



Fryderyk ŻUREK, Maksymilian LIBER

ENION SA Oddział w Krakowie, Zakład Energetyczny Kraków, Rejon Wysokich Napięć

## Problemy eksploatacyjne izolacji 110 kV

**Streszczenie.** W referacie przedstawiono wyniki analizy awaryjności izolatorów porcelanowych długopniowych i kołpakowych szklanych pracujących w liniach 110 kV na terenie Enion SA Oddział w Krakowie Zakład Energetyczny Kraków (dawny Zakład Energetyczny Kraków SA) w latach 1993-2005 (do połowy 2005). W dużym skrócie przedstawiono również procedurę postępowania przy usuwaniu awarii na linii 110kV.

**Abstract. (Exploitation problems of 110kV insulation).** The paper presents results of failure analysis of porcelain long-rod insulators and glass cap-and-pin insulators working on 110kV overhead lines on the area of Enion S.A. - Division Kraków Power Distribution Company, from 1993 to 2005 (up to June 2005). Procedure for failure removing is also shortly described.

**Słowa kluczowe:** izolator długopniowy, izolator kołpakowy, izolator kompozytowy, awarie linii.

**Key words:** long-rod insulator, cap-and-pin insulator, composite insulator, lines failures.

### Wstęp

Rejon Wysokich Napięć (RWN) jest jedną z komórek organizacyjnych Krakowskiego Oddziału Spółki Akcyjnej Enion. Obszarem działania Rejonu Wysokich Napięć jest cały teren Oddziału. RWN zajmuje się eksploatacją, będących na majątku Spółki, linii 110 kV i stacji 110 kV/SN o różnej wielkości oraz innych urządzeń na zlecenie odbiorców. Całkowita długość linii 110 kV, będących w eksploatacji RWN Kraków wynosi ok. 1500 km, a ilość stacji o górnym napięciu 110 kV wynosi 60. Na wszystkich obiektach elektroenergetycznych zastosowane są różnego rodzaju izolatory: porcelanowe długopniowe, porcelanowe kołpakowe, szklane kołpakowe oraz kompozytowe. Do tego dochodzą różne typy w zależności od funkcji, jaką pełni dany izolator w układzie elektroenergetycznym, a co za tym idzie różne rodzaje obciążeń, na jakie jest narażony.

W niniejszym artykule przedstawiono typowe sytuacje awaryjne, jakie mają miejsce w urządzeniach 110 kV, a są związane z uszkodzeniem izolacji oraz stosowane procedury usuwania uszkodzeń.

### Izolacja linii 110 kV

Pierwsza linia wysokiego napięcia (60 kV) relacji Jaworzno–Kraków powstała ok. 1930 roku i służyła do zasilania miasta Krakowa z elektrowni Jaworzno. Od tego momentu można datować rozwój linii wysokiego napięcia na terenie Krakowa i okolic [1].

Obecnie na wszystkich liniach 110 kV eksploatowanych przez Rejon Wysokich Napięć Kraków pracuje ok. 25 tys. izolatorów różnych typów. Najstarsze pracujące izolatory pochodzą jeszcze z 1954 r. – kołpakowe „LKZ-ty”.

Corocznie dochodzi do kilku awarii związanych z uszkodzeniem izolacji. Można je zasadniczo podzielić na dwa rodzaje: powodujące przerwy w przepływie mocy oraz ich nie powodujące. Pierwszy rodzaj to głównie zerwania izolatorów długopniowych pracujących w łańcuchach pojedynczych na słupach przelotowych i mocnych, drugi to zazwyczaj zerwanie jednego z izolatorów w łańcuchu wielokrotnym lub uszkodzenie izolatorów kołpakowych. W tabeli 1 przedstawiono stosowane typy izolatorów porcelanowych długopniowych z podaniem podstawowych parametrów technicznych i producenta.

W celu poprawy stanu sieci corocznie wykonuje się wymianę określonej liczby izolatorów. Czynnikiem kwalifikującym dany odcinek linii do wymiany jest jej awaryjność. Samą operację wymiany izolatorów wykonuje się metodą tradycyjną tj. po uwolnieniu linii spod napięcia. Jak dotąd nie wykonuje się tych prac metodą pracy na potencjale.

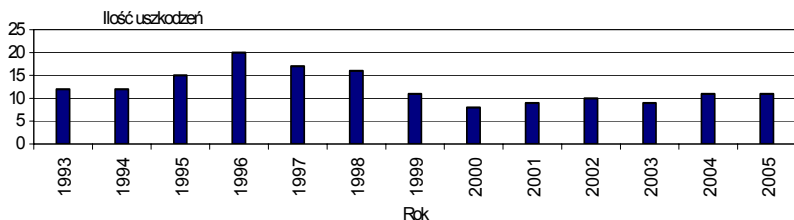
Na rysunku 1 przedstawiono ilości uszkodzeń izolatorów liniowych w latach 1993 – 2004, nie rozgraniczając uszkodzeń na powodujące awaryjne wyłączenie linii i bez takiego wyłączenia.

