

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL** (11) **234482**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **412204**

(22) Data zgłoszenia: **30.04.2015**

(51) Int. Cl.

G01N 33/34 (2006.01)

G01N 33/44 (2006.01)

G01N 27/22 (2006.01)

(54) **Sposób wyznaczania zawilgocenia wyrobów celulozowych przesyconych żywicą
z wykorzystaniem wzorców zawilgocenia**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
07.11.2016 BUP 23/16

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
31.03.2020 WUP 03/20

(73) Uprawniony z patentu:

POLITECHNIKA POZNAŃSKA, Poznań, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:

JAROSŁAW GIELNIAK, Poznań, PL

ANDRZEJ GRACZKOWSKI, Poznań, PL

HUBERT MORĄDA, Szczytniki, PL

HANNA MOŚCICKA-GRZESIAK, Poznań, PL

PIOTR PRZYBYŁEK, Poznań, PL

KRZYSZTOF WALCZAK, Poznań, PL

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Marcin Walkowiak

PL 234482 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób wyznaczania zawilgocenia wyrobów celulozowych przesyconych żywicą z wykorzystaniem wzorców zawilgocenia izolacji wykonanej na bazie papieru celulozowego przesyconego żywicą. Izolacja taka jest wykorzystywana w izolatorach przepustowych typu RBP (Resin Bonded Paper), w których jako półprodukt wykorzystuje się papier celulozowy powleczony żywicą fenolowo-formaldehydową. Papier nawija się na rdzeń metalowy, a następnie poddaje obróbce cieplnej. W początkowej fazie żywica topi się i przesyca papier, a w końcowej fazie zostaje utwardzona.

Zawilgocenie izolacji jest bardzo poważnym problemem eksploatacyjnym. Woda pojawia się w izolacji w wyniku nieszczelności urządzenia, ale głównie jest produktem chemicznej degradacji celulozy. Zawartość wody w izolacji powoduje pogorszenie wszystkich wielkości dielektrycznych, a również jest przyczyną bardzo groźnego zjawiska znanego pod nazwą „bubble effect”. Polega ono na intensywnej desorpcji wody z włókien celulozowych po przekroczeniu krytycznych wartości zawilgocenia i temperatury. Skutkiem jest gwałtowny wzrost ciśnienia w obudowie urządzenia, co może prowadzić do eksplozji. Zawilgocenie izolacji celulozowej w różny sposób żywcowanej można wyznaczać wykorzystując metody bezpośrednie i pośrednie. Metody bezpośrednie (fizykochemiczne) wykorzystywane są w laboratorium i wymagają pobrania próbki materiału.

Badanie zawilgocenia izolacji urządzeń będących w eksploatacji realizuje się wykorzystując metody pośrednie, które nie wymagają pobrania próbki. Wśród metod pośrednich najważniejszą rolę odgrywają metody oparte na analizie odpowiedzi dielektrycznej. Pod pojęciem odpowiedzi dielektrycznej rozumiemy reakcję dielektryku na działanie pola elektrycznego. Odpowiedź dielektryczna może być reprezentowana przez część rzeczywistą i urojoną przenikalności elektrycznej w zależności od częstotliwości pola elektrycznego. Wielkości te analizuje się w szerokim zakresie częstotliwości, zwykle w przedziale od 10^{-4} do 10^3 Hz.

Woda obecna w izolacji powoduje duże przesunięcia charakterystyk odpowiedzi dielektrycznej, szczególnie w zakresie infraniskiej częstotliwości. Określonej zawartości wody w izolacji celulozowej odpowiadają specyficznie przebiegające charakterystyki. Te charakterystyki stanowią wzorce zawilgocenia izolacji.

