

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL** (11) **234947**
(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **430337**

(22) Data zgłoszenia: **24.06.2019**

(51) Int. Cl.
G01R 31/02 (2006.01)
G01N 27/22 (2006.01)
H01B 17/34 (2006.01)

(54)

**Sposób wyznaczania zawartości wilgoci w elementach stałych
układu izolacji ciepło-stałej izolatorów przepustowych**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

13.01.2020 BUP 02/20

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

18.05.2020 WUP 05/20

(73) Uprawniony z patentu:

POLITECHNIKA LUBELSKA, Lublin, PL
OBRE SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ
ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ, Piekary Śląskie, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:

PAWEŁ ŻUKOWSKI, Lublin, PL
TOMASZ NORBERT KOŁTUNOWICZ, Lublin, PL
PRZEMYSŁAW ROGALSKI, Lublin, PL
MAREK KRZYSZTOF SZROT,
Piekary Śląskie, PL
JANUSZ TADEUSZ PŁOWUCHA,
Piekary Śląskie, PL
JAN SUBOCZ, Szczecin, PL

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Tomasz Milczek

PL 234947 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób wyznaczania zawartości wilgoci w elementach stałych układu izolacji ciekło-stałej, izolatorów przepustowych, wykorzystujący analizę zależności pojemności elektrycznej.

Dotychczas z artykułu T.V. Oommen, „Moisture Equilibrium In Paper – Oil Systems” (pl. „Równowaga wilgoci w systemach papierowo-olejowych”), Proceedings of the 16th Electrical/Electronics Insulation Conference, Chicago, October 3–6, 1983, znany jest sposób oznaczenia zawartości wilgoci w izolacji papierowo-olejowej izolatorów przepustowych na podstawie pomiaru temperatury oleju oraz oznaczenia zawartości wody w próbce oleju pobranej z izolatora przepustowego i oznaczenia zawartości wody w papierze za pomocą nomogramu. W tym rozwiązaniu uzyskiwana jest niska dokładność oznaczenia zawartości wilgoci w izolacji papierowo-olejowej, która wynika z długiego czasu ustalenia równowagi termodynamicznej pomiędzy zawartością wilgoci w papierze i oleju oraz z faktu zmian rozpuszczalności wody w olejach zestarzonych.

Znane są również techniki oznaczania stopnia zawilgocenia izolacji izolatorów przepustowych z izolacją papierowo-olejową oparte na analizie procesów polaryzacyjnych. Są to metody FDS (frequency dielectric spectroscopy) oraz RVM (return voltage method). Metoda FDS posługuje się analizą częstotliwościowych zmian współczynnika strat dielektrycznych $\tan\delta$ oraz pojemności układu izolacyjnego z zastosowaniem modelu X-Y izolacji wg CIGRE, DIRANA, Dielectric Response Analysis and Moisture in Oil-Paper Dielectrics (pl. Analiza odpowiedzi dielektrycznej i zawilgocenia w dielektrykach papierowo-olejowych) – OMICRON, L204, April 2011. Metoda RVM wykorzystuje pomiar napięcia powrotnego podczas wielokrotnego cyklu ładowania i rozładowywania układu izolacyjnego napięciem stałym. Opisana w artykułach:

- Bogнар A., Kalocsai L., Csepёs G., Németh E., Schmidt J.: „Diagnostic Tests of High Voltage Oil-Paper Insulating Systems (In Particular Transformer Insulation) using DC Dielectrometrics” (pl. „Testy diagnostyczne wysokonapięciowych papierowo-olejowych systemów izolacyjnych (w określonych izolacjach transformatorów) przy użyciu stałoprądowej dielektrometrii”), CIGRE'90, Paris, France, 1990, 15/33–08,
- Patsch R., Kouzmine O.: „Return Voltage Measurements – a good Tool for the Diagnosis of Paper-Oil-Insulations” (pl. „Pomiary napięcia powrotnego – dobre narzędzie do diagnostyki izolacji papierowo-olejowej”), IEEE Power Tech, St. Petersburg, Russia, 27–30 June 2005, p.1–7,
- Saha, T.K., Zheng Tong Yao: „Experience with return voltage measurements for assessing insulation conditions in service-aged transformer” (pl. „Ekspertyza z użyciem pomiarów napięcia powrotnego w celu oceny stanu izolacji eksploatowanych transformatorów”), IEEE Trans, on Power Delivery, vol. 18, No 1, (2003), p. 128–135.

