

*Konferencja „Jakość Dostawy Energii Elektrycznej –
wspólna odpowiedzialność wytwórców, dystrybutorów, konsumentów i prosumentów”*

Częstochowa, 28-29 listopada 2019

doi: 10.32016/1.67.29

**JAKOŚĆ DOSTAWY ENERGII ELEKTRYCZNEJ
- ROLA TECHNIKI PRAC POD NAPIĘCIEM**

Bogumił DUDEK

Polski Komitet Bezpieczeństwa w Elektryce SEP

tel.: +48 603606013

e-mail: bogumil.dudek@wp.pl

Streszczenie: Przedstawiono wpływ coraz bardziej powszechnej techniki prac pod napięciem na jakość energii elektrycznej, zwłaszcza eliminującą wyłączenia urządzeń elektrycznych do prac planowych w zakresie diagnostyki, eksploatacji, remontów, modernizacji. Przedstawiono stan wdrożenia techniki PPN w największych polskich koncernach oraz perspektywy dalszej poprawy jakości wynikające z poszerzania zakresu technologicznego i technicznego pozwalającego na unikanie wyłączeń i poprawę ciągłości zasilania.

Słowa kluczowe: wskaźniki SAIDI, SAIFI, prace pod napięciem, PPN, bezwyłączeniowe techniki, BHP.

1. WPROWADZENIE

Stowarzyszenie Elektryków Polskich (SEP) które w roku 2019 obchodzi swoje 100-lecie działalności ma bogatą kartę w zakresie prac z dziedziny bezpieczeństwa pracy oraz rozwoju techniki prac pod napięciem (PPN). Działalność Polskiego Komitetu Bezpieczeństwa w Elektryce SEP wspiera od wielu lat rozwój technik bezwyłączeniowych utrzymania urządzeń elektrycznych, których atutem jest poprawa jakości i znaczące ograniczenie wypadkowości, z wyeliminowaniem wypadków śmiertelnych.

Od początku lat 70-tych ub. wieku ciągle poszerza się liczba krajów stawiających na rozwój techniki PPN. Są wśród nich największe: USA i Kanada, Argentyna i Brazylia, Chiny i Indie, Australia i Nowa Zelandia, RPA oraz większość państw europejskich.

Wpływ techniki PPN na jakość energii elektrycznej nie ulega wątpliwości [1]. Technika PPN - jest to planowa działalność utrzymania urządzeń która przez swój profilaktyczny charakter daje korzyści w znacznym obniżeniu awaryjności urządzeń co potwierdzają statystyki wielu krajów. Nie wyłączanie urządzeń do diagnostyki, oględzin, przeglądów, remontów i modernizacji jest nowym etapem doświadczenia elektryków pozwalającym na utrzymanie w pracy, ruchu urządzeń odbiorczych z jednoczesną poprawą bezpieczeństwa pracy - także potwierdzone statystykami wypadkowości. Wieloletnie doświadczenie pozwala na wykorzystanie techniki PPN także w prowadzeniu inwestycji zwłaszcza w kolizji z istniejącymi instalacjami lub kiedy modernizację, przebudowę lub budowę nowych urządzeń trzeba utrzymać w dotychczasowej ich lokalizacji.

Nie wnikając w metodykę wyznaczania wskaźników (np. [2]): SAIDI (przeciętny systemowy czas trwania przerwy), SAIFI (przeciętna systemowa częstość przerw), CRP (czas realizacji przyłączenia) i CPD (czas przekazywania danych pomiarowo-rozliczeniowych) ze społecznego punktu widzenia najdotkliwsze są wyłączenia i to w pewnym sensie niezależne od czasu trwania [3],[4],[5].

Urząd Regulacji Energetyki (URE) wyznacza ww. wskaźniki do osiągnięcia przez spółki energetyczne na każdy rok. Spółki w swoich analizach dostrzegły silny związek pomiędzy SAIDI i planowaną liczbą prac w technologii PPN przy korelacji 0,99. Powoduje to silny wzrost tych prac nawet kilkudziesięcioprocentowy [4]. Dalsze perspektywy to poszerzanie zakresu technologicznego PPN i zejście z wskaźnikami SAIDI nieplanowymi poniżej 100 min. i SAIDI planowymi poniżej 10 min. – co powinno być do osiągnięcia zdaniem Autora w najbliższej dekadzie. Zatem eliminacja wyłączeń eksploatacyjnych dzięki technice PPN jest do osiągnięcia i sprzyja ograniczeniu awaryjności.