Przedmiotem wynalazku jest sposób wyznaczania zawilgocenia wyrobów celulozowych przesyconych żywicą z wykorzystaniem wzorców zawilgocenia, w którym przygotowuje się charakterystyki wzorcowe zawilgocenia (wzorce zawilgocenia) a następnie dopasowuje się wzorce zawilgocenia do charakterystyki zdjętej z badanego obiektu. W sposobie tym istotnym jest to, że charakterystyki wzorcowe zawilgocenia stanowią zależność współczynnika strat dielektrycznych od częstotliwości, sporządzone dla różnych wartości zawilgocenia w ustalonej wartości temperatury. Korzystną realizacją sposobu jest kiedy charakterystyki wzorcowe zawilgocenia przygotowuje się na próbkach materiału identycznego jak materiał badanego obiektu, a próbki po odpowiedniej obróbce termicznej, poddaje się kondycjonowaniu, a następnie zawilgaca się je w kontrolowany sposób w przedziale od 0,5% do 4%.

Inną korzystną odmianą sposobu jest kiedy charakterystyki wzorcowe zawilgocenia stanowią zależność przenikalności elektrycznej zespolonej lub współczynnika strat dielektrycznych od częstotliwości w zakresie od 10^{-4} do 10^3 Hz dla wybranych poziomów zawilgocenia próbki od 0,5% do 4% oraz dla wybranych wartości temperatury w przedziale od 10 do 60°C.

Korzystnym jest również kiedy charakterystyki zdjęte z badanego obiektu poddaje się modelowaniu matematycznemu uwzględniającemu wymiary geometryczne badanego obiektu oraz rozkład temperatury. Tego typu modelowanie może mieć miejsce w sytuacji kiedy obiekt badań jest skomplikowany, np. izolator przepustowy, w takim przypadku możliwe jest dokonanie dodatkowe polegające na uwzględnieniu wymiarów wzdłużnych i promieniowych izolacji oraz rozkładu temperatury.

Wynalazek w przykładzie realizacji przedstawiono za pomocą rysunku na którym:

- fig. 1 przedstawia wzorce zawilgocenia 0,5% i 2,5% przy temperaturze 24°C przedstawione w postaci części rzeczywistej przenikalności elektrycznej izolacji papier celulozowy – żywica fenolowo-formaldehydowa w zależności od częstotliwości;
- fig. 2 przedstawia wzorce zawilgocenia 0,5% i 2,5% przy temperaturze 24°C przedstawione w postaci części urojonej przenikalności elektrycznej izolacji papier celulozowy – żywica fenolowo-formaldehydowa w zależności od częstotliwości;
- fig. 3 przedstawia charakterystyki wzorcowe (wzorce zawilgocenia) próbek wzorcowych o zawilgoceniu 0,50; 1,50; 2,50 i 3,50% oraz charakterystykę izolatora RBP 220 kV; [wzorce

przedstawiono jako zależność współczynnika strat dielektrycznych od częstotliwości. Odpowiedź dielektryczna izolatora nie pokrywa się z odpowiedzią żadnego z wzorców];

fig. 4 przedstawia charakterystyki współczynnika strat dielektrycznych od częstotliwości części napowietrznej izolatora przepustowego RBP 220 kV (XY1) i części olejowej (XY2) uzyskane w wyniku modelowania matematycznego uwzględniającego wymiary geometryczne izolacji i rozkład temperatury oraz przebieg uśredniony (XY1+XY2) wraz z punktami pomiarowymi (°) izolatora idealnie nakładającymi się na przebieg uśredniony.

Sposób wyznaczania zawilgocenia izolacji badanego obiektu według wynalazku w przykładzie zastosowania wymaga realizacji trzech etapów.

W pierwszym etapie wykonuje się komplet próbek wzorcowych z papieru celulozowego przesyconego żywicą fenolowo-formaldehydową (RBP – Resin Bonded Paper). Materiał próbek musi być identyczny jak izolacja badanego obiektu. Próbki, po odpowiedniej obróbce termicznej, poddaje się kondycjonowaniu, a następnie zawilgaca się je w kontrolowany sposób do poziomu 0,5; 1; 2,5; 3; 3,5 i 4%.

