

Wpływ temperatury na odpowiedź dielektryczną w dziedzinie częstotliwości suchego papieru celulozowego i aramidowego impregnowanego eksploatowanym i zregenerowanym estrem syntetycznym

Streszczenie. Niniejsza publikacja zawiera badania odpowiedzi dielektrycznej połączonego suchego papieru celulozowego i aramidowego (Nomex) impregnowanego eksploatowanym i zregenerowanym estrem syntetycznym (Midel 7131) dla różnych wartości temperatury. Procesy relaksacyjne badano metodą FDS (Frequency Domain Spectroscopy) stosując uogólnione równanie Havriliaka-Negamięgo. Do wykonania pomiarów użyto systemu DIRANA firmy OMICRON. Do prezentacji i analizy wyników pomiarów wykorzystano program OriginPro 2021 oraz WinFit firmy Novocontrol.

Słowa kluczowe: ester syntetyczny, papier celulozowy, papier aramidowy, Nomex, Midel 7131.

Wstęp, obiekt i metodyka

Metody badawcze oparte o pomiar zjawisk relaksacyjnych (FDS - Frequency Domain Spectroscopy; PDC - Polarization Depolarization Current; RVM - Return Voltage Measurement) pozwalają w dostatecznym stopniu oszacować zawilgocenie klasycznej izolacji transformatorów energetycznych [1]. W przypadku tych metod kluczowym elementem jest poprawna interpretacja osiągniętych wyników. Metody polaryzacyjne oceny zawilgocenia izolacji stałej dają wynik uśredniony badanego obiektu na podstawie charakterystyk wzorcowych danego zawilgocenia lub analizy ilościowej odpowiedzi dielektrycznej w danej temperaturze. Nabiera to istotnego znaczenia, gdy jednocześnie relaksuje kilka struktur dielektrycznych o różnych własnościach fizykochemicznych (olej, preszpan, aramid, granica faz papier-olej, warstwa zanieczyszczeń na celulozie) lub gdy szacowane jest zawilgocenie nowoczesnych izolacji stało-ciekłych np. papier aramidowy lub celulozowy – ester syntetyczny [2].

W celu przeprowadzenia badań wpływu temperatury i zawilgocenia impregnowanego estrem syntetycznym papieru celulozowego i aramidowego na podstawie pomiarów metodą spektroskopii dielektrycznej (FDS) zbudowano zespół elektrod pomiarowych. Medium impregnacyjne w postaci eksploatowanego estru Midel 7131 pobrano w wycofanej z eksploatacji i przeznaczonej do remontu jednostki transformatorowej zawierającej jako izolację stałą Nomex typ 410. Następnie przeprowadzono profesjonalną regenerację w/w estru i przekazano w celach badawczych do ZUT w Szczecinie. Do prezentacji i analizy wyników pomiarów wykorzystano program OriginPro 2021 oraz WinFit firmy Novocontrol. Do wyznaczenia podstawowych parametrów funkcji relaksacyjnych w dziedzinie częstotliwości zastosowano uogólnione równanie H-N (Havriliaka-Negamięgo) [3].

Wyniki i wnioski

Z pomiarów otrzymano szereg charakterystyk FDS papieru celulozowego i aramidowego impregnowanego estrem syntetycznym dla różnych wartości temperatury. Wynika z nich, że zwiększanie wartości temperatury dla badanej izolacji powoduje największy wzrost wartości współczynnika strat dielektrycznych $\tan \delta$ w zakresie LF (niskiej częstotliwości) jednocześnie przesuwając te charakterystyki w kierunku wyższych częstotliwości. Jest to typowe zachowanie dla stało - ciekłego układu dielektrycznego, które można opisać prawem Arrheniusa. Przeprowadzona analiza wykazała, że: rejestrowany wzrost współczynnika strat dielektrycznych eksploatowanego medium izolacyjnego w stosunku do zregenerowanego występuje w zakresie niskich częstotliwości. Zaobserwowano istnienie trzech różnych procesów relaksacyjnych w badanym spektrum częstotliwości. Na podstawie zmian stałej czasowej głównego procesu relaksacyjnego od temperatury przedstawionej na wykresie Arrheniusa obliczono wartość energii aktywacji. Wynosi ona dla suchego papieru $E_{\text{suchy}} = 0,34 - 0,36$ eV. Zaprezentowane wyniki badań zjawisk relaksacyjnych stanowią bazę do przyszłej diagnostyki urządzeń wykonanych z izolacji nomex - celuloza – ester syntetyczny,

Literatura

1. Żukowski P., Rogalski P., Kołtunowicz T.N., Kierczyński K., Zenker M., Pogrebnjak A. D., Kucera M., DC and AC Test of Moisture Electrical Pressboard Impregnated with Mineral Oil or Synthetic Ester – Determination of Water Status in Power Transformer Insulation, *Energies*, 15 (2022), Iss. 8, nr 2859.
2. Walczak K., Mościcka-Grzesiak H., Przybyłek P., Morańda H., Szewczyk R., Frequency Dielectric Response of Aramid Enhanced Cellulose Paper in Aspect of Its Water Content Determination, *Przegląd Elektrotechniczny*, 97 (2021), Nr 8, 23-26.
3. Havriliak S. Jr., Havriliak S. J., Dielectric and Mechanical Relaxation in Materials. Analysis, Interpretation, and Application to Polymers, Hanser Publishers, Munich, Vienna, New York, 1997

Autorzy: dr inż. Marek Zenker, West Pomeranian University of Technology, Szczecin, Sikorskiego 37, 70-313 Szczecin, e-mail: marek.zenker@zut.edu.pl;