

Sławomir Janiszewski¹, Ireneusz Sosnowski¹, Aleksandra Rakowska¹

WŁAŚCIWOŚCI POLIETYLENU STOSOWANEGO W PRZEWODACH NAWIETRZNYCH IZOLOWANYCH

Streszczenie: W artykule przedstawiono wstępną ocenę polietylenu usieciowanego (XLPE) stosowanego na osłonę lub izolację przewodów linii napowietrznych, głównie pod kątem jego odporności na działanie wyładowań ślizgowych i promieniowania ultrafioletowego.

Słowa kluczowe: polietylen usieciowany, linie napowietrzne izolowane lub w osłonie izolacyjnej, wyładowania ślizgowe, analiza spektrofotometryczna w podczerwieni

1. Wprowadzenie

Przewody napowietrzne izolowane lub w osłonie izolacyjnej stanowią alternatywę dla konwencjonalnych przewodów gołych, wykorzystywanych w dystrybucyjnych liniach napowietrznych. Linie izolowane zapewniają większą niezawodność zasilania odbiorców, wytrzymują zbliżone lub nawet większe obciążenia mechaniczne niż przewody stosowane w technologiach tradycyjnych. Nie bez znaczenia jest również możliwość zmniejszenia gabarytów linii napowietrznej [1, 2], co zwiększa atrakcyjność tego rozwiązania – zarówno pod kątem aspektów ekonomicznych, jak i ekologicznych oraz technicznych.

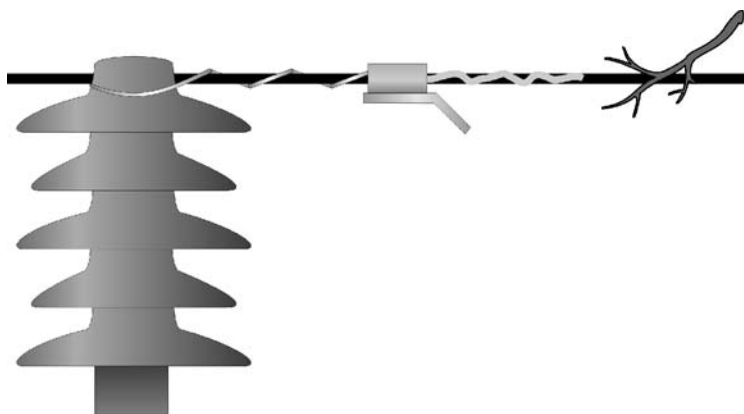
Linie napowietrzne z zastosowaniem izolowanych przewodów zaczęto stosować w Europie już w latach pięćdziesiątych. Analizując rozwój linii napowietrznych z przewodami izolowanymi w Polsce, można stwierdzić, że w zakresie niskich napięć wyraźny wzrost zainteresowania tymi liniami zaobserwowano po roku 1990. Natomiast w przypadku linii średnich napięć z przewodami izolowanymi i w osłonie izolacyjnej (LSNi) zainteresowanie to notowano od 1992 roku [3]. Obecnie, corocznie w Spółkach Dystrybucyjnych oddawane są do eksploatacji nowe linie napowietrzne z przewodami izolowanymi, a sumaryczna ich długość zwiększa się znacznie.

¹ Politechnika Poznańska, Instytut Elektroenergetyki, ul. Piotrowo 3a, 60-965 Poznań

Spodziewane korzyści ze stosowania linii napowietrznych izolowanych potwierdzają doświadczenia eksploatacyjne. Szczegółowa analiza awaryjności napowietrznych linii izolowanych średniego napięcia wykazała, że bardzo niski procent uszkodzeń można zakwalifikować jako uszkodzenia związane ze zjawiskami starzeniowymi w izolacji – osłonie przewodu [4]. Jednak należy pamiętać o stosunkowo krótkim czasie eksploataowania tego typu linii napowietrznych. Aby uniknąć w przyszłości problemów eksploatacyjnych, konieczne jest ocenienie wpływu specyficznych czynników starzących na jakość izolacji/osłony z polietylenu usieciowanego - podczas jej wieloletniej pracy w sieci elektroenergetycznej. W celu odtworzenia oddziaływania wybranych czynników starzących na izolację XLPE przewodów, badania laboratoryjne wykonano zarówno na izolacji rzeczywistych przewodów oraz na próbkach materiału izolacyjnego.