W drugim etapie, na wzorcowych próbkach, zdejmuje się komplet charakterystyk wzorcowych stanowiących zależność przenikalności elektrycznej zespolonej oraz współczynnika strat dielektrycznych od częstotliwości w zakresie od 10^{-4} do 10^3 Hz dla wybranych poziomów zawilgocenia próbki wyżej wymienionych oraz dla wartości temperatury równych 10, 20, 30, 40, 50 i 60°C. Charakterystyki te nazywane są w skrócie wzorcami zawilgocenia. Wzorce można wykorzystywać do wyznaczania zawilgocenia wszystkich obiektów o izolacji typu RBP.

W trzecim etapie zdejmujemy charakterystyki odpowiedzi dielektrycznej badanego obiektu i dopasowujemy do nich charakterystyki wzorcowe pobrane z bazy danych. Im bogatsza jest baza danych, tym większa jest dokładność wyznaczonego zawilgocenia izolacji. Jeśli obiekt badań jest skomplikowany, np. izolator przepustowy, wówczas należy przeprowadzić modelowanie matematyczne odpowiedzi dielektrycznej obiektu uwzględniające wzorce zawilgocenia, wymiary wzdłużne i promieniowe izolacji oraz rozkład temperatury.

Wyznaczone przy użyciu modelowania zawilgocenie izolacji izolatora wynosi 0,8% przy wysokiej zgodności zamodelowanej matematycznie odpowiedzi dielektrycznej izolatora i odpowiedzi zmierzonej.

Możliwość wiarygodnego wyznaczenia zawilgocenia izolacji przepustu ma bardzo duże znaczenie ze względów eksploatacyjnych urządzenia oraz bezpieczeństwa obsługi.

Przekroczenie poziomu zawilgocenia izolacji grozi eksplozją izolatora. Izolatory typu RBP mają z zasady izolator osłonowy ceramiczny, który rozrywając się sieje spustoszenie na całej stacji transformatorowej.

Poprawne wyznaczenie zawilgocenia izolacji, z wykorzystaniem wzorców będących przedmiotem wynalazku, pozwala właścicielowi transformatora wyposażonego w przepusty podjąć właściwą decyzję, tzn. pozostawienie przepustu w eksploatacji lub wycofanie go.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób wyznaczania zawilgocenia wyrobów celulozowych przesyconych żywicą z wykorzystaniem wzorców zawilgocenia, w którym przygotowuje się charakterystyki wzorcowe zawilgocenia (wzorce zawilgocenia) a następnie dopasowuje się wzorce zawilgocenia do charakterystyki zdjętej z badanego obiektu **znamienny tym**, że charakterystyki wzorcowe zawilgocenia stanowią zależność współczynnika strat dielektrycznych od częstotliwości, sporządzone dla różnej wartości zawilgocenia w ustalonej wartości temperatury.
2. Sposób według zastrz. 1 **znamienny tym**, że charakterystyki wzorcowe zawilgocenia przygotowuje się na próbkach materiału identycznego jak materiał badanego obiektu, a próbki po odpowiedniej obróbce termicznej, poddaje się kondycjonowaniu, a następnie zawilgaca się je w kontrolowany sposób w przedziale od 0,5% do 4%.
3. Sposób według zastrz. 1 lub 2 **znamienny tym**, że charakterystyki wzorcowe zawilgocenia stanowią zależność przenikalności elektrycznej zespolonej lub współczynnika strat dielektrycznych od częstotliwości w zakresie od 10^{-4} do 10^3 Hz dla wybranych poziomów zawilgocenia próbki od 0,5% do 4% oraz dla wybranych wartości temperatury w przedziale od 10 do 60°C.
4. Sposób według zastrz. 1, 2 lub 3 **znamienny tym**, że charakterystyki zdjęte z badanego obiektu poddaje się modelowaniu matematycznemu uwzględniającemu wymiary geometryczne badanego obiektu oraz rozkład temperatury.

