



Jacek Wańkiewicz*

DOŚWIADCZENIA EKSPLOATACYJNE Z IZOLATORAMI KOMPOZYTOWYMI LINII NAPOWIETRZNYCH WN I POWŁOKAMI Z ELASTOMERU SILIKONOWEGO RTV W POLSCE

Streszczenie: Przedstawiono krajowe konstrukcje długopniowych izolatorów kompozytowych I i II generacji. Omówiono dotychczasowe doświadczenia eksploatacyjne z izolatorami kompozytowymi w odcinkach krajowych linii napowietrznych WN i w stacjach doświadczalnych. Opisano podstawowe właściwości izolatorowych powłok z elastomeru silikonowego RTV i omówiono pierwsze doświadczenia eksploatacyjne z izolatorami ceramicznymi — zainstalowanymi na GST I w Hucie Miedzi Głogów I — po nałożeniu na nie powłok w roku 1995.

Słowa kluczowe: izolatory kompozytowe, materiały osłonowe, powłoki z elastomeru silikonowego RTV

1. Wstęp

Dynamiczny rozwój konstrukcji i zastosowań izolatorów kompozytowych w elektroenergetyce światowej spowodował — w okresie kilku ostatnich lat — wyraźny wzrost zainteresowania izolatorami kompozytowymi w elektroenergetyce krajowej [1, 2]. Zainteresowanie to koncentruje się na unikalnych właściwościach eksploatacyjnych izolatorów kompozytowych i doświadczeniach uzyskanych podczas ich stosowania w liniach i stacjach WN [3, 4, 5]. Jednocześnie dochodzą nowe możliwości w zakresie poprawy własności izolacji napowietrznej związane z nakładaniem powłok z elastomerów silikonowych RTV na izolatory tradycyjne i eksploatacją izolatorów z nałożoną powłoką w warunkach występowania silnych zabrudzeń [6].

* Instytut Energetyki, ul. Mory 8, 01-330 Warszawa

Obecnie na rynku krajowym są dostępne izolatory kompozytowe wielu zagranicznych wytwórców, natomiast ich polscy nabywcy często nie orientują się, że tak w zakresie wytwarzania izolatorów kompozytowych jak i w zakresie eksploatacji istnieją już wieloletnie doświadczenia krajowe [3–5]. Dostępne są też izolatory kompozytowe opracowane i wdrożone do produkcji przez polskich wytwórców [1].

W zakresie pokrywania izolatorów tradycyjnych powłokami z elastomerów silikonowych RTV istnieją już pierwsze doświadczenia krajowe związane z nałożeniem w 1995 roku na izolatory ceramiczne — zainstalowane na Głównej Stacji Transformatorowej 110/6 kV (GST I) w Hucie Miedzi „Głogów I” — powłok wykonanych z gumy silikonowej o nazwie handlowej SYLGARD HVIC.

Mając na uwadze aktualność poruszanych zagadnień i ich wzrastające znaczenie praktyczne dla elektroenergetyki krajowej w artykule dokonano syntetycznego przeglądu i krótkiego podsumowania dotychczasowych doświadczeń z izolatorami kompozytowymi i pokryciami z gumy silikonowej RTV w Polsce.

2. Konstrukcje izolatorów kompozytowych linii napowietrznych WN

Współczesny liniowy izolator II generacji jest zbudowany z pręta z włókna szklanego typu E lub ECR przesyconego żywicą epoksydową, osłony z elastomeru silikonowego typu HTV, LSR lub RTV-2 (rzadziej elastomeru EPM lub EPDM) i okuć. Izolatory te są produkowane na świecie od około 10 lat (w kraju od około 4) i charakteryzują się na ogół bardzo dobrymi właściwościami eksploatacyjnymi. Wcześniejsze konstrukcje izolatorów kompozytowych (I generacji) opracowane w końcu lat 60-tych (w Polsce w końcu lat 70-tych) różniły się od obecnie wytwarzanych rodzajem i jakością materiałów stosowanych podczas produkcji, technologią procesu wytwarzania oraz wieloma szczegółami konstrukcyjnymi [7, 8].

