

Jacek Wańkowicz¹ Jerzy Bielecki¹

ELEKTROENERGETYCZNY HYBRYDOWY IZOLATOR LINIOWY – TECHNOLOGIA I WŁAŚCIWOŚCI

Streszczenie: W Instytucie Energetyki opracowano prototyp izolatora hybrydowego przeznaczonego do linii elektroenergetycznych 15 kV, eksploatowanych na terenach o silnym zanieczyszczeniu powietrza. Technologia jego wykonania jest inna niż tradycyjnych izolatorów ceramicznych, a różnice wynikają przede wszystkim z zastosowania osobnych kloszy silikonowych nakładanych podczas montażu na ceramiczny rdzeń. Właściwości elektryczne i mechaniczne prototypowego izolatora hybrydowego LPH 35/2 są lepsze niż izolatora LP 60/2 będącego jego ceramicznym odpowiednikiem.

Słowa kluczowe: izolatory ceramiczne, izolatory kompozytowe, izolatory hybrydowe, właściwości izolatorów, materiały konstrukcyjne, technologia produkcji izolatorów

1. Wstęp

Prace nad projektem i sposobem wykonania prototypu izolatora hybrydowego rozpoczęto w Instytucie Energetyki już prawie trzy lata temu. Jednak dopiero od października ubiegłego roku, gdy objęto je projektem badawczym nr 7T08D01119 współfinansowanym przez Komitet Badań Naukowych, uległy one zdecydowanemu przyspieszeniu.

Główne założenia przyjęte przy opracowaniu projektu takiego izolatora sprowadzały się przede wszystkim do wykorzystania możliwości jakie stwarza zastosowanie konstrukcji hybrydowej [1]. Dotyczyło to następujących zagadnień:

- zmniejszenia masy izolatora, przy jednoczesnym polepszeniu jego właściwości mechanicznych i elektrycznych,
- umożliwienia eksploatacji izolatora w szczególnie trudnych warunkach (m.in. ekstremalne narażenie na zabrudzenia, utrudnione samooczyszczanie),
- przyjęcia takiego sposobu wykonania izolatora, dzięki któremu zmniejszono by rozrzut parametrów gotowego wyrobu.

Jako pierwszą postanowiono wykonać partię modelową liniowych izolatorów hybrydowych przeznaczonych do sieci o znamionowym napięciu przemiennym 15 kV. Izolator ten jest odpowiednikiem ceramicznego izolatora liniowego typu LP 60/2 i ma te same wymiary montażowe.

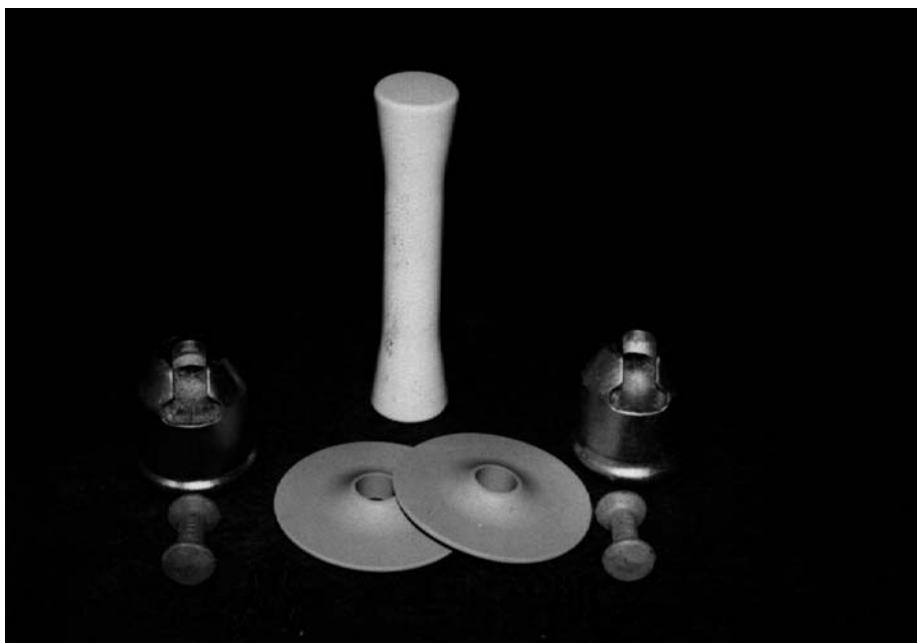
¹ Instytut Energetyki, 01-330 Warszawa, ul. Mory 8

2. Konstrukcja i właściwości

Zgodnie z przyjętymi zasadami oznaczania izolatorów (prPN-E-02051), dla zaprojektowanego typu liniowego izolatora hybrydowego przyjęto wyróżnik LPH 35/2. Oznacza to: izolator liniowy (L), długopniowy (P), hybrydowy (H), o średnicy pnia 35 mm (35), o dwóch kloszach (2), z kołpakiem gniazdowym (bez symbolu literowego).

