

Grzegorz DOMBEK\*

## WŁAŚCIWOŚCI CIEPLNE ESTRU NATURALNEGO MODYFIKOWANEGO NANOCZĄSTKAMI $\text{TiO}_2$ i $\text{C}_{60}$

W artykule przedstawiono wyniki badań właściwości cieplnych nanocieczy elektroizolacyjnych powstałych na bazie estru naturalnego oraz tlenku tytanu  $\text{TiO}_2$  i fulerenu  $\text{C}_{60}$ . Badanymi właściwościami były przewodność cieplna właściwa, lepkość, gęstość i ciepło właściwe. Badania przeprowadzono w zakresie temperatury od  $25^\circ\text{C}$  do  $80^\circ\text{C}$ . Wymienione właściwości są istotne z punktu widzenia współczynnika przejmowania ciepła przez ciecz elektroizolacyjną wykorzystywaną w układzie izolacyjnym urządzeń elektroenergetycznych, przez co wpływają na rozkład temperatury we wnętrzu urządzeń. Sprawdzono również możliwość uzyskania stabilnych nanocieczy. Wykazano wpływ modyfikacji estru naturalnego nanocząstkami  $\text{TiO}_2$  i  $\text{C}_{60}$  na właściwości cieplne powstałych nanocieczy.

SŁOWA KLUCZOWE: estry naturalne, nanociecze, przewodność cieplna, lepkość, gęstość, ciepło właściwe, transformator

### 1. WPROWADZENIE

Wykorzystanie w urządzeniach elektroenergetycznych alternatywnych dla oleju mineralnego cieczy elektroizolacyjnych takich jak estry naturalne nie jest pomysłem nowym. Początki stosowania estrów naturalnych jako izolacji w urządzeniach elektroenergetycznych sięgają końca dziewiętnastego wieku, kiedy to na wystawie we Frankfurcie nad Menem zademonstrowano układy przesyłowe o napięciu znamionowym 20 kV. Wówczas potwierdzona została również niezbędność zastosowania transformatorów jako elementów zapewniających przesył energii elektrycznej przy napięciu przemiennym [1]. Wraz z rozwojem przemysłu elektroenergetycznego i naftowego estry naturalne zostały stopniowo wyparte przez oleje mineralne.

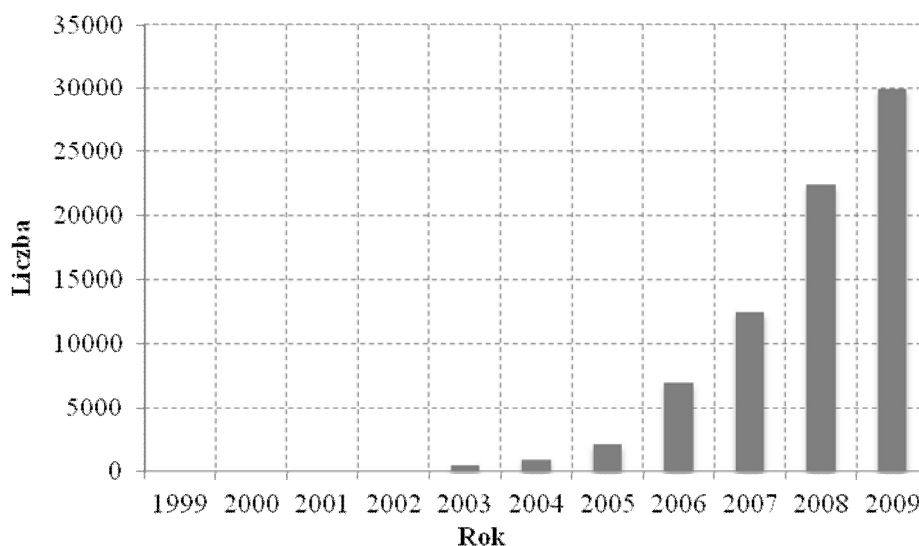
Stosowanie oleju mineralnego ma swoje uzasadnienie w jego zadowalających i bardzo dobrze rozpoznanych właściwościach elektroizolacyjnych. Jednakże w sytuacjach, w których bezpieczeństwo przeciwpożarowe oraz ochrona środowiska są czynnikami decydującymi, zastosowanie transformatorów energetycznych wypełnionych estrami

---

\* Politechnika Poznańska.

naturalnymi jest w pełni uargumentowane, co wiąże się z ich wysoką temperaturą zapłonu i szybką biodegradowalnością.

