

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL** (11) **231823**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **423881**

(22) Data zgłoszenia: **14.12.2017**

(51) Int.Cl.

G01R 31/02 (2006.01)

G01N 27/04 (2006.01)

G01N 27/22 (2006.01)

H01F 27/32 (2006.01)

(54) **Sposób oznaczenia zawartości wilgoci w elementach stałych układu izolacji
ciekło-stałej transformatorów energetycznych**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
27.08.2018 BUP 18/18

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
30.04.2019 WUP 04/19

(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
KONRAD KIERCZYŃSKI, 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 231823 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób oznaczenia zawartości wilgoci w elementach stałych układu izolacji ciekło-stałej transformatorów energetycznych.

Dotychczas z artykułu T.V. Oommen, „Moisture Equilibrium In Paper – Oil Systems”. Proceedings of the 16th Electrical/Electronics Insulation Conference, Chicago, October 3–6, 1983, znany jest sposób oznaczenia zawartości wilgoci w izolacji papierowo-olejowej transformatorów energetycznych na podstawie pomiaru temperatury oleju oraz oznaczenia zawartości wody w próbce oleju pobranej z transformatora energetycznego i oznaczenia zawartości wody w papierze z opracowanego przez T.V. Oommen'a 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 transformatorów energetycznych 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 –OMICRON, L204, April 2011. Metoda RVM wykorzystuje pomiar napięcia powrotnego podczas wielokrotnego cyklu ładowania i rozładowywania układu izolacyjnego napięciem stałym. Opisanych w artykułach:

- Bogнар A., Kalocai L, Csepes G., Németh E., Schmidt J.: “Diagnostic Tests of High Voltage Oil-Paper Insulating Systems (In Particular Transformer Insulation) using DC Dielectrometrics”, 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”, 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”: 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 autorstwa:

- Shayegani A.A., Hassan, O., Borsi H., Gockenbach. E., Mohseni, H.: “RDC measurement evaluation on oil-pressboard samples”: 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”, ALFF ENGINEERING, Switzerland, www.alf-engineering.ch.

We wszystkich tych metodach zależności uzyskane z pomiarów procesów polaryzacyjnych porównywane są do krzywych wzorcowych otrzymanych laboratoryjnie w różnej temperaturze dla zaimpregnowanej i zawilgoconej w różnym stopniu celulozy. Na tej podstawie oznacza się ilość wody zgromadzonej w izolacji. Praktyka stosowania tych sposobów wykazała, że w przypadkach izolacji zastarzonej, 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 około 6 h, natomiast metodami RVM oraz PDC również do 6 h.

Istotą sposobu oznaczania zawartości wilgoci w elementach stałych układu izolacji ciekło-stałej transformatorów energetycznych polegającego na pomiarze temperatury izolacji ciekło-stałej, pojemności oraz konduktancji przy prądzie zmiennym według wynalazku jest to, że wykonuje się 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.

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

Sposób według wynalazku został przedstawiony na rysunku, który prezentuje charakterystyki odniesienia, na których zobrazowano uzyskane doświadczalnie dla papieru transformatorowego impregnowanego mineralnym transformatorowym olejem izolacyjnym zależności ilorazu konduktancji dla częstotliwości 0,001 Hz i pojemności dla częstotliwości 1000 Hz elementów stałych układu izolacyjnego, wyrażonej w S/F, od stopnia 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 transformatorów energetycznych dla różnych temperatur izolacji.

P r z y k ł a d. Po odłączeniu transformatora energetycznego o izolacji papierowo-olejowej od sieci energetycznej po stronie wysokiego napięcia oraz po stronie niskiego napięcia zwiera się ze sobą zaciski górnego napięcia A1, B1, C1. Następnie zwiera się ze sobą zaciski dolnego napięcia a2, b2, c2. Do zwartych zacisków A1, B1, C1, uzwojenia górnego napięcia transformatora i zwartych zacisków a2, b2, c2 uzwojenia dolnego napięcia podłącza się miernik FDS. Miernik FDS samoczynnie dobiera czas pomiaru na podstawie zadanej częstotliwości. Wykonuje się pomiary konduktancji dla częstotliwości 0,001 Hz układu izolacyjnego transformatora energetycznego, której wartość wynosiła $G_{0,001} = 1 \cdot 10^{-12}$ S, pojemności układu izolacyjnego transformatora energetycznego dla częstotliwości 1000 Hz, której wartość wyniosła $C_{1000} = 50 \text{ pF} = 5 \cdot 10^{-11}$ F i temperatury izolacji ciekło-stałej transformatora, której wartość wyniosła $T = 35^\circ\text{C}$. Następnie na podstawie uzyskanej wartości ilorazu konduktancji i pojemności oraz temperatury izolacji oznacza się procentową zawartość wody zgromadzonej w objętości elementów stałych izolacji ciekło-stałej, która wynosiła $X = 2,5\%$ wagowych.

Zastrzeżenie patentowe

1. Sposób oznaczenia zawartości wilgoci w elementach stałych układu izolacji ciekło-stałej transformatorów energetycznych polegający na pomiarze temperatury izolacji ciekło-stałej, pojemności oraz konduktancji przy prądzie zmiennym **znamienny tym**, że wykonuje się 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.

Rysunek