Izolator LPH 35/2 składa się z następujących elementów połączonych ze sobą podczas montażu (patrz rys. 1.):

- cylindrycznego szklionego rdzenia korundowego o średnicy 35 mm ze stożkowymi końcami umożliwiającymi zaklinowanie się rdzenia w okuciach,
- dwóch kloszy o średnicy 125 mm z elastomeru silikonowego HTV,
- dwóch kołpaków gniazdowych z żeliwa sferoidalnego o rozmiarze gniazda 16B (gniazda są dostosowane do typowych łączników główkowych i zawleczek typu W).



Rys. 1. Elementy składowe liniowego izolatora hybrydowego LPH 35/2

Opracowując konstrukcję izolatora LPH 35/2 wykonano szereg obliczeń w celu ustalenia takich parametrów, aby osiągnąć założone właściwości izolatora. Do najważniejszych należało dobranie rdzenia korundowego. Na podstawie badań materiałowych (na znormalizowanych kształtkach) i wyników prób wytrzymałości mechanicznej rdzeni, znamionową wytrzymałość na rozciąganie izolatora LPH35/2 przyjęto na poziomie 60 kN (ok. 62 MPa). Przyjęcie takiej wytrzymałości znamionowej przy stosunkowo niewielkiej średnicy rdzenia było możliwe dzięki zastosowanemu tworzywu (w próbach mechanicznych rdzeni uzyskiwano jednostkową wytrzymałość na rozciąganie rzędu 100 MPa).

Pozostałe główne właściwości wynikały z przyjętych wymiarów i wymagań normatywnych [1,3]. Tak więc dla izolatora LPH 35/2 ustalono:

- znamionowe napięcie wytrzymałwane udarowe piorunowe – 125 kV
- znamionowe napięcie wytrzymałwane przemienne o częstotliwości sieciowej, na sucho – 50 kV
- znamionowe napięcie wytrzymałwane przemienne o częstotliwości sieciowej, w deszczu – 28 kV
- znamionową drogę upływu – 300 mm.

W tabelicy 1. podaje się niektóre rzeczywiste wartości wymiarów (średnia z pomiarów na 4 szt. izolatorów) izolatorów LPH 35/2. Dla porównania podaje się także znamionowe parametry ceramicznych izolatorów LP 60/2.

Tab. 1. Porównanie niektórych parametrów geometrycznych izolatora LPH 35/2 i LP 60/2

Izolator	Wartości	dlugość części izolacyjnej	średnica pnia	średnica kloszy	droga upływu	droga przeskoku	masa
		mm					kg
1	2	3	4	5	6	7	8
LPH 35/2	rzeczywiste	138	35	126	295	154	3,6
	założone	130	35	125	300	150	—
LP 60/2	znamionowe	130	60	135	250	145	5,7

W celu ujednoczenia powierzchni i polepszenia właściwości hydrofobowych izolatora hybrydowego, na krawędzie stykania się kloszy silikonowych z rdzeniem ceramicznym, na rdzeń między kloszami oraz na powierzchnię spoiwa siarkowego nałożono warstwę płynnego elastomeru silikonowego RTV. Po zwulkanizowaniu utworzył on gładką i dobrze przylegającą do podłoża warstwę [2]. Zmontowany izolator pokazano na rys. 2.



Rys. 2. Widok zmontowanego izolatora LPH 35/2

3. Wytrzymałość mechaniczna

Jak wspomniano powyżej, najważniejszym problemem do rozwiązania było zapewnienie odpowiedniej wytrzymałości mechanicznej rdzenia ceramicznego. Na wstępie założono, że ten sam rdzeń wykorzysta się do wykonania elektroenergetycznego izolatora liniowego, a w przyszłości do wykonania izolatora trakcyjnego [1]. Należało więc tak dobrać średnicę rdzenia, aby osiągnąć nie tylko wystarczającą wytrzymałość na rozciąganie (podstawowy rodzaj obciążenia izolatora wiszącego), ale także zapewnić wytrzymałość na zginanie na poziomie wymagań dla izolatorów trakcyjnych, czyli – wg PN-87/E-91112 dla izolatorów typu LT – na poziomie 3 kN.