2. TROCHĘ DANYCH STATYSTYCZNYCH I PRAKTYCZNYCH

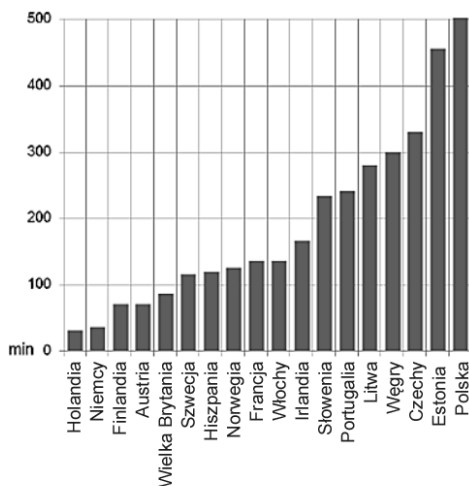
Okres 45-lat rozwoju techniki PPN w Polsce daje pozytywne rezultaty, a wymagania dotrzymywania ww. wskaźników inspirują do rozszerzania tej techniki. Autorzy [4] wskazują na silną zależność pomiędzy wielkością SAIDI planowanego, a liczbą prac na SN w technologii PPN. Na konkretnym przykładzie wymiany 14 km przewodów linii SN na przewody w ostonie izolacyjnej obejmujących 14 stacji, 505 odbiorców, łączny czas wyłączeń to 342,6h – porównanie pracy tradycyjnej (przy wyłączaniu) z PPN pokazał wpływ tej pracy na wskaźnik Rejonu: SAIDI [min] z 6,95 do 0,08, a SAIFI [ilość przerw] z 0,019 do 0,001. Powoduje to rozważania nie tylko szerszego zastosowania techniki PPN, ale także przechodzenia do kompleksowych rozwiązań w codziennej praktyce – z powodzeniem to organizuje choćby ENEA Operator. Dla pełnego zobrazowania stanu techniki w PPN w Polsce przedstawiono najważniejsze osiągnięcia w największych koncernach.

Tablica 1. Porównanie wskaźników przeciętnych systemowych przerw w zasilaniu odbiorców SAIDI i SAIFI w latach 2016-17 (opracowano na podstawie [5])

Wskaźniki	Jedn. miary	Rok	TAURON	ENEA	ENERGA	PGE
SAIDI nieplanowe	min./odb	2016	137,68	184,31	166,1	252,05
		2017	219,67	403,76	209,4	385,89
SAIDI Nieplanowane + katastrofalne		2016	137,94	185,98	177,0	281,9
		2017	238,41	671,06	298,0	461,7
SAIDI planowe		2016	59,38	103,32	50,8	119,41
		2017	48,4	55,26	55,4	95,05
SAIFI nieplanowe	szt./odb.	2016	2,55	3,53	2,49	3,86
		2017	3,29	4,15	2,67	4,97
SAIFI nieplanowane + katastrofalne		2016	2,55	3,54	2,5	3,88
		2017	3,3	4,23	2,69	5,0
SAIFI planowe		2016	0,4	0,59	0,33	0,61
		2017	0,31	0,35	0,33	0,48
Liczba odbiorców		2016	5 372 951	2 487 023	2 950 595	5 307 050
		2017	5 532 681	2 552 699	2 992 418	5 350 667

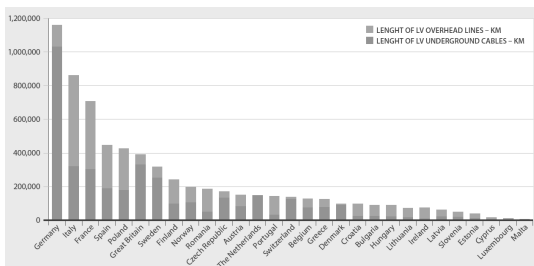
W tablicy 1 zawarto porównanie wskaźników przeciętnych systemowych przerw w zasilaniu odbiorców SAIDI i SAIFI w latach 2016-17, których poprawy oczekuje się wraz z rozwojem techniki prac pod napięciem.

Jeszcze nie tak dawno wg publikacji CEER [6] wskaźniki dla Polski były bardzo niekorzystne od kilku do kilkudziesięciu razy (rysunek 1).

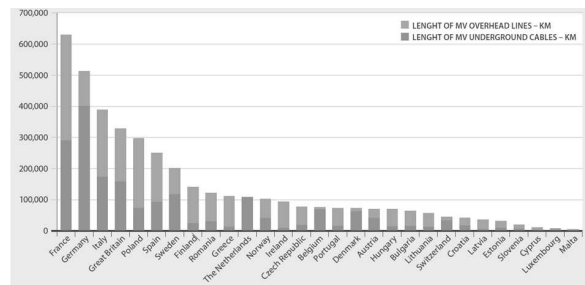


Rys. 1. Porównanie wskaźników SAIDI europejskich krajów wg publikacji CEER [6]

Bardzo zróżnicowane kryteria obliczania wskaźników, stan techniczny sieci, a nawet udział linii kablowych i napowietrznych (rys. 2 i 3 wg [7]) oraz wiele innych czynników utrudnia rzetelne porównania.



