

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **231824**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **423882**

(22) Data zgłoszenia: **14.12.2017**

(51) Int.Cl.

G01R 31/02 (2006.01)

G01N 27/00 (2006.01)

H01B 17/26 (2006.01)

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

(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
PRZEMYSŁAW ROGALSKI, Lublin, PL
MAREK KRZYSZTOF SZROT,
Piekary Śląskie, PL
JANUSZ TADEUSZ PŁOWUCHA,
Piekary Śląskie, PL
JAN SUBOCZ, Szczecin, PL

(74) Pełnomocnik:

rzec. pat. Tomasz Milczek

PL 231824 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób oznaczenia zawartości wilgoci w elementach stałych układu izolacji ciekło-stałej, izolatorów przepustowych, wykorzystujący analizę zależności tangensa kąta stratności.

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 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 opracowanego przez T.V. Oommen'a nomogramu zamieszczonego w wyżej wymienionym artykule. 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 – OMICRON, L204, April 2011. Metoda RVM wykorzystuje pomiar napięcia powrotnego podczas wielokrotnego cyklu ładowania i rozładowywania układu izolacyjnego napięciem stałym. Opisana w artykułach:

- Bognar A., Kalocsai 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. Opisana w artykułach:

- Shayegani A.A., Hassan, O., Borsi H., Gockenbach. E., Mohseni, H.: “PDC 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 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.

Istotą sposobu oznaczania zawartości wilgoci w elementach stałych układu izolacji ciekło-stałej izolatorów przepustowych, polegającego na pomiarze temperatury oraz tangensa kąta strat $\text{tg}\delta$ w funkcji częstotliwości izolacji ciekło-stałej izolatorów przepustowych według wynalazku jest to że odczytuje się częstotliwość, dla której wartość tangensa kąta strat jest równa $\text{tg}\delta = 0,1$, 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.

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 na rysunku, który prezentuje charakterystyki odniesienia, uzyskane doświadczalnie dla papieru transformatorowego, impregnowanego mineralnym transformatorowym olejem izolacyjnym, obrazujące zależność częstotliwości na której wartość tangensa kąta strat wynosi $\delta = 0,1$ od zawartości wilgoci dla temperatur izolacji z zakresu od 10°C do 80°C z krokiem 5°C , umożliwiające odczytanie zawartości wilgoci w izolacji ciekło-stałej izolatorów przepustowych.

P r z y k ł a d: Po odłączeniu izolatora przepustowego o izolacji papierowo-olejowej od sieci energetycznej po stronie wysokiego napięcia do jego zacisku wysokonapięciowego oraz zacisku pomiarowego podłącza się miernik FDS, który samoczynnie dobiera czas pomiaru dla danej częstotliwości. Wykonano pomiar temperatury izolacji, której wartość wyniosła $T = 50^{\circ}\text{C}$. Następnie zmierzono tangens kąta strat izolacji w funkcji częstotliwości. Po czym ze zmierzonych wartości odczytano częstotliwość $f = 1,0$ Hz dla której $\text{tg}\delta = 0,1$. Na podstawie pomiaru temperatury wybrano charakterystykę odniesienia dla 50°C . Następnie na podstawie określonej częstotliwości $f = 1,0$ Hz odczytano z wybranej charakterystyki odniesienia procentową zawartość wilgoci zgromadzonej w objętości elementów stałych izolacji ciekło-stałej, która wyniosła $X=2,5\%$ wagowego.

Zastrzeżenie patentowe

1. Sposób oznaczenia zawartości wilgoci w elementach stałych układu izolacji ciekło-stałej izolatorów przepustowych polegający na pomiarze temperatury oraz tangensa kąta strat w funkcji częstotliwości, izolacji ciekło-stałej izolatorów przepustowych **znamienny tym**, że odczytuje się częstotliwość, 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.

Rysunek

