

Jarosław GIELNIAK, Andrzej GRACZKOWSKI, Hubert MORAŃDA, Piotr PRZYBYŁEK,  
**Krzysztof WALCZAK**, Hanna MOŚCICKA-GRZESIAK  
 POLITECHNIKA POZNAŃSKA, INSTYTUT ELEKTROENERGETYKI  
 ul. Piotrowo 3A, 60-965 Poznań

## Wzorce zawilgocenia izolacji papierowej nasyconej estrem syntetycznym z wykorzystaniem analizy częstotliwościowej spektroskopii dielektrycznej

### Dr inż. Jarosław GIELNIAK

Adiunkt w Zakładzie Wysokich Napięć i Materiałów Elektrotechnicznych na Wydziale Elektrycznym Politechniki Poznańskiej. Autor i współautor ponad 80 publikacji, głównie z zakresu badań właściwości izolacji papier-olej oraz metod związanych z diagnostyką izolacji transformatora. Współwykonawca 2 projektów międzynarodowych oraz 6 badawczych krajowych, w tym kierownik jednego projektu.



e-mail: jaroslaw.gielniak@put.poznan.pl

### Dr inż. Piotr PRZYBYŁEK

Adiunkt w Zakładzie Wysokich Napięć i Materiałów Elektrotechnicznych na Wydziale Elektrycznym Politechniki Poznańskiej. Autor i współautor ponad 40 publikacji, głównie z zakresu badań właściwości izolacji papier-olej oraz metod związanych z diagnostyką izolacji transformatora. Współwykonawca 2 projektów międzynarodowych oraz 6 badawczych krajowych, w tym kierownik jednego projektu.



e-mail: piotr.przybylek@put.poznan.pl

### Dr inż. Andrzej GRACZKOWSKI

Adiunkt w Zakładzie Wysokich Napięć i Materiałów Elektrotechnicznych na Wydziale Elektrycznym Politechniki Poznańskiej. Autor ponad 70 publikacji z zakresu materiałoznawstwa elektrotechnicznego, diagnostyki wysokonapięciowych urządzeń elektroenergetycznych, spektroskopii dielektrycznej, rozkładu pola elektrycznego przy napięciu stałym. Współwykonawca 2 projektów międzynarodowych oraz 7 badawczych krajowych, w tym kierownik jednego projektu.



e-mail: andrzej.graczkowski@put.poznan.pl

### Dr inż. Krzysztof WALCZAK

Adiunkt w Zakładzie Wysokich Napięć i Materiałów Elektrotechnicznych na Wydziale Elektrycznym Politechniki Poznańskiej. Autor ponad 90 publikacji z zakresu diagnostyki urządzeń wysokonapięciowych oraz ochrony przeciwprzepięciowej. Współwykonawca 2 projektów międzynarodowych oraz 7 badawczych krajowych, w tym kierownik jednego projektu.



e-mail: krzysztof.walczak@put.poznan.pl

### Dr inż. Hubert MORAŃDA

Adiunkt w Zakładzie Wysokich Napięć i Materiałów Elektrotechnicznych na Wydziale Elektrycznym Politechniki Poznańskiej. Autor ponad 90 publikacji z zakresu badań materiałowych oraz diagnostyki wysokonapięciowych urządzeń elektroenergetycznych. Współwykonawca 2 projektów międzynarodowych oraz 6 badawczych krajowych, w tym kierownik projektu rozwojowego.



e-mail: hubert.moranda@put.poznan.pl

### Prof. dr hab. inż. Hanna MOŚCICKA-GRZESIAK

Profesor zwyczajny na Wydziale Elektrycznym Politechniki Poznańskiej. Wieloletni kierownik Zakładu Wysokich Napięć i Materiałów Elektrotechnicznych. Autorka ponad 200 publikacji z zakresu inżynierii materiałowej oraz diagnostyki wysokonapięciowych układów izolacyjnych. Promotor 19 prac doktorskich. Członek IEEE oraz Komitetu Elektrotechniki PAN. Koordynator 2 projektów międzynarodowych i kierownik 13 krajowych projektów badawczych.



