



Wacław Lis\*, Kazimierz Pasierb\*

## WYBRANE ZAGADNIENIA EKSPLOATACJI IZOLACJI WYSOKIEGO NAPIĘCIA W ZE TARNÓW S.A.

**Streszczenie:** W referacie przedstawiono poziom awaryjności izolatorów w liniach wysokiego napięcia. Omówiono stosowane w ZE Tarnów S.A. metody eksploatacji linii WN pod napięciem.

**Słowa kluczowe:** izolacja wysokonapięciowa, awaryjność, prace pod napięciem

### 1. Wstęp

Jednym z najbardziej istotnych elementów mających wpływ na stan techniczny linii jest jej izolacja. Przy dużej liczbie zainstalowanych izolatorów tylko bardzo wysoka niezawodność tego elementu zapewni bezawaryjną pracę linii. Stąd też w Zakładzie Energetycznym Tarnów wiele uwagi poświęcamy ocenie stanu technicznego izolatorów w eksploatowanych przez nas liniach. Poza okresowymi oględzinami źródłem danych o stanie i jakości izolatorów jest analiza ich awaryjności. Prowadzona jest ewidencja i analiza występujących uszkodzeń izolatorów. Łącznie z dostępnymi danymi z innych zakładów jak również wynikami badań naukowych stanowi ona podstawę podejmowanych decyzji o ewentualnej wymianie.

### 2. Awaryjność izolatorów

Zakład Energetyczny Tarnów S.A. eksploatuje łącznie: 536 km linii o napięciu znamionowym 110 kV, 175 km linii o napięciu znamionowym 220 kV, 314 km linii o napięciu znamionowym 400 kV. Uwzględniono również linie, które eksploatujemy

---

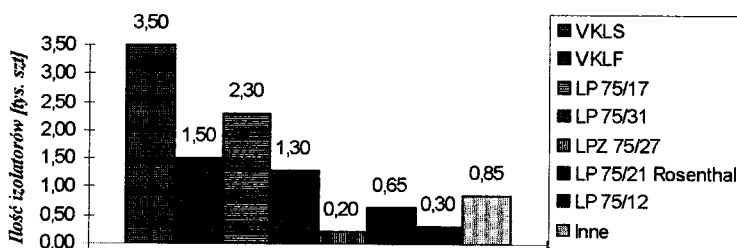
\* Zakład Energetyczny Tarnów S.A., ul. Lwowska 72-96b, 33-101 Tarnów

na podstawie Umowy ze Spółką Akcyjną Polskie Sieci Elektroenergetyczne. Długość linii podano w przeliczeniu na jeden tor. Eksploatowane przez ZE Tarnów S.A. linie napowietrzne wyposażone są w izolację różnych typów. Począwszy od izolacji porcelanowej kołpakowej, poprzez izolację długopniową — zróżnicowaną zarówno pod względem źródła pochodzenia (wytwórcy) jak i materiału ceramicznego, izolację kołpakową szklaną aż po izolatory kompozytowe zamontowane w formie poprzeczników izolacyjnych. W niniejszym referacie ograniczono się do analizy awaryjności w liniach 110 kV.

**Tabela 1.** Struktura linii 110 kV w ZE Tarnów pod względem rodzaju izolacji

Rodzaj izolacji	Długość linii [km]	Długość linii [%]
Długopniowa	515,5	96,18
Kołpakowa porcelanowa	12,5	2,33
Kołpakowa szklana	6,0	1,12
Kompozytowa	2,0	0,37
Razem	536,0	100,00

Strukturę eksploatowanych w liniach 110 kV izolatorów długopniowych i kołpakowych pokazano na rysunku 1 i 2. Ze względu na znikomą ilość pominięto na wykresach izolatory kompozytowe.



