

RZECZPOSPOLITA  
POLSKA



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL**

(11) **239240**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **437391**

(22) Data zgłoszenia: **25.03.2021**

(51) Int.Cl.

**G01N 17/00 (2006.01)**

**H01F 27/32 (2006.01)**

(54)

**Sposób nawilżania preszpanu elektrotechnicznego  
impregnowanego olejem izolacyjnym**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

**13.09.2021 BUP 24/21**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

**15.11.2021 WUP 33/21**

(73) Uprawniony z patentu:

**POLITECHNIKA LUBELSKA, Lublin, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**PRZEMYSŁAW ROGALSKI, Lublin, PL**

**KONRAD KIERCZYŃSKI, Lublin, PL**

**PAWEŁ ŻUKOWSKI, Lublin, PL**

(74) Pełnomocnik:

**recz. pat. TOMASZ MILCZEK**

**PL 239240 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób nawilżania preszpanu elektrotechnicznego impregnowanego olejem izolacyjnym stosowanego w transformatorach energetycznych.

Izolacja papierowo-olejowa jest głównym rodzajem izolacji wykorzystywanej w transformatorach energetycznych. Połączenie celulozy w formie papieru bądź preszpanu elektrotechnicznego z izolacyjnym olejem transformatorowym daje doskonałe właściwości elektryczne, termiczne oraz mechaniczne. W czasie eksploatacji transformatora następuje powolna degradacja izolacji celulozowej. Głównym czynnikiem zwiększającym szybkość degradacji izolacji jest wzrost jej zawilgocenia. Degradacja izolacji prowadzi do pogorszenia jej właściwości elektrycznych i mechanicznych. Ponadto wraz ze wzrostem zawilgocenia izolacji, wzrasta ryzyko wystąpienia efektu bąbelkowania, w którym to woda w postaci gazowej uwalnia się z izolacji celulozowej do oleju tworząc bąbelki. Obecność bąbelków znacząco osłabia wytrzymałość elektryczną układu izolacyjnego, a w skrajnych przypadkach może doprowadzić do rozszczelnienia kadzi transformatora ze względu na wzrost ciśnienia. Początkowo fabrycznie nowa izolacja papierowo-olejowa cechuje się zawilgoceniem na poziomie 0,6–0,8% wagowych. W momencie gdy poziom zawilgocenia osiągnie bądź przekroczy 5% wagowych konieczne jest wyłączenie transformatora i powzięcie odpowiednich działań takich jak remont bądź wymiana urządzenia. Z racji, że transformatory wykorzystujące izolację papierowo-olejową są urządzeniami hermetycznymi, nie istnieje możliwość pobrania fizycznej próbki izolacji i poddania jej analizie chemicznej w celu wyznaczenia zawartości wilgoci. Obecnie w celu oszacowania stopnia zawilgocenia izolacji papierowo-olejowej stosowane są nieniszczące metody elektryczne. Aby możliwe było określenie zawilgocenia izolacji papierowo-olejowej transformatora na podstawie pomiarów elektrycznych, konieczne są wcześniejsze badania laboratoryjne na próbkach wzorcowych o znanych zawartościach wilgoci, będącymi podstawą do utworzenia modeli i nomogramów wzorcowych.