e-mail: hanna.moscicka@put.poznan.pl

### Streszczenie

Zawilgocenie izolacji papierowo-olejowej transformatora wyznacza się wykorzystując metody pośrednie oparte na analizie odpowiedzi dielektrycznej w dziedzinie czasu i częstotliwości. Procedura wyznaczania zawilgocenia wymaga wzorców zawilgocenia. Kilka zespołów badawczych w Europie posiada wzorce zawilgocenia izolacji papierowej nasyconej olejem mineralnym, wykorzystywane w metodzie dielektrycznej spektroskopii częstotliwościowej FDS (Frequency Dielectric Spectroscopy). Nie opracowano dotychczas wzorców dla izolacji papier-ester syntetyczny. W artykule przedstawiono wybrane wzorce zawilgocenia izolacji papierowej nasyconej estrem syntetycznym MIDEL 7131, stosowane w metodzie FDS oraz porównanie tych wzorców z wzorcami zawilgocenia izolacji papierowej nasyconej olejem mineralnym.

**Słowa kluczowe:** odpowiedź dielektryczna w dziedzinie częstotliwości, pomiar zawilgocenia transformatora, metoda FDS.

### Patterns of moisture content in insulation of paper-synthetic ester obtained using FDS technique

#### Abstract

Moistening of paper-oil insulation is a very serious problem of power transformer exploitation. The moisture content in paper-oil insulation is determined by using indirect methods based on analysis of the dielectric response in time and frequency domain. The procedure of evaluation of

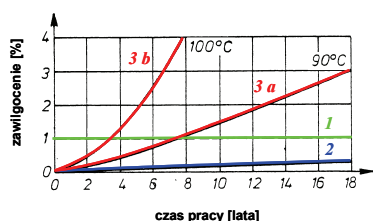
moisture content in oil-paper insulation, based on Frequency Dielectric Spectroscopy, requires the patterns. The patterns are created mostly on the basis of real and imaginary parts of complex permittivity within the frequency range from 0.1 mHz to 1 kHz. Up to now, the patterns of water content in paper-synthetic ester have been not published yet. In the paper the dielectric responses of pressboard samples impregnated with mineral oil as well as with synthetic ester MIDEL 7131 are presented. The investigated samples were of different water content, equal to 0,5% and 4%. On the basis of the obtained results, it can be concluded that the dielectric response of samples impregnated with synthetic ester is very different in comparison with that of samples impregnated with mineral oil. Therefore, the patterns used in procedure of moisture content evaluation of transformers filled with mineral oil cannot be utilized in the case of transformers filled with synthetic ester. The effect of the investigations will be the basis of patterns of moisture content in paper-synthetic ester insulation.

**Keywords:** dielectric response in frequency domain, measurement of transformer moisture content, FDS method.

### 1. Wprowadzenie

Zawilgocenie izolacji papierowo-olejowej transformatorów energetycznych stanowi bardzo poważny problem eksploatacyjny. Są trzy główne przyczyny zawilgocenia izolacji, a mianowicie: niepełne wysuszenie izolacji w trakcie procesu technologicznego, generowanie wody jako produktu rozkładu chemicznego celulozy w wyniku zjawisk starzeniowych oraz przedostawanie się

zawilgoconego powietrza do wnętrza kadzi przez wszelkie nieszczelności. Na rysunku 1 pokazano przykładowe zmiany zawilgocenia izolacji w funkcji czasu pracy transformatora [1].



Rys. 1. Wzrost zawilgocenia izolacji transformatora podczas eksploatacji; 1 – wilgoć pozostała po procesie produkcji, 2 – woda przenikająca przez nieszczelności, 3 – woda pochodząca z dekompozycji celulozy w temperaturze 90°C (3a) i 100°C (3b) [1]

Fig. 1. Increase in moisture content in transformer insulation; 1 – moisture remaining after processing, 2 – water diffused through leakiness, 3 – moisture due to cellulose decomposition at 90°C (3a) and 100°C (3b) [1]

Najgroźniejszym zjawiskiem jest generowanie wody w procesie chemicznego rozkładu celulozy. Stwierdzono, że woda obecna w izolacji przyspiesza procesy starzenia [2]. Należy się spodziewać, że im starsza jest jednostka, tym większy będzie roczny przyrost zawilgocenia.

Woda obecna w izolacji papierowo-olejowej może być przyczyną groźnych awarii. Jedną z nich są konsekwencje zjawiska nazywanego w języku angielskim *bubble effect*. Zjawisko polega na gwałtownym wydzieleniu pary wodnej po przekroczeniu krytycznego zawilgocenia i krytycznej temperatury. Następuje wzrost ciśnienia w kadzi do poziomu powodującego eksplozję, która z kolei może prowadzić do pożaru [3, 4].

