyjnych wysokiego napięcia na terenie działania PSE-Południe Sp. z o. o.. *Materiały konferencyjne NIWE 2000 r.*
- [4] Dudek B.: Prace eksploatacyjne na czynnych sieciach elektroenergetycznych. *II Konferencja APE Południe 2006 r.*
- [5] Kurpiewski A., Dudek B.: Doświadczenia z prac pod napięciem prezentowane na konferencji ESMO 2006 w USA. *IX Konferencja PPN, Gdańsk 2007 r.*
- [6] Czapał R., Dudek B.: Postęp w dziedzinie robotyzacji i technik SI w pracach sieciowych, zwłaszcza pod napięciem. *IX Konferencja PPN, Gdańsk 2007 r.*
- [7] PN-EN 50110-1: 2005 Eksploatacja urządzeń elektrycznych,
- [8] Materiały z europejskich konferencji – ICOLIM.; z lat 1992 – 2006,
- [9] Materiały z amerykańskich konferencji - ESMO z lat 1977 – 2006,
- [10] Materiały z krajowych konferencji PPN z lat 1988 – 2007,
- [11] Akademia Energetyki nt. prac pod napięciem z lat 2005 – 2007, Energetyka (17 wykładów)
- [12] <http://www.ppn.pl>
- [13] <http://www.rte-france.com>

Autorzy:

mgr inż. Bogumił Dudek, e-mail: b.dudek@epc.pl,

mgr inż. Krzysztof Frymer, e-mail: e-maill.frymer@epc.pl,

ul. W. Górskiego 9, 00-033 Warszawa, biuro w Katowicach:

ul. Jordana 25, 40-056 Katowice