Dynamiczny rozwój sieci energetycznych na całym świecie oparty na technologiach bazujących na źródłach odnawialnych i przyjaznych środowisku skutkował tendencją do wykorzystania estrów naturalnych w miejsce dotychczas powszechnie stosowanego oleju mineralnego. Od początku XXI wieku obserwowany jest wzrost zainteresowania estrami naturalnymi jako cieczą elektroizolacyjną, głównie w kontekście transformatorów rozdzielczych (rys. 1). Pojawił się również trend polegający na wykorzystaniu estrów naturalnych w transformatorach energetycznych dużych mocy. Obecnie w eksploatacji znajdują się już transformatory energetyczne, w których jako cieczą elektroizolacyjną wykorzystano ester naturalny.



Rys. 1. Liczba transformatorów dystrybucyjnych na świecie wypełnionych estrami naturalnymi w poszczególnych latach [2]

W kilku ośrodkach naukowych na świecie trwają prace związane z modyfikacją estrów naturalnych [3, 4]. Modyfikacja ta ma na celu poprawę ich właściwości elektroizolacyjnych i cieplnych.

Poprawę właściwości cieplnych estrów naturalnych można uzyskać poprzez dodanie do nich odpowiednich nanocząstek. W wyniku domieszkowania estrów nanocząstkami można uzyskać stabilne nanociecze elektroizolacyjne w postaci roztworów właściwych lub koloidów. W roztworach właściwych nanocząstki są rozpuszczone w cieczy bazowej, natomiast w koloidach są one rozproszone i zawieszane w całej objętości.

W niniejszej pracy przedstawiono wyniki badań wpływu modyfikacji estru naturalnego nanocząstkami ( $\text{TiO}_2$  i  $\text{C}_{60}$ ) na jego właściwości cieplne, takie jak: przewodność cieplna, lepkość, ciepło właściwe oraz gęstość. Właściwości te determinują transport ciepła w urządzeniach elektroenergetycznych.

## 2. PRZYGOTOWANIE NANOCIECZY

W niniejszym rozdziale przedstawiony został sposób przygotowania nanocieczy elektroizolacyjnych na bazie estru naturalnego oraz nanocząstek tlenku tytanu  $\text{TiO}_2$  i fulerenu  $\text{C}_{60}$ .

W związku z tym, że nanocząstki należą do związków rozpuszczalnych lub nierozpuszczalnych w cieczach elektroizolacyjnych przygotowanie stabilnych nanocieczy elektroizolacyjnych wymaga zastosowania różnych technik rozpuszczania lub, w przypadku nanocząstek nierozpuszczalnych, odpowiednich środków pozwalających na formowanie stabilnych koloidów. Przykładem nanocząstek, które rozpuszczają się w estrze naturalnym, jest fuleren  $\text{C}_{60}$ . W zależności od stężenia fulerenu w estrze czas jego rozpuszczania wynosi od dwóch do kilku tygodni. Do nanocząstek, które nie rozpuszczają się w estrze naturalnym, należy tlenek tytanu  $\text{TiO}_2$ . W celu równomiernego rozproszenia go w cieczy bazowej konieczne jest zastosowanie dyspergatora (substancji powierzchniowo czynnej).

Modyfikowanie cieczy elektroizolacyjnej z wykorzystaniem samych tylko nanocząstek może prowadzić do wystąpienia procesu sedymentacji (opadania zawiesiny ciała stałego). Występowanie sedymentacji jest zjawiskiem niepożądanym w urządzeniach elektroenergetycznych, gdyż może prowadzić do formowania się dużych grup nanocząstek oraz ich osadzania na elementach układu izolacyjnego powodując przy tym znaczne pogorszenie jego właściwości, a w konsekwencji awarię urządzenia. W celu jej przeciwdziałaniu stosuje się substancje powierzchniowo czynne tzw. dyspergatory. Dyspergatory pozwalają na tworzenie stabilnych zawiesin, a także zwiększają skuteczność rozdrobnienia większych cząstek w cieczy bazowej, przez co pozwalają na uzyskanie koloidów. Ich dodatkowym atutem jest to, że zapobiegają one łączeniu się zdyspergowanych w cieczy nanocząstek w zespoły cząstek o dużych rozmiarach.

W zależności od zastosowanych nanocząstek i cieczy bazowej przygotowanie stabilnych roztworów koloidalnych może wymagać zastosowania różnych substancji powierzchniowo czynnych. Istotne jest również zastosowanie odpowiedniego stężenia dyspergatora w cieczy bazowej. Zbyt duże stężenie substancji powierzchniowo czynnej znacząco obniża napięcie powierzchniowe cieczy elektroizolacyjnej pogarszając przy tym jej właściwości. Napięcie powierzchniowe jest miarą zawartości składników

hydrofilnych w cieczy elektroizolacyjnej. Zbyt wysoka koncentracja składników hydrofilnych w cieczach elektroizolacyjnych może powodować pogorszenie ich właściwości dielektrycznych [5].