Budowę długopniowych izolatorów kompozytowych I i II generacji przedstawiono na rys. 1a i 1b. Natomiast na rysunku 1c i 1d przedstawiono izolatory kompozytowe I generacji produkcji odpowiednio IEL-Oddział we Wrocławiu i ZD Energo-projekt Poznań, których eksploatację w wybranych odcinkach linii 110 kV i stacji doświadczalnych rozpoczęto w latach 80-tych. Na rysunku 1e przedstawiono izolator kompozytowy II generacji typu CS 120C19W produkowany przez IEL-OW. Izolatory kompozytowe II generacji — z okuciem uchowym — tego producenta są próbnie eksploatowane od 1994 roku w wybranych ZE a od 1992 roku na Terenowej Stacji Badań Zabrudzeniowych (TSBZ) w Hucie Miedzi „Głogów I” należącej do Politechniki Wrocławskiej [3, 9].

3. Doświadczenia eksploatacyjne z izolatorami kompozytowymi linii napowietrznych WN

Krajowe doświadczenia eksploatacyjne z izolatorami kompozytowymi I i II generacji są na ogół pozytywne jakkolwiek dotyczą różnych przedziałów czasowych i ilości eksploatowanych izolatorów. W przypadku izolatorów kompozytowych w osłonach

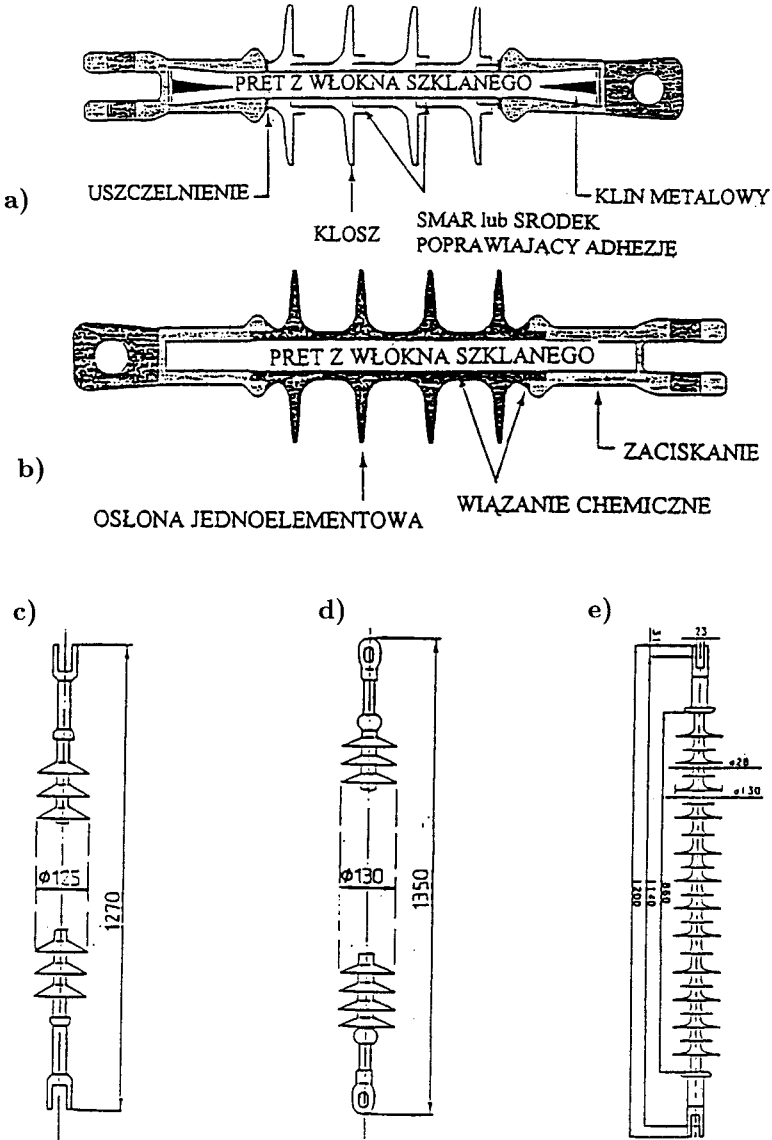
z elastomeru silikonowego RTV — przedstawionych na rysunku 1c — obejmują one okres około 16 lat i dotyczą populacji około 100 sztuk izolatorów zainstalowanych w odcinkach linii 110 kV ZE Tarnów, ZE Łódź-Teren oraz w stacjach doświadczalnych Politechniki Wrocławskiej w Głogowie (IV strefa) i Czechnicy (II strefa). W okresie 16 lat eksploatacji tych izolatorów nie stwierdzono wystąpienia stanu awaryjnego związanego z uszkodzeniem konstrukcji lub przeskokiem zabrudzeniowym. Największe amplitudy wyskoków prądów upływu zarejestrowane na tych izolatorach w omawianym okresie nie przekraczały 5 mA.

