

Aleksandra Rakowska

BADANIE IZOLACJI POLIMEROWEJ STĄRZONEJ
WYŁADOWANIAMi NIEZUPEŁNYMI

1. Wprowadzenie

O wyborze danego materiału na izolację wysokonapięciowych układów elektroenergetycznych decyduje spełnienie przez materiał podstawowych wymagań mechanicznych, termicznych, elektrycznych, środowiskowych i ekonomicznych. Wśród polimerowych materiałów elektroizolacyjnych najlepiej powyższe wymagania w odniesieniu do wysokonapięciowych układów izolacyjnych spełnia polietylen i polipropylen.

W celu uzyskania wzrostu trwałości i niezawodności układów izolacyjnych są prowadzone prace nad dalszym polepszeniem własności polimerów. Poprzez stosowanie różnych domieszek /stabilizatory, antyutleniające i wypełniacze/ oraz stwarzając różnorakie warunki w procesie przetwórstwa, można uzyskać polepszenie niektórych własności materiału. Z tego też względu nieodzowna jest znajomość budowy strukturalnej polimerów oraz zmian zachodzących pod wpływem czynników zewnętrznych [4] .

W San Diego w USA w kwietniu 1981 roku oprócz spotkania Grupy Roboczej 21-09 CIGRE odbyło się spotkanie zorganizowane przez EPRI /Electric Power Research Institute/ z uczestnictwem ponad trzydziestu przedstawicieli przemysłu kablowego oraz naukowców z Europy, Japonii i USA. Na obu tych spotkaniach jednym z poruszanych problemów był związek struktury polimeru z wytrzymałością elektryczną materiału.

Podkreślono także konieczność szerszego zbadania tego zagadnienia [3].

2. Metodyka badań

Badaniom poddano folię polietylenową i polipropylenową. Folia polietylenowa została wykonana z polietylenu POLITEN II 003 60 stanowiącego bazę dla produkcji wszystkich gatunków polietylenu kablowego. Folię polipropylenową uzyskano z Zakładów Wytwórczych Aparatury Wysokiego Napięcia w Warszawie, gdzie wykorzystywana była do produkcji eksperymentalnych wysokonapięciowych kondensatorów energetycznych.

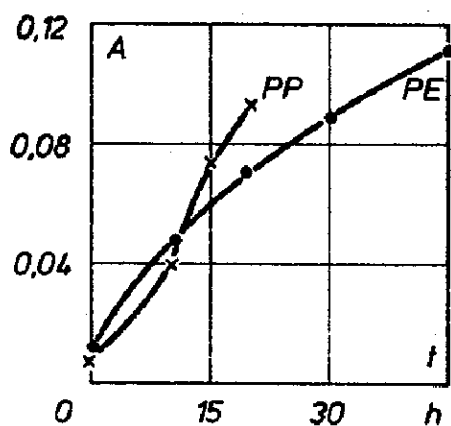
Próbki poddawano oddziaływaniu wyładowań niezupełnych przykładając do układu ze sztuczną wtrąciną napięcie trzykrotnie wyższe od napięcia, przy którym pojawiły się w układzie mierzone wyładowania niezupełne. Nie zajmowano się analizą tych wyładowań, traktując je jedynie jako jeden z czynników starzących mogących wystąpić w rzeczywistych układach izolacyjnych.

Metody oceny stopnia zesterzenia materiału można podzielić na kilka grup. Pierwsza grupa metod pozwala ocenić własności mechaniczne, np. wytrzymałość na zrywanie, granicę plastyczności, wydłużenie przy zrywaniu itp. Następna grupa metod badawczych posługuje się badaniami własności elektrycznych analizowanych materiałów, między innymi pomiarami współczynnika strat dielektrycznych, wytrzymałości elektrycznej i rezytywności. Kolejna grupa badań posługuje się oceną zmian struktury i własności fizykochemicznych polimeru. Do tej grupy można zaliczyć analizę spektrofotometryczną, badania mikroskopowe, analizę układu chemicznego materiału itp.

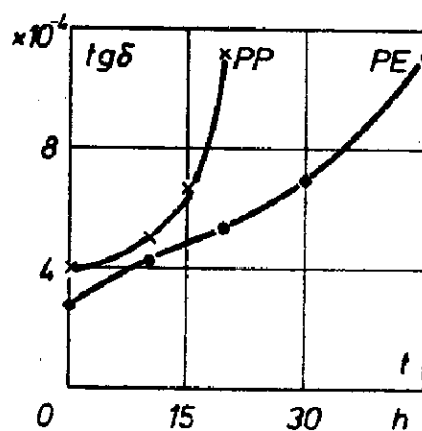
Analiza spektrograficzna może być wykorzystywana do oceny materiałów izolacyjnych. Metoda ta jest szczególnie przydatna do porównania kilku kompozycji materiałowych o tym samym składniku zasadniczym, a zmieniających się dodatkach lub do porównywania materiałów o odmiennej technologii. Zmiany absorpcji wybranych pasm widma w podczerwieni mogą być odzwierciedleniem zachodzących w materiale zmian strukturalnych. Analiza spektrograficzna jest stosowana najczęściej do oceny stopnia zesterzenia polimeru pod wpływem oddziaływania jednego czynnika [2, 3]. Stosunkowo rzadko jest rozpatrywane oddziaływanie równoczesne kilku czynników imitujących pracę materiału w warunkach rzeczywistych. Analizę spektrograficzną w prezentowanych badaniach wykonywano przy użyciu spektrofotometru SPECORD 71 IR.