Rys. 2. Udział linii napowietrznych i kablowych nn europejskich krajów wg [7]



Rys. 3. Udział linii napowietrznych i kablowych SN europejskich krajów wg [7]

Jednak analizy wykonywane w poszczególnych krajach np. [8], [9] wskazują na lepsze osiągnięcia w kompleksowym zastosowaniu techniki PPN zarówno dla linii jak i stacji. W Polsce prace na liniach napowietrznych dominują nad stacjami.

3. TECHNIKA PPN W ENERGETYCE ZAWODOWEJ

Prace pod napięciem w Polsce zaczęto rozwijać w regularny sposób od 1975 roku wraz z pojawieniem się pierwszych przepisów. Wcześniejsze prace w latach 30-tych do wybuchu II wojny światowej były sporadyczne [10]. Pojawienie się nowych materiałów izolacyjnych w latach 60 i 70-tych spowodowała kolejny impuls do poszerzania zastosowań techniki PPN. Zakład Energetyczny Gliwice w latach 1975-1984 posiadał brygady PPN na niskim napięciu w każdym swoim rejonie (było ich kilkanaście) i był dumą ZEOPd (Zakładów Energetycznych Okręgu Południowego) w Katowicach. Na terenie zaplecza warsztatowego ZE Gliwice wyprodukowano pierwsze krajowe narzędzia, a zakładowy Ośrodek szkoleniowy w Dzierżnie został dostosowany do wymagań techniki PPN, łącznie z centrum telewizji przemysłowej wspomagającej procesy szkoleniowe. Jednocześnie przewidując rozwój techniki PPN wybudowano od podstaw nowy poligon przy energetycznym Ośrodku Wdrażania Postępu Technicznego w Energetyce (wybudowany na wzór francuskich ośrodków) w Bielsku Białej (obecny ZIAD Bielsko Biała SA).

Zmiany w polskiej gospodarce w latach 80-tych zaowocowały jej transformacją na początku lat 90-tych wraz z przemianami ustrojowymi. Rolę Zakładu Bezpieczeństwa Pracy Instytutu Energetyki z Gliwic (lidera początków techniki PPN od 1973 roku) zaczęły przejmować grupy inżynierów bezpośrednio reagujący na potrzeby swoich przedsiębiorstw. Pod koniec lat 90-tych po utworzeniu

w Poznaniu PTPiREE (Polskie Towarzystwo Przesyłu i Rozdziału Energii Elektrycznej) dostrzeżono potrzebę ujednolicenia przepisów i tworzenia dalszych technologii. Powstał przy PTPiREE działający do dziś zespół inżynierski tworzący i jednoczący elektryków spółek dystrybucyjnych (utworzonych na bazie zakładów energetycznych) w opracowaniu wybranych tematów wspólnych dla sieciowej energetyki z zachowaniem inicjatyw poszczególnych koncernów (utworzonych z pogrupowania 33 zakładów ostatecznie w 4 koncerny i specyficzny stołeczny zakład – obecnie Innogy). Inną drogę obrał Operator Sieci Przesyłowej, który po założeniu PSE S.A. w 1990 roku przejął majątek sieciowy 220 i 400 kV z zakładów energetycznych (do 1994 roku), jednocześnie powierzając im prowadzenie eksploatacji tej sieci. Z biegiem lat sytuacja ta zmieniała się wraz z rozwojem outsourcingu i dziś podlega regulacjom przetargowym [10], [11], [12].

Przez kilka lat po 1975 roku nad rozwojem techniki czuwał Komitet PPN działający w strukturach władz energetyki na czele którego stał wysoki przedstawiciel centralnych organów. Umocnienie w latach 70-tych struktur Stowarzyszenia Elektryków Polskich spowodowało utworzenie Polskiego Komitetu Ochrony przed Zagrożeniami Elektrycznymi i nieco później stowarzyszeniowego Komitetu PPN. Z uwagą na pracę tych samych specjalistów w obu komitetach połączono je w Polski Komitet Bezpieczeństwa w Elektryce i ten stan trwa do dziś. PKBwE SEP wspiera rozwój bezpiecznych metod pracy przy urządzeniach elektrycznych od 0,4 do 750 kV AC oraz DC (np. trakcji kolejowej).