Dotychczas znane są i opisane w czasopismach naukowych: D. Zhang, H. Yun, J. Zhan, X. Sun, W. He, C. Niu, H. Mu, and G. J. Zhang, "Insulation condition diagnosis of oil-immersed paper insulation based on non-linear frequency domain dielectric response," *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.*, vol. 25, no. 5, pp. 1980–1988, 2018, C. Ekanayake, S. M. Gubanski, A. Graczkowski, and K. Walczak, "Frequency Response of Oil Impregnated Pressboard and Paper Samples for Estimating Moisture in Transformer Insulation," *IEEE Trans. Power Deliv.*, vol. 21, no. 3, pp. 1309–1317, 2006, J. Liu, X. Fan, Y. Zhang, C. Zhang, and Z. Wang, "Aging evaluation and moisture prediction of oil-immersed cellulose insulation in field transformer using frequency domain spectroscopy and aging kinetics model," *Cellulose*, vol. 27, no. 12, pp. 7175–7189, 2020, sposoby wykonywania próbek wzorcowych impregnowanego olejem izolacyjnym preszpanu elektrotechnicznego. Wytwarzanie próbek wzorcowych preszpanu lub papieru izolacyjnego przebiega w sposób następujący – próbki poddaje się suszeniu próżniowemu, którego skutkiem jest spadek ich zawilgocenia do ok. 0,6% wagowych. Następnie próbki eksponuje się na powietrze atmosferyczne, z którego wilgość wnika w próbkę zwiększając jej masę. Po osiągnięciu założonej masy, będącej odzwierciedleniem zadanego zawilgocenia, próbkę wzorcową zalewa się olejem izolacyjnym w celu impregnacji. W celu osiągnięcia równowagi termodynamicznej pomiędzy wilgocią, olejem a preszpanem próbkę wzorcową pozostawia się w naczyniu z olejem na okres do 6 miesięcy. Przedstawiony powyżej sposób nawilżania próbek wzorcowych impregnowanego olejem izolacyjnym preszpanu znacząco odbiega od procesu nawilżania izolacji celulozowej transformatora energetycznego. Większość wilgoci zanieczyszczającej izolację transformatora energetycznego pochodzi z wnętrza transformatora. Woda po wnikięciu do kadzi transformatora rozpuszcza się w oleju izolacyjnym, a następnie ze względu na wielokrotnie wyższą rozpuszczalność wody w celulozie niż w oleju, zostaje pochłonięta przez preszpan bądź papier. W rzeczywistym transformatorze wilgość wnika do zaimpregnowanego olejem izolacyjnym preszpanu, w przeciwieństwie do dotychczas stosowanej metody wykonywania próbek wzorcowych, gdzie woda wnika w niezaimpregnowany preszpan, który dopiero po zawilgoceniu zostaje zalany olejem.

Celem wynalazku jest wytworzenie próbki wzorcowej impregnowanego olejem izolacyjnym preszpanu o zadanym poziomie zawilgocenia w sposób maksymalnie zbliżony do procesu nawilżania w transformatorach energetycznych.

Istotą sposobu nawilżania preszpanu elektrotechnicznego impregnowanego olejem izolacyjnym, w którym nawilża się powietrzem atmosferycznym próbkę próżniowo suszonego preszpanu elektrotechnicznego, według wynalazku, jest to, że zawilgoconą próbkę preszpanu elektrotechnicznego umieszcza się w hermetycznym naczyniu z olejem izolacyjnym o objętości nie większej niż 10-krotność łącznej

objętości próbek preszpanu elektrotechnicznego. Następnie wycina się wzorcową próbkę z wysuszonego próżniowo preszpanu elektrotechnicznego. Pozostawia się wzorcową próbkę preszpanu elektrotechnicznego w próżni do czasu uzyskania zawilgocenia w przedziale od 0,6% do 0,8% wagowych i impregnuje się wzorcową próbkę preszpanu elektrotechnicznego olejem izolacyjnym. Następnie umieszcza się zaimpregnowaną próżniowo wzorcową próbkę preszpanu elektrotechnicznego na okres od 6 do 18 miesięcy w hermetycznym naczyniu z olejem izolacyjnym i źródłem wilgoci, w którym zachodzi zawilgocenie wzorcowej próbki preszpanu elektrotechnicznego. Zawilgocenie wzorcowej próbki preszpanu elektrotechnicznego określa się jako iloraz sumy mas wilgoci w zawilgoconej próbce preszpanu elektrotechnicznego i wilgoci pozostałej po wysuszeniu wzorcowej próbki preszpanu elektrotechnicznego oraz sumy mas w stanie suchym zawilgoconej próbki preszpanu elektrotechnicznego i wzorcowej próbki preszpanu elektrotechnicznego, wyrażony w procentach wagowych.

Korzystnym skutkiem wynalazku jest wytworzenie wzorcowej próbki preszpanu elektrotechnicznego impregnowanego olejem izolacyjnym, która w większym stopniu oddaje procesy fizyczno-chemiczne zawilgoconej izolacji transformatorów energetycznych. Zastosowanie sposobu nawilżania próbek wzorcowych przedstawionych w wynalazku umożliwia opracowanie precyzyjniejszych modeli i nomogramów wzorcowych, co przekłada się na możliwość precyzyjniejszego określania zawilgocenia izolacji papierowo-olejowej transformatorów energetycznych.

