



Doskonalenie
Kadr
Gospodarki

Akademia Energetyki



**PRACE POD
NAPIĘCIEM**

**Szkolenie dla prac pod napięciem
przy urządzeniach i instalacjach elektroenergetycznych**

*Projekt jest współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego,
realizowany pod nadzorem Polskiej Agencji Rozwoju Przedsiębiorczości*



ZIAD BIELSKO - BIALA
Spółka Akcyjna



POLSKA AGENCJA ROZWOJU PRZEDSIĘBIORCZOŚCI
POLISH AGENCY FOR ENTERPRISE DEVELOPMENT

Sesja 7

Prace pod napięciem przy urządzeniach i instalacjach elektroenergetycznych

Wykładowcy:

inż. Stanisław Cader, mgr inż. Bogumił Dudek, inż. Roman Fober,
mgr inż. Tadeusz Gontarz, mgr inż. Witold Wiśniewski

Wykład dziewiąty

Prace pod napięciem w sieciach do 1 kV

Ponad trzydziestoletnie, pozytywne doświadczenia w stosowaniu technologii prac pod napięciem w liniach napowietrznych do 1 kV w Polsce pozwoliły na rozszerzenie zakresu stosowania tej techniki w liniach kablowych ziemnych i związanych z nimi urządzeniach rozdzielczych.

Odmienność budowy linii kablowych i urządzeń rozdzielczych charakteryzująca się małymi odległościami pomiędzy częściami o różnych potencjałach oraz konieczność przemieszczania elementów urządzeń będących pod napięciem narzuciły potrzebę nowego spojrzenia na możliwości wykonywania prac bez wyłączenia napięcia w urządzeniach rozdzielczych.

Najgroźniejszymi w skutkach dla wykonującego prace pracownika i obsługiwanego urządzenia są zagrożenia elektryczne polegające na możliwości wykonania zwarcia w obwodzie lub rozwarcia obwodu obciążonego, wywołujące zwykle łuk elektryczny, którego wielkość zależna jest od mocy zwarciowej w danym miejscu sieci, a ukształtowanie szyn w urządzeniach rozdzielczych sprawia, że palący się łuk elektryczny zmierzając do wydłużenia pętli zwarciowej, skierowany jest najczęściej na pracownika. Zjawisko to potwierdzają wielokrotne doświadczenia oraz analizy powypadkowe, w których brali udział również opracowujący technologie.



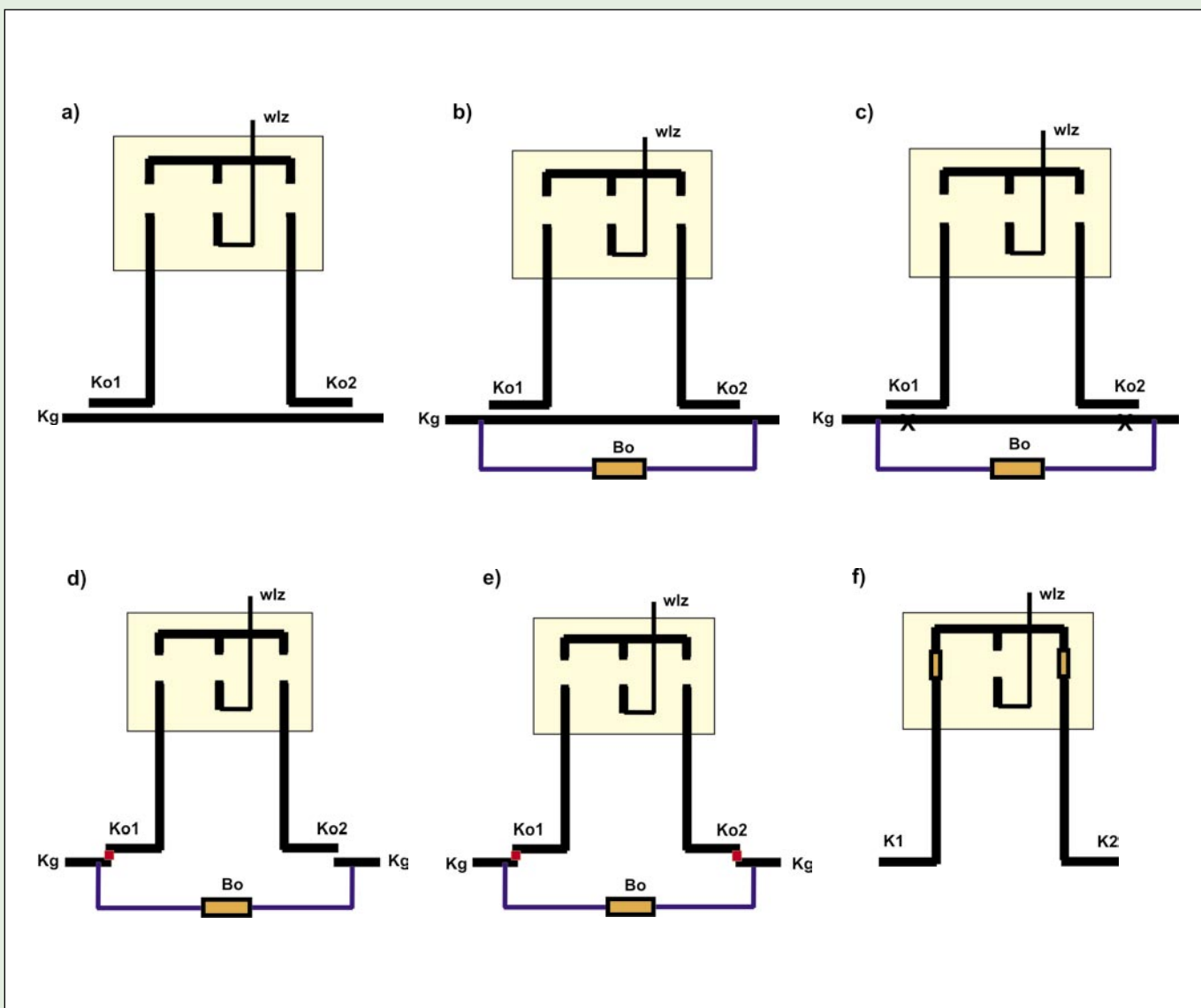
Rys. 1. Prace pod napięciem na miejskich urządzeniach rozdzielczych – pokazy: na Węgrzech (z lewej) oraz podczas krajowej konferencji PPN w Bielsku (2001)



