



Jerzy Stankiewicz*, Maria Adamowska*, Zbigniew Świerczyzna*

KRYTERIA OCENY I DOBORU MATERIAŁÓW STOSOWANYCH DO NAWIETRZNEJ, WYSOKONAPIĘCIOWEJ IZOLACJI KOMPOZYTOWEJ

Streszczenie: W publikacji przedstawiono podstawowe konstrukcje izolatorów kompozytowych i opisano tworzywa sztuczne stosowane do ich wykonania. Omówiono metody badania i oceny tworzyw sztucznych stosowanych do wykonania izolatorów kompozytowych pracujących w warunkach napowietrznych, oraz przedstawiono wyniki badań wykonanych przez autorów artykułu.

Słowa kluczowe: izolacja kompozytowa, linie napowietrzne

1. Wstęp

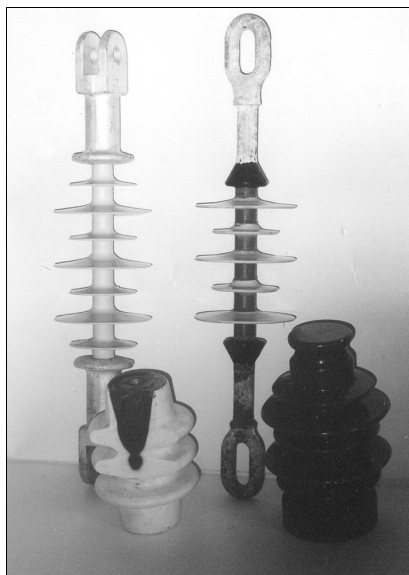
Od lat 30-tych naszego stulecia, kiedy to wynaleziono i zastosowano ebonit jako pierwsze tworzywo sztuczne do celów elektroizolacyjnych notuje się szybki wzrost zastosowań tworzyw sztucznych.

Lata 40-te przyniosły opracowanie i wprowadzenie do produkcji syntetycznych żywic epoksydowych, poliestrowych i innych, które szybko znalazły zastosowanie w formie tworzyw zbrojonych włóknami i napełnianych proszkami. Izolatory na napięcie do 70 kV wykonywane z tych kompozycji już w latach 80-tych wyparły prawie całkowicie tradycyjne izolatory porcelanowe i szklane stosowane w wewnętrznych urządzeniach energetycznych. Izolatory z tworzyw sztucznych umożliwiły rozwój wielu konstrukcji energetycznych, wyłączników małoolejowych, gazowych z SF₆ czy wreszcie rozdzielni gazowych z SF₆.

* Instytut Elektrotechniki, Oddział Wrocław

Zastosowanie tworzyw sztucznych do izolatorów pracujących w warunkach napowietrznych ograniczone było do niedawna złą odpornością tworzyw na promieniowanie UV oraz podatnością tworzyw organicznych na tworzenie się w warunkach zabrudzenia i wilgoci ścieżek przewodzących. Jednak szybki rozwój przemysłu chemicznego już w latach 60-tych zaowocował powstaniem żywic cykloalifatycznych odpornych na ultrafiolet, zastosowaniem elastomerów silikonowych oraz żywic metakrylanowych. Konstruktorzy izolatorów bardzo szybko skorzystali z oferty chemii i nastąpił lawinowy wzrost zastosowań tworzyw sztucznych w napowietrznych izolatorach WN. W niektórych rozwiązaniach całkowicie zrezygnowano z zastosowania materiałów tradycyjnych — ceramiki i szkła.

Dziedzina tą są wszelkiego rodzaju głowice kablowe i przyłącza średniego i wysokiego napięcia oraz urządzenia izolowane gazem SF₆. Bardzo szybko — ze względów bezpieczeństwa przeciwwybuchowego rozwija się zastosowanie izolacji kompozytowej jako osłon odgromników i wyłączników napowietrznych. W 20% nowo budowanych i modernizowanych liniach energetycznych zastosowano kompozytowe izolatory liniowe. Spodziewany jest dalszy, szybki rozwój zastosowań. Izolator kompozytowy w nomenklaturze norm występuje jako izolator z tworzywa sztucznego składającego się z co najmniej dwóch materiałów. Taką budowę mają właściwie wszystkie izolatory z tworzyw sztucznych, jednak nazwa izolator kompozytowy wywodzi się z języka angielskiego i oznacza izolator składający się z rdzenia nośnego i elastomerowej osłony.



