



Janina POSPIESZNA¹, Zbigniew MISZCZUK¹, Jerzy STANKIEWICZ²

Politechnika Wrocławska, Instytut Podstaw Elektrotechniki i Elektrotechnologii (1),
Instytut Elektrotechniki, Oddział Technologii i Materiałoznawstwa Elektrotechnicznego we Wrocławiu (2)

Wpływ wilgoci na właściwości dielektryczne lanych kompozycji epoksydowych

Streszczenie. W artykule przedstawiono wyniki badań wpływu wilgoci i składu lanych kompozycji epoksydowych na właściwości dielektryczne badanych próbek. Badania wykonano metodą spektroskopii dielektrycznej w zakresie niskich częstotliwości (10^4 - 10^4 Hz).

Abstract. (The effect of moisture on dielectric properties of the cast epoxide composition). The article presents the research results of moisture and constitution of cast epoxide composition effects on dielectric properties of investigated samples. The tests have been carried out by dielectric spectroscopy method in the low frequency range (10^4 - 10^4 Hz).

Słowa kluczowe: lane kompozycje epoksydowe, wilgoć, metoda spektroskopii dielektrycznej.

Keywords: cast epoxide composition, moisture, dielectric spectroscopy method.

Wstęp

Stosowane w napowietrznych wysokonapięciowych instalacjach elektroenergetycznych izolatory z tworzyw sztucznych to głównie izolatory kompozytowe, składające się ze szkło-epoksydowego rdzenia nośnego i osłony izolacyjnej z elastomerów odpornych na narażenia środowiskowe i zabrudzeniowe. Są to też izolatory produkowane z lanych kompozycji epoksydowych z wypełniaczem mineralnym (izolatory wewnętrzne i napowietrzne czy elementy konstrukcyjno-izolacyjne aparatury wysokonapięciowej). Odpowiednie do zastosowań izolatorów właściwości układów kompozytowych możemy uzyskać przez właściwy dobór komponentów, ich udziału objętościowego oraz technologii wykonania.

W przypadku lanych kompozycji epoksydowych na izolatory wysokonapięciowe wewnętrzne używa się najczęściej klasycznych żywic dianowych. Żywice te są często udoskonalane chemicznie (modyfikowane). Do zastosowań napowietrznych podejmuje się próby wykorzystania żywic cykloalifatycznych, które po utwardzeniu odznaczają się przez stosunkowo długi czas eksploatacji właściwościami hydrofobowymi [1]. Modyfikowane są często również i pozostałe składniki kompozycji, w tym głównie: napelniacze i utwardzacze. Silanizowanie mączki kwarcowej, która jest zwykle stosowana jako napelniacz w kompozycjach lanych, ma za zadanie ograniczenie procesu chłonięcia wody przez kompozycję. Dodatek aerosilu w postaci nanokomponentu ma za zadanie zwiększenie wytrzymałości mechanicznej kompozycji.

W badaniach modyfikowanych układów kompozytowych szczególnie ważna jest ocena ich właściwości z punktu widzenia długotrwałej pracy w warunkach narażeń starzeniowych. W przypadku oddziaływania wilgoci zmianom starzeniowym ulegają przede wszystkim obszary mikroskopowych i makroskopowych powierzchni granicznych, które mogą uczestniczyć w procesie dyfuzji wody. Metodą, która pozwala wykryć zmiany w takiej skali jest metoda spektroskopii dielektrycznej, wykorzystana w tej pracy.

Metodyka i obiekty badań

Obiektami badań były próbki lanych kompozycji epoksydowych z żywicy CY184 (z żywicy cykloalifatycznej), używanej do produkcji napowietrznych izolatorów polimerowych. Próbki poszczególnych serii różniły się rodzajem użytych napelniaczy (sama mączka kwarcowa oraz mączka kwarcowa z napelniaczem kwarcowym

silanizowanym). Jedna z serii zawierała dodatkowo aerosil w postaci nanokomponentu o wielkości ziaren 70 nm.

W skład poszczególnych kompozycji epoksydowych, w podanych niżej proporcjach wagowych, wchodziły:

- próbka 1: żywica CY184 -100 cz. w., utwardzacz XV 317 - 90 cz. w., przyspieszacz DY 062 - 0,5 cz. w., napelniacz SiO₂ - 300 cz. w.,
- próbka 2: żywica CY184 -100 cz. w., utwardzacz XV 317 - 90 cz. w., przyspieszacz DY 062 - 0,5 cz. w., napelniacz SiO₂ - 300 cz. w., napelniacz kwarcowy silanizowany W12EST - 300 cz. w.,
- próbka 3: żywica CY184 -100 cz. w., utwardzacz XV 317 - 100 cz. w., napelniacz kwarcowy silanizowany W12EST - 300 cz. w., aerosil - 3 cz. w.,

Próbki badano w stanie wyjściowym (nie starzone) i po próbie dyfuzji wody, którą przeprowadzono wg wskazań Polskiej Normy PN IEC 61 109. Dla wszystkich rodzajów próbek wykonano pomiary widm częstotliwościowych admitancji zespolonej \underline{Y} (konduktancji G i susceptancji B) w paśmie częstotliwości 10^4 - 10^4 Hz. W układzie pomiarowym wykorzystano analizator częstotliwościowy Solartron Frequency Response Analyser - model 1172 firmy Schlumberger.