2. Wymagania stawiane izolacji przewodów w liniach napowietrznych

Doświadczenia eksploatacyjne pokazują, że większość przypadków uszkodzenia izolacji przewodów, które wystąpiły w liniach napowietrznych izolowanych średniego napięcia, polegała na zwarciu przewodów przez upadające drzewa lub gałęzie. Szczególnym tego przypadkiem jest opadnięcie gałęzi (konarów) drzew w pobliżu zacisków służących do mocowania osprzętu łukoochronnego – rys. 1. Konsekwencją takiej sytuacji jest rozwój wyładowań typu ślizgowego po powierzchni izolacji (osłony), prowadzące do erozji powierzchniowej poprzez powstanie trwałych, wypalonych (zwęglonych) ścieżek przewodzących. Materiały organiczne, nawet o bardzo dobrych właściwościach izolacyjnych w stanie suchym i czystym, w atmosferze wilgotnej, a zwłaszcza po zanieczyszczeniu ich powierzchni są podatne na działanie wyładowań powierzchniowych. W zależności od warunków zaistnienia wyładowań po powierzchni, charakter oddziaływania na materiał może być różnorodny. Efektem termicznego (lokalny wzrost temperatury izolacji, tworzenie się zwęglonych ścieżek), chemicznego (wydzielanie się produktów gazowych z powierzchni izolacji) oraz erozyjnego działania tych wyładowań mogą być prądy pełzne.



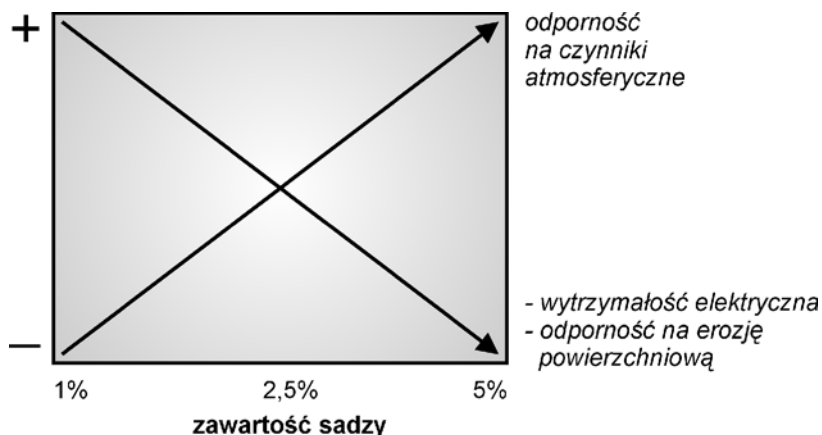
Rys. 1. Powstawanie wyładowań na powierzchni przewodu izolowanego w linii napowietrznej w przypadku opadnięcia gałęzi w pobliżu osprzętu łukoochronnego

Ze względu na warunki pracy przewodów izolowanych – izolacji (osłonie) z polietylenu usieciowanego stawia się odmienne wymagania niż np. w przypadku zastosowania XLPE jako izolacji kabli ziemnych. Izolacja przewodów jest bezpośrednio poddana działaniu promieniowania słonecznego, opadom atmosferycznym i zmianom temperatury znacznie wyższym niż w przypadku izolacji kabli elektroenergetycznych. Polietylen posiada wysoką odporność na działanie wyładowań po powierzchni (lub wyładowań ślizgowych), jednakże jego odporność na działanie promieniowania ultrafioletowego jest bardzo niska. Dlatego do XLPE dodawana jest sadza lub inny stabilizator UV, aby zwiększyć odporność materiału na działanie wszystkich czynników atmosferycznych. Jednakże obecność sadzy obniża odporność materiału na tworzenie się trwałych śladów po wyładowaniach po powierzchni izolacji. Jak wykazały wyniki badań [5] polietylen usieciowany wykazuje ponad półtorakrotnie wyższą odporność na działanie czynników atmosferycznych w porównaniu z polietylenem termoplastycznym.

Na rysunku 2 przedstawiono wpływ zawartości sadzy w XLPE na odporność materiału na działanie czynników atmosferycznych i działanie wyładowań powierzchniowych oraz wytrzymałość elektryczną materiału [6]. W związku z tym, modyfikacja polietylenu stosowanego w przewodach izolowanych musi zapewniać spełnienie czterech równorzędnych wymagań stawianych izolacji:

- wysoka odporność na działanie czynników atmosferycznych (głównie promieniowanie UV),
- odpowiednia wytrzymałość elektryczna,
- wysoka odporność na działanie wyładowań po powierzchni izolacji,
- łatwość wytłaczania izolacji o ustalonych parametrach.