Rysunki

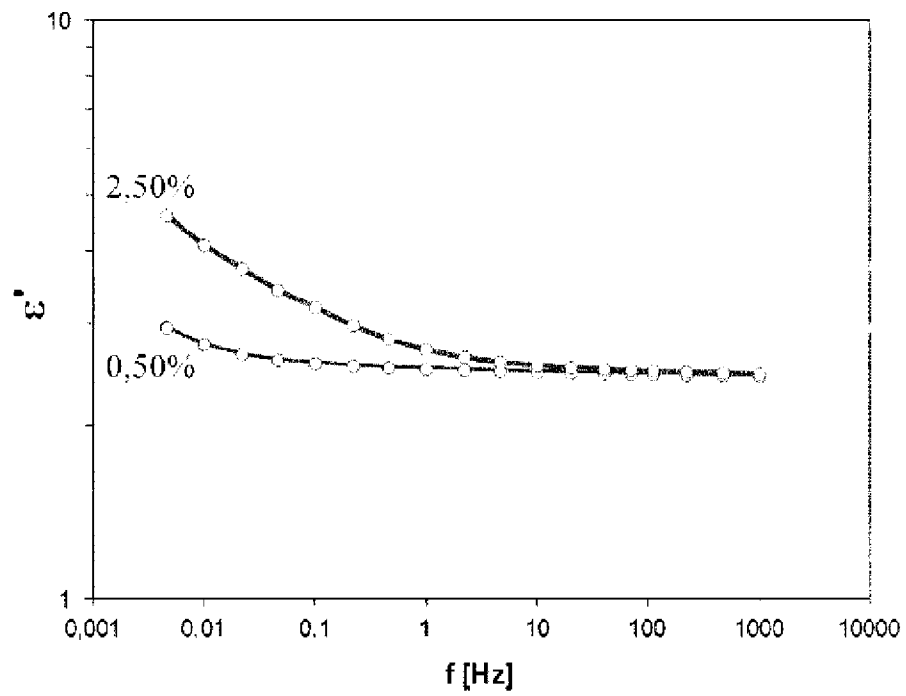


fig. 1

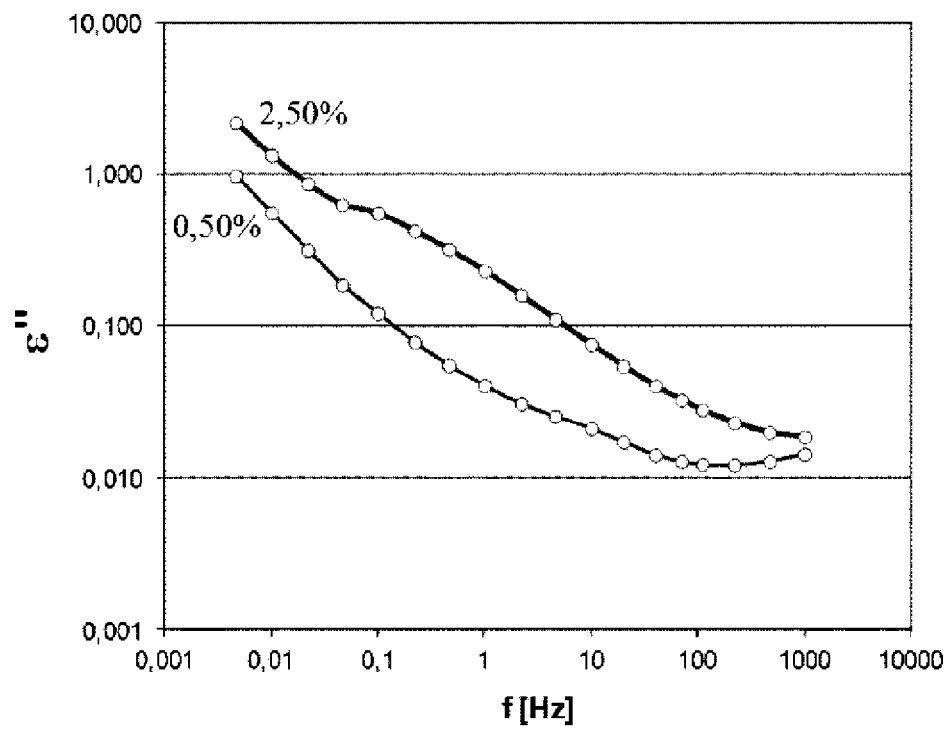