**Rys. 1.** Ilość izolatorów długopniowych eksploatowanych przez ZE Tarnów S.A. w liniach 100 kV



**Rys. 2.** Ilość izolatorów kołpakowych eksploatowanych przez ZE Tarnów S.A. w liniach 100 kV

W tabeli 2 podano ilości uszkodzonych izolatorów w liniach 110 kV w latach 1991–1996. Uszkodzenia izolatorów kołpakowych porcelanowych stwierdzono podczas okresowych badań kontrolnych izolacji. W żadnym przypadku przebiecie takiego izolatora nie stało się przyczyną awaryjnego wyłączenia linii. Trzy uszkodzenia izolatorów

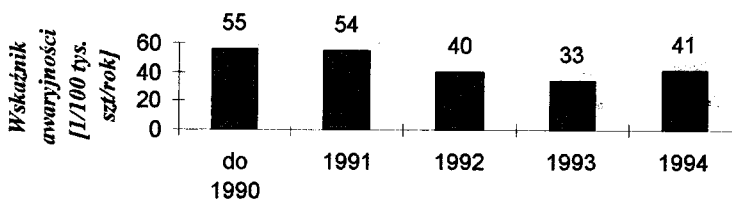
długopniowych spowodowały zakłócenia w pracy linii 110 kV (awaryjne wyłączenie). Pęknięcie osłony silikonowej stwierdzone w roku 1991 w jednym z rozciąganych izolatorów kompozytowych stanowi jak do tej pory jedyne ich uszkodzenie. Zakład Energetyczny Tarnów jest jednym z dwóch Zakładów w Polsce, na którego liniach 110 kV już przed kilkunastu laty w ramach eksperymentu zainstalowano izolatory kompozytowe w osłonie z kauczuku silikonowego. W ramach realizacji programu prowadzonego przez Politechnikę Wrocławską, Instytut Elektrotechniki z Wrocławia oraz Energoprojekt Kraków w 1983 r. na 6 stanowiskach linii 110 kV zamontowano kompozytowe poprzeczniki izolacyjne. Łącznie 36 izolatorów: w tym 18 pracujących na rozciąganie i 18 pracujących na ściskanie. Ściskane izolatory posiadają jako rdzeń rurę szklano-epoksydową wypełnioną syciwem. Ze względu na zbyt małą ilość eksploatowanych izolatorów kompozytowych nie określano wskaźnika awaryjności.

Od 1987 r. prowadzona jest w ZE Tarnów S.A. sukcesywna wymiana izolatorów LP 75/12 oraz VKLS 75/21, VKLF 75/16 na izolatory krajowe LPZ 75/27 i LP 75/31 mająca na celu wyeliminowanie z pracy izolatorów z tworzywa kwarcowego. Ze względu na brak w omawianym okresie uszkodzeń izolatorów kołpakowych szklanych określono dodatkowo dla nich wskaźnik awaryjności biorąc pod uwagę cały okres ich eksploatacji (21 lat). Wskaźnik ten wynosi 4,0 szt./100 tys. szt./rok (1 przypadek uszkodzenia w ciągu 21 lat eksploatacji).

**Tabela 2.** Awaryjność izolatorów w liniach 110 kV w ZE Tarnów S.A. w latach 1991–1996

Typ izolatora	Ilość uszkodzonych izolatorów	Wskaźnik awaryjności [1/100 tys. szt./rok]
Długopniowe	6	9,4
w tym LP 75/12	2	111,1
w tym LP 75/17	3	21,7
pozostałe długopniowe	2	4,2
Kompozytowe	1	—
Kołpakowe szklane PS	0	0
Kołpakowe porcelanowe LKZ	22	70,5

Na rysunku 3 pokazano dla porównania jak kształtowała się w latach 1986–1994 awaryjność izolatorów kołpakowych szklanych typu PS eksploatowanych przez ZE Tarnów w liniach 400 kV (na podstawie [1]).