Rys. 1. Energetyczne izolatory kompozytowe średniego napięcia

Na zdjęciu (rys. 1) przedstawiono grupę energetycznych izolatorów napowietrznych wykonanych w IEL/OW. Od lewej, kompozytowy izolator odciągowy 24 kV wykonany technologią wtrysku, epoksydowy izolator kompozytowy z rdzeniem z diano-

wej żywicy epoksydowej i osłoną z żywicy cykloalifatycznej, kompozytowy izolator 24 kV wykonany technologią sklejaną, izolator liniowy stojący z żywicy cykloalifatycznej. Izolatory przedstawione na zdjęciu są przykładem różnych konstrukcji i technologii wykonania.

2. Badania materiałowe

Rozwój zastosowań izolacji kompozytowej w energetycznych instalacjach napowietrznych stymuluje powstanie metod badawczych, które mają umożliwić:

- ocenę szybkości i stopnia zesterzenia materiałów organicznych, stosowanych w izolacji napowietrznej,
- dokonanie wyboru najlepszych materiałów spośród szerokiej gamy oferowanej przez przemysł chemiczny.

Pionierzy w stosowaniu izolacji kompozytowej — Niemcy już w 1985 roku opracowali i znormalizowali trzy metody badawcze zawarte w normie DIN/VDE-0441. Dwie z tych metod mają odpowiedniki w normach polskich:

PN-89/E-04442 (IEC 587) – Badanie odporności na prądy pełzające przy wysokim napięciu i pochyłej próbce,

PN-74/E-04441 (ASTM D495) – Badanie odporności na łuk elektryczny o małym natężeniu prądu przy wysokim napięciu.

Norma DIN pozwala dzielić zbadane materiały na klasy i do celów elektroizolacyjnych napowietrznych materiał musi osiągać klasę 2 w każdej z trzech prób.

W tabeli 1 przedstawiono wyniki badań 5-ciu elastomerów silikonowych typu LSR. Z materiałów 1, 2, 4 wykonywane są w IEL izolatory kompozytowe.

Interesujące jest porównanie elastomerów 2 i 4. Materiał 2 zawiera napełniacz ATH ($Al_2O_3(OH)_3$), natomiast elastomer 4 nie zawiera napełniaczy. W badaniach widać wyraźną różnicę w odporności na prądy pełzające i łuk WN. Materiały te poddano badaniu derywatograficznemu i stwierdzono, że rozkład termiczny elastomeru Nr 2 rozpoczyna się w temperaturze $330^\circ C$, co odpowiada temperaturze rozkładu napełniacza $Al_2O_3(OH)_3$. Elastomer silikonowy Nr 4, który nie zawiera uwodnionego napełniacza ma początkowy rozkład w temperaturze $440^\circ C$.

Wynik badania można interpretować następująco: elastomery silikonowe, które z racji swojej budowy chemicznej są odporne na łuk elektryczny nie wymagają stosowania uwodnionego tlenku glinu, który w tym wypadku działa raczej destrukcyjnie na materiał, a nie poprawia odporności materiału na łuk. ATH jest znany od lat jako środek poprawiający odporność tworzyw sztucznych na łuk elektryczny. Działanie tego napełniacza polega na wiązaniu węgla powstającego przy spalaniu w łuku tworzywa sztucznego na gazowe związki węgla CO i CO_2 . Usuwanie węgla z powierzchni materiału zapobiega powstawaniu ścieżek przewodzących.

Z ostatnich doniesień literaturowych wynika, że dobrą ocenę jakości elastomerów silikonowych można uzyskać przez badanie prądów upływu na materiałach poddanych działaniu mgły solnej w komorze. Metoda ta lansowana w USA jest przygotowywana do normalizacji.