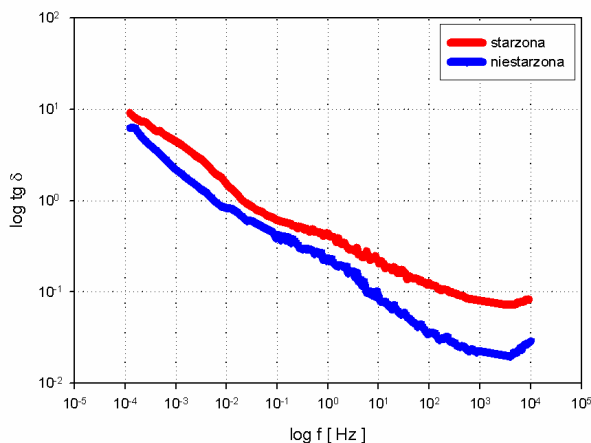
Wyniki pomiarów

Z zależności częstotliwościowej współczynnika strat dielektrycznych $\tan \delta$ (rys. 1) otrzymanych dla niestarzonej próbki 1 (z żywicy CY 184) wynika, że w badanym zakresie częstotliwości mamy do czynienia z jednym procesem relaksacyjnym i niskoczęstotliwościową dyspersją LFD (low frequency dispersion) [2,3]. Za obecnością tej dyspersji przemawia obserwowana tendencja zmniejszania zarówno konduktancji G , jak i susceptancji B (zwiększania ϵ' i ϵ''), w kierunku malejącej częstotliwości [4] (rys. 2).

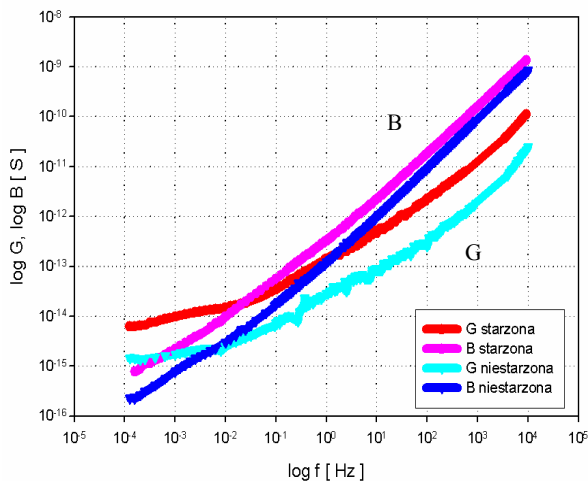
Działanie wilgoci, zaabsorbowanej podczas próby starzenia, objawia się zwiększeniem parametrów admitancyjnych (G , B i $\tan \delta$) w całym zakresie badanej częstotliwości. Towarzyszy temu zwiększenie amplitudy procesu relaksacyjnego, obserwowanego dla próbki niestarzonej i przesunięcie jego charakterystyki w stronę wyższych częstotliwości. Pojawia się również dodatkowy proces w zakresie częstotliwości $< 10^1$ Hz. Tłumaczyć to można zjawiskami prowadzącymi do generowania nośników ładunku przy mikroskopowych powierzchniach międzyfazowych między matrycą polimerową a wypeł-

niaczem. Ze względu na jednoczesne występowanie kilku różnych zjawisk relaksacyjnych w badanym zakresie częstotliwości wykresy Cola-Cola (rys. 3) są zniekształcone i nie wnoszą nowych informacji o zachodzących procesach relaksacyjnych.

