

Marek ZENKER, Katarzyna TRELA

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Katedra Wysokich Napięć i Elektroenergetyki

Temperaturowa odpowiedź dielektryczna w dziedzinie częstotliwości układu izolacyjnego złożonego z preszpanu celulozowego i aramidowego impregnowanego bioolejem transformatorowym

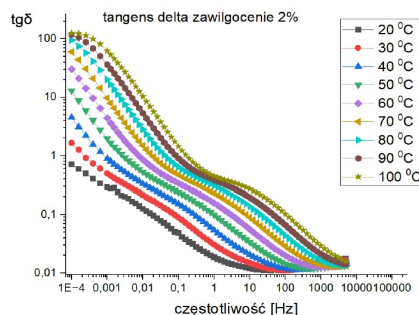
Streszczenie. W artykule przedstawiono badania wpływu temperatury na odpowiedź dielektryczną impregnowanego bioolejem papieru celulozowego i aramidowego na podstawie pomiarów metodą spektroskopii dielektrycznej (FDS – Frequency Domain Spectroscopy). Badania zostały przeprowadzone dla dwóch poziomów zawilgocenia próbek 0,4 % oraz 2% udz.wag. w przedziale częstotliwości od 10^{-4} Hz do $5 \cdot 10^3$ Hz oraz dla temperatur od 20 °C do 100 °C z krokiem co 10 °C. W przedstawionym badaniu wykorzystano bioolej NYTRO BIO 300X firmy NYNAS.

Wstęp

Odpowiedni poziom izolacji elektrycznej transformatorów energetycznych zależy bezpośrednio od jakości izolacji stałej. W transformatorach olejowych część czynna izolowana materiałem celulozowym znajduje się w kadzi wypełnionej cieczą elektroizolacyjną. Kluczowa dla utrzymania wysokiej efektywności izolacyjnej izolacji stałej jest zawartość wilgoci, która w czasie wielu lat eksploatacji jednostki stale rośnie. Na przestrzeni lat wilgoć wnika do transformatora rozpuszcza się w oleju, następnie cząsteczki wody z oleju wnikają do materiału celulozowego. Wynikiem tego procesu jest stopniowy wzrost zawilgocenia izolacji papierowo-olejowej, znacząco zwiększający ryzyko wystąpienia poważnej awarii transformatora [2]. W ostatnich latach na rynku cieczy elektroizolacyjnych zaczęły pojawiać się przyjazne dla środowiska biooleje produkowane z surowców roślinnych, które stanowią alternatywę dla niebiodegradowalnych olejów mineralnych będących produktami ropopochodnymi. Biooleje wykazują obiecujące właściwości i parametry w porównaniu do swoich konwencjonalnych odpowiedników, m. in. niską lepkość oraz wysoką stabilność oksydacyjną. Pomimo wprowadzenia nowych biodegradowalnych cieczy do praktyki przemysłowej konieczne jest prowadzenie badań mających wykazać wpływ temperatury na parametry charakteryzujące układ izolacyjny impregnowany bioolejem.

Metodyka i wyniki badań

Metoda spektroskopii dielektrycznej FDS (Frequency Domain Spectroscopy), wykorzystana do oceny izolacji w niniejszym opracowaniu, polega na pomiarze impedancji badanego układu izolacyjnego w szerokim zakresie częstotliwości. Na podstawie zmierzonych wartości oblicza się parametry charakteryzujące układ izolacyjny transformatora, czyli współczynnik strat dielektrycznych $\tan \delta$ oraz przenikalność elektryczną zespoloną ϵ' oraz ϵ'' . W celu przeprowadzenia badań wpływu temperatury na układ izolacyjny celuloza-aramid-bioolej zbudowano zespół elektrod pomiarowych. Między elektrodami umieszczano dwa wysuszone w laboratoryjnej komorze próżniowej arkusze: jeden papieru celulozowego typu Kraft o grubości 1 mm oraz drugi papieru aramidowego Nomex typu 410 o grubości 0,76 mm. Impregnację przeprowadzano od razu po wyjęciu z suszarki próżniowej w hermetycznym pojemniku wypełnionym bioolejem umieszczonym w komorze klimatycznej, w temperaturze 40°C przy zawilgoceniu względnym 30% przez 14 dni. Następnie zespół elektrod umieszczano w komorze klimatycznej w celu wykonania pomiarów metodą spektroskopii dielektrycznej w zakresie wartości temperatury (20÷100)°C. Z uzyskanych w ten sposób temperaturowych charakterystyk FDS wynika, że zwiększanie wartości temperatury dla badanej izolacji powoduje największy wzrost wartości stratności charakteryzowanej przez współczynnik strat dielektrycznych $\tan \delta$ oraz urojoną część przenikalności elektrycznej ϵ'' w zakresie niskich częstotliwości, przy jednoczesnym przesunięciu charakterystyki w kierunku wyższych częstotliwości. Jest to typowe zachowanie dla stało-ciekłego układu dielektrycznego, które można opisać prawem Arrheniusa. Podobnie zachowują się zmiany pojemności C i rzeczywistej części przenikalności elektrycznej ϵ' . Analiza uzyskanych danych pomiarowych dla badanego układu izolacyjnego celuloza-aramid-bioolej z uwzględnieniem zmian pojemności po przeliczeniu na rzeczywistą ϵ' oraz urojoną ϵ'' część przenikalności elektrycznej dla różnej częstotliwości została przeprowadzona w programie WinFit za pomocą równania Havriliaka-Negamiiego. W ten sposób ilościowo oszacowano podstawowe parametry występujących relaksacji dielektrycznych badanej izolacji. Zaprezentowane wyniki badań zjawisk relaksacyjnych stanowią bazę do przyszłej diagnostyki urządzeń wykonanych z izolacji celuloza-aramid-bioolej.



Słowa kluczowe: transformator energetyczny, bioolej, układ izolacyjny, zawilgocenie izolacji, olej elektroizolacyjny

Literatura

1. Tenbohlen, S.; Jagers, J.; Bastos, G.; Desai, B.; Diggin, B. *Cigré Brochure 642 A2.37 -Transformer Reliability Survey*. CIGRE Technical Brochure, 2015.
2. Oommen, T.V.; Prevost, T.A. *Cellulose insulation in oil-filled power transformers: Part II—Maintaining insulation integrity and life*. IEEE Electr. Insul. Mag., 2006, 22, 5–14.

Autorzy: dr inż. Marek Zenker, e-mail: marek.zenker@zut.edu.pl; dr inż. Katarzyna Trela, e-mail: katarzyna.trela@zut.edu.pl. Wydział Elektryczny, Katedra Wysokich Napięć i Elektroenergetyki, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Sikorskiego 37, 70-313 Szczecin