Wystarczającą wytrzymałość na rozciąganie osiągnięto już przy średnicy rdzenia 30 mm. Chcąc jednak uniknąć tak znacznego naprężania czerepu ceramicznego, co przy nieznacznym wahaniu składu surowcowego mogłoby spowodować niepożądane obniżenie wytrzymałości (nie można także pomijać rozrzutu wyników) – zwiększono średnicę rdzenia do 35 mm. Wyniki badań – patrz tab. 2. – w pełni ten wybór potwierdziły. Trzeba także stwierdzić, że uzyskane wytrzymałości jednostkowe są ponad dwukrotnie wyższe od osiąganych na izolatorach porcelanowych o średnicy pnia 60 mm. (Osiągnięte wyniki potwierdzają znaną tezę o obniżaniu się wytrzymałości jednostkowej wraz ze wzrostem powierzchni przekroju.)

Tab. 2. wyniki prób mechanicznych próbných partii rdzeni ceramicznych

Średnica rdzenia ceramicznego		Uzyskana w próbach średnia wytrzymałość jednostkowa	
		na rozciąganie	na zginanie
mm		MPa	
1		2	3
∅ 30	bez szkliva	132 ¹⁾	250 ²⁾
∅ 35	bez szkliva	106 ³⁾	220 ⁴⁾
	ze szklivem	–	240 ⁵⁾

¹⁾ Średnia z 6 wyników, ²⁾ Średnia z 3 wyników, ³⁾ Średnia z 5 wyników, ⁴⁾ Średnia z 8 wyników, ⁵⁾ Średnia z 4 wyników.

Rdzenie ceramiczne wykonano w Oddziale Ceramiki CEREL Instytutu Energetyki w Boguchwale. Dzięki uprzejmości ZPE ZAPEL S.A., próby mechaniczne przeprowadzono na zrywarcie typu ZD-30, według metodyki podanej w normie PN-IEC 383-1:1997. Rdzenie do prób montowano w okuciach technologicznych za pomocą topliwego spoiwa siarkowego TS wg PN-90/E-30000.

4. Sposób wykonania prototypowego izolatora hybrydowego

Na rdzenie izolatorów hybrydowych zastosowano wysokoglinowe tworzywo ceramiczne. W celu uzyskania możliwie wysokiej jednorodności czerepu, formowanie rdzeni odbywało się na prasie izostatycznej. Jakkolwiek w badaniach potwierdzono uzyskanie założonej

wytrzymałości mechanicznej rdzeni (zarówno na rozciąganie jak i zginanie), to jednak kontynuowanie prac w tym zakresie wydaje się niezbędne. Istnieją bowiem realne przesłanki, że przy niewielkiej zmianie składu surowcowego zastosowanego tworzywa, będzie można jeszcze bardziej zmniejszyć średnicę rdzeni izolatorów przy jednoczesnym zachowaniu założonej znamionowej wartości wytrzymałości mechanicznej na rozciąganie. Konsekwencją tego byłoby obniżenie kosztów wytwarzania zarówno rdzeni jak i całego izolatora.

Przed nałożeniem kloszy z elastomeru silikonowego HTV, szklwione rdzenie izolatorów pokrywano gumą silikonową RTV na odcinku między kloszami, a następnie nakładano klosze. Klosze zakupiono u jednego z renomowanych europejskich producentów izolatorów kompozytowych, a do nakładania ich na rdzeń zastosowano specjalnie w tym celu wykonany przyrząd.

W celu utworzenia wiązań chemicznych między gumą a ceramiką, powierzchnie styku kloszy i rdzenia ceramicznego pokrywano środkiem sprzęgającym. Doboru gum silikonowych RTV i HTV dokonano na podstawie wyników badań laboratoryjnych oraz wyników eksploatacji łańcuchów izolatorów ceramicznych w dwóch liniach blokowych w Elektrowni Kozienice, pokrytych w 1998 r. tą samą gumą RTV [4, 8]. Z tych badań wynikało, że poddana starzeniu się w warunkach laboratoryjnych guma silikonowa RTV ma zdolność szybkiej regeneracji niskiej zwilżalności, zwłaszcza w obecności zabrudzeń. Efektywność tego procesu zależy od rodzaju narażenia i właściwości fizyko-chemicznych zanieczyszczeń pokrywających powierzchnię gumy. Z tego względu powierzchnię rdzenia izolatora między kloszami – gdzie możliwości samooczyszczania są niewielkie - pokryto właśnie tą gumą. Natomiast silnie domieszkowany napełniaczami materiał HTV (z którego wykonano klosze izolatora) wykazywał ograniczone zdolności regeneracji niskiej zwilżalności, jednak w stanie hydrofilnym - podczas przepływu prądu - nie ulegał szybkiej degradacji. Biorąc pod uwagę, że powierzchnie kloszy są bezpośrednio narażone na opady atmosferyczne, uznano za celowe wykonanie kloszy z gumy silikonowej HTV.