Dla próbek niestarzonych i starzonych wyładowaniami niezupełnymi oprócz analizy spektrograficznej w podczerwieni przeprowadzono badania wytrzymałości elektrycznej. Wyznaczano także, przy użyciu mostka Scheringa typu 2801 firmy Tettex, współczynnik strat dielektrycznych oraz przenikalność dielektryczną.

Na podstawie przeprowadzonych wielu badań polimerów starzonych i niestarzonych stwierdzono, że proces ich starzenia może być śledzony w kilku charakterystycznych zakresach widma w podczerwieni. Podczas starzenia materiałów polimerowych zachodzą przede wszystkim reakcje utleniania, które charakteryzują się powstaniem grup karbonylowych [5]. Pasmu związane z drganiem grupy C=O jest pasmem szerokim, o wysokim współczynniku absorpcji i występuje w zakresie $1710 - 1730 \text{ cm}^{-1}$. Przy ocenie zaawansowania procesu starzenia materiału najczęściej kontroluje się wzrost pasma karbonylowego i wykreśla się krzywe kinetyczne jego rozwoju. Jednak bardziej interesujący wydaje się związek zachodzący pomiędzy, wywołanymi procesami starzeniowymi, zmianami podstawowych własności materiału a zmianami zachodzącymi w strukturze polimeru. Na rysunku 1 przedstawiono zmiany absorpcji pasma karbonylowego w funkcji czasu starzenia wyładowaniami niezupełnymi dla folii polietylenowej i polipropylenowej. Na rysunku 2 przedstawiono natomiast zmianę wartości współczynnika strat dielektrycznych, a na rysunku 3 - wytrzymałość elektryczną w funkcji czasu oddziaływania wyładowań niezupełnych na polimer.

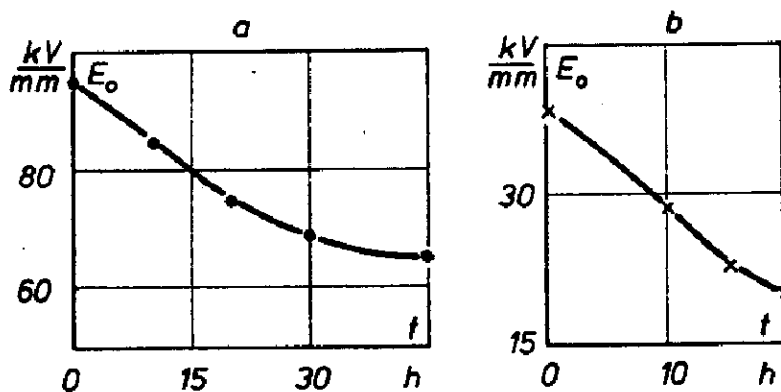


Rys. 1. Zależność absorpcji pasma 1720 cm^{-1} i czasu starzenia

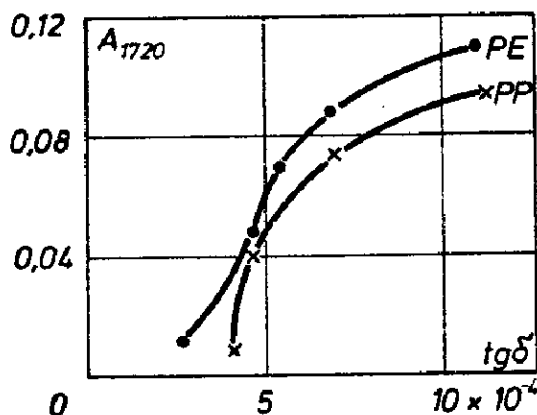


Rys. 2. Zależność współczynnika strat dielektrycznych i czasu starzenia

Natężenie przebicia wyznaczano na podstawie 10 polimerów posługując się statystyką Weibulla. Wartość $\text{tg } \delta$ określano także na podstawie 10 pomiarów. Dla określenia, czy istnieje związek pomiędzy zmianami struktury a zmianami własności elektrycznych na kolejnych rysunkach /rys. 4, 5/ przedstawiono graficznie współzależności wielkości opisujących oba rodzaje zmian wywołanych oddziaływaniem wyładowań niezupełnych.