Wraz z rozwojem gospodarki rynkowej nie zanikł społeczny charakter spółek dystrybucyjnych na który wpływ ma działalność URE wyznaczająca kryteria prowadzenia ruchu sieci w sposób jak najmniej uciążliwy dla odbiorców m.in. minimalizując liczbę przerw w zasilaniu i czasy wyłączeń bez dostawy energii. Wymaga to nieustającej poprawy współczynników SAIDI i SAIFI - charakteryzującej bezwyłączeniową pracę sieci – a jest możliwe dzięki ciągłemu doskonaleniu techniki PPN.

W dniach 20-21 września 2018 roku pod hasłem „Nowe Technologie Prac Pod Napięciem” odbyła się kolejna IV KONFERENCJA PRAC POD NAPIĘCIEM ENEA Operator Sp. z o.o. która zgromadziła przedstawicieli wszystkich wielkich koncernów energetycznych i na podstawie prezentowanych tam materiałów przedstawiony zostanie aktualny stan techniki PPN w spółkach energetyki zawodowej [12], [13], [14], [15], [16], [17], [18].

3.1. Tauron Dystrybucja S.A.

Nowe kierunki rozwoju PPN na napowietrznych liniach SN TAURON Dystrybucja przedstawiono w [13].

Rozwój prac pod napięciem w TAURON Dystrybucja i energetyce opolskiej kształtował się w następujący sposób. W latach po 1975 roku i po 1984r. - wdrożenie i wykonywanie prac w na liniach napowietrznych niskiego napięcia odbywało się na bazie „Tymczasowej Instrukcji Technologicznej – wykonanie prac pod napięciem” oraz „Kart technologicznych” opracowanych przez Instytut Energetyki Zakładu Bezpieczeństwa Pracy w Gliwicach.

Wdrożenie i wykonywanie prac na napowietrznych liniach 15 i 20kV ma znaczące daty w późniejszym ich rozwoju:

1995 – powołanie przy PTPiREE zespołu ds. wyboru i wdrożenia technologii PPN na liniach napowietrznych SN,

1996 – nawiązanie współpracy pomiędzy PTPiREE oraz irlandzkiej ESBI International,

1997 – szkolenie pierwszej grupy instruktorów przez specjalistów z Irlandii oraz elektromonterów z ZE w Olsztynie,

1997 – pierwsze regularne prace na liniach napowietrznych SN w Polsce metodą rękawic elektroizolacyjnych z użyciem podnośnika do PPN,

2004 – zakup pierwszego podnośnika i wprowadzenie technologii PPN na liniach SN w TAURON Dystrybucja Oddział w Krakowie,

2004 – dostosowanie laboratorium do okresowych badań sprzętu i podnośnika; udział w opracowaniu instrukcji PTPiREE; wprowadzenie instrukcji Oddziałowej opartej na Instrukcji PTPiREE; etap wdrożenia i wykonywanie pierwszych prac pod napięciem w Oddziale Kraków;

2007 – wdrożenia i wykonywanie prac pod napięciem w Oddziale Będzin,

2014 – wdrożenie jednolitej instrukcji dla całego TAURON Dystrybucja (we wszystkich oddziałach).

2014/2015 – sukcesywny zakup sprzętu, narzędzi podnośników oraz wdrożenie technologii w pozostałych Oddziałach TAURON Dystrybucja.

Zakres technologiczny najlepiej odda wykaz kart technologicznych PPN w sieciach 15 i 20kV:

- 1 - Przygotowanie do prac pod napięciem w sieciach SN metodą „rękawic elektroizolacyjnych”
- 2 - Wymiana izolatora stojącego lub wsporczegego
- 3 - Wymiana izolatora odciągowego
- 4 - Podłączenie odgałęzienia (bez naciągu) na słupie rozgałęźnym
- 5 - Podłączenie mostków na słupach odgałęźnych i odporowych
- 6 - Odłączenie mostków na słupach odgałęźnych i odporowych
- 7 - Odłączenie transformatora
- 8 - Podłączenie transformatora
- 9 - Demontaż/montaż transformatora
- 10 - Demontaż odłącznika zamontowanego nad przewodami linii
- 11 - Wymiana odłącznika zamontowanego pod przewodami
- 12 - Przegląd linii SN
- 13 - Naprawa/wymiana mostka
- 14 - Montaż osłon ochronnych dla ptaków na izolatorach liniowych
- 15 - Montaż osłon ochronnych dla ptaków na transformatorze

Prawie 100 osobowa grupa personelu organizująca i wykonująca te prace na SN wykonała w roku 2015 – 4 232 prace, a w pierwszej połowie 2016 prawie 2 215 prac. Natomiast na urządzeniach niskiego napięcia liczba prac w 2015 roku sięgnęła 104 514 prac.