#### **Przykład 1**

Z arkusza preszpanu elektrotechnicznego wycięto próbkę w kształcie walca o średnicy 180 mm i wysokości 2 mm. Próbkę wysuszono próżniowo uzyskując masę 55,31 g i określono zawartość wilgoci, która wynosiła 0,6% wag. Próbkę wystawiono na działanie powietrza atmosferycznego kontrolując wzrastającą wagę próbki. Po osiągnięciu zawilgocenia 3% wagowych tj. wagi 56,61 g, zawilgoconą próbkę umieszczono w hermetycznie zamykanym naczyniu zalanym olejem izolacyjnym o objętości 450 ml. Następnie z arkusza preszpanu elektrotechnicznego wycięto wzorcową próbkę w kształcie walca o średnicy 180 mm i wysokości 2 mm. Wzorcową próbkę wysuszono próżniowo uzyskując zawilgocenie 0,6% wagowych i masę 55,35 g a następnie zalano olejem izolacyjnym w warunkach próżniowych. Zaimpregnowaną wzorcową próbkę umieszczono w hermetycznym naczyniu, w którym znajduje się zawilgocona próbka preszpanu będąca źródłem wilgoci. Naczynie hermetycznie zamknięto. Po czasie 6 miesięcy osiągnięto zawilgocenie wzorcowej próbki preszpanu wynoszące 1,8% wag.

#### **Przykład 2**

Z arkusza preszpanu elektrotechnicznego wycięto próbkę w kształcie prostopadłościanu o wymiarach podstawy 150 mm na 150 mm i wysokości 2 mm. Próbkę wysuszono próżniowo uzyskując masę 49,13 g i określono zawartość wilgoci, która wynosiła 0,8% wag. Próbkę wystawiono na działanie powietrza atmosferycznego kontrolując wzrastającą wagę próbki. Po osiągnięciu zawilgocenia 4,5% wagowych tj. wagi 51,02 g, zawilgoconą próbkę umieszczono w hermetycznie zamykanym naczyniu zalanym olejem izolacyjnym o objętości 400 ml. Następnie z arkusza preszpanu elektrotechnicznego wycięto wzorcową próbkę w kształcie prostopadłościanu o wymiarach podstawy 150 mm na 150 mm i wysokości 2 mm. Wzorcową próbkę wysuszono próżniowo uzyskując zawilgocenie 0,8% wagowych i masę 49,1 g a następnie zalano olejem izolacyjnym w warunkach próżniowych. Zaimpregnowaną wzorcową próbkę umieszczono w hermetycznym naczyniu, w którym znajduje się zawilgocona próbka preszpanu będąca źródłem wilgoci. Naczynie hermetycznie zamknięto. Po czasie 18 miesięcy osiągnięto zawilgocenie wzorcowej próbki preszpanu wynoszące 2,7% wag.

### **Zastrzeżenie patentowe**

1. Sposób nawilżania preszpanu elektrotechnicznego impregnowanego olejem izolacyjnym, w którym nawilża się powietrzem atmosferycznym próbkę próżniowo suszonego preszpanu elektrotechnicznego, **znamienny tym**, że zawilgoconą próbkę preszpanu elektrotechnicznego umieszcza się w hermetycznym naczyniu z olejem izolacyjnym o objętości nie większej niż 10-krotność łącznej objętości próbek preszpanu elektrotechnicznego, następnie wycina się wzorcową próbkę z wysuszonego próżniowo preszpanu elektrotechnicznego, po czym pozostawia się wzorcową próbkę preszpanu elektrotechnicznego w próżni do czasu uzyskania zawilgocenia w przedziale od 0,6% do 0,8% wagowych i impregnuje się wzorcową próbkę preszpanu elektrotechnicznego olejem izolacyjnym, następnie umieszcza się zaimpregno-

waną próżniowo wzorcową próbkę preszpanu elektrotechnicznego na okres od 6 do 18 miesięcy w hermetycznym naczyniu z olejem izolacyjnym i źródłem wilgoci, w którym zachodzi zawilgocenie wzorcowej próbki preszpanu elektrotechnicznego, a zawilgocenie wzorcowej próbki preszpanu elektrotechnicznego określa się jako iloraz sumy mas wilgoci w zawilgoczonej próbce preszpanu elektrotechnicznego i wilgoci pozostałej po wysuszeniu wzorcowej próbki preszpanu elektrotechnicznego oraz sumy mas w stanie suchym zawilgoconej próbki preszpanu elektrotechnicznego i wzorcowej próbki preszpanu elektrotechnicznego, wyrażony w procentach wagowych.