**Rys. 3.** Ilość izolatorów kołpakowych szklanych w liniach 100 kV

Do niedawna szacowano trwałość eksploatacyjną izolatorów długopniowych na ok. 30 lat. Dla wielu typów izolatorów okazało się to zbyt optymistyczne. Dopiero wzrastająca awaryjność była sygnałem do podejmowania wymiany izolacji na nowocześniejszą. Optymalizacja działalności eksploatacyjnej wymaga podejmowania działań remontowych (modernizacyjnych) w takim terminie, aby uprzedzić występowanie zakłóceń z częstotliwością większą od uznanej za dopuszczalną. Każde przedwczesne działanie jest jednak nieuzasadnione. Ponieważ uszkodzenie izolatora długopniowego często jest związane z awarią linii, koniecznym staje się wyłożenie takich metod badań (zwłaszcza diagnostycznych), które pozwoliłyby określić jak najdokładniej czas, kiedy wymiana izolacji staje się technicznie i ekonomicznie uzasadniona. Cieszą optymistyczne wyniki badań zamieszczone w [5] prognozujące czas życia izolatorów LP 75/31 na 50 lat. Jednak naszym zdaniem dla praktyki eksploatacyjnej będzie to miało znaczenie gdy producent uzna te wyniki udzielając gwarancji na czas równy np. 50% czasu prognozowanego.

### 3. Metody eksploatacji

Specyficzną techniką eksploatacyjną wykorzystywaną przez służby rejonu Energetycznego Najwyższych Napięć jest technika prac pod napięciem (ppn). Technika ta jest stosowana przede wszystkim podczas wymiany uszkodzonych izolatorów szklanych typu PS w liniach 400 kV. ZE Tarnów eksploatuje również ok. 200 000 izolatorów kołpakowych szklanych typu PS w liniach 400 kV stanowiących własność PSE S.A. Bardzo wysoka ich awaryjność i konieczność dokonywania częstych napraw łańcuchów spowodowała, że w na przełomie lat 80-tych i 90-tych zakupiono i wdrożono technologię wymiany uszkodzonych izolatorów typu PS pod napięciem. Podczas pracy wykorzystuje się metodę określaną jako „na potencjale”. Cechą wyróżniającą tę metodę spośród innych stosowanych w tej technologii jest fakt, że w trakcie realizacji pracy jeden z monterów przechodzi na potencjał przewodu będąc odizolowany od wszelkich uziemionych elementów konstrukcji słupa. Prace te wykonujemy zgodnie z zasadami określonymi w [2, 3, 4]. Obecnie istnieje 16 Kart technologicznych zatwierdzonych do stosowania w ZE Tarnów S.A. opisujących sposób realizacji prac:

1. W liniach 400 kV: wymiana uszkodzonych izolatorów typu PS w łańcuchach ŁP, ŁP2, ŁPV, ŁPV2 na słupach przelotowych serii Z52 oraz Y52, wymiana uszkodzonych izolatorów typu PS w łańcuchach ŁO3 i ŁO2 na słupach mocnych serii Z52 oraz Y52, naprawa i wymiana odstępników w przewodach wiązkowych, naprawa mostków przewodów odgromowych, usuwanie ciał obcych z linii.
2. W liniach 220 kV: naprawa mostków przewodów odgromowych, usuwanie ciał obcych z linii.

W Zakładzie Energetycznym Tarnów S.A. pracuje obecnie: 2 instruktorów prac pod napięciem w liniach WN, 1 osoba dozoru, 12 osób przeszkolonych i upoważnionych do wykonywania prac pod napięciem w liniach 400 kV i 220 kV. Zdecydowaną większość prac stanowi wymiana uszkodzonych izolatorów szklanych kołpakowych typu PS w łańcuchach przelotowych. Podyktowane jest to głównie faktem, że w tej pracy najwyraźniej zaznacza się przewaga technologii ppn nad technologią klasycz-

**Tabela 3.** Prace wykonane w technologii ppn w liniach 400 kV w ZE Tarnów S.A.

Lp.	Rodzaj wykonanej pracy	Lata							Razem
		1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997 do maja	
1	Naprawa łańcucha izolatorów PS:								
1.1	ŁP, ŁP2	4	6	7	14	19	12	2	64
1.2	ŁPV, ŁPV2		5	3	3				11
1.3	ŁO2, ŁO3				6				6
2	Inne prace		1						1
	Razem	4	12	10	23	19	12	2	82

ną (z wyłączeniem napięcia). Czas naprawy jednego łańcucha typu ŁP lub ŁP2 nie przekracza 2 godzin. Jest to nakład porównywalny a często mniejszy od czasu potrzebnego dla dokonania naprawy w sposób klasyczny. W przypadku wymiany izolatorów w łańcuchu ŁO ogromna pracochłonność czyni te prace w obecnych warunkach mało atrakcyjnymi. Z tego powodu obecnie nie wykonujemy tego rodzaju prac. Dysponujemy jedną z nielicznych czynnych obecnie w Polsce brygad wykonujących prace pod napięciem w liniach 400 kV.