Problem zawilgocenia izolacji narasta wraz z upływem lat eksploatacji transformatorów. Dlatego zrozumieliśmy wzrost zainteresowania właścicieli transformatorów diagnostyką stanu układu izolacyjnego, ze szczególnym uwzględnieniem wiarygodnych metod wyznaczania zawilgocenia izolacji papierowo-olejowej.

Wybór metody wyznaczania zawilgocenia izolacji celulozowej nasyconej olejem zależy od typu obiektu. W przypadku małych próbek wykorzystywanych w laboratorium stosuje się sprawdzoną metodę miareczkowania Karla-Fischer'a. Jeśli przygotowuje się próbki dla potrzeb badań laboratoryjnych i wymaga określonej wartości zawilgocenia, wówczas dobrze sprawdza się bardzo prosta metoda polegająca na próżniowym wysuszeniu próbki do poziomu bliskiego 0 % wilgoci, a następnie kontrolowanym zawilgocaniu przez kontakt próbki z wilgotnym powietrzem. Próbkę w czasie zawilgocania umieszcza się na precyzyjnej wadze i w rezultacie, kontrolując masę próbki, można uzyskać z dużą dokładnością żądane jej zawilgocenie.

Zupełnie inaczej przedstawia się problem w przypadku konieczności wyznaczenia zawilgocenia izolacji głównej transformatora. Zakłada się, że nie ma możliwości pobrania próbki papieru lub preszpanu. Zresztą, gdyby nawet istniała taka możliwość w trakcie przeglądu eksploatacyjnego, to pobrana próbka z miejsca najłatwiej dostępnego nie byłaby reprezentatywna, ponieważ istnieje niejednorodny rozkład zawilgocenia izolacji wzdłuż kolumny transformatora i promienia. Zawilgocenie warstw wierzchnich różni się od zawilgocenia warstw głębszych, tak że tylko w wyjątkowych sytuacjach, mając możliwość pobrania próbek celulozowych z wielu miejsc, możemy spodziewać się dobrej informacji o zawilgoceniu całego układu izolacyjnego transformatora [5].

W odniesieniu do izolacji realnego transformatora, najlepiej sprawdzają się metody pośrednie. Wśród metod pośrednich najważniejszą rolę odgrywają metody oparte na analizie odpowiedzi dielektrycznej. Pod pojęciem odpowiedzi dielektrycznej rozumiemy reakcję dielektryku na działanie pola elektrycznego. Analizę odpowiedzi dielektrycznej można prowadzić w dziedzinie czasu lub w dziedzinie częstotliwości. Jedną z bardziej wykorzystywa-

nych metod analizy odpowiedzi częstotliwościowej jest metoda FDS (*Frequency Dielectric Spectroscopy*). W metodzie tej analizuje się zmiany przenikalności elektrycznej i współczynnika stratności w szerokim zakresie częstotliwości od  $10^{-4}$  do  $10^3$  Hz. Woda obecna w izolacji powoduje bardzo duże przesunięcia charakterystyk w zakresie infraniskich częstotliwości. Dowolnie wybranej, ściśle określonej zawartości wody w izolacji celulozowo-olejowej, odpowiadają dwie specyficznie przebiegające charakterystyki odpowiedzi dielektrycznej (przenikalności elektrycznej oraz współczynnika strat dielektrycznych). Takie Charakterystyki wzorcowe są reprezentatywne dla wzorca zawilgocenia. Wzorce sporządza się dla wielu wybranych poziomów zawilgocenia od około 0,5% do 5% oraz dla wielu wartości temperatury, przeważnie od 20 °C do 80 °C. Dobra baza wzorców powinna zawierać kilkaset charakterystyk.

Wyznaczając zawilgocenie izolacji transformatora, korzystamy ze wzorców, jednocześnie uwzględniając wymiary geometryczne izolacji głównej oraz jakość oleju izolacyjnego. Technika polega na dopasowaniu charakterystyk wzorcowych do charakterystyk zdjętych z badanego transformatora. Im bogatsza baza charakterystyk tych wzorców, tym większa jest dokładność wyznaczonego zawilgocenia.