3.2. ENEA Operator Sp. z o.o.

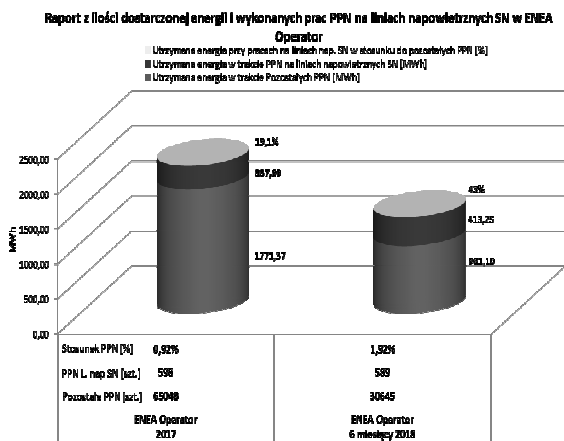
Jedyny koncern od wielu lat regularnie i konsekwentnie rozwijający technikę PPN, posiadający na swojej stronie internetowej zakładkę poświęconą tej technice. Organizator konkursów i specjalistycznych konferencji wraz z pokazami PPN [14].

W roku 2017 na sieci niskiego napięcia wykonano 65 048 prac pod napięciem, dostarczono do odbiorców 1771 [MWh] energii elektrycznej. W roku 2018 (6 miesięcy) na sieci niskiego napięcia wykonano 30 645 prac pod napięciem, dostarczono do odbiorców 961 [MWh] energii. Stosunek PPN nn do wszystkich prac na sieci nn (PPN +

wył.): 2016 – 86,62 %, 2017 – 89,48 %. Natomiast na liniach napowietrznych SN w roku 2017 wykonano 598 prac pod napięciem, dostarczono do odbiorców 338 [MWh] energii elektrycznej. W roku 2018 (6 miesięcy) na liniach napowietrznych SN wykonano 589 prac pod napięciem i dostarczono do odbiorców 413 [MWh] energii elektrycznej (rys. 4). Jest to efekt pracy prawie 200-osobowej kadry wykonawczej.

Do zaawansowanej realizacji PPN w ENEA Operator wprowadzono kilka procedur:

- prac pod napięciem przy urządzeniach elektroenergetycznych,
- prac pod napięciem w sieciach napowietrznych 15 i 20kV,
- zestawiania danych o sieci dystrybucyjnej ENEA Operator z udziałem prac wykonywanych w technologiach pod napięciem,
- prowadzenia ewidencji wykonanych prac w technologii PPN oraz obliczania dostarczonej energii elektrycznej do odbiorców w trakcie wykonywania prac pod napięciem.



Rys. 4. Raport dotyczący utrzymanej energii dzięki technice PPN

3.4. Energa-Operator S.A.

Co nowego w ENERGA-OPERATOR S.A.? - było tematem prezentacji przedstawicielei tej firmy [15]. Realizując Polecenie Prezesa zarządu w sprawie powołania projektu operacyjnego pod napięciem - wdrożenie nowych technologii w zakresie prac pod napięciem w sieciach napowietrznych SN, wykonano prace umożliwiające zastosowanie kolejnych technologii:

1. Montaż grzebieni przeciw ptakom,
2. Chirurgia drzew w pobliżu linii,
3. Obsługa mostków rozłączalnych,
4. Rozmostkowanie/zmostkowanie linii w przęśle,
5. Wymiana konstrukcji wsporczej słupa przelotowego,
6. Wymiana słupa przelotowego,
7. Naprawa przewodu w przęśle.

W sumie dysponuje się 22 technologiami. Poprawiono wiele dokumentów obowiązujących w spółce, a mianowicie:

- instrukcję PPN w sieciach napowietrznych 15 i 20 kV (wyd. VI),
- podręcznik szkoleniowy do nauki wykonywania PPN w sieciach napowietrznych 15 i 20 kV,
- wytyczne badania sprzętu i narzędzi do PPN w sieciach napowietrznych 15 i 20 kV,

- programy szkoleniowe PPN w sieciach napowietrznych 15 i 20 kV dla:
 - a) instruktorów,
 - b) elektromonterów,
 - c) pracowników dozoru.

Trwa ciągle doskonalenie techniki PPN choć Autorzy upatrują więcej korzyści z wspólnej działalności spółek dystrybucyjnych w tym zakresie do której zachęcają od kilku lat.

3.5. PGE Dystrybucja S.A.

W PGE Dystrybucja niewątpliwie w technice PPN dominuje doświadczenie elektryków łódzkich i lubelskich, niestety pozostali jeszcze mają przed sobą wiele do zrobienia zwłaszcza w sieci SN.

Nową technologię PPN zastosowania serwisowej linii kablowej SN podano w [16].