Rys. 2. Montaż mufy odgałęźnej pod napięciem na kablu typu YAKY wykonywany przez polskich elektryków (poszczególne etapy)



Rys. 3. Prace pod napięciem na liniach kablowych – pokaz podczas krajowej konferencji PPN w Krakowie (2004)



Rys. 4. Schemat wcinki w istniejącą linię kablową w technologii ppn

Świadomość zagrożeń występujących podczas prac, rozpoznanie technicznych możliwości ich redukcji oraz ochrony przed ich skutkami wyznaczyły kierunki opracowania nowych technologii prac pod napięciem w tych urządzeniach dla zespołu utworzonego przy *Ośrodku Doskonalenia Zawodowego Kadr Energetyki ZIAD Bielsko-Biała*. Przyjęto zasadę, że prace pod napięciem będą prowadzone metodą w kontakcie (z użyciem rękawic elektroizolacyjnych), zakładając tym samym, że prawdopodobieństwo bezpośredniego porażenia monterów wykonujących pracę jest znikome. W wymaganiach dla budowy narzędzi, osłon izolacyjnych i nowego sprzętu uwzględniono najgroźniejsze w skutkach zwarcia jedno- i wielofazowe, również zainicjowane łukiem elektrycznym powstającym przy rozwarciu obwodu obciążonego. Produkcji nowego sprzętu oraz ochron osobistych pracowników podjęła się firma *ELNA-HUBIX*.

Odmienność budowy urządzeń rozdzielczych spowodowała opracowanie nowych, nie stosowanych dotąd konstrukcji narzędzi, z zachowaniem zgodności z PN-EN-60900. Małe odległości pomiędzy częściami o różnych potencjałach narzuciły konieczność opracowania różnych rodzajów osłon izolacyjnych elastycznych i sztywnych, umożliwiających zastosowanie ich na każdym elemencie obwodu w taki sposób, aby możliwe było odsłonięcie tylko niezbędnego jego fragmentu do wykonania określonej czynności. Odsłonięcie dwóch elementów obwodu o różnych potencjałach przy sztywnym ich zamocowaniu jest dopuszczalne tylko w niezbędnych przypadkach określonych instrukcją.

Ryzyko wypadku pochodzącego od skutków zagrożeń jest tym większe, im wyższe są parametry zwarciowe sieci w miejscu wykonywania pracy. Zatem najgroźniejsze skutki zwarcia mogą wystąpić blisko źródła zasilania, jakim dla sieci do 1 kV jest zwykle transformator zabezpieczony po stronie wysokiego napięcia bezpiecznikami¹⁾.