Bogata baza wzorców zawilgocenia izolacji papierowej nasyconej olejem mineralnym powstała w wyniku realizacji międzynarodowego projektu badawczego REDIATool [6]. Trzy zespoły – z Polski, Szwecji i Niemiec wspólnym wysiłkiem skompletowały bazę. Wykorzystując specjalistyczną aparaturę oraz bazę wzorców wyznaczaliśmy zawilgocenie izolacji około stu transformatorów energetycznych.

## 2. Potrzeba stworzenia wzorców zawilgocenia izolacji papierowej nasyconej estrem syntetycznym

Coraz częściej w fabrykach transformatorów zamawiane są transformatory napełniane olejem syntetycznym. Ciecze izolacyjne, w postaci estrów syntetycznych, znane są już dość długo, ale wysoka cena początkowo zniechęcała do ich wykorzystywania. Dobre właściwości elektroizolacyjne estrów, niepalność, niewybuchowość, biodegradowalność ostatnio spadająca ich cena, przy jednoczesnym wzroście ceny olejów mineralnych, sprawiły, że coraz większe zainteresowanie tym typem izolacji przejawiają zarówno fabryki transformatorów jak i energetyka zawodowa.

Transformatory rozdzielcze średniej wielkości napełniane estrami syntetycznymi są idealnym rozwiązaniem dla dużych aglomeracji, wieżowców, kompleksów szpitalnych, górnictwa i przemysłu chemicznego. Tymczasem produkcja transformatorów napełnianych estrami jest jednostkowa lub w małych seriach. Transformatory projektuje się na potrzeby odbiorcy. Ta sytuacja sprawia, że tego typu transformator świetnie się mieści w profilu produkcyjnym zakładów produkcyjno-remontowych energetyki, które oprócz prowadzonych remontów produkują rocznie kilkanaście transformatorów specjalnych.

W Polsce fabryka transformatorów ABB w Łodzi wykonuje transformatory napełniane estrem syntetycznym o firmowej nazwie MIDEŁ 7131 [7]. Jest on nietoksyczny. Nietoksyczna jest nie tylko ciecz, ale również dym powstający podczas spalania cieczy. Według dokumentu harmonizującego HD 637 31, ester jest sklasyfikowany jako bezpieczny dla wody, dzięki czemu urządzenia nim wypełnione mogą być instalowane bez systemu ochrony przed skutkami wycieku. Dotychczas nie wykazano efektu zatrucia ryb i degradacji ekosystemu. Dzięki nietoksyczności MIDEŁ 7131 idealnie nadaje się do stosowania w urządzeniach wykorzystujących energię odnawialną, głównie energię morską (turbiny morskie, energia fal) oraz energię wiatrową (większość elektrowni wiatrowych jest lokowanych na obrzeżach mórz).

Bardzo ważną cechą, na którą są uczuleni ekolodzy, jest biodegradowalność. Biodegradowalność, określana w umowny sposób

po 28 dniach, dla estru MIDEL 7131 wynosi 89%, podczas gdy dla oleju mineralnego – 9%, a dla silikonowego – 0%.

Ester MIDEL 7131, dzięki swoim dobrym właściwościom palnym stanowi małe zagrożenie dla środowiska i bezpieczeństwa publicznego. Temperatura zapłonu estru, według normy ISO 2592, wynosi 317°C, podczas gdy dla oleju mineralnego 170°C. MIDEL 7131 ze względu na bezpieczeństwo pożarowe został zakwalifikowany do klasy K. Ester, o temperaturze 230°C, nie zapala się od zbliżonego płomienia, podczas gdy w tym samym eksperymencie olej mineralny płonie w temperaturze 80°C. W przypadku poważnej awarii, nawet gdy wystąpi zapłon rozpylonego estru, ogień ulega samozgaszeniu (ocena według normy IEC 60695-1-40, p. 7.1). W przypadku urządzeń napełnianych estrami syntetycznymi, instalowanych w obiektach o podwyższonym bezpieczeństwie pożarowym (np. budynki mieszkalne), można stosować łagodniejsze warunki i mniejsze wymagania dla osprzętu bezpieczeństwa, co znacznie potania inwestycję [7].