#### 4. Podsumowanie

Niezwykle istotnym dla służb eksploatacyjnych problemem dotyczącym izolatorów długopniowych jest określenie czasu ich „życia”. Pożądane jest wprowadzenie do praktyki eksploatacyjnej wyników badań naukowych obejmujących te zagadnienia poprzez np. określenie przez producenta okresu gwarancyjnego odpowiadającego wynikom tych badań oraz opracowanie i wdrożenie metod diagnostyki stanu izolacji długopniowej.

Poziom awaryjności izolatorów długopniowych w ZE Tarnów S.A. przekracza wartość uznawaną za dopuszczalną. Spowodowane jest to jednak prawie wyłącznie powszechnie znaną wysoką awaryjnością wycofywanych z eksploatacji izolatorów typu LP 75/12 (w ZE Tarnów izolatory tego typu stanowią jeszcze ok. 2,8% izolatorów). Niepokojącym faktem jest stosunkowo wysoka awaryjność (po około 20-letnim okresie eksploatacji) izolatorów typu LP 75/17. Natomiast do chwili obecnej nie stwierdziliśmy na naszym terenie wielokrotnie sygnalizowanej przez inne Zakłady wysokiej awaryjności izolatorów VKLS i VKLF.

Poziom awaryjności zamontowanych w 1976 r. w jednej z linii 110 kV izolatorów kołpakowych szklanych typu PS na podstawie naszych analiz można uznać za dopuszczalną. Prawdopodobnie jest to skutkiem mniejszych naprężeń występujących w izolatorach w liniach 110 kV niż w liniach 400 kV (gdzie awaryjność tych izolatorów jest bardzo duża).

Z naszych doświadczeń wynika, że wymiana rocznie ok. 80 sztuk izolatorów typu PS w liniach 400 kV eksploatowanych przez ZE Tarnów S.A. zapewni stabilizację

ilości uszkodzonych izolatorów (przy dotychczasowym poziomie uszkodzeń). Biorąc pod uwagę fakt, że ok. 70% uszkodzeń izolatorów typu PS występuje w łańcuchach odciągowych celowym jest doskonalenie technologii i sprzętu do napraw łańcuchów odciągowych pod napięciem.

### Literatura

- [1] **Kostyrzewski M.**: *Analiza awaryjności izolatorów typu PS w liniach 400 i 220 kV na terenie ZE Tarnów*. Tarnów, styczeń 1995
- [2] *Instrukcja organizacji pracy pod napięciem na urządzeniach 110–750 kV*. Gliwice, IEn Zakład Bezpieczeństwa Pracy, 1991
- [3] *Szczegółowa instrukcja technologiczna prac pod napięciem w liniach napowietrznych 400 kV*. Gliwice, IEn Zakład Bezpieczeństwa Pracy, 1991
- [4] *Szczegółowa instrukcja technologiczna „Prace pod napięciem w liniach napowietrznych 220 kV”*. Gliwice, IEn Zakład Bezpieczeństwa Pracy, 1996
- [5] **Ranachowski J., Rejmund F., Bertrand J.**: *Jakość i niezawodność izolatorów elektroenergetycznych*. W: *Prace naukowe IPEiE Politechniki Wrocławskiej. Seria: Konferencje. Izolacja wysokonapięciowa w elektroenergetyce NIWE'97*. Wrocław, 1997

#### SELECTED PROBLEMS OF EXPLOITATION OF HIGH VOLTAGE INSULATION IN ZE TARNÓW S.A.

The level of failures of insulators in overhead high voltage lines was shown in this paper. Methods of exploitation of overhead HV lines live used in ZE Tarnów S.A. are discussed here.