Tabela 1. Parametry techniczne izolatorów porcelanowych długopniowych

Typ izolatora	Długość	Średnica kłosa	Znamionowa droga upływu	Masa	Znamionowa wytrzymałość na rozciąganie	Producent	Strefa zabrudzeniowa
-	mm	mm	mm	kg	kN	-	-
1	2	3	4	5	6	7	8
LP 75/31	1100	145	2250	26	100	ZPE ZAPEL	1, 2
LP 75/27	1245	175	3000	35,5	100	ZPE ZAPEL	3
LP 75/31W	1130	145	2250	27,3	160	ZPE ZAPEL	1, 2
LPZ 75/27W1	1275	175	3000	36,6	160	ZPE ZAPEL	3
LP 75/37W	1370	155	3100	35,9	160	ZPE ZAPEL	3
LPZ 75/27W	1370	200	3540	42,8	160	ZPE ZAPEL	3
LP 75/17	1080	175	2100	28	100	ZPE ZAPEL	1, 2
LP 75/18	1240	170	2200	34	100	I Ep-Ar Jugosławia	1, 2
LP 75/22	1270	195	3300	42	100	I Ep-Ar Jugosławia	3
VKLF 75/16	1240	170	2240	30	-	KWH Sonneberg NRD	1, 2
VKLS 75/21	1240	195	3050	38	-	KWH Sonneberg NRD	3
LP 75/21	1240	195	3245	40	100	Rosenthal Isol. GmbH Niemcy	1, 2
LP 60/22	1165	120	2100	20	100	RWI Niemcy	1, 2
23881	1240	150	2450	28	100	NGK Japonia	1, 2
33954-A	1200	195	3380	38	110	Norden Dania	1, 2
52528	1240	195	3430	47	100	Ginori Włochy	3

Z rysunku 1 wynika, że najwięcej awarii wystąpiło w latach 1996–1997, następnie awaryjność zaczyna spadać (rok 2000), aby znowu wzrosnąć i ustabilizować się na mniej więcej stałym poziomie. Początkowy spadek wiąże

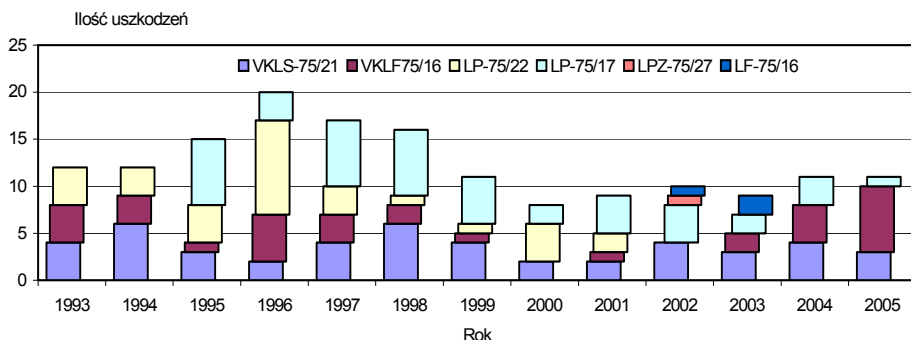
się z podjęciem decyzji o zwiększeniu ilości wymienianych corocznie izolatorów. Do końca roku 1999 wymieniono Izolatory na całych ciągach liniowych między innymi relacji Siersza – Lubocza, Gorzków (Nowy Sącz) – Stróżówka – Biecz (do granicy eksploatacji), Bieżanów – Wieliczka – Niepołomice – Kurów, Huta Skawina – Rabka i kilku innych. Zastosowano wtedy izolatory porcelanowe długopniowe produkcji ZPE Zapel SA Boguchwała.



Rys.1. Ilość uszkodzeń izolatorów na liniach 110 kV ZEK w latach 1993-2005

Wzrost ilości awarii w latach 2002–2003 jest skutkiem mniejszej liczby wymian i pozostawieniem na liniach izolatorów, których techniczny czas życia dobiegał końca. Od roku 2003 wznowiono na większą skalę wymiany izolatorów, ale już z zastosowaniem izolatorów kompozytowych, początkowo typu Rodurflex firmy CetamTec (dawny Lapp), a następnie również innych producentów.

Wymianę izolatorów porcelanowych na kompozytowe wykonuje się w dwojaki sposób: wymianę samego izolatora z pozostawieniem istniejącego osprzętu łukochronnego lub wymianę całego łańcucha izolatorowego. W przeważającej większości przypadków stosuje się pierwszy sposób wymiany ze względów na ograniczenie kosztów inwestycji oraz, co niemniej ważne, skrócenie czasu wyłączeń. Sposób drugi stosuje się w przypadku przebudowy lub odbudowy odcinków linii ze starą izolacją porcelanową lub szklaną.