Tabela 1. *Badania materiałów stosowanych do produkcji kompozytowych izolatorów nawiętrycznych. Norma DIN/VDE 0441/1985 r.*

1. Odporność na prądy pełzające przy wysokim napięciu i pochyłej próbce (HK)	
HK – klasa 0	— jedna z 5-ciu próbek nie wytrzyma badania przy 2,5 kV przez 6 h
HK – klasa 1	— każda z 5-ciu próbek wytrzyma badanie 2,5 kV przez >6 h
HK – klasa 2	— każda z 5-ciu próbek wytrzyma badanie 3,5 kV przez >6 h
HK – klasa 3	— każda z 5-ciu próbek wytrzyma badanie 4,5 kV przez >6 h
2. Odporność na działanie łuku elektrycznego przy wysokim napięciu (HL)	
HL – klasa 0	— czas zgaśnięcia łuku lub zapalania się próbki – 0–180 s
HL – klasa 1	— czas zgaśnięcia łuku lub zapalania się próbki – ponad 180 do 240 s
HL – klasa 2	— czas zgaśnięcia łuku lub zapalania się próbki – ponad 240 do 300 s
HL – klasa 3	— czas zgaśnięcia łuku lub zapalania się próbki – ponad 300 do 360 s
HL – klasa 4	— czas zgaśnięcia łuku lub zapalania się próbki – ponad 360 do 420 s
3. Dyfuzyjna wytrzymałość elektryczna (HD)	
HD – klasa 0	— na jednej z 6-ciu próbek następuje przebicie lub przeskok przy napięciu do 6 kV — na jednej z 6-ciu próbek wystąpi prąd >1 mA
HD – klasa 1	— na żadnej z 6-ciu próbek nie wystąpi przebicie lub przeskok przy napięciu 6 kV — na żadnej z 6-ciu próbek prąd w czasie próby nie wzrośnie ponad 1 mA
HD – klasa 2	— na żadnej z 6-ciu próbek nie wystąpi przebicie lub przeskok przy napięciu 12 kV — na żadnej z 6-ciu próbek prąd w czasie próby nie wzrośnie ponad 1 mA

Tabela 2. *Ocena elastomerów silikonowych badanych w IEL/OW wg kryteriów DIN/VDE0441*

Materiał nr	Badanie materiałów nie starzonych					
	[kV/h]	HK	[s]	HL	[mA]	HD
1	3,5/6/E	2	126	0	<0,1	2
2	2,5/6/E	1	234	1	<0,1	2
3	3,5/6/E	2	97	0	<0,1	–
4	4,5/6	>3	>420	4	<0,1	2
5	4,5/6	3	>420	4	<0,1	2

Tabela 3. *Temperatury początku i zakończenia rozkładu termicznego elastomerów silikonowych*

Temp. rozkładu [°C]	Materiał		
	Nr 2	Al ₂ O ₃ (OH) ₃	Nr 4
Początek rozkładu (10% ubytku masy)	330	280	440
Koniec rozkładu	470	315	560

3. Podsumowanie

- Materiały stosowane do wykonywania izolatorów kompozytowych pracujących w warunkach napowietrznych są trudne do oceny z racji wysokiej odporności na łuk elektryczny, prądy pełzające i starzenie.
- Znane i znormalizowane metody badań nie zapewniają jednoznacznej oceny materiałów i pozwalają jedynie na ich wstępną selekcję.
- W wielu ośrodkach badawczych poszukuje się nowych metod oceny.
- Rozwój zastosowań izolatorów kompozytowych w energetyce wymusza potrzebę opracowania i znormalizowania nowych metod oceny materiałów.

Literatura

- [1] **Gasperowicz A., Stankiewicz J., Adamowska M.:** *Optymalizacja silanowych środków sprzęgających do elektroizolacyjnego betonu polimerowego*. Dokumentacja Techniczna IEL/OW, Wrocław 1994
- [2] DIN/VDE 0441: *Badanie materiałów do produkcji izolatorów napowietrznych*
- [3] *Dow Corning introduces new range of silicones at HV Insulator Applications*. Materials – Jan/Febr. 1999 r. str. 30–39
- [4] **Jahn:** *Bestimmung der HD und HK-Klasse an Silikongummimaterial Silopren LSR 2250*. Sprawozdanie z badań dla F-my Bayer 1/96

THE MERIT OF COMPOSITES EVALUATION AND SELECTION FOR APPLICATIONS IN AERIAL HIGH VOLTAGE INSULATION SYSTEMS

This paper presents the typical constructional solutions of composite insulators with focus on construction – to – composite correspondences. The results of authors own investigations of plastics are followed by the review of methods of testing and evaluation of plastics.

Prace wykonano w ramach Projektu Badawczego KBN Nr 8T10B02614:
„Metody badań i kryteria oceny energetycznych izolatorów kompozytowych”.