Jak wcześniej wspomniano, cieczą bazową wykorzystaną do przygotowania nanocieczy był ester naturalny. Modyfikację estru naturalnego przeprowadzono przy wykorzystaniu fulerenu  $C_{60}$  oraz nanocząstek tlenku tytanu  $TiO_2$  (o średnim rozmiarze cząstki 21 nm).

W celu rozpuszczenia nanocząstek w cieczy bazowej modyfikowaną ciecz poddano procesowi sonikacji (działania ultradźwięków). W przypadku fulerenu  $C_{60}$  pozwoliło to na uzyskanie roztworu właściwego. Próba uzyskania roztworu właściwego poprzez rozpuszczenie nanocząstek  $TiO_2$  w estrze naturalnym skutkowałą wystąpieniem procesu sedymentacji. W związku z tym podjęto próbę przygotowania roztworu koloidalnego. Do cieczy bazowej dodano substancję powierzchniowo czynną – SPAN 20 ( $C_{18}H_{34}O_6$ ). Następnie, w celu uzyskania efektu równomiernego jej rozproszenia w cieczy, powstałą ciecz poddano procesowi sonikacji.

Po rozproszeniu substancji powierzchniowo czynnej w cieczy bazowej dodano do niej nanocząstki tlenku tytanu  $TiO_2$ . Powstałą nanociecz powtórnie poddano działaniu ultradźwięków. W celu zapewnienia stałej temperatury nanocieczy proces sonikacji przeprowadzono w łaźni wodnej. Czas trwania procesu sonikacji wynosił 7 godzin. Po tym czasie uzyskano stabilny koloid.

Przed przystąpieniem do badań przygotowane próbki nanocieczy odstawiono na kilka godzin w celu usunięcia pęcherzyków powietrza powstałych w wyniku działania ultradźwięków.

W wyniku opisanych powyżej działań do badań przygotowano następujące ciecze elektroizolacyjne:

- ester naturalny,
- ester naturalny +  $C_{60}$  – o stężeniu fulerenu w estrze wynoszącym 100 mg/l,
- ester naturalny + SPAN – o stężeniu SPANu w estrze wynoszącym 5 g/l,
- ester naturalny + SPAN +  $TiO_2$  – o stężeniu SPANu i  $TiO_2$  w estrze wynoszącym odpowiednio 5 g/l i 0,816 g/l.

### 3. WYNIKI POMIARÓW

Do badań współczynnika przewodności cieplnej właściwej cieczy elektroizolacyjnych wykorzystano układ pomiarowy opisany w artykułach [6-8]. Pomiar lepkości cieczy elektroizolacyjnych przeprowadzono przy wykorzystaniu układu pomiarowego opisanego w artykule [9]. Pomiar przeprowadzono zgodnie z normą [10]. Z kolei pomiar gęstości wykonany został w zgodzie z normami [11, 12].

Ciepło właściwe analizowanych cieczy elektroizolacyjnych zostało zmierzone przy wykorzystaniu różnicowego kalorymetru skaningowego Mettler Toledo DSC1. Pomiar polegał na określeniu strumienia ciepła dostarczonego do próbki badanej cieczy, która podczas ogrzewania umieszczona jest w otwartym naczynku aluminiowym. Przed przystąpieniem do pomiarów zdefiniowano program temperaturowy określający przebieg procedury pomiarowej. W celu prawidłowego określenia ciepła właściwego próbki badanej cieczy w temperaturze 25°C i 80°C, pomiar strumienia ciepła dostarczonego do próbek należało rozpocząć od temperatury 5°C, a zakończyć przy temperaturze 105°C. W pierwszym etapie pomiaru próbkę cieczy schładzano do temperatury 5°C i utrzymywano w tej temperaturze przez czas 5 minut. Następnie próbka badanej cieczy ogrzewana była z prędkością 5°C na minutę do temperatury 105°C. W ostatnim etapie pomiaru próbkę utrzymywano w stałej temperaturze 105°C przez czas 5 minut.