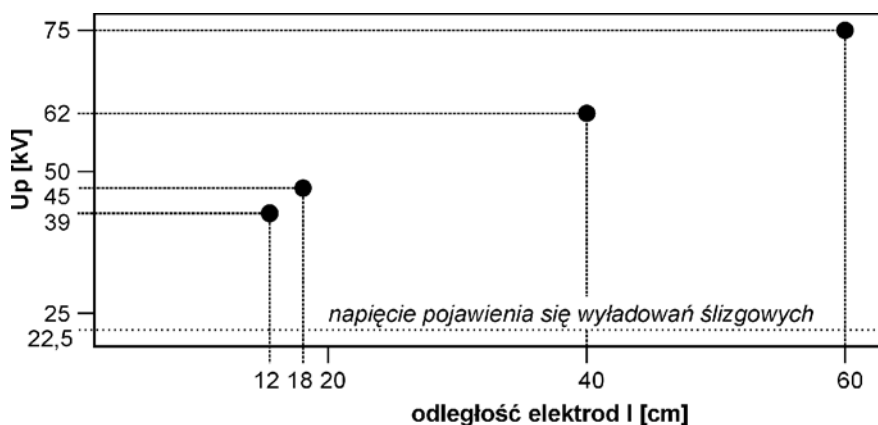
Jak wykazały wyniki prac prowadzonych przez producentów materiałów stosowanych przez przemysł kablowy, najczęściej problemów stwarza spełnienie warunku, aby izolacja przewodów napowietrznych charakteryzowała się wysoką odpornością na wyładowania rozwijające się po powierzchni materiału. Obecne wymagania określają minimum odporności na powstawanie śladów pełnych, a optymalna zawartość sadzy w tym przypadku jest na poziomie 2,5% objętości wagowej.



Rys. 2. Wpływ zawartości sadzy na właściwości izolacji XLPE przewodów napowietrznych

3. Wyniki badań

Badania prowadzono na odcinkach rzeczywistych przewodów linii napowietrznych średniego napięcia oraz na wyprasowanych próbkach izolacji. Zamodelowano sytuację z rys.1 – umieszczając na powierzchni izolacji przewodu uziemioną elektrodę pierścieniową w różnej odległości od zakończenia przewodu będącego pod wysokim napięciem. Do układu przykładano napięcie przemiennie – podnoszone aż do momentu zainicjowania wyładowań ślizgowych po powierzchni oraz do wystąpienia przeskoku pomiędzy elektrodami. Na rysunku 3 pokazano uzyskane wartości napięcia przeskoku wraz z zaznaczeniem napięcia pojawiającego się wyładowań po powierzchni przewodu.



Rys. 3. Napięcie przeskoku dla różnych odległości pomiędzy elektrodami umieszczonymi na powierzchni izolacji przewodu

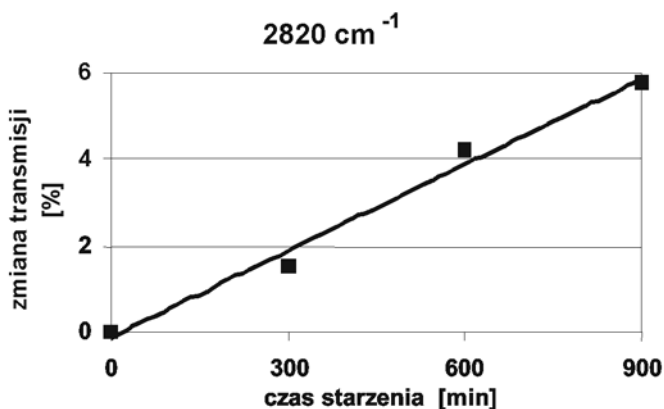
Kolejny etap badań polegał na określaniu wpływu wyładowań ślizgowych na wartość rezystancji powierzchniowej izolacji przewodów. W tabelicy 1 zestawiono wyniki pomiarów rezystancji powierzchniowej docinka 30 mm przewodu, wyznaczonej dla izolacji XLPE przewodów fabrycznie nowych oraz podanych działaniu wyładowań ślizgowych. Pomiar wykonano przy napięciu 1000 V przy użyciu elektrometru.

Tab. 1. Rezystywność powierzchniowa przewodów izolowanych SN

Próbka	Warunki starzenia	Średnia wartość rezystancji powierzchniowej [Ω] oraz rozrzut wyników	
nowa	-	$4,73 \times 10^{13}$	$(3,45+6,38) \times 10^{13}$
starzona	30 minut działania wyładowań ślizgowych przy napięciu 40 kV	$1,37 \times 10^{13}$	$(1,24+1,45) \times 10^{13}$

Podjęto również wstępne badania wpływu absorpcji wody przez izolację przewodów w warunkach, gdy izolacja jest fabrycznie nowa oraz po starzeniu wyładowaniami rozwijającymi się po powierzchni. Ze względu na zbyt krótkie czasy starzenia pełna ocena nie jest możliwa. Zaobserwowano jedynie minimalny wpływ erozji powierzchni na wzrost chłonności wilgoci przez materiał izolacyjny. Jednakże wzrost wagi próbek, nawet po starzeniu wyładowaniami powierzchniowymi, a następnie zanurzonych przez 14 dni w wodzie nie przekraczał 0,1%.