Od wielu lat Instytut Elektroenergetyki Politechniki Poznańskiej współpracuje z fabryką ABB w Łodzi. Ostatnio fabryka rozszerzyła swój profil produkcyjny i na zamówienie inwestorów Europy Zachodniej wykonuje transformatory napełnione estrem syntetycznym. Zmiany konstrukcyjne transformatorów oraz zmiany jakościowe układu izolacyjnego wymagają oceny efektywności suszenia transformatora. Poproszono nas o wyznaczenie zawilgocenia izolacji po procesie suszenia, ale okazało się, że problemem jest brak wzorców zawilgocenia izolacji papierowej nasyconej esterem syntetycznym MIDEL 7131. W tej sytuacji podjęliśmy decyzję o stworzeniu bazy wzorców zawilgocenia tego typu izolacji. Mając to na względzie opracowaliśmy projekt rozwojowy, który jest w trakcie realizacji [8].

### 3. Eksperyment

#### 3.1. Obiekty badań

Obiektami badań są próbki z preszpanu o grubości 1,5 mm i średnicy 160 mm. Ważnym etapem jest preparacja próbek. Próbki są suszone próżniowo przy ciśnieniu 100 Pa, w temperaturze 100 °C i przez czas 8 godzin. Następnie próbki umieszczane są na precyzyjnej wadze i zawilgacane dożądanego poziomu poprzez kontakt z otaczającym powietrzem. Zawilgocenie próbek określane jest na podstawie zmiany ich masy. W kolejnym etapie próbki zamykane są w hermetycznych komorach i impregnowane nowym suchym syciwem MIDEL 7131. Po impregnacji próbki poddawane są kondycjonowaniu w cyklu termicznym (20-60-20) °C, przez kilka dni.

#### 3.2. Układy pomiarowe, metodyka badań

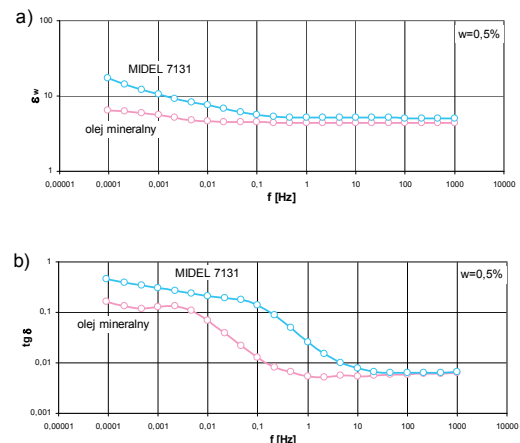
Pomiary realizowane są przy wykorzystaniu systemu pomiarowego IDAX 300, który służy do badania odpowiedzi dielektrycznej. System pozwala na pomiar impedancji w zakresie częstotliwości od  $10^{-4}$  do  $10^3$  Hz. Po pewnych przeliczeniach możemy uzyskać charakterystyki przenikalności względnej  $\epsilon_w$  oraz współczynnika strat dielektrycznych  $tg\delta$  w funkcji częstotliwości.

Charakterystyki wyznaczone są dla próbek o zawilgoceniu zmieniającym, ze skokiem nie większym jak 0,5%, w zakresie od 0,5% do 4,0% zawartości wody. Każda próbka o wybranym poziomie zawilgocenia badana jest przy różnych wartościach temperatury w zakresie od 10 °C do 80 °C. Dla każdej kombinacji poziomu zawilgocenia i wartości temperatury pomiary wykonuje się na trzech próbkach.

#### 3.3. Wyniki badań

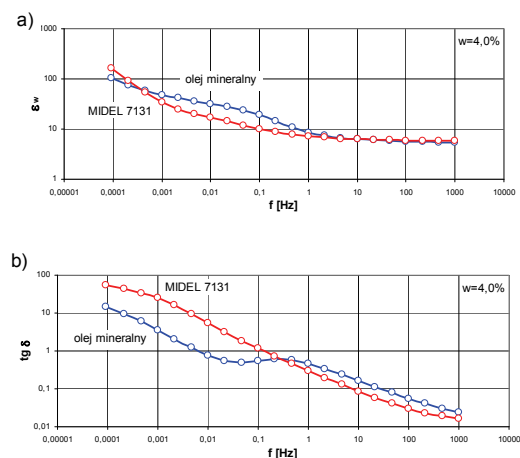
Na rysunkach 2 i 3 przedstawiono charakterystyki stanowiące zależność przenikalności względnej  $\epsilon_w$  oraz współczynnika stratności  $tg\delta$  w funkcji częstotliwości  $f$  dla próbek preszpanowych impregnowanych olejem mineralnym oraz estrem syntetycznym

MIDEL 7131, zawilgoconych odpowiednio do poziomu 0,5 i 4% wagowo. Charakterystyki te wybrano z raportu dla ABB [9] oraz z pracy dyplomowej [10]. Porównanie wyników uzyskanych dla obu rodzajów cieczy oraz dla dwóch poziomów zawilgocenia pozwala stwierdzić znaczne różnice w przebiegu charakterystyk. Wyniki te potwierdzają tezę, iż wzorce zawilgocenia uzyskane dla zawilgoconych próbek preszpanowych nasyconych olejem mineralnym nie nadają się do interpretacji wyników pomiarów uzyskanych za pomocą metody FDS w przypadku transformatorów napełnianych estrem syntetycznym MIDEL 7131.