Okresowe oględziny stanu powierzchni izolatorów ujawniły istnienie na niektórych izolatorach — eksploatowanych zwłaszcza w IV strefie zabrudzeniowej — śladów palenia się łuków małoprądowych w postaci ścieżek erozyjnych o długościach około 1 cm i głębokościach około 0,5–1 mm. Stwierdzono także stopniową utratę właściwości hydrofobowych materiału osłonowego zwłaszcza w miejscach — na powierzchni izolatorów — narażonych na oddziaływanie wyładowań ulotowych, zwiększoną akumulację zanieczyszczeń i bezpośrednie oddziaływanie opadów atmosferycznych (rys. 2). Postęp starzenia materiału osłonowego potwierdzono w badaniach mikroskopowych i strukturalnych w podczerwieni [3, 4]. Zaobserwowane zmiany nie zmniejszają jednak przydatności badanych izolatorów do dalszej eksploatacji a jedynie wskazują na postępujący stopniowo proces starzenia się materiału osłonowego.

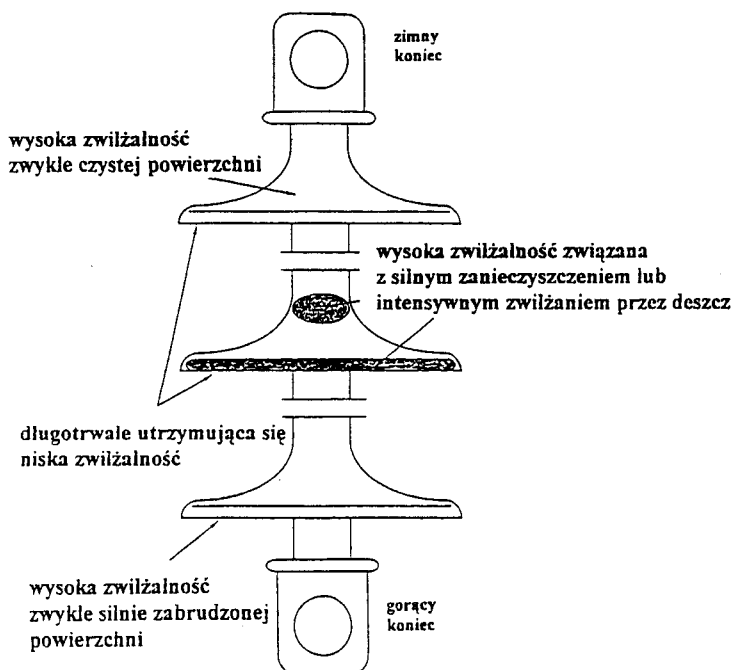
Od około 11 lat na Stacji w Głogowie jest eksploatowanych kilka sztuk izolatorów kompozytowych w osłonach z elastomeru EPDM według rysunku 1d. Pomimo znacznie dłuższej drogi upływu (o około 30%) w stosunku do izolatorów poprzednio omawianych i krótszego czasu eksploatacji zmiany starzeniowe materiału osłonowego są tutaj znacznie bardziej zaawansowane. Mają one postać wielu ścieżek erozyjnych o długościach około kilku centymetrów i głębokościach przekraczających 1 mm występujących na odcinkach pnia pomiędzy kłozami, to znaczy w miejscach o największej koncentracji (gęstości) prądów upływu. Na powierzchniach tych izolatorów całkowitą utratę właściwości hydrofobowych zaobserwowano już po upływie 2–3 lat eksploatacji, co w późniejszym okresie miało bezpośredni wpływ na wzrost akumulacji zabrudzeń, rozwój prądów upływu i tworzenie się śladów erozyjnych.

Na obecnym etapie badań izolatory w osłonach z elastomeru EPDM wykazują w dalszym ciągu pełną przydatność do dalszej eksploatacji, jednak postęp starzenia wykazuje, że w okresie najbliższych kilku lat mogą nastąpić awarie związane z przebiciem warstwy materiału osłonowego i rozwojem wyładowania wewnątrz pnia.

