

Sposób oznaczenia zawartości wilgoci w elementach stałych układu izolacji ciekło-stałej transformatorów energetycznych

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:

- 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 autorstwa:

- 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.alff-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 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.

Istotą sposobu oznaczania zawartości wilgoci w elementach stałych układu izolacji ciekło-stałej transformatorów energetycznych polegającego na pomiarze konduktancji, pojemności oraz temperatury izolacji ciekło-stałej według wynalazku jest to, że wykonuje się pomiar konduktancji przy prądzie stałym, pojemności dla częstotliwości 1000 Hz oraz

temperatury izolacji ciekło-stałej transformatora energetycznego i następnie, 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.

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 objaśniony w przykładzie wykonania na rysunku, na którym przedstawiono zależności ilorazu konduktancji przy prądzie stałym i pojemności dla częstotliwości 1000 Hz elementów stałych układu izolacyjnego, wyrażonej, wyrażonej w S/F, od stopnia zawilgocenia w % wagowych dla temperatury izolacji od 278 K do 348 K z krokiem co 5 K.

Przykład. Do zwartych zacisków wyjściowych uzwojenia górnego napięcia transformatora i zwartych zacisków uzwojenia dolnego napięcia transformatora podłączono źródło napięcia stałego lub miernik izolacji o napięciu pomiarowym $U_{pom} = 2500 \text{ V}$ i po 2000 sekundach od chwili załączenia napięcia zmierzono wartość rezystancji izolacji, która wyniosła $10 \text{ G}\Omega = 10^{10} \Omega$. Następnie zmierzono pojemność C_{uz} między uzwojeniami dolnego i górnego napięcia dla częstotliwości

$f=1000$ Hz, która wyniosła $C_{uz} = 2,5 \text{ nF} = 2,5 \cdot 10^{-9} \text{ F}$. Iloraz konduktancji przy prądzie stałym i pojemności dla częstotliwości 1000 Hz obliczono ze wzoru:

$$\frac{G_{iz}}{C_{uz}} \cong \frac{1}{R_{iz} [G\Omega] \cdot C_{uz} [F]} = \frac{1}{10^{10} \cdot 2,5 \cdot 10^{-9}} = 0,04 [S/F]$$

Gdzie:

G_{iz} - oznacza konduktancję izolacji dla prądu stałego,

C_{uz} - oznacza pojemność między uzwojeniami dolnego i górnego napięcia dla częstotliwości $f=1000 \text{ Hz}$, wyrażoną w F,

R_{iz} - oznacza rezystancję izolacji prądu stałego, wyrażoną w Ω .

Następnie na podstawie wartości ilorazu konduktancji przy prądzie stałym i pojemności dla częstotliwości 1000 Hz oraz temperatury uzwojeń, która wynosiła $T=298 \text{ K}$, odczytano z charakterystyki odniesienia przedstawionej na rysunku, procentową zawartość wody zgromadzonej w objętości elementów stałych izolacji ciekło-stałej, która wyniosła $X=3,2 \%$ wagowych.

RZECZNIK PATENTOWY

mgr inż. Tomasz Milczek
Nr ew. 2796

POLITECHNIKA LUBELSKA
Biuro Rzecznika Patentowego
ul. Nadbystrzycka 36, 20-618 Lublin
tel. 81 538 41 30, fax 81 538 41 70