

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **227635**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **414404**

(51) Int.Cl.
C09K 5/10 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **16.10.2015**

(54)

Mieszanina chłodząca urządzenia elektroenergetyczne

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

24.04.2017 BUP 09/17

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

31.01.2018 WUP 01/18

(73) Uprawniony z patentu:

POLITECHNIKA POZNAŃSKA, Poznań, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:

ZBIGNIEW NADOLNY, Poznań, PL
GRZEGORZ DOMBEK, Poznań, PL

(74) Pełnomocnik:

rzec. pat. Marcin Walkowiak

PL 227635 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest mieszanina chłodząca urządzenia elektroenergetyczne o postaci mieszaniny oleju mineralnego i estrów naturalnych. Mieszanina ta poprawia skuteczność chłodzenia urządzeń elektroenergetycznych.

Urządzenia, nagrzewające się w trakcie ich pracy, wymagają chłodzenia. Jednym ze sposobów chłodzenia jest odbieranie energii cieplnej przez płyny (gaz, ciecz) i oddawanie jej do otoczenia. Ciecze, w porównaniu z gazami, charakteryzują się znacznie większą skutecznością chłodzenia. Z tego powodu wykorzystuje się je (m.in. woda, olej) w większości urządzeń. W stanie techniki w ramach obszaru jakim jest chłodzenie urządzeń elektroenergetycznych od ponad stu lat wykorzystuje się w urządzeniach elektroenergetycznych olej mineralny do chłodzenia urządzeń. Czynione są też próby zastosowania estrów naturalnych.

Nie prowadzi się badań w dziedzinie wykorzystania mieszaniny opartej na oleju mineralnym i estrach naturalnych. Jedynym znanym przypadkiem zastosowania mieszanin podobnych w urządzeniach elektroenergetycznych jest proces retrofilling'u, jakim zajmuje się między innymi firma Cargill Inc – publikacja McShane C. P., Luksich J., Rapp K. J., *Retrofilling aging transformers with natural ester based dielectric coolant for safety and life extension*, IEEE-IAS/PCA Cement Industry Technical Conference, Dallas, p. 141–147, 2003. Niemniej jednak proces ten polega na wymianie cieczy na estry naturalne w miejsce oleju mineralnego, którym pierwotnie zostało wypełnione urządzenie. W wyniku tego powstaje co prawda w sposób niezamierzony mieszanina, niemniej jednak jej parametry pozostają poza zakresem pozwalającym na osiągnięcie korzystnych skutków w postaci poprawy skuteczności chłodzenia urządzeń elektroenergetycznych. Powstała w ten sposób mieszanina składa się z kilku procent oleju mineralnego, a resztę stanowią estry naturalne. Jej właściwości cieplne są gorsze od zaproponowanego rozwiązania.

Znane jest natomiast, chociażby z opisu patentowego US7833440B2 zastosowanie mieszaniny oleju mineralnego i estrów syntetycznych (75–95% / 25–5%) w urządzeniach elektroenergetycznych. Rozwiązania te wskazują optymalne stężenie mieszaniny, lecz z punktu widzenia właściwości dielektrycznych, a nie cieplnych. Proponowane rozwiązanie według wynalazku poprawia skuteczność chłodzenia tych urządzeń. Żadne ze znanych dotychczas rozwiązań przedstawionych w opisach patentowych czy publikacjach nie dotyczy celowego zastosowania mieszaniny w aspekcie polepszenia efektywności oddawania ciepła przez urządzenia elektroenergetyczne.

Miarą skuteczności chłodzenia urządzenia przez ciecz jest jej współczynnik przejmowania ciepła α . Większa wartość tego współczynnika oznacza większą skuteczność chłodzenia. Współczynnik α zależy od wartości przyspieszenia ziemskiego, różnicy temperatury między chłodzonym elementem urządzenia a otoczeniem, wymiarów urządzenia oraz właściwości cieplnych cieczy. Do właściwości tych zaliczają się: współczynnik przewodności cieplnej właściwej λ , lepkość kinematyczna ν , gęstość ρ , ciepło właściwe c_p oraz rozszerzalność cieplna β . W niektórych urządzeniach elektroenergetycznych, ze względu na ich specyfikę, jako ciecz chłodzącą wykorzystuje się olej mineralny albo estry naturalne. Olej mineralny charakteryzuje się bardzo dobrą lepkością kinematyczną ν , natomiast estry naturalne cechuje bardzo dobra przewodność cieplna λ , gęstość ρ i ciepło właściwe c_p .

