

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **223605**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **400376**

(22) Data zgłoszenia: **14.08.2012**

(51) Int.Cl.
G01H 1/00 (2006.01)
G01N 29/14 (2006.01)
H01F 27/00 (2006.01)
G01R 23/16 (2006.01)

(54) **Sposób lokalizacji źródeł wyładowań niezupełnych, zwłaszcza w transformatorze energetycznym olejowym w oparciu o mapy deskryptorów emisji akustycznej w dziedzinie częstotliwości**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
17.02.2014 BUP 04/14

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
31.10.2016 WUP 10/16

(73) Uprawniony z patentu:
POLITECHNIKA ŚLĄSKA, Gliwice, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:
FRANCISZEK WITOS, Gliwice, PL
ZBIGNIEW OPILSKI, Gliwice, PL

(74) Pełnomocnik:
recz. pat. Katarzyna Borkowy

PL 223605 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób lokalizacji źródeł wyładowań niepełnych, zwłaszcza w transformatorze energetycznym olejowym w oparciu o mapy deskryptorów emisji akustycznej w dziedzinie częstotliwości, w oparciu o analizę zarejestrowanych sygnałów emisji akustycznej (EA).

Emisja akustyczna (EA) powstaje w wyniku rozchodzenia się fal sprężystych, to jest podłużnych i poprzecznych, generowanych wskutek wyzwania zgromadzonej energii sprężystej w wyniku ruchu defektów punktowych i dyslokacji w ciele stałym, a także zamiany energii pola elektrycznego w przepływ ładunku w ośrodkach izolacyjnych w postaci wyładowań niepełnych lub pełnych. W badaniach zjawiska emisji akustycznej stosowana jest rejestracja sygnałów pochodzących od źródeł emitujących fale sprężyste, a następnie przeprowadzana jest analiza zarejestrowanych sygnałów w dziedzinach czasu, progu dyskryminacji, częstotliwości i czasowo-częstotliwościowej. Właściwości sygnałów emisji akustycznej opisywane są przy pomocy tzw. deskryptorów EA.

W dziedzinie czasu analiza sygnałów EA związana jest z określeniem następujących deskryptorów: amplituda maksymalna, amplituda międzyszczytowa, wartość skuteczna mocy sygnału, współczynnik szczytowy rozumiany jako stosunek amplitudy maksymalnej do mocy skutecznej sygnału.

W dziedzinie progu dyskryminacji wyznacza się następujące deskryptory: liczbę amplitud EA o wartości większej niż przyjęty próg dyskryminacji w określonym czasie. Jest to tzw. suma zliczeń. Pochodna po czasie tej wielkości definiuje kolejny deskryptor – tempo zliczeń. Stosuje się także deskryptor o nazwie stopa zliczeń, która jest stosunkiem czasu, jaki zajmuje sygnał przekraczający wybrany poziom dyskryminacji do całkowitego czasu obserwacji.

W przypadku sygnałów impulsowych EA do opisu zjawiska EA stosuje się także czas narastania, czas trwania impulsu oraz czas zaniku sygnału EA.

W oparciu o wyżej wymienione deskryptory tworzy się rozkłady amplitudowe sumy, tempa zliczeń lub zdarzeń, które są funkcjami progu dyskryminacji.

Wymienione deskryptory dotyczą analizy amplitudowej sygnałów. Istotną wadą właściwej interpretacji rejestrowanych sygnałów EA na podstawie tych deskryptorów jest wpływ tłumienia fali akustycznej na drodze od źródła do przetwornika na ich wartości. W pewnych zastosowaniach EA, np. do lokalizacji źródeł EA jest to poważne ograniczenie.

W dziedzinie częstotliwości do analizy sygnałów EA stosowana jest transformata Fouriera i tworzone na jej podstawie gęstości widmowe amplitudy, fazy i energii sygnałów. Dla każdej z tych wielkości tworzone są następujące deskryptory: widmowa wartość maksymalna, średnia i skuteczna, częstotliwość dla wartości maksymalnej widma, częstotliwość środkowa, a także zakresy częstotliwości dominujących dla przyjętego progu dyskryminacji. Transformata Fouriera podaje zawartość składowych harmonicznych w sygnale, umożliwiając lokalizację w dziedzinie częstotliwości, natomiast nie pozwala na lokalizację w czasie. Dla sygnałów EA, krótkich w czasie, ostatnia właściwość jest istotnym ograniczeniem. Dla takich sygnałów stosuje się analizę czasowo-częstotliwościową (krótko czasowe przekształcenie Fouriera STFT lub przekształcenie falkowe).