W małym zakresie stosowana jest ponadto metoda PDC (polarization, depolarization currents) polegająca na analizie kształtu czasowych charakterystyk prądów ładowania i rozładowania, która jest opisana w artykułach:

- Shayegani A.A., Hassan, O., Borsi H., Gockenbach. E., Mohseni, H.: „PDC measurement evaluation on oil-pressboard samples” (pl. Ewaluacja pomiarów PDC próbek papierowo-olejowych”), Proceedings of the 2004 IEEE International Conference on Solid Dielectrics, (2004), 5–9 July 2004, Vol. 1, p. 51–54,
- PDC-ANALYSER-1MOD, „Determination of the moisture content in the pressboard and of the oil conductivity in power transformers” (pl. „Determinacja zawartości wilgoci w preszpanie i konduktywności oleju w transformatorach energetycznych”), ALFF ENGINEERING, Switzerland.

We wszystkich tych metodach zależności uzyskane z pomiarów procesów polaryzacyjnych porównywane są z krzywymi wzorcowymi otrzymanymi laboratoryjnie dla różnych temperatur zaimpregnowanej i zawilgoconej w różnym stopniu celulozy. Na tej podstawie oznacza się ilość wody w zgromadzonej izolacji. Praktyka stosowania tych sposobów wykazała, że w przypadkach izolacji zestarzonej, o bardzo dużym zawilgoceniu lub wykazującej brak równowagi termodynamicznej stężenia wilgoci w elementach stałych i cieczy izolująco-chłodzącej obserwuje się nadmierne błędy w oznaczeniu ilości wody zgromadzonej w preszpanie. Drugą wadą wymienionych powyżej metod wykorzystujących pomiary elektryczne jest długi czas pomiarów niezbędny do uzyskania parametrów izolacji, na podstawie których określany jest stopień zawilgocenia. Tak wyznaczenie charakterystyki metodą FDS wymaga czasu ok. 6 h, natomiast metodami RVM oraz PDC również do 6 h.

W polskim opisie patentowym nr PL231824 przedstawiono sposób określania zawartości wilgoci w elementach stałych układu izolacji ciekło-stałej izolatorów przepustowych, którego metoda polega na odczytaniu częstotliwości, dla której wartość tangensa kąta strat jest równa 0,1 a następnie na podstawie uzyskanej wartości częstotliwości oznacza się, z charakterystyki odniesienia dla temperatury izolacji, przy której dokonano pomiaru tangensa kąta strat, procentową zawartość wody zgromadzonej w objętości elementów stałych izolacji ciekło-stałej.

Tego typu rodzaj izolacji wykorzystywany jest również w transformatorach energetycznych. Znane są metody określania zawartości wilgoci w izolacji ciekło-stałej transformatorów energetycznych według opisów patentowych polskich:

- Nr PL231823, wykorzystujący pomiary konduktancji dla częstotliwości 0,001 Hz, pojemności dla częstotliwości 1000 Hz oraz temperatury izolacji ciekło-stałej transformatora energetycznego i na podstawie wartości ilorazu uzyskanych konduktancji i pojemności oraz otrzymanej temperatury izolacji, określa się procentową zawartość wody zgromadzonej w objętości elementów stałych izolacji ciekło-stałej, którą odczytuje się z charakterystyki odniesienia,
- Nr PL231825, którego metoda polega na odczytaniu częstotliwości, dla której wartość tangensa kąta strat jest równa 0,1 a następnie na podstawie uzyskanej wartości częstotliwości oznacza się, z charakterystyki odniesienia dla temperatury izolacji, przy której dokonano pomiaru tangensa kąta strat, procentową zawartość wody zgromadzonej w objętości elementów stałych izolacji ciekło-stałej,
- Nr PL231826, którego metoda polega na odczytaniu przenikalności dielektrycznej względnej dla częstotliwości 1000 Hz, na podstawie której określa się wartość częstotliwości dla której przenikalność dielektryczna względna jest o 1,4 razy większa, a następnie na podstawie uzyskanej wartości częstotliwości oznacza się, z charakterystyki odniesienia dla temperatury izolacji przy której dokonano pomiaru względnej przenikalności dielektrycznej, procentową zawartość wody zgromadzonej w objętości elementów stałych izolacji ciekło-stałej,
- Nr PL231882, którego metoda polega na pomiarze konduktancji przy prądzie stałym, pojemności dla częstotliwości 1000 Hz oraz temperatury izolacji ciekło-stałej transformatora energetycznego i na podstawie wartości ilorazu uzyskanych konduktancji i pojemności oraz temperatury izolacji, określa się procentową zawartość wody zgromadzonej w objętości elementów stałych izolacji ciekło-stałej, którą odczytuje się z charakterystyki odniesienia.