Obecnie nie stosuje się mieszanin polepszających skuteczność chłodzenia urządzeń elektroenergetycznych. Stosowane do tej pory ciecze (olej mineralny, estry naturalne, estry syntetyczne) charakteryzują się mniej korzystnym współczynnikiem α niż mieszanina według wynalazku.

Przedmiotem wynalazku jest mieszanina chłodząca urządzenia elektroenergetyczne składająca się z oleju mineralnego oraz estrów naturalnych w korzystnych ilościach zawierających się w granicach 99,9–80,0% oleju mineralnego, 0,1–20,0% estrów naturalnych. W granicach tych wartości współczynnik przejmowania ciepła α przyjmuje największą wartość.

Mieszaniny według wynalazku we wskazanych poniżej przykładach realizacji poddano analizie wpływu właściwości cieczy (współczynnik przewodności cieplnej właściwej λ , lepkość kinematyczna ν , gęstość ρ , ciepło właściwe c_p oraz rozszerzalność cieplna β) na współczynnik przejmowania ciepła α . Analiza ta polegała na laboratoryjnym pomiarze wymienionych właściwości i, na bazie uzyskanych wyników, analitycznym wyznaczeniu wartości współczynnika α . Analizę tą przeprowadzono dla zakresu temperatury od 25°C do 80°C. W ramach badań laboratoryjnych przygotowano mieszaninę o różnych wartościach procentowego stężenia oleju mineralnego i estrów naturalnych (100/0, 95/5, 80/20, 50/50, 20/80, 5/95, 0/100).

Proponowane optymalne stężenie obu rodzajów cieczy, któremu odpowiada najwyższa (najkorzystniejsza) wartość współczynnika α , wynosi 99,9–80,0% oleju mineralnego i 0,1–20,0% estrów naturalnych. Poza tym zakresem wartości współczynnika α są mniejsze (mniej korzystne). Przykładowo, dla temperatury 60°C (typowej temperatury pracy urządzeń elektroenergetycznych), wartości α z proponowanego zakresu stężenia równe są od 108,84 do 112,06 $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$. Poza tym zakresem wartości α są o kilka procent mniejsze.

Wynik ten ilustruje tablica nr 1 pokazująca współczynnik przejmowania ciepła α mieszaniny oleju mineralnego (OM) i estrów naturalnych (EN).

Tablica nr 1

Temperatura	Współczynnik przejmowania ciepła α [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]						
	Proporcja zmieszania oleju mineralnego i estrów naturalnych						
	100% OM	95% OM	80% OM	50% OM	20% OM	5% OM	0% OM
	0% EN	5% EN	20% EN	50% EN	80% EN	95% EN	100% EN
25°C	82,35	82,66	81,77	78,02	74,98	73,98	73,46
40°C	94,97	95,68	93,86	89,75	86,24	85,03	84,60
60°C	110,64	112,06	108,84	104,42	100,25	98,97	98,40
80°C	124,67	125,75	122,84	118,08	113,94	111,90	111,06

oraz wykres ilustrujący współczynnik przejmowania ciepła α mieszaniny oleju mineralnego i estrów naturalnych przedstawiony w fig. 1 rysunku.

Proponowana według wynalazku mieszanina składa się z oleju mineralnego i estrów naturalnych. Za takim wyborem przemawiały zalety zarówno jednej jak i drugiej cieczy. Ze względu na obszary możliwego zastosowania rozważano zalety cieplne, elektroizolacyjne i ekologiczne. Analizując zalety cieplne można powiedzieć, że olej mineralny charakteryzuje się bardzo dobrą lepkością kinematyczną ν , natomiast estry naturalne cechuje bardzo dobra przewodność cieplna λ , gęstość ρ , i ciepło właściwe c_p . Biorąc pod uwagę zalety elektroizolacyjne stwierdzić można, że olej mineralny ma bardzo dużą rezystywność elektryczną oraz bardzo mały współczynnik strat dielektrycznych, natomiast estry naturalne mają nieco większą wytrzymałość elektryczną, dużo większą zdolność absorpcji wody oraz większą przenikalność elektryczną. Rozpatrując zalety ekologiczne można zauważyć, że estry naturalne mają bardzo wysoką temperaturę zapłonu i samozapłonu, są biodegradowalne, niskotoksyczne oraz są produkowane z surowców odnawialnych. Dodatkowo należy zaznaczyć, że olej mineralny jest cieczą bardzo dobrze rozpoznaną i taną.