Niezwykle istotnym, z praktycznego punktu widzenia, zagadnieniem jest lokalizacja położenia źródeł wyładowań niepełnych w kadzi transformatora. Lokalizacja umożliwia właściwą interpretację wyników pomiaru wyładowań niepełnych dla celów diagnostyki urządzeń elektroenergetycznych. Znane są próby lokalizacji położenia źródeł EA oparte na metodzie triangulacji, polegającej na pomiarze czasu opóźnienia sygnałów EA od źródeł do przetworników rejestrujących oraz metodzie największej głośności, polegającej na znalezieniu na powierzchni kadzi miejsca o największej amplitudzie sygnału EA. Obydwie metody mają jednak zasadnicze wady. Trudna jest interpretacja wyników pomiaru z uwagi na złożony pod względem akustycznym tor propagacji fali sprężystej od źródła do przetwornika odbiorczego: niejednorodność ośrodka, odbicia fali akustycznej od ścian kadzi oraz elementów wewnętrznej konstrukcji transformatora.

Z polskiego opisu patentowego P- 381557 znany jest sposób identyfikacji rodzaju wyładowań niepełnych występujących w transformatorze energetycznym z izolacją papierowo-olejową, które rejestrowane są metodą emisji akustycznej. Sposób polega na tym, że dla danych wejściowych będących przebiegiem czasowym sygnału emisji akustycznej $u(t)$ zarejestrowanego w transformatorze energetycznym z izolacją papierowo-olejową, dla którego oblicza się widmo częstotliwościowe $P(f)$ metodą estymacji widma częstotliwościowego MUSIC, po czym normalizuje się jego wartości do przedziału $[0,1]$ otrzymując widmo częstotliwościowe $PNORM(f)$, następnie oblicza się współczynniki korelacji liniowej Pearsona (k_1, k_2, \dots, k_n) między widmem $PNORM(f)$, a każdym ze zgromadzonych w ba-

zie danych n , będących wzorcem wyładowań niepełnych, wzorcowych widm częstotliwościowych $((P_1(f), P_2(f), \dots, P_n(f)))$ opracowanych metodą estymacji widma częstotliwościowego MUSIC dla sygnałów pochodzących od wyładowań niepełnych wygenerowanych w układach modelowych izolacji papierowo-olejowej, po czym znajduje się maksymalną wartość współczynnika korelacji liniowej Pearsona k_{max} . Uzyskany wynik k_{max} oznacza identyfikację sygnału emisji akustycznej $u(t)$ jako sygnału zgodnego z sygnałem wzorcowym $P_{k_{max}}(f)$.

Sposób według wynalazku polega na tym, że w pierwszym etapie tworzy się zbiór deskryptorów ADC obliczanych dla pasma częstotliwości 110–200 kHz dla sygnałów emisji akustycznej zarejestrowanych w punktach pomiarowych tworzących siatkę na powierzchniach bocznych obudowy kadzi transformatora, w drugim etapie tworzy się mapę deskryptorów metodą krigingu, i w trzecim etapie, korzystając z izolacji wartości deskryptorów określa się lokalne maksima, które lokalizują źródła wyładowań niepełnych zrzutowane na obszar kadzi badanego transformatora.

Lokalizację oparto o mapy deskryptorów sygnałów EA o akronimie ADC analizowanych w dziedzinie częstotliwości. Lokalizacja położenia źródeł może być realizowana także w innych urządzeniach elektroenergetycznych z izolacją olejową, np. w przekładnikach wysokonapięciowych.

Nową jakość w analizie sygnałów EA tworzą autorskie deskryptory o akronimach ADC, ADP oraz ADNC.

Wynalazek umożliwia lokalizację źródeł WNZ.

Przedmiot wynalazku objaśniono w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia obliczanie deskryptora ADP : a) rozkład amplitudowy mocy sygnału, b) pochodna rozkładu amplitudowego mocy sygnału, c) rozkład amplitudowy mocy sygnału z krzywą aproksymacji i zakresem progu dyskryminacji (U_d i U_g), d) deskryptor ADP dla rozkładu amplitudowego ; fig. 2 przedstawia mapy deskryptora ADC, dla sygnałów zarejestrowanych w punktach pomiarowych na kadzi transformatora ; fig. 3 przedstawia mapę

deskryptora ADC na ścianach bocznych kadzi transformatora w wybranym paśmie częstotliwości (110–200 kHz) wraz z lokalizacją źródeł WNZ.

Pierwszy etap

Nową jakość w analizie sygnałów EA tworzą autorskie deskryptory o akronimach ADC, ADP oraz ADNC.