SSLK to zestaw składający się z:

- elastycznej linii kablowej, w dodatkowej osłonie mechanicznej, pozwalającej na jej wielokrotne rozwijanie i zwijanie
- wyposażenia dodatkowego w postaci specjalistycznego osprzętu (mostki, złączki-mufki), o obciążalności prądowej do 200A umożliwiającego podłączenie SSLK w liniach napowietrznych i stacjach wnetrzowych w sieciach kablowych.

Obwody elektryczne średnich napięć i funkcjonująca w nich m.in. aparatura wymagają okresowych przeglądów, napraw lub wymian. Aby do tych prac nie wyłączać całych obwodów rozwinięto tymczasowe techniki zasilania, w których istotną rolę odgrywa bocznikowanie obwodów SN, w tym wykonywane w technologii prac pod napięciem. Szczególnymi odmianami tej technologii są: przyłączanie boczników pod napięciem oraz tymczasowe zasilanie fragmentów sieci.

Przy bocznikowaniu pod napięciem prostych fragmentów obwodu, w celu naprawy lub wymiany jego elementu, rozptył prądu pomiędzy gałęzią bocznikowaną (główną) a bocznikującą zależy od wartości impedancji tych gałęzi i jest do nich odwrotnie proporcjonalny (wynika to z pierwszego prawa Kirchhoffa).

Wówczas przez gałąź bocznikującą przepływa tylko część natężenia prądu obwodu, pozostała przepływa nadal gałęzią zbocznikowaną [16].

Pomimo znacznej wartości natężenia prądu w gałęzi zbocznikowanej (19% do 43%) można przystąpić do rozłączania obwodu (rozkręcania połączenia śrubowego), gdyż podczas rozłączania obwodu zwiększa się wartość jego impedancji, co powoduje zmianę relacji prądów pomiędzy gałęzią bocznikującą (impedancja o stałej wartości) a gałęzią zbocznikowaną o wzrastającej impedancji.

Następuje udoskonalenie opisanego sposobu montażu i eksploatacji kablowych linii serwisowych wraz z zebraniem doświadczenia z zawodowej praktyki¹.

Pierwsze prace na czynnych liniach 15 kV w PGE Dystrybucja Oddział Łódź - pierwsza praca historyczna data 18.07.2017 to montaż rozłącznika jednobiegunowego na linii 15 kV Kuluszki – Odlewnia, następna 20.07.2017, to wymiana izolatorów odciągowych w łańcuchu dwurzędowym, a 21.07.2017 - wymiana izolatora stojącego.

¹ Patrz także Schwann M., KENTIA Firma Konsultingowa: Wpływ stosowania kablowych linii serwisowych w liniach napowietrznych średniego napięcia na wskaźniki SAIDI i SAIFI, mat. konf. Borowianka 2017

3.6. PSE S.A.

Prace pod napięciem w sieci przesyłowej PSE przedstawiono w referatach [17], [18].

Początki prac pod napięciem w sieci przesyłowej po powołaniu spółki PSE sięgają 1994 roku. Wcześniej, w latach 1984 -1994 prace na sieci przesyłowej realizowało dziesięć brygad do obsługi linii napowietrznych 220, 400 i 750kV zlokalizowanych w byłych zakładach energetycznych.

Dokumenty zezwalające na pracę były opracowane na bazie kontraktów z Węgry i Niemcami przez Zakład Bezpieczeństwa Pracy Instytutu Energetyki w Warszawie i Gliwicach.

W latach 1994 – 2006 najaktywniejszą brygadą do PPN była ekipa z ZE Toruń, realizująca wymianę izolacji w praktycznie wszystkich rodzajach łańcuchów linii 220 i 400kV.

Początki celowo zorganizowanych prac pod napięciem w PSE sięgają 2006 roku. W tym okresie rozpoczęto prace związane z opracowaniem modelu organizacyjnego prac pod napięciem w polskiej elektroenergetycznej sieci przesyłowej. W tym samym roku opracowano regulamin PPN i przymierzono się do stworzenia katalogu PPN. Dokument ten zawiera podstawowe informacje o dopuszczonych do stosowania w sieci PSE technologiach. Katalog na bieżąco jest aktualizowany.

W maju 2014 roku została zaktualizowana „Instrukcja prowadzenia prac bez wyłączania napięcia w obiektach sieciowych PSE S.A.”. Dokument ten określa zasady organizacji i prowadzenia prac bez wyłączania napięcia w sieci przesyłowej PSE i przeznaczony jest dla pracowników sprawujących kierownictwo i dozór nad eksploatacją urządzeń elektroenergetycznych oraz dla osób organizujących i wykonujących prace bez wyłączania napięcia w sieci przesyłowej.