Istotą sposobu wyznaczania zawartości wilgoci w elementach stałych układu izolacji ciekło-stałej izolatorów przepustowych, polegającego na pomiarze temperatury oraz pojemność elektrycznej w funkcji częstotliwości izolacji ciekło-stałej izolatorów przepustowych według wynalazku jest to, że odczytuje się pojemność elektryczną dla częstotliwości 1000 Hz, na podstawie której określa się wartość częstotliwości dla której pojemność elektryczna jest o 1,3 razy większa, a następnie na podstawie uzyskanej wartości częstotliwości wyznacza się, z charakterystyki odniesienia uzyskanej dla izolatora przepustowego dla temperatury izolacji przy której dokonano pomiaru pojemności elektrycznej, procentową zawartość wody zgromadzonej w objętości elementów stałych izolacji ciekło-stałej.

Korzystnym skutkiem wynalazku jest znaczące skrócenie czasu potrzebnego do wykonania pomiaru, oraz uzyskanie jednoznacznego wyniku zawartości wilgoci w izolacji ciekło-stałej izolatorów przepustowych na podstawie odczytu z charakterystyki odniesienia.

Sposób według wynalazku został przedstawiony w przykładzie wykonania na rysunku, który prezentuje charakterystyki odniesienia wyznaczone dla izolatora przepustowego, na których zobrazowano uzyskane doświadczalnie, zależności częstotliwości dla której pojemność elektryczna jest większa o 1,3 razy od pojemności elektrycznej zmierzonej przy 1000 Hz, w funkcji ich zawilgocenia w % wagowych dla temperatury izolacji od 10°C do 80°C z krokiem co 5°C, umożliwiające odczytanie zawartości wilgoci w izolacji ciekło-stałej izolatorów przepustowych dla różnych temperatur izolacji.

P r z y k ł a d

Po odłączeniu izolatora przepustowego typu OIP na napięcie 110 kV, o izolacji papierowo-olejowej od sieci energetycznej po stronie wysokiego napięcia do jego zacisku wysokonapięciowego oraz zacisku pomiarowego podłączono miernik FDS-Dirana produkcji firmy Omicron. Miernik FDS samoczynnie dobrało czas pomiaru na podstawie zadanej częstotliwości. Wykonano pomiary pojemności elektrycznej C w funkcji częstotliwości. Następnie wykonano pomiar temperatury izolacji, której wartość wyniosła $T = 80^{\circ}\text{C}$. Po czym ze zmierzonych wartości pojemności elektrycznej C odczytano jej wartość dla częstotliwości 1000 Hz, która wynosiła $C = 516 \text{ pF} = 516 \cdot 10^{-12} \text{ F}$. Po pomnożeniu uzyskanej wartości razy 1,3 uzyskano wartość $C = 671 \text{ pF} = 671 \cdot 10^{-12} \text{ F}$, częstotliwość dla której pojemność elektryczna

osiąga wartości $C = 671 \text{ pF}$ wynosi $f = 0,54 \text{ Hz}$. Na podstawie pomiaru temperatury wybrano charakterystykę odniesienia dla 80°C . Następnie na podstawie określonej częstotliwości f odczytano z wybranej charakterystyki odniesienia procentową zawartość wilgoci zgromadzonej w objętości elementów stałych izolacji ciepło-stałej, która wyniosła $x = 2\%$ wagowe.

Zastrzeżenie patentowe

1. Sposób wyznaczania zawartości wilgoci w elementach stałych układu izolacji ciepło-stałej izolatorów przepustowych polegający na pomiarze temperatury oraz pojemności elektrycznej w funkcji częstotliwości, izolacji ciepło-stałej izolatorów przepustowych, **znamienny tym**, że odczytuje się pojemność elektryczną dla częstotliwości 1000 Hz , na podstawie której określa się wartość częstotliwości dla której pojemność elektryczna jest o $1,3$ razy większa, a następnie na podstawie uzyskanej wartości częstotliwości wyznacza się, z charakterystyki odniesienia wyznaczonych dla izolatora przepustowego dla temperatury izolacji przy której dokonuje się pomiaru pojemności elektrycznej, procentową zawartość wody zgromadzonej w objętości elementów stałych izolacji ciepło-stałej.

Rysunek