Sposób definiowania deskryptorów został przedstawiony na Fig. 1 na przykładzie rozkładu mocy sygnału i deskryptora ADP. Na rozkładach amplitudowych oznaczony jest fragment rozkładu, odpowiadający zakresowi progu dyskryminacji U_d (minimum pochodnej rozkładu liczonej względem progu dyskryminacji), U_g (90% maksymalnej wartości zarejestrowanego sygnału). Następnie wyznaczony fragment krzywej aproksymowany jest linią prostą, a deskryptor związany z rozkładem ma wartość współczynnika kierunkowego tej prostej. Obliczenie deskryptora wymaga zatem następujących działań:

- a) rejestracja sygnału EA w wybranym punkcie pomiarowym na kadzi transformatora,
- b) filtrację zarejestrowanego sygnału w wybranym paśmie
- c) obliczenie rozkładu amplitudowego zarejestrowanego sygnału (fig. 1c),
- d) obliczenie pochodnej rozkładu amplitudowego względem progu dyskryminacji (fig. 1b),
- e) wyznaczenie wartości deskryptora jako współczynnik kierunkowy prostej aproksymującej - według (fig. 1c i 1d)

Tak zdefiniowane deskryptory uwzględniają fizyczne cechy badanego zjawiska, związane z propagacją i grubością warstwy sprzęgającej (logarytmiczna skala wartości na rozkładach amplitudowych). Deskryptory nie opierają się na wartościach mierzonych wprost i eliminując podstawowe ograniczenia akustycznych metod pomiarowych – opisują zarejestrowane sygnały EA, nadając im tzw. stopień zaawansowania sygnału EA. Stopień zaawansowania sygnału EA jest powiązany ze stopniem zaawansowania procesu deformacyjnego i uwzględnia prawidłowość, że proces deformacyjny zachodzi w źródle EA, a sygnał EA jest rejestrowany w punkcie pomiarowym. Deskryptory przyjmują wartości ujemne – większa wartość deskryptora (bardziej płaski fragment krzywej) oznacza wyższy (bardziej zaawansowany) stopień zaawansowania sygnału EA. Deskryptory są obliczane w wybranych pasmach częstotliwości.

Mapy tych deskryptorów w wybranej dziedzinie częstotliwości 110-200 kHz umożliwiają lokalizację źródeł wyładowań niepełnych.

Drugi etap

Tworzy się mapę deskryptorów metodą krigingu.

Trzeci etap

Korzystając z izolinii wartości deskryptorów określa się lokalne maksima, które lokalizują źródła wyładowań niepełnych zrzutowane na obszar kadzi badanego transformatora.

Na fig. 2 przedstawiono mapy deskryptora ADC na ścianach bocznych kadzi transformatora w wybranych pasmach częstotliwości. Zastosowana kolorystyka wskazuje ciemniejszymi kolorami miejsca na mapie o większych wartościach deskryptora, a tym samym o większym stopniu zaawansowania sygnału EA zarejestrowanego w punkcie pomiarowym. Dla map deskryptora sporządzonych po analizie sygnałów w paśmie 110–200 kHz lokalnie najciemniejsze miejsca lokalizują źródła WNZ.

Na fig. 3 pokazano mapę deskryptora ADC na ścianach bocznych kadzi transformatora w wybranym paśmie częstotliwości (110–200 kHz) wraz z lokalizacją źródeł WNZ.

Wymiary kadzi (X, Y) w centymetrach: X – położenie bieżące wzdłuż kadzi transformatora, 0 – środek przełącznika zaczepek, dodatnie wartości X – część kadzi od *wysokiego napięcia (WN)*, ujemne wartości X – część kadzi od strony *od strony niskiego napięcia (nn)*-, Y – wysokość bieżąca na kadzi transformatora, + - naniesione punkty pomiarowe.

Zastrzeżenie patentowe

Sposób lokalizacji źródeł wyładowań niepełnych, zwłaszcza w transformatorze energetycznym olejowym w oparciu o mapy deskryptorów emisji akustycznej w dziedzinie częstotliwości, **znamienny tym**, że w pierwszym etapie tworzy się zbiór deskryptorów ADC obliczanych dla pasma częstotliwości 110–200 kHz dla sygnałów emisji akustycznej zarejestrowanych w punktach pomiarowych tworzących siatkę na powierzchniach bocznych obudowy kadzi transformatora, w drugim etapie tworzy się mapę deskryptorów metodą krigingu i w trzecim etapie, korzystając z izolinii wartości deskryptorów określa się lokalne maksima, które lokalizują źródła wyładowań niepełnych zrzutowane na obszar kadzi badanego transformatora.