Dalsze badania obejmowały analizę spektrofotometryczną w podczerwieni w celu oceny stopnia zesterzenia izolacji. Próbki izolacji przeznaczone do badań były, przy zastosowaniu mikrotomu, wycinane w postaci cienkich pasków. Następnie próbki poddawano działaniu promieniowania UV. Przykładowy wykres opisujący zmiany transmisji w paśmie 2820 cm^{-1} w czasie starzenia promieniowaniem UV przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Zmiana poziomu transmisji pasma 2820 cm^{-1} widma IR izolacji XLPE starzonej promieniami UV

Podczas starzenia próbki były kilkudziesięciokrotnie badane za pomocą spektrofotometru SPECORD 75 IR, z którego wyniki pomiarów były przesyłane do komputera [7]. W ten sposób otrzymano wykresy widma IR, które poddano dalszej obróbce. Na podstawie wyników analizy widm IR stwierdzono, że destrukcja izolacji XLPE przewodów napowietrznych może być oceniana na podstawie wzrostu intensywności pasm. Charakterystyczne pasma widma IR, w których nastąpił przyrost pochłaniania zostały wyznaczone ze stosunku transmisji dla próbek nowych i starzonych. Po poddaniu próbek wpływowi promieniowania UV zauważono wzrost pochłaniania w pasmach 2820 cm^{-1} , 2880 cm^{-1} i niewielkie zmiany w paśmie 1420 i 1440 cm^{-1} . Zmiany te są związane ze wzrostem liczby wiązań CH_3 w badanym materiale, co świadczy o postępującym procesie rozrywania łańcucha głównego polietylenu. Powtórzenie analizy IR dla tych samych próbek podczas całego okresu starzenia pozwoliło zaobserwować rozwój zmian starzeniowych w materiale.

4. PODSUMOWANIE

Ważnym problemem eksploatacyjnym jest właściwa ocena odporności na działanie określonych czynników starzących izolacji (osłony) XLPE napowietrznych przewodów izolowanych. Istnieje konieczność wskazania najlepszej metody oceny stanu izolacji tych przewodów pod kątem zapewnienia wieloletniej, bezawaryjnej eksploatacji omawianych linii napowietrznych. Badania te będą kontynuowane na kilku gatunkach izolacji przewodów napowietrznych izolowanych przy zastosowaniu kompleksowego oddziaływania wybranych czynników starzących oraz wydłużenia czasów ich oddziaływania.

Literatura

- [1] Wytyczne budowy i eksploatacji elektroenergetycznych linii napowietrznych z przewodami izolowanymi na napięcie do 30 kV, PTPiREE, Poznań, wrzesień 1998
- [2] **Gacek Z., Kosztaluk R., Paszek G.:** *Krajowe linie napowietrzne średniego napięcia z przewodami w izolacji polimerowej*, Przegląd Elektrotechniczny 2/1998
- [3] **Rakowska A., Grzybowski A., Tomczykowski J.:** *Doświadczenia zakładów energetycznych z eksploatacji napowietrznych linii izolowanych*, NIWE'2000, Bielsko-Biała, czerwiec, 2000
- [4] **Rakowska A., Grodecki P., Grzybowski A., Ratajczak J.:** *Overhead lines with covered conductors experiences in design, construction and service reliability assessment in Central Europe*, Fourth International Covered Conductor Conference ICC-2000, Helsinki
- [5] *Compounds for medium voltage aerial cable application*, Borealis, 1998
- [6] **Campus A., Wald D.:** *The influence of carbon black in crosslinked polyethylene compounds used in MV aerial cables*, Third International Conference ICC-1997, Capenhurst
- [7] **Sosnowski I.:** *Przystosowanie spektrofotometrów SPECORD 71 IR i SPECORD 75 IR do współpracy z komputerem PC oraz interpretacja i wykorzystanie uzyskanych wyników.*, Poznań Zastosowanie Komputerów w Elektrotechnice – Kiekrz 2001

PROPERTIES OF XLPE USED IN OVERHEAD INSULATED LINE

The paper contains evaluation of XLPE insulation used in a cover of overhead insulated lines in such an aspects as track resistance and UV radiation resistance.