W chwili obecnej są cztery firmy, które świadczą usługi w zakresie PPN na obiektach sieciowych PSE. Firmy te są w posiadaniu 82 technologii do realizacji prac pod napięciem na obiektach sieciowych PSE.

Firma 1 posiada 16 technologii, firma 2 – 47 technologii, firma 3 – 5 technologii, firma 4 - 14 technologii.

Przykładowe prace tych firm, to:

- oględziny odgórne słupów linii 220kV i 400kV (jedno i dwutorowych),
- montaż tablic informacyjnych na liniach 220kV i 400kV (jedno i dwutorowych),
- naprawa przewodu odgromowego przy zawiesiu odgromowym lub wymiana mostka przewodu odgromowego na liniach 220 kV i 400 kV (jedno i dwutorowych),
- naprawa przewodu roboczego na liniach 220kV i 400kV poprzez zamontowanie oplotu naprawczego lub złączki naprawczej (linie jednotorowe lub dolne fazy linii dwutorowych),
- zabezpieczenie antykorozyjne konstrukcji stalowej słupa serii Z52 i Z33 – prace monterskie i malarskie,
- prace związane z wymianą izolatorów,
- wymianę i montaż przewodów odgromowych oraz OPGW (patrz [11]),
- malowanie konstrukcji pod aparatami i izolatorami wsporczyimi w polu rozdzielni 220kV,
- prace z wózka na przewodach roboczych (wiązki dwuprzewodowe) linii 400kV przy zastosowaniu krzeselka monterskiego do wprowadzenia montera na potencjał.

Do najczęściej stosowanych prac w technologii PPN na liniach NN, podczas realizacji zadań inwestycyjnych, modernizacyjnych i remontowych zalicza się:

- wymianę izolacji,
- wymianę przewodów odgromowych na odgromowe skojarzone ze światłowodami,
- malowanie konstrukcji wsporczych linii 400kV.

Techniki bezwyłączeniowe stosuje się również przy pracach eksploatacyjnych, do których najczęściej zalicza się oprócz wymiany izolacji - przegląd odgórny linii, w ramach którego wykonywane są oględziny wraz z usuwaniem usterek stwierdzonych podczas tych oględzin (drobne naprawy na przewodach odgromowych, roboczych i na konstrukcjach wsporczych).

Praktyka dla potrzeb PSE jest ciągle rozwijającą się dziedziną o wielu aspektach zwłaszcza w relacjach outsourcingu.

4. WNIOSKI KOŃCOWE

Rola techniki PPN w ograniczaniu przerw w dostawie energii elektrycznej odgrywa jedną z najważniejszych ról w ocenie pracy spółek dystrybucyjnych.

Zdecydowana poprawa jakości energii wg wskaźników SAIDI i SAIFI jest osiągalna dzięki rozszerzaniu technologicznych i technicznych metod eksploatacji pod napięciem.

5. PODSUMOWANIE

Zastosowane 45 lat temu systemowe podejście do techniki utrzymania bezprzerwowej i bezwyłączeniowej elektroenergetycznych urządzeń i sieci zaowocowało zdecydowanym obniżeniem wypadkowości, a dziś jest inspirującą działalnością elektryków [1],[10],[11]. Dzielą się swoim doświadczeniem na forum krajowym na konferencjach organizowanych od 1988 roku (13 edycji, ostatnia w czerwcu br. w Toruniu) oraz na forum europejskim od 1992 roku (najbliższy 13.ty ICOLIM² w 2020 roku w Turynie we Włoszech).

Współcześnie systemowe podejście do bezpieczeństwa w energetyce ma wiele innych kierunków i celów. Uwzględnienie infrastruktury krytycznych, likwidacja wypadków śmiertelnych i ograniczenie wypadków ciężkich poparzeń łukiem elektrycznym, szerokie uwzględnianie miar ryzyka, przejście całkowicie na utrzymanie urządzeń elektrycznych pod napięciem, weryfikacja pracy komisji kwalifikacyjnych przyznających tzw. grupy elektryczne, unowocześnianie sprzętu, narzędzi i wyposażenia osobistego. Tylko tych kilka kierunków, to jednocześnie odpowiadanie na potrzeby zmieniającego się świata energetycznego w którym pojawiają się nowe źródła zasilania, nowoczesne systemy oświetlenia i ogrzewania, sztuczna inteligencja i robotyka, cyberbezpieczeństwo, światłowodowe autostrady informatyczne z wykorzystaniem fizycznej obecności urządzeń i słupów linii elektroenergetycznych. Wszędzie w tych rozwiązaniach znajduje się miejsce na wykorzystanie lub realizację techniki PPN.