Rys. 2. Odpowiedź dielektryczna próbek preszpanowych o zawilgoceniu 0,5% wagowo, zaimpregnowanych olejem mineralnym oraz estrem syntetycznym typu MIDEL 7131: a)  $\epsilon_w(f)$  i b)  $tg\delta(f)$

Fig. 2. Dielectric response of pressboard samples with moisture content 0,5% by weight, impregnated with mineral oil and synthetic ester type MIDEL 7131: a)  $\epsilon_w(f)$  and b)  $tg\delta(f)$

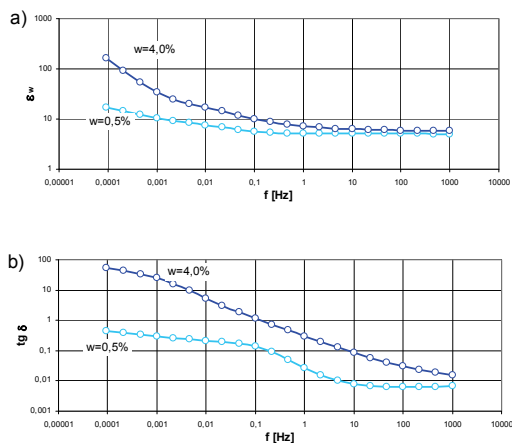


Rys. 3. Odpowiedź dielektryczna próbek preszpanowych o zawilgoceniu 4,0% wagowo, zaimpregnowanych olejem mineralnym oraz estrem syntetycznym typu MIDEL 7131: a)  $\epsilon_w(f)$  i b)  $tg\delta(f)$

Fig. 3. Dielectric response of pressboard samples with moisture content 0,5% by weight, impregnated with mineral oil and synthetic ester type MIDEL 7131: a)  $\epsilon_w(f)$  and b)  $tg\delta(f)$

Dodatkowo dla porównania, na rysunku 4 przedstawiono wyniki uzyskane dla preszpanu impregnowanego tylko estrem syntetycznym MIDEL 7131, ale zawilgoconego do dwóch różnych poziomów 0,5% i 4% wagowo. Wyraźne przesunięcie charakterystyk opisujących preszpan suchy i zawilgocony w zakresie niskich częstotliwości, wynoszące aż dwa rzędy wielkości dla współczynnika strat dielektrycznych oraz rząd wielkości dla przenikalności względnej, gwarantuje dużą czułość metody wyznaczania zawilgocenia wyrobu celulozowego opartej na tego typu wzorcach.





Rys. 4. Odpowiedź dielektryczna próbek preszpanowych zaimpregnowanych estrem syntetycznym typu MIDEL 7131 o zawilgoceniu 0,5% i 4,0% wagowo:  $\varepsilon_w(f)$  (a) i  $\text{tg}\delta(f)$  (b)

Fig. 4. Dielectric response of pressboard samples impregnated with synthetic ester type MIDEL 7131 with moisture content 0,5% and 4,0% by weight:  $\varepsilon_w(f)$  (a) and  $\text{tg}\delta(f)$  (b)

#### 4. Wnioski

Przenikalność elektryczna  $\varepsilon_w$  i współczynnik strat dielektrycznych  $\text{tg}\delta$  analizowane w szerokim zakresie częstotliwości mogą być wykorzystane w diagnostyce stanu zawilgocenia układu izolacyjnego preszpan-ester syntetyczny MIDEL 7131.

Wraz z maleniem częstotliwości napięcia, obserwujemy wzrost wartości  $\varepsilon_w$  i  $\text{tg}\delta$  badanego obiektu. Dla potrzeb diagnostyki, najkorzystniejsza jest analiza odpowiedzi dielektrycznej w przedziale częstotliwości od  $10^{-2}$  do  $10^{-4}$  Hz. Ten przedział można traktować jako pasmo diagnostyczne.