fig. 2

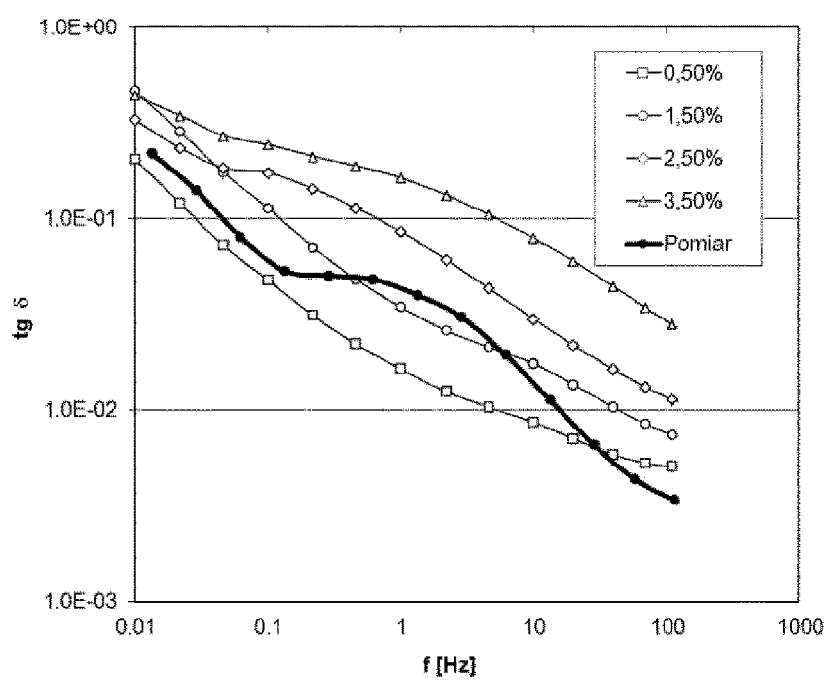


fig. 3

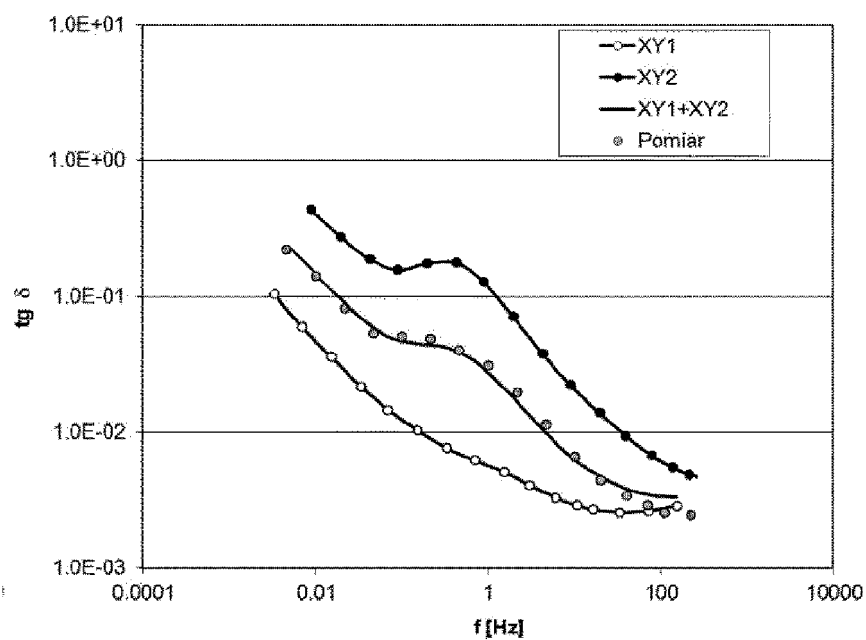


fig. 4