Systemowe podejście to integracja systemów zarządzania bezpieczeństwem pracy, środowiskiem, jakością, ryzykiem, wprowadzanie nowych narzędzi projektowych typu BIM, realizacja inwestycji z aktywnym

² International Conference on Live Maintenance

prowadzeniem eksploatacji z upowszechnianiem dobrych praktyk.

Energetyka staje się siłą nośną i jedną z najbardziej innowacyjnych i interdyscyplinarnych dziedzin gospodarki i życia społecznego. Jakość energii elektrycznej może ulec znacznej poprawie dzięki rozszerzeniu technologicznych i technicznych aspektów symbiozy utrzymania sieci z procesami modernizacyjnymi i inwestycyjnymi wykorzystującymi technikę PPN. Jest jeszcze wiele do zrobienia!

6. BIBLIOGRAFIA

1. CIGRE Raport 561 „Live Work – A Management Perspective, CIGRE decembre 2013
2. Halinka A., Niedopytalski M., Rzepka P., Sowa P., Szablicki M.: Metodyka eksperckiego szacowania normatywnego wskaźnika niezawodności SAIDI, Politechnika Śląska s.24-34
3. Kubacki S., Mazierski M.: Poprawa SAIDI i SAIFI: cztery kroki ku niezawodności Biuletyn Energia Elektryczna nr 5, 2013
4. Tomczykowski J., Sztukowski J.: Wpływ PPN na poprawę wskaźników SAIDI/SAIFI oraz wpływ na regulację jakościową, Materiały konferencyjne z XII Konferencji „Prace pod napięciem w sieciach nn, SN i WN w Polsce i na świecie” Katowice/Chorzów, 2016 s.97-103
5. Dołęga W.: Awarie sieciowe w krajowej sieci dystrybucyjnej, Elektroinfo nr 4, 2019
6. Council of European Energy Regulators (CEER): 5th CEER Benchmarking Report on the Quality of Electricity Supply, 2011 (rys.2.11 i 2.12) www.energy-regulators.eu
7. 6th CEER Benchmarking Report on the Quality of Electricity and Gas Supply, August 2016 (rys.2.17 i 2.18)
8. Dütsch, K. Quality Regulation in German Distribution Networks – New Impulse for Live Working. // Proceedings of 11th International Conference on Live Maintenance, ICOLIM 2014 / Budapest, 2014
9. Lovrencic V., Brezavscek A., Pantos M. & Gomiscek B.: Contribution of live working to the quality, safety, effectiveness and efficiency of the maintenance processes, Tehnicki Vjesnik, vol. 24, no. 5, 2017 s. 1619-1626.
10. Lubicki W., Dudek B.: Eighty years of Polish experiences in technology of live-line working and impressions from all 10 ICOLIM conferences, 11th International Conference on Live Maintenance ICOLIM' 2014 , 21–23 May 2014 Budapest, Hungary oraz Energetika (Czechy) nr 10/2014 (str. 528-535); i Energetyka nr 8, 2014 (s.478-484)
11. Dudek B.: Nowoczesne utrzymanie sieci pod napięciem na europejskiej konferencji ICOLIM'2017 w Strasburgu ICOLIM 2017, ŚIWE nr 4, 2017
12. Organizacja prac pod napięciem w Polsce Elektroinfo nr 9, 2019 s.48-50
13. Miedzianka A., Zoworka L., Tauron Dystrybucja: Nowe kierunki rozwoju prac pod napięciem na napowietrznych liniach SN w TAURON Dystrybucja S.A., Materiały IV Konferencji prac pod napięciem ENEA Operator w Gronowie „Nowe Technologie Prac pod Napięciem” 20-21.09.2018
14. Geruzel G., Enea Operator: Rozwój prac pod napięciem w ENEA Operator Sp. z o.o., materiały jak pod poz. [13]
15. Sztukowski J., Roman M., Energa Operator: Co nowego w ENERGA - OPERATOR S.A.?, materiały jak pod poz. [13]
16. Pluciennik S., PGE Dystrybucja: Budowa i zastosowanie serwisowej linii kablowej SN, materiały jak pod poz. [13]
17. Kochan G., Partatus M., PSE S.A.: Prace pod napięciem w sieci przesyłowej PSE S.A., materiały jak pod poz. [13]
18. Dudek B., PSE S.A.: Nowe technologie PPN - tworzenie przepisów i instrukcji dopuszczających ich stosowanie, materiały jak pod poz. [13]

QUALITY OF ELECTRICITY SUPPLY - THE ROLE OF LIVE LINE MAINTENANCE

The impact of an increasingly common technique of live works on the quality of electricity, especially eliminating electrical equipment shutdowns for planned works in the field of diagnostics, operation, repairs and modernization, was presented.

Keywords: SAIDI, SAIFI indicators, live line maintenance, LLM.