Rozwiązanie według wynalazku znajduje zastosowanie w dziedzinie elektroenergetyki. Urządzenia elektroenergetyczne wymagają by zastosowana ciecz chłodząca, oprócz zadowalających właściwości cieplnych, charakteryzowała się również bardzo dobrymi właściwościami elektroizolacyjnymi. Taki warunek spełnia mieszanina oleju mineralnego i estrów naturalnych. Oba rodzaje cieczy charakteryzują się bardzo dobrymi właściwościami elektroizolacyjnymi, do których zaliczają się wytrzymałość elektryczna, rezystywność, współczynnik strat dielektrycznych.

W szczególności zaś rozwiązanie jest przeznaczone dla urządzeń elektroenergetycznych takich jak transformatory, kondensatory, kable, wyłączniki, przepusty, przekładniki, przełącznik zaczepów.

Wyjątkowość urządzeń elektroenergetycznych, które mogą zostać wytworzone z wykorzystaniem wynalazku polega na ich skuteczniejszym chłodzeniu. To pozwoli na obniżenie temperatury pracy urządzenia lub zmniejszenie wymiarów urządzenia, lub zwiększenie obciążenia urządzenia. Obniżenie temperatury pracy urządzenia wydłuży okres jego niezawodnej eksploatacji oraz podniesie poziom bezpieczeństwa jego pracy. Natomiast zmniejszenie wymiarów urządzenia wpłynie na obniżenie kosztów produkcji, transportu i jego eksploatacji. Z kolei zwiększenie obciążania urządzenia przyczyni się do wzrostu pewności zasilania odbiorców w energię elektryczną.

Zastrzeżenie patentowe

1. Mieszanina chłodząca urządzenia elektroenergetyczne, **znamienna tym**, że składa się z oleju mineralnego oraz estrów naturalnych w ilościach zawierających się w granicach 99,9–80,0% oleju mineralnego, 0,1–20,0% estrów naturalnych.

Rysunek

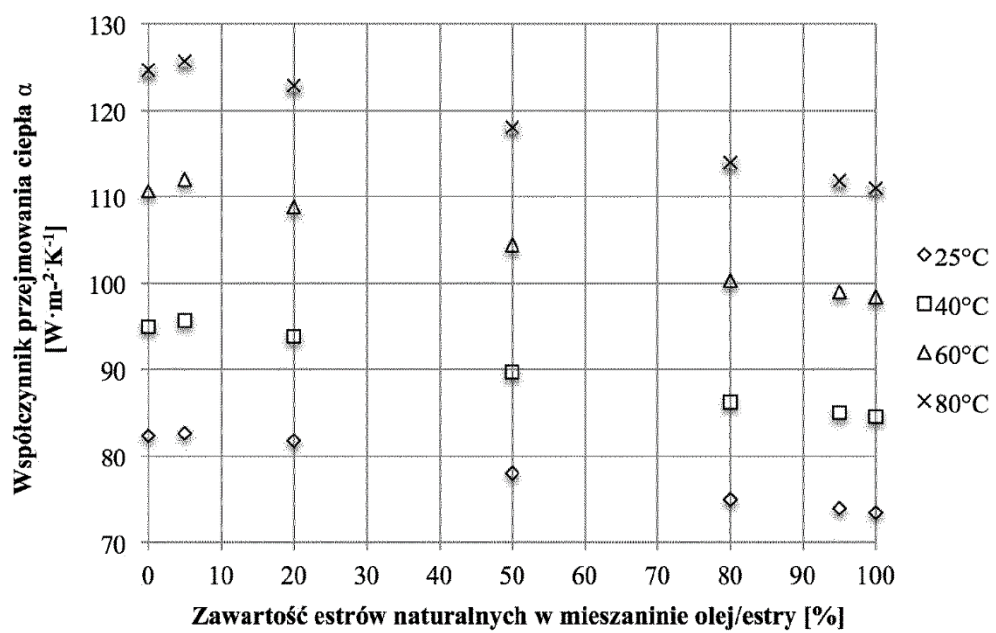


Fig.1