Wybrany kształt okuć izolatora hybrydowego LPH 35/2 wynikał z wymagań narzuconych przez zagranicznego partnera, który w celach badawczych zainstalował 10 szt. tych izolatorów w linii dystrybucyjnej. W linii tej eksploatuje się izolatory kołpakowe ze szkła hartowanego.

W przypadku zainteresowania spółek dystrybucyjnych opracowaną konstrukcją izolatora hybrydowego, przewiduje się wykonanie okuć o mniejszych gabarytach ze staliwa, którego wytrzymałość mechaniczna jest większa od żeliwa sferoidalnego.

5. Podsumowanie

Wykonano prototypową serię izolatorów hybrydowych LPH 35/2, z której 10 szt. izolatorów przekazano do badań terenowych w warunkach bardzo silnych zabrudzeń typu morskiego. Podstawowym celem badań terenowych jest sprawdzenie jakości wykonania makroskopowych powierzchni granicznych klosz-rdzeń ceramicznych.

Literatura

- [1] **Wańkowicz J., Bielecki. J.:** *Koncepcja konstrukcji izolatora hybrydowego do sieci średniego napięcia.* VI Ogólnopolska konferencja naukowo-techniczna: *Napowietrzna izolacja wysokonapięciowa w elektroenergetyce* – NIWE'2000, Bielsko-Biała - czerwiec'2000. *Prace naukowe IPEiE Politechniki Wrocławskiej*, zeszyt nr 36, seria: Konferencje - nr 11, OWPW, Wrocław 2000.
- [2] **Wańkowicz J., Bielecki. J., Wieczorek K.:** *Elektroenergetyczny hybrydowy izolator wiszący do linii przesyłowych średniego napięcia.* Zgłoszenie patentowe P-345375.
- [3] Wytyczne stosowania PN-EN 60433:2001 – *Właściwości ceramicznych izolatorów długopniowych stosowanych w polskich sieciach elektroenergetycznych.* Publikacja PKN-SEP. Wydawnictwo COSiW SEP – Warszawa, 2001.
- [4] **Wańkowicz J., Strużewska E., Kobyliński K., Przybyłowski R.:** *Modernizacja izolacji linii blokowych 400 kV w Elektrowni Kozienice z wykorzystaniem stałych powłok z elastomerów silikonowych RTV.* VI Ogólnopolska konferencja naukowo-techniczna: *Napowietrzna izolacja wysokonapięciowa w elektroenergetyce* – NIWE'2000, Bielsko-Biała - czerwiec'2000. *Prace naukowe IPEiE Politechniki Wrocławskiej*, zeszyt nr 36, seria: Konferencje - nr 11, OWPW, Wrocław 2000.
- [5] **Wieczorek K.:** *Wpływ długotrwałego oddziaływania wody na właściwości hydrofobowe gum silikonowych.* VI Ogólnopolska konferencja naukowo-techniczna: *Napowietrzna izolacja wysokonapięciowa w elektroenergetyce* – NIWE'2000, Bielsko-Biała - czerwiec'2000. *Prace naukowe IPEiE Politechniki Wrocławskiej*, zeszyt nr 36, seria: Konferencje - nr 11, OWPW, Wrocław 2000.
- [6] **Wieczorek K.:** *Wyniki badań starzenia się elastomerów silikonowych w komorze klimatycznej* V Ogólnopolskie sympozjum: *Inżynieria wysokich napięć w elektroenergetyce* – IW'2000. Poznań-Kiekrz - 2000. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej 2000.
- [7] **Wieczorek K., Gustavsson T.:** *Results of investigation of silicone rubbers by rotating wheel deep test method.* Materiały konferencyjne – APTDAM'2001, Wrocław, 17-18 września 2001.
- [8] **Wieczorek K., Wańkowicz J.:** *Influence of corona discharges in presence of water on wettability of silicone rubbers.* Materiały konferencyjne – APTDAM'2001, Wrocław, 17-18 września 2001.

HYBRID SUSPENSION INSULATOR FOR DISTRIBUTION LINES. TECHNOLOGY AND CHARACTERISTICS

Prototype of hybrid suspension insulator for 15 kV distribution lines crossing heavily polluted areas has been elaborated. These new insulators are manufactured in different way than traditional ceramic ones since their sheds are made of HTV silicone rubber. The sheds are placed on a ceramic rod of the insulator, partially covered with RTV coating, as separate elements. Mechanical and electrical characteristics of the LPH 35/2 hybrid suspension insulator are better than the LP 60/2 ceramic insulator being its technical equivalent.

Pracę wykonano w ramach projektu KBN nr 7T08D01119