Stąd dla ograniczenia wielkości ryzyka zabronione jest wykonywanie jakichkolwiek prac na tych fragmentach obwodów, które nie są chronione bezpiecznikami lub innymi zabezpieczeniami w kierunku źródła zasilania. Zakaz ten dotyczy powszechnie stosowanych starych rozdzielnic RNN do 1 kV w miejskich stacjach transformatorowych, wyposażonych w odłącznik główny OZK 1000–1500 A, w których można wykonać jedynie nieliczne prace polegające na podłączeniu lub odłączeniu linii do podstaw bezpiecznikowych. Prace polegające na konieczności ingerencji w układ połączeń takiej rozdzielnicy mogą być wykonywane po dokonaniu przełączeń w układach dwustronnie zasilanych tak, aby rozdzielnica,

na której mają być prowadzone prace była odłączona od źródła podstawowego i zasilana z innej stacji.

Zarówno instrukcje, jak i karty technologiczne nie precyzują dokładnie typu urządzenia, przy którym będzie wykonywana praca, zawierają natomiast katalog rozpisanych szczegółowo prac elementarnych określających typowe zabiegi i czynności wykonywane przy urządzeniach rozdzielczych. Prace pod napięciem przy urządzeniach rozdzielczych i liniach kablowych do 1 kV może wykonywać zespół składający się z minimum dwóch osób przeszkolonych w tym zakresie.

Opracowana i wdrożona w roku 1999 w *ZIAD* technologia prac pod napięciem w liniach kablowych i urządzeniach rozdzielczych do 1 kV spotkała się z dużym zainteresowaniem spółek dystrybucyjnych, które wykonują prace pod napięciem w liniach napowietrznych.

Przewiduje się, że spółki dystrybucyjne energetyki polskiej będą dysponowały wyszkolonymi zespołami do prac pod napięciem, w pełnym zakresie do 1 kV. Technika ta staje się już dziś standardem, również dla wykonawstwa na rzecz energetyki.

Bardziej zaawansowaną technologią w liniach kablowych do 1 kV jest technologia przyłączania nowych odbiorców z rozcięciem i dwustronnym wprowadzeniem istniejącej linii kablowej pod napięciem i obciążeniem, którą dla odróżnienia z odgałęzieniem nazwano „wcinką”. Technologia ta, zaprezentowana po raz pierwszy podczas warsztatów instruktorskich w Krasnobrodzie w roku 2001, cieszy się dużym zainteresowaniem elektryków również poza granicami Polski.

Prezentowana technologia „wcinki” jest wykonywana w istniejącym ciągu linii kablowej np. 4xYAKYy 1x120 lub YAKY 4x120. Przekroje kabli ułożonych do przyłączenia nowego odbiorcy są równe przekrojowi linii, do której jest przyłączany; co oznacza, że są zdolne do przejęcia całego obciążenia linii, a nie tylko z potrzeb przyłączanego odbioru.

Opis technologii

Po rozplanowaniu i oznaczeniu miejsc połączeń kabli odgałęźnych Kol i Ko2 należy zdjąć zewnętrzną osłonę żył kabla rozcinanego Kg na odcinku pomiędzy planowanymi mufami łączeniowymi.

Schemat technologii „wcinki” w istniejący kabel przedstawiono na rysunku 4.

Kolejność czynności przyłączania żył fazowych kabli do kabla głównego jest następująca:

- a) przygotowanie do połączenia kabli,
- b) zbocznikowanie fragmentu wydzielonej żyły do rozcięcia,
- c) ustalenie miejsca przecięcia żyły,
- d) połączenie jednego z kabli przyłączanych z kablem głównym,
- e) połączenie obu kabli przyłączanych z kablem głównym.
- f) obwód główny po przyłączeniu odbiorcy.

¹⁾ Badania przeprowadzone w kilku krajach i prezentowane przez Sekcję Elektryczną międzynarodowej organizacji ISSA nie potwierdzają zależności większego ryzyka od wyższych mocy zwarcia. Wyniki badań przez wiele lat były prezentowane w różnych tematycznych opracowaniach.



Rys. 5. Montaż mufy rozgałęznej wykonywany przez francuskich elektryków

Prace pod napięciem w sieciach do 1 kV są przedmiotem ciągłego zainteresowania elektroenergetyków na całym świecie. Wynika ono z powszechności stosowania i opanowania tej techniki w codziennej praktyce.

Na ostatniej konferencji ICOLIM w czerwcu 2006 w Pradze kilka referatów poświęcono wybranym aspektom PPN na niskim napięciu. Ilustracje z tych referatów oraz fotografie z pokazów wybranych prac wzbogacają niniejszy wykład (patrz rys. 8–12).

Na uwagę zasługuje inicjatywa międzynarodowego komitetu prac pod napięciem, opisana w referacie Jensa Jühlinga, dotycząca stworzenia procedur technicznych wybranych obszarów działalności PPN i zastosowania uniwersalnej karty identyfikacyjnej osób posiadających uprawnienia do prac pod napięciem.