Eksploatacja izolatorów II generacji według rysunku 1e jest prowadzona, jak już zaznaczono, od kilku lat. Od kilku lat są też eksploatowane izolatory kompozytowe II generacji firm zagranicznych — przede wszystkim firm CeramTec i Furukawa — zakupione przez niektóre Zakłady Energetyczne. Z uwagi na krótki czas eksploatacji trudno jeszcze dokonywać, oceny tych izolatorów. Można jedynie oczekiwać, że ze względu na wprowadzenie szeregu ulepszeń technicznych będą one wykazywały lepsze własności eksploatacyjne niż najlepsze izolatory kompozytowe I generacji w osłonach z elastomerów silikonowych RTV.



Rys. 1. Budowa izolatorów kompozytowych linii napowietrznych WN i ich przykładowe wykonania; a – budowa izolatora I generacji, b – budowa izolatora II generacji, c – izolator w osłonie z elastomeru silikonowego RTV I generacji produkcji IEL-OW, długości drogi upływu 242 cm, d – izolator w osłonie z elastomeru EPDM I generacji, długość drogi upływu 335 cm [11], e – izolator w osłonie z elastomeru silikonowego LSR II generacji produkcji IEL-OW, długość drogi upływu 240 cm



Rys. 2. Zmiany zwilżalności izolatora kompozytowego w osłonie z elastomeru silikonowego po wieloletniej eksploatacji

4. Doświadczenia eksploatacyjne z izolatorami ceramicznymi pokrytymi powłokami z elastomeru silikonowego RTV

Jesienią 1995 roku pokryto powierzchnie izolatorów ceramicznych (około 3000 m²) — w Głównej Stacji Transformatorowej 110/6 kV (GST I) Huty Miedzi Głogów I (IV strefa) — powłokami z elastomeru silikonowego RTV [6]. Nałożenie pokrycia miało na celu uzyskanie doraźnej i długotrwałej poprawy własności elektroizolacyjnych powierzchni izolatorów ceramicznych przez zmniejszenie ich zwilżalności. Uzyskanie poprawy własności elektroizolacyjnych izolatora z nałożoną powłoką umożliwia istotne ograniczenie lub wyeliminowanie okresowych zabiegów konserwacyjnych powierzchni izolatorów. Jednocześnie perspektywa wieloletniej eksploatacji, izolatora z nałożoną, powłoką zapewnia konkurencyjność ekonomiczną tego rozwiązania w stosunku do rozwiązań opartych na okresowym przeprowadzaniu zabiegów konserwacyjnych z wykorzystaniem tradycyjnych smarów silikonowych, wazelin lub wosków.

Istotnego znaczenia nabiera w tych warunkach właściwa technologia przygotowania powierzchni izolatorów i nakładania powłoki tak aby zapewnić właściwe przyleganie pokrycia do powierzchni szklawionej. Staranność wykonania obu tych czynności w dużym stopniu decyduje o trwałości powłoki.

Tabela 1. Praktyczny sposób oceny poziomu zwilżalności powierzchni izolatora

Poziom zwilżalności	Podczas natryskiwania	10 s po natryśnięciu wody
1	nawet małe krople wody spływają z powierzchni	pola zajmowane przez krople są mniejsze niż $0,2\text{ cm}^2$, kąty zwilżania są większe od 90°
2	rozmiar kropli przed zsunięciem się z powierzchni wzrasta	pola zajmowane przez krople są większe niż $0,2\text{ cm}^2$, kąty zwilżania są większe od 90°
3	kiedy kropla zsuwa się, wówczas powierzchnia przez krótki czas pozostaje mokra	kąty zwilżania niektórych kropeł są mniejsze niż 90° , pole zajmowane przez każdą taką kroplę jest mniejsze niż $0,2\text{ cm}^2$
4	krople zsuwają się z powierzchni, rosną i łączą się razem, tworząc mokre obszary trudne do rozdzielenia	kąty zwilżania niektórych kropeł są mniejsze niż 90° , pole zajmowane przez każdą taką kroplę mieści się w przedziale od $0,2$ do 2 cm^2
5		kąty zwilżania niektórych kropeł są mniejsze niż 90° , pole zajmowane przez każdą taką kroplę jest większe od 2 cm^2
6	powierzchnie pozostają zmoczone	zmoczone obszary są większe niż 90% powierzchni izolatora
7		powierzchnia jest zmoczona w 100%

Z dotychczasowych doświadczeń z izolatorami na GSTI wynika, że po około 2 latach eksploatacji nie wystąpiły przypadki oddzielenia się powłoki od powierzchni izolatorów. Zrezygnowano także z wykonywania okresowych zabiegów konserwacyjnych przeprowadzanych poprzednio raz na pół roku. Ocena stanu hydrofobowości powłok po okresie 2 lat eksploatacji pokazała, że w dalszym ciągu jest ona bardzo wysoka i odpowiada w 7 stopniowej skali (tab. 1) podanej w [3, 10], poziomom 1–2.