Rysunki

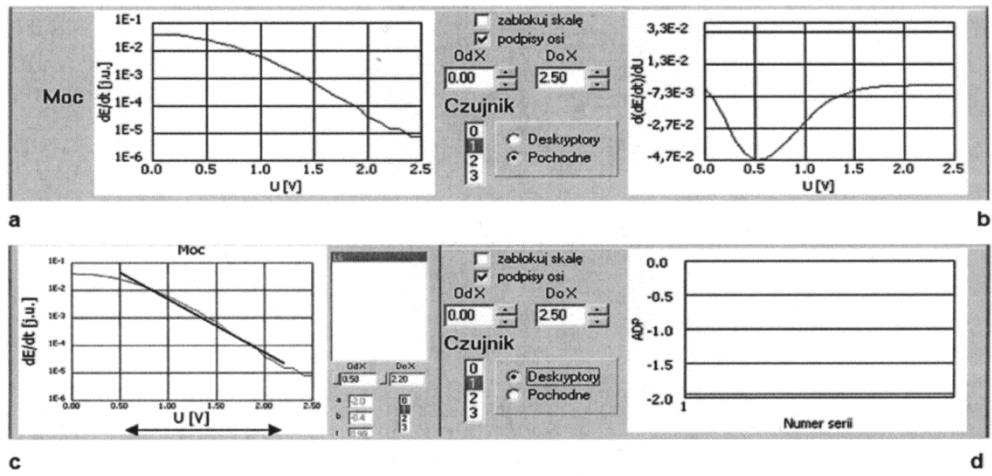


Fig. 1

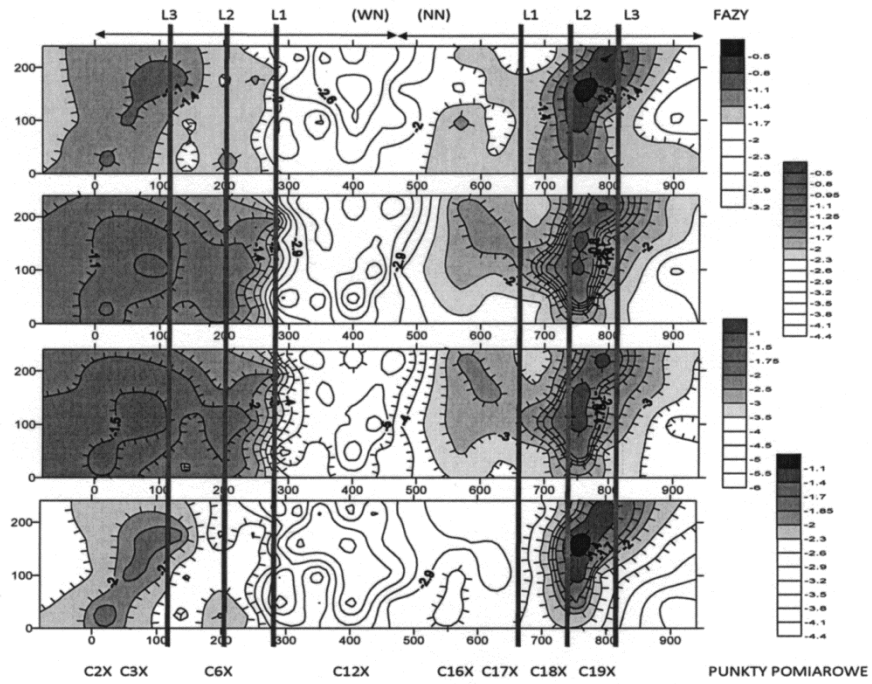


Fig. 2

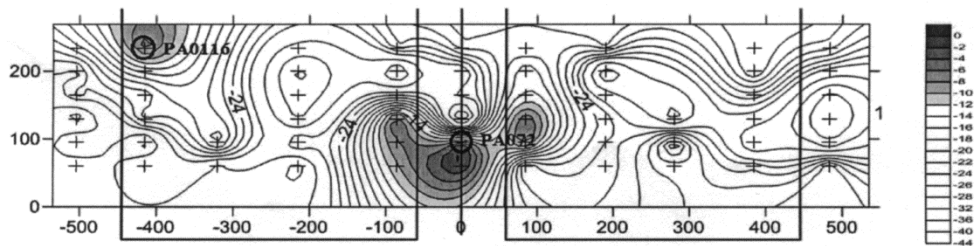


Fig. 3