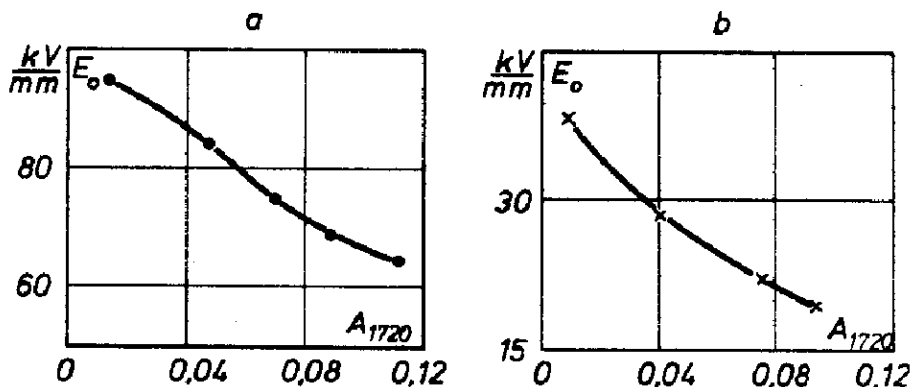


Rys.3. Zmiany wytrzymałości elektrycznej dla : a/ folii polietylenowej b/ folii polipropylenowej



Rys.4. Zależność absorpcji pasma karbonylowego i współczynnika strat dielektrycznych

Ze względu na fakt, że proces utleniania towarzyszy wszystkim rodzajom destrukcji polimeru [5, 4], jako główne pasmo diagnostyczne przyjęto pasmo karbonylowe. Śledzono także zmiany w całym analizowanym zakresie widna. Między innymi określano zmiany absorpcji dla zakresu widna odpowiedzialnego za wiązania netylowe. Wzrost zawartości tych wiązań świadczy o postępującym procesie rozrywania łańcucha głównego polimeru.



Rys.5. Zależność wytrzymałości elektrycznej i absorpcji pasma karbonylowego dla : a/ folii polietylenowej, b/ folii polipropylanowej

Ogólnie stwierdzono, że pogarszającym się własnościami elektrycznym towarzyszy zawsze wzrost absorpcji pasm związanych z destrukcją materiału. Przebieg krzywych na przedstawionych rysunkach potwierdza istnienie współzależności pomiędzy absorpcją w widmie IR, związaną z danymi grupami funkcyjnymi, charakteryzującą strukturę materiału, a przenikalnością elektryczną na starzenie wykładowaniami niezupełnymi. Uzasadnienie odporności materiału na starzenie dokonane na podstawie absorpcji pasma 1720 cm^{-1} , pokrywa się całkowicie z klasyfikacją poszczególnych partii próbek wykonaną w oparciu o badania elektryczne. Stwierdzono jednak, że zmiany przenikalności dielektrycznej nie mogą stanowić kryterium oceny elektroizolacyjnego materiału polimerowego, ponieważ zmiana występuje w zbyt małych zakresach.

3. Podsumowanie

Badania spektrograficzne, dostarczając informacji o zjawiskach rozpadu jednych grup i powstawaniu innych oraz o zwiększaniu lub zmniejszaniu się zawartości danych grup, umożliwiają dokonanie oceny zmian zachodzących w polimerach poddanych procesowi starzenia.

Własności dielektryczne oraz absorpcja wybranych pasm w widmie IR, opisująca strukturę rozpatrywanych materiałów elektroizolacyjnych, ulegają zmianom negatywnym w miarę wzrostu czasu oddziaływania wykładowań niezupełnych. Istnieje współzależność pomiędzy zmianami struktury polimeru, ocenianymi na podstawie widma materiału w podczerwieni, a zmianami własności dielektrycznych.

Wybór optymalnego gatunku danego materiału oraz uszeregowanie jego odporności na założony rodzaj starzenia mogą być dokonywane na podstawie określania wytrzymałości elektrycznej lub na podstawie badań spektrograficznych. Znając przebieg widma w podczerwieni dla danego gatunku polimeru można stosunkowo łatwo ocenić stopień zestarzenia materiału.

Literatura

1. EPRI : Electrical testing of extruded dielectric power transmission cables. San Diego, April 1981.
2. Grzybowski S., Rakowska A. : Opracowanie metody badania stopnia zestarzenia izolacji polietylenowej kabli elektroenergetycznych poprzez zastosowanie analizy spektrograficznej, oprac. 41-084/80 Poznań 1980.
3. Koenig J.L. : Application of Fourier transform infrared spectroscopy to polymer cable insulation. EPRI, Sec.12, May 1981.
4. Rakowska A. : Zastosowanie analizy spektralnej do oceny polietylenu izolacyjnego. Mat.Konf.N.T. : Doświadczenia w zakresie budowy i eksploatacji kabli. Bydgoszcz 1978.
5. Rakowska A. : Zależność między zmianami strukturalnymi wybranych materiałów polimerowych a zmianami własności elektrycznych wywołanych oddziaływaniem niektórych czynników zewnętrznych. Rozprawa doktorska. Politechnika Poznańska 1982.