5. Wnioski

Wieloletnie badania terenowe i eksploatacyjne izolatorów kompozytowych w osłonach z elastomeru silikonowego RTV, w odcinkach linii 110 kV, potwierdziły bardzo dobre własności eksploatacyjne tych izolatorów w różnych warunkach środowiskowych.

Izolatory kompozytowe w osłonach z elastomeru EPDM tracą szybko własności hydrofobowe co powoduje zwiększoną akumulację zabrudzeń, przyczynia się do rozwoju prądów upływu i w efekcie do erozji powierzchni izolatorów.

Współczesne izolatory kompozytowe (II generacji) zbudowane z nowoczesnych materiałów spełniają wszystkie wymagania stawiane izolatorom energetycznym.

Powłoki z elastomerów silikonowych RTV — stosowane w celu poprawy własności elektroizolacyjnych powierzchni izolatorów tradycyjnych — stanowią rozwiązanie konkurencyjne pod względem ekonomicznym w stosunku do okresowych zabiegów konserwacyjnych wykonywanych na izolatorach z wykorzystaniem smarów silikonowych, wazelin lub wosków.

Literatura

- [1] *Kompozytowe izolatory liniowe typu CS120E24 i CS120C19N*, oferta techniczna IEL, Oddział we Wrocławiu, 1997
- [2] *Izolatory kompozytowe EuroIns na napięcie 110 kV*, oferta techniczna ZWSE Olsztyn
- [3] **Wańkiewicz J.**: *Przeskok zabrudzeniowy. Wybrane zagadnienia eksploatacyjne i materiałowo-konstrukcyjne izolatorów elektroenergetycznych*. Prace Naukowe IPEE PWr. nr 30, Oficyna Wydawnicza PWr., Wrocław 1995
- [4] **Pohl Z., Wańkiewicz J., Murach G.**: *Odporność powłok osłonowych izolatorów kompozytowych z tworzyw sztucznych na narażenia środowiskowe i zabrudzeniowe*, Archiwum Energetyki nr 1–2, 1993
- [5] **Stankiewicz J.**: *Izolatory kompozytowe-przegląd konstrukcji i technologii*, Konf. nauk.-tech. ZAPEL-u S.A., Boguchwała 1994
- [6] **Wańkiewicz J.**: *Zastosowanie powłok z elastomeru silikonowego RTV na izolatorach w Hucie Miedzi „Głogów I”*, III Ogólnopolskie Sympozjum Inżynieria Wysokich Napięć IW96, Poznań–Kiekrz, 1996
- [7] **Cherney E. A.**: *Important aspects of non-ceramic insulator design*, Symposium on Non-Ceramic Insulator Technology. The North American Experience. Zürich, 1994
- [8] **Pohl Z.**: *Izolatory kompozytowe. Geneza - historia rozwoju - perspektywy zastosowań*, III Ogólnopolskie Sympozjum Inżynieria Wysokich Napięć IW96, Poznań–Kiekrz, 1996
- [9] **Pohl Z., Wańkiewicz J.**: *Terenowa stacja badawcza napowietrznych izolatorów WN w warunkach dużych zabrudzeń*, Wiadomości Elektrotechniczne nr 10, 1982
- [10] Instrukcja wewnętrzna STRI AB, Determination of the hydrophobic characteristics of a surface, Ludvika 1988
- [11] **Cyraniak M.**: *Izolatory kompozytowe z tworzyw sztucznych z osłoną z kauczuku EPDM*, rozprawa doktorska, IPEE PWr., Wrocław 1984

SERVICE EXPERIENCE WITH COMPOSITE INSULATORS FOR OVERHEAD DISTRIBUTION LINES AND RTV SILICONE RUBBER COATINGS IN POLAND

Domestic constructions of composite insulators of so called I and II generations are presented. Results of service experience with composite insulators are discussed. These insulators have been installed in selected sections of Polish high voltage overhead distribution lines and field test stations. Basic properties and first domestic results of service experience with ceramic insulators covered with RTV silicone rubber coatings have been reported.