Rys.3. Zestawienie uszkodzeń w latach 1993-2005 dla poszczególnych typów izolatorów

Należy w tym miejscu zauważyć, że oferta producentów izolatorów kompozytowych jest tak bogata, iż znalezienie odpowiedniego izolatora na wymianę nie nastęrcza większych problemów.

Rysunek 2 przedstawia sytuację, w której na jednym słupie linii 110 kV pracują łańcuchy z izolatorami różnych rodzajów. Widoczny jest tradycyjny łańcuch ŁO2 z izolatorami porcelanowymi i z drugiej strony nowe łańcuchy ŁO z izolatorami kompozytowymi i przystosowanym do nich osprzętem łukochronnym.

Warto jeszcze wspomnieć, że jedne z pierwszych prób z zastosowaniem izolatorów kompozytowych na linii 110 kV należącej do ZEK, miały miejsce w roku 1982, kiedy to

krakowski Elbud zamontował na kilku stanowiskach linii Łososina–Gorzków izolatory żywiczne z rdzeniem, z włókna szklanego. Niestety próba nie powiodła się, po ok. dwóch latach eksploatacji izolatory uległy całkowitemu zniszczeniu.

Jak już wcześniej wspomniano, głównym czynnikiem kwalifikującym daną linię do wymiany izolatorów jest jej awaryjność. Na rysunku 3 pokazano ilość uszkodzeń dla danego typu izolatora.

Jak dotąd największą liczbą zerwań przypada na izolatory typu VKLS-75/21 i VKLF-75/16 sprowadzane do Polski od połowy lat 60. do połowy 80. z byłej NRD. Po około 20 latach eksploatacji zaczynają się mnożyć uszkodzenia Izolacji tego typu spowodowane wadami produkcyjnymi oraz procesami starzeniowymi w porcelanie krystokobaltowej, z której izolatory wykonano [2].



Rys. 2. Zastosowanie różnych typów izolatorów na jednym słupie jednotorowej linii 110kV

Następnymi w kolejności są izolatory polskiej produkcji typu LP-75/17 dla 1 i 2 strefy zabrudzeniowej. Awarii uległo 42 sztuki izolatorów z roczników od 1973 do 1984.

Kolejne to jugosłowiańskie izolatory typu LP-75/22, które były produkowane w latach 1972-1977, ogółem zanotowano 26 uszkodzeń w rozpatrywanym okresie 1993-2005.

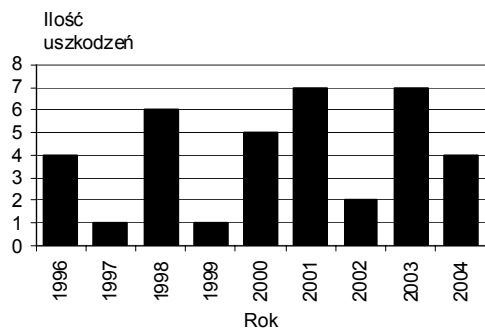
Niestety niepokojem napawa fakt pojawienia się na liście izolatorów typu LPZ-75/27

wyprodukowanych w roku 1993, których czas życia nie przekroczył 10 lat.

Jak wynika z doświadczeń eksploatacyjnych najczęściej uszkodzeń występuje w okresach przejściowych tj. wczesna wiosna i późna jesień, przy dużych różnicach temperatury pomiędzy dniem a nocą, izolatory są wówczas poddawane dużym naprężeniom termicznym i mechanicznym.

Innym czynnikiem powodującym uszkodzenia izolatorów jest oblodzenie i wynikające z niego dodatkowe obciążenie, na jakie narażony jest izolator. Ze względu na to, że linie przebiegają przez bardzo zróżnicowane pod względem klimatycznym tereny, zdarzają się przypadki, że konstrukcje słupów, izolatory i osprzęt liniowy są narażone na obciążenia większe niż przewidziane w projekcie budowy linii, w wyniku, czego ulegają uszkodzeniu. W takich przypadkach, nierzadko kosztem dużych nakładów finansowych,

podejmuje się zabiegi mające na celu zmniejszenie zagrożeń np. skrócenie pręseł, zmianę naprężeń przewodów lub zmianę układu przewodów roboczych.



Rys.4. Zestawienie awarii izolatorów kołpakowych szklanych w latach 1996-2004

Warto jeszcze przedstawić charakterystykę uszkodzeń na linii Gorzków–Krynica, na której w przeważającej większości pracują łańcuchy izolatorowe złożone z kołpaków, ze szkła hartowanego, produkowanych w fabryce LIZ, w dawnym ZSSR, typu PS-160B. Corocznie, w trakcie wykonywania przez pracowników RWN oględzin linii, stwierdza się kilka uszkodzeń szklanych kloszy (rys. 4). Co znamienne, według dostępnych danych, nigdy nie nastąpiło zerwanie całego łańcucha izolatorowego. Niewątpliwie można to uznać za jedną z zalet izolatorów kołpakowych.