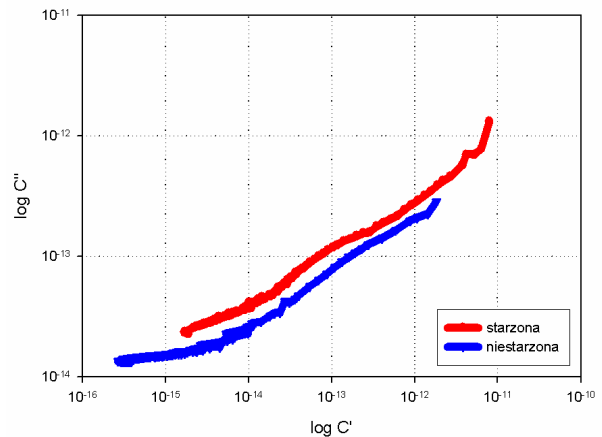
Dodatek napełniacza kwarcowego silanizowanego W12EST do kompozycji z żywicy CY184 (próbka 2), którego zadaniem jest ograniczenie chłonności wody przez kompozyt, spełnia całkowicie swoją rolę. W całym zakresie badanej częstotliwości nie zaobserwowano istotnych zmian w przebiegach charakterystyk widmowych admitancyjnych w wyniku starzenia próbek (rys. 4 i 5). Dodatek aerosilu (w postaci nanokomponentu) do kompozycji, z której wykonane były próbki z drugiej serii pomiarów, spowodował w próbce wyjściowej (próbka 3) wzrost amplitudy procesu relaksacyjnego, obserwowanego na tle niskoczęstotliwościowej dyspersji LFD. Wpływ starzenia zaznaczył się tylko nieznacznymi zmianami parametrów tego procesu (w zakresie częstotliwości > 1 Hz). Można wnioskować, że nieznaczna absorpcja wilgoci, uwarunkowana właściwościami użytego komponentu, która powoduje nieznaczny wzrost konduktancji G w całym zakresie badanej częstotliwości (rys. 7), zmienia jedynie warunki zachodzących procesów międzywarstwowych.



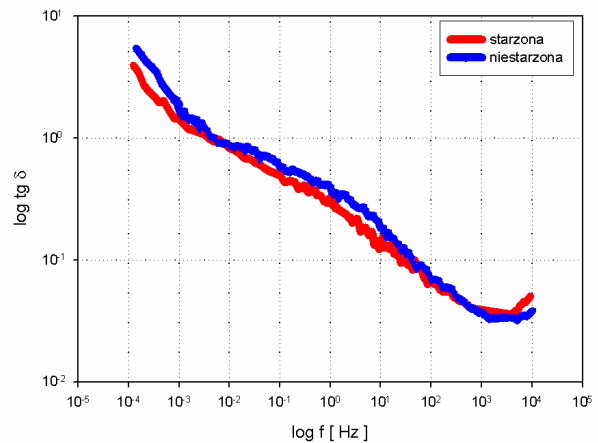
Rys.1. Zależności częstotliwościowe współczynnika strat dielektrycznych: $\text{tg}\delta(f)$ wyznaczone dla próbki nr 1 (z żywicy CY184 z dodatkiem napełniacza kwarcowego SiO_2): wyjściowej (nie starzonej) i poddanej próbie chłonięcia wody



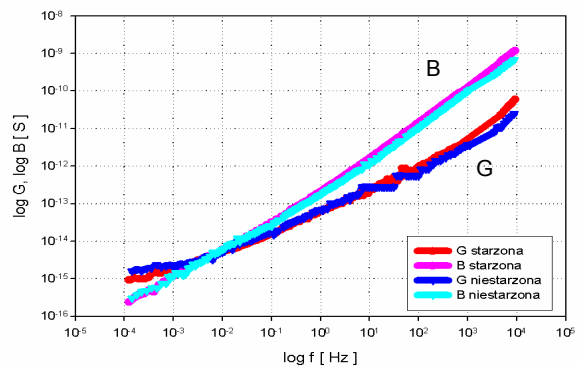
Rys. 2. Zależności częstotliwościowe parametrów admitancyjnych (konduktancji G i susceptancji B) wyznaczone dla próbki nr 1 (z żywicy CY184 z dodatkiem napełniacza kwarcowego SiO_2): wyjściowej (nie starzonej) i poddanej próbie chłonięcia wody



Rys. 3. Zależność części urojonej C'' od części rzeczywistej C' pojemności zespolonej C : dla próbki nr 1 (z żywicy CY184 z dodatkiem napełniacza kwarcowego SiO_2): wyjściowej (nie starzonej) i poddanej próbie chłonięcia wody



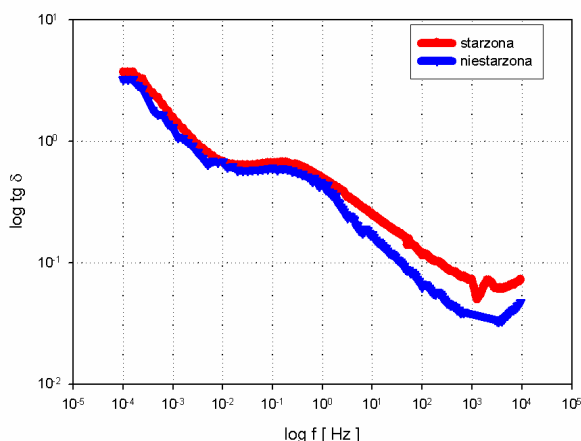
Rys. 4. Zależności częstotliwościowe współczynnika strat dielektrycznych $\text{tg}\delta$ dla próbki nr 2 (z żywicy CY184 z dodatkiem napełniacza kwarcowego silanizowanego W12EST): dla próbki wyjściowej (nie starzonej) i poddanej próbie chłonięcia wody