Ośmiokrotnym zmianom poziomu zawilgocenia badanego obiektu towarzyszą zmiany odpowiedzi dielektrycznej aż o dwa rzędy wielkości. Jest to bardzo dobra sytuacja, gdyż zapewnia to dużą czułość metody diagnostycznej. Wykorzystując tę metodę można uchwycić zmiany zawilgocenia rzędu 0,1%.

Dokładność, czułość i wiarygodność metody zależą jednak w wielkim stopniu od wiarygodności wzorców zawilgocenia. Dlatego posiadanie wiarygodnych wzorców jest kluczową sprawą w tego typu diagnostyce.

#### 5. Literatura

- [1] Moser H. P.: Transformerboard, Scientia Electra, Vermont, USA, 1979.
- [2] Ekanayake C., Gubanski S.M., Graczkowski A., Walczak K.: Frequency Response of Oil Impregnated Pressboard and Paper Samples for Estimating Moisture in Transformer Insulation, IEEE Transactions on Power Delivery, Volume 21, Issue 3, July 2006, s. 1309 - 1317.
- [3] Oommen T.V., Lindgren S.R.: Bubble evolution from transformer overload, Transmission and Distribution Conf. Exposition, IEEE/PES, Vol. 1, 2001, s. 137 - 142.
- [4] Rolland N., Magnier P.: Transformer Explosion and Fire Incidents, Guideline for Damage Cost Evaluation, Transformer Protector Financial Benefit, 2004.
- [5] Blennow J., Ekanayake C., Walczak K., Garcia B., Gubanski S.M.: Field experiences with measurements of dielectric response in frequency domain for power transformer diagnostics, IEEE Transactions on Power Delivery, Volume 21, Issue 2, April 2006, s. 681-688.
- [6] Projekt badawczy międzynarodowy realizowany w ramach 5 PR, Reliable Diagnostics of HV Transformer Insulation for Safety Assurance of Power Transmission System, REDIATool, numer NNE5-2001-472, realizacja od 01.02.2003 do 31.01.2006, projekt finansowany przez Komisję Europejską, Komitet Badań Naukowych oraz Politechnikę Poznańską.
- [7] Informacja producenta M&I Materials, Manchester; www.midel.com
- [8] Projekt rozwojowy pt.: Odcisk palca izolacji celulozowej syconej syntetycznymi estrami organicznymi oparty na analizie odpowiedzi dielektrycznej w dziedzinie częstotliwości, 10/2010, finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, nr umowy: NR01-0004.
- [9] Gielniak J.: Raport z pomiarów stopnia zawilgocenia izolacji stałej autotransformatora typu TNLRE 25000/110 PN, nr fabryczny 1133875, Poznań, kwiecień 2009.
- [10] Janasik J.: Badanie wpływu rodzaju oleju impregnującego na odpowiedź dielektryczną preszpanu impregnowanego, praca dyplomowa wykonana pod kierunkiem A. Graczkowskiego, Politechnika Poznańska, Poznań, 2009.

otrzymano / received: 23.01.2011

przyjęto do druku / accepted: 01.03.2011

artykuł recenzowany

#### INFORMACJE

### Nowy dział „Niepewność wyników pomiarów” na stronie internetowej Wydawnictwa PAK

Upriejmie informuję, że na stronie internetowej Wydawnictwa PAK (WWW.pak.info.pl) został utworzony dział „Niepewność wyników pomiarów”. Na p.o. redaktora działu został powołany dr inż. Paweł Fotowicz.

Dr P. Fotowicz jest ekspertem w zakresie problematyki niepewności, autorem szeregu wartościowych publikacji w czasopiśmie krajowych i zagranicznych. Prezentował swoje prace na licznych konferencjach i warsztatach szkoleniowych.

W dziale „Niepewność wyników pomiarów”, obok dostępu do aktualnych wybranych opracowań dotyczących niepewności jest możliwość zadawania „Pytań do eksperta”. Pytania powinny być konkretne i szczegółowo sprecyzowane.

Pytania i odpowiedzi o istotnym znaczeniu dla szerszego grona metrologów będą archiwizowane i dostępne dla użytkowników strony internetowej Wydawnictwa PAK.

Zapraszam do odwiedzania działu „Niepewność wyników pomiarów” i do udziału w jego rozwoju.