#### Procedura postępowania przy likwidacji awarii

Informacja o zaistnieniu awarii na linii 110 kV zazwyczaj pierwsza dociera do dyżurnego dyspozytora Zakładowej Dyspozycji Mocy w Krakowie lub Rejonowych Dyspozycji Ruchu. W następnej kolejności dyspozytor powiadamia pracowników dozoru w Działach Wykonawstwa odpowiednich, co do miejsca zdarzenia. Następnie odpowiedzialni pracownicy, w oparciu o posiadane dane, podejmują decyzję, w jaki sposób przystąpić do likwidacji awarii. W zależności od tego czy jest znane miejsce uszkodzenia czy też nie, podejmuje się decyzje o konieczności wykonania awaryjnych oględzin linii. Innym sposobem lokalizacji, który jest możliwy na liniach, na których pracują nowoczesne zabezpieczenia cyfrowe z lokalizatorami miejsca zwarcia, jest porównanie danych z lokalizatora, z wykazem montażowym linii, umożliwia to bardzo dokładne określenie miejsca awarii.

Po dokonaniu lokalizacji miejsca uszkodzenia określa się materiał potrzebny do wykonania naprawy oraz zakres dodatkowych wyłączeń obiektów elektroenergetycznych w celu bezpiecznego przygotowania miejsca pracy [3].

Czas potrzebny na wymianę zerwanego izolatora jest różny w zależności od miejsca, w którym znajduje się słup. Bywają sytuacje, że nie ma możliwości dojechania na miejsce ze względu na warunki terenowe, pogodowe lub brak zgody właściciela terenu. Wówczas sprzęt i materiał przenosi się ręcznie na miejsce awarii. Biorąc pod uwagę masę izolatorów porcelanowych (tab.1) ich transport na odległość kilkuset metrów w ciężkim terenie znacząco wydłuża czas potrzebny na usunięcie awarii. Zimą, przy pracach liniowych, pracownicy korzystają ze skuterów śnieżnych.

Rysunek 5 przedstawia zerwany izolator porcelanowy długopniowy w łańcuch odciągowym ŁO na słupie dwutorowej linii 110 kV. Ta awaria miała miejsce 5 grudnia 2004 roku, samoistnemu zerwaniu uległ izolator typu VKLF-75/16 z roku 1987. W wyniku zwarcia przewodu roboczego do konstrukcji słupa nastąpiło wyłączenie linii przez automatykę zabezpieczeniową.

O wiele groźniejsze są przypadki, w których następuje zerwanie izolatora, ale np. ze względu na ukształtowanie terenu nie dochodzi do doziemienia przewodu roboczego. W takich przypadkach może dojść do długotrwałej pracy linii w stanie uszkodzenia. Sytuacja taka jest bardzo niebezpieczna dla osób postronnych i dla pracowników wykonujących oględziny linii.



Rys.5. Zerwany izolator długopniowy na słupie mocnym dwutorowej linii 110kV. Widoczny naciągnięty mostek prądowy

#### Podsumowanie

Mając na uwadze ciągłą poprawę stanu sieci 110 kV w celu zapewnienia jej bezawaryjnej pracy i biorąc pod uwagę dostępne dane o awaryjności, należy dążyć do sukcesywnej wymiany awaryjnych izolatorów porcelanowych (produkowanych głównie w latach 80-tych) na izolatory kompozytowe lub porcelanowe dobrej jakości.

#### LITERATURA

- [1] Energetyka Krakowska 1905-2005. Enion SA. Kraków 2005
- [2] Pohl Z. (red), *Napowietrzna izolacja wysokonapięciowa w elektroenergetyce*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2003.
- [3] Instrukcja organizacji bezpiecznej pracy przy urządzeniach i instalacjach elektroenergetycznych. Enion SA, Kraków 2005.

**Autorzy:** mgr inż. Fryderyk Żurek, Enion SA Oddział w Krakowie Zakład Energetyczny Kraków, Rejon Wysokich Napięć, Kraków, ul. Prądnicka 74c, E-mail: [fryderyk.zurek@krakow.enion.pl](mailto:fryderyk.zurek@krakow.enion.pl); mgr inż. Maksymilian Liber, Enion SA Oddział w Krakowie Zakład Energetyczny Kraków, Rejon Wysokich Napięć, Nowy Sącz, ul. Barbackiego 7, E-mail: [maksymilian.liber@krakow.enion.pl](mailto:maksymilian.liber@krakow.enion.pl)