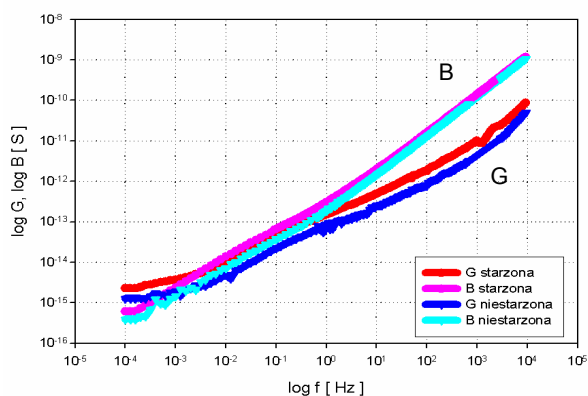
Rys. 5. Zależności częstotliwościowe parametrów admitancyjnych (konduktancji G i susceptancji B) dla próbki nr 2 (z żywicy CY184 z dodatkiem napełniacza kwarcowego silanizowanego W12EST): dla próbki wyjściowej (nie starzonej) i poddanej próbie chłonięcia wody

Podsumowanie

Przeprowadzane badania miały na celu wykazanie wpływu wilgoci na właściwości dielektryczne lanych kompozycji epoksydowych. Pomiarzy zostały wykonane metodą spektroskopii dielektrycznej w zakresie częstotliwości $10^{-4} \div 10^4$ Hz.



Rys. 6. Zależność częstotliwościowa współczynnika strat dielektrycznych $\text{tg } \delta$ dla próbki nr 3 (z żywicy CY184 z dodatkiem napęlniacza kwarcowego silanizowanego W12ESTi oraz aerosilu): dla próbki wyjściowej (nie starzonej) i poddanej próbie chłonięcia wody



Rys. 7 Zależności częstotliwościowe parametrów admitancyjnych (konduktancji G i susceptancji B) dla próbki nr 3 (z żywicy CY184 z dodatkiem napęlniacza kwarcowego silanizowanego W12ESTi oraz aerosilu): dla próbki wyjściowej (nie starzonej) i poddanej próbie chłonięcia wody

Próbki badanych kompozycji różniły się od siebie komponentami, które dodawane są w celu poprawienia ich właściwości mechanicznych (aerosil) czy ograniczenia chłonności wody przez kompozyt (dodatek w postaci silanizowanego napęlniacza kwarcowego).

Wyniki pomiarów wykazały, że dodatek w postaci silanizowanego napęlniacza kwarcowego spełnia całkowicie swoją rolę. W całym zakresie badanej częstotliwości nie zaobserwowano istotnych zmian w przebiegach charakterystyk widmowych parametrów admitancyjnych w wyniku starzenia próbek.

Dodatek aerosilu, w postaci nanokomponentu, spowodował wyraźny wzrost amplitudy procesu relaksacyjnego, obserwowanego w niemodyfikowanej kompozycji. Wpływ starzenia zaznaczył się tylko nieznacznie zmianami parametrów tego procesu w zakresie wyższych częstotliwości (> 1 Hz).

LITERATURA

- [1] Pohl Z. i inni, Napowietrzna izolacja wysokonapięciowa w elektroenergetyce, *Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej*, Wrocław (2003),
- [2] Jonscher A. K., Low-loss dielectrics, *Journal of Materials Science*, 34 (1999), 3071-3082,
- [3] Jonscher A. K., Limiting Losses in Dielectrics, *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulations*, vol. 8, nr. 3 (2001), 345-352,
- [4] Gjærde A. C., Lundgaard L., Ildstad E., Effect of Temperature and Moisture on the Dielectric Properties of Oil-Impregnated Cellulose, *Ninth International Symposium on High Voltage Engineering*, August 28 – September 1, (1995), 1060 – 2 – 1060 –4.

Autorzy: dr hab. inż. Janina Pospieszna, Politechnika Wroclawska, Instytut Podstaw Elektrotechniki i Elektrotechnologii, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, Wrocław 50-370, E-mail: janina.pospieszna@pwr.wroc.pl; Zbigniew Miszczuk, dyplomant Instytutu Podstaw Elektrotechniki i Elektrotechnologii Politechniki Wroclawskiej, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, Wrocław 50-370, E-mail: zibii4@tlen.pl; mgr inż. Jerzy Stankiewicz, Instytut Elektrotechniki, Oddział Technologii i Materiałoznawstwa Elektrotechnicznego we Wrocławiu, ul. M.C. Skłodowskiej 55/61, 50-369 Wrocław, E-mail: jstank@iel.wroc.pl