Rys. 6. Przykład karty identyfikacyjnej uprawniającej do prac pod napięciem stosowany w firmie Vattenfall – referat niemiecki (3.10) J.Jühling, ICOLIM 2006

Lista procedur przy pracach pod napięciem poniżej 1 kV obejmuje:

- w zakresie linii kablowych: przecinanie kabli, zakładanie muf kablowych, montaż końcówek kabli, montaż muf rozgałęznych, wymianę uszkodzonych kabli;
- w zakresie stacji: prace utrzymaniowe, demontaż i montaż aparatury, rozbudowę i wymianę instalacji, podłączanie i odłączanie kabli i przewodów;
- w zakresie linii napowietrznych: izolowanie, prace montażowe, demontażowe, podłączanie przyłączy;
- w zakresie opomiarowania: instalację i demontaż liczników oraz zegarów sterujących;
- w zakresie automatyki zabezpieczeniowej, urządzeń kontrolno-pomiarowych: prace na tablicach rozdzielczych, montaż i demontaż aparatów i ich zacisków, połączenie i odłączenie zacisków przewodów do obwodów pomocniczych, prace lutownicze;
- w zakresie obwodów pomocniczych: instalację akumulatorów i ich utrzymanie;
- w zakresie maszyn elektrycznych, generatorów: inspekcje, pomiary, czyszczenie, wymianę szczotek węglowych w maszynach elektrycznych;
- w zakresie instalacji elektrycznych: prace utrzymaniowe, montaż i demontaże.

Godne odnotowania jest przygotowanie i zastosowanie uniwersalnej karty identyfikacyjnej osób posiadających uprawnienia do prac pod napięciem (rys. 7). Nad upowszechnieniem tej karty pracuje międzynarodowy komitet prac pod napięciem wsparty przez zaproszonych ekspertów.

Możliwości wykorzystania prac pod napięciem różnymi metodami w sieciach i obwodach niskonapięciowych przedstawiono w tabeli 1.

Większość ekspertów uważa technikę prac pod napięciem w sieciach do 1 kV prądu przemiennego i 1,5 kV prądu stałego za całkowicie opanowaną, możliwą do zastosowania w każdych warunkach i w każdym kraju. Wiele analiz wykonanych w ostatnich dwudziestu latach, a zwłaszcza prace Grupy DIS.LIVE UNIPEDÉ wykazywały, że planowe stosowanie prac pod napięciem obniża, ze względu na swój profilaktyczny charakter, występowanie awarii nawet do 50%. W Polsce można liczyć, poza energetyką zawodową, na coraz większe zainteresowanie pracami pod napięciem ze strony energetyki przemysłowej.

Tabela 1
Zastosowanie techniki eksploatacji pod napięciem na różnego typu obiektach elektroenergetycznych do 1 kV

Metoda PPN	Typy urządzeń elektroenergetycznych do 1 kV					
	LN	LK	ST	AK	POM	I+M
W kontakcie	+	+	+	+	+	+
Z odległości	+	- ¹⁾	+	-	-	-
Kombinowana	+	+	-	-	-	-
Na potencjale nie ustalonym	+	-	-	-	-	-
Przenośne generatory, bocznikowanie	+	+	+	-	-	-

Oznaczenia: LN – linie napowietrzne; LK – linie kablowe, mufy; ST – stacje, urządzenia rozdzielcze, złącza kablowe; AK – obwody prądu stałego do 1,5 kV, akumulatory; POM – układy pomiarowe, liczniki; I+M – instalacje elektryczne przemysłowe i maszyny elektryczne

¹⁾ dopuszczalne przecinanie kabli

Prace pod napięciem w sieciach do 1 kV prezentowane na konferencji ICOLIM 2006 w Pradze



Rys. 7.
Prace pod napięciem
na linii napowietrznej nn w Hiszpanii
(źródło: referat hiszpański 1.10 – A. Perez)



Rys. 8.
Prace pod napięciem
na linii napowietrznej nn w Chorwacji
(źródło: referat chorwacki 3.30 – Z. Miletić, V. Čaha)



Rys. 9. Konserwacja izolacji metodą natryskową (źródło: referat węgierski 1.14 – G. Kovacs)





Rys. 10. Pokaz pracy pod napięciem polskiej brygady na ICOLIM 2006



Rys. 11.
Pokaz pracy pod napięciem
na ICOLIM 2006 z zakresu
czyszczenia urządzeń rozdzielczych



Rys. 12. Pokazy prac pod napięciem wywoływały spore zainteresowanie i skłaniały do wymiany poglądów

W opisach rysunków podano numery referatów z Konferencji ICOLIM 2006 (dostępne tylko w wersji elektronicznej). W artykule wykorzystano zdjęcia Autorów niniejszego wykładu oraz zdjęcia z referatów ICOLIM 2006, z folderu francuskiego (rys. 6) i M. Schwann (rys. 11).