Pomiar ciepła właściwego z wykorzystaniem różnicowego kalorymetru skaningowego Mettler Toledo DSC1 odbywał się w obecności gazu obojętnego (azotu) przepływającego z prędkością 150 ml na minutę przez komorę aparatu DSC. Masy badanych próbek cieczy elektroizolacyjnych wynosiły około 25 mg. Początkowo, w celu uzyskania linii bazowej, wykonano pomiary dla otwartych, pustych naczynek aluminiowych zgodnie z wyżej opisanym programem temperaturowym. Następnie, w jednym z naczynek umieszczono próbkę badanej cieczy i postępowano zgodnie z wcześniej ustaloną procedurą pomiarową. Na podstawie uzyskanych krzywych przedstawiających zależność strumienia cieplnego dostarczonego do próbki badanej cieczy (wyznaczonego przez odcięcie od krzywej  $dH/dt$  próbki badanej cieczy linii bazowej) od temperatury, z wykorzystaniem programu Mettler STARe Evaluation, wyznaczono ciepło właściwe próbki badanej cieczy zgodnie z zależnością:

$$c_p = \frac{dH}{dt} \frac{dt}{dT_s} \frac{1}{m_s} \quad (1)$$

gdzie:  $dH/dt$  – strumień cieplny,  $dT_s/dt$  – szybkość ogrzewania próbki,  $m_s$  – masa próbki.

W tabeli 3.1 przedstawiono wyniki badań przewodności cieplnej  $\lambda$ , lepkości  $\nu$ , gęstości  $\rho$  oraz ciepła właściwego  $c_p$  estru naturalnego i nanocieczy powstałych na jego bazie w zależności od temperatury. Badania wszystkich wymienionych właściwości cieplnych przeprowadzono dla czterech wartości temperatury: 25°C, 40°C, 60°C i 80°C.

Przeprowadzone badania wykazały wpływ nanocząstek i substancji powierzchniowo czynnej na właściwości cieplne badanych cieczy elektroizolacyjnych. Przewodność cieplna estru naturalnego domieszkowanego fulerem  $C_{60}$  oraz estru naturalnego modyfikowanego substancją powierzchniowo czynną (SPAN 20) nie zmieniła się w stosunku do przewodności cieplnej estru naturalnego. Niewielki wzrost przewodności

cieplnej, na granicy niepewności pomiaru, zauważalny jest w przypadku koloidu powstałego w wyniku modyfikowania estru naturalnego substancją powierzchniowo czynną (SPAN 20) i nanocząstkami  $\text{TiO}_2$ . W temperaturze 25°C, 40°C i 80°C przewodność cieplna analizowanej nanociecicy jest o  $0,003 \pm 0,002 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  większa od przewodności cieplnej estru naturalnego. Z kolei w temperaturze 60°C przewodność cieplna estru naturalnego modyfikowanego substancją powierzchniowo czynną oraz nanocząstkami  $\text{TiO}_2$  jest o  $0,002 \pm 0,002 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  większa od przewodności estru naturalnego.

Podobnie, jak w przypadku estru naturalnego, przewodność cieplna wszystkich powstałych nanociecicy maleje wraz ze wzrostem temperatury.

Tabela 3.1. Wyniki badań właściwości cieplnych estru naturalnego i nanociecicy powstałych na jego bazie;  $\lambda$  – przewodność cieplna,  $\nu$  – lepkość,  $\rho$  – gęstość,  $c_p$  – ciepło właściwe

l.p.	Ciecz	Właściwość	Temperatura			
			25°C	40°C	60°C	80°C
1	Ester naturalny	$\lambda$ [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ]	0,182	0,180	0,178	0,175
		$\nu$ [ $\text{mm}^2/\text{s}$ ]	56,287	32,659	18,295	11,500
		$\rho$ [ $\text{g}/\text{ml}$ ]	0,916	0,906	0,893	0,881
		$c_p$ [ $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ]	2028	2082	2166	2259
2	Ester naturalny + $\text{C}_{60}$	$\lambda$ [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ]	0,182	0,180	0,178	0,176
		$\nu$ [ $\text{mm}^2/\text{s}$ ]	56,375	32,667	18,322	11,516
		$\rho$ [ $\text{g}/\text{ml}$ ]	0,917	0,907	0,894	0,880
		$c_p$ [ $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ]	2040	2108	2210	2320
3	Ester naturalny +SPAN	$\lambda$ [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ]	0,182	0,180	0,179	0,175
		$\nu$ [ $\text{mm}^2/\text{s}$ ]	56,447	32,704	18,337	11,534
		$\rho$ [ $\text{g}/\text{ml}$ ]	0,918	0,908	0,895	0,882
		$c_p$ [ $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ]	1983	2036	2118	2209
4	Ester naturalny +SPAN+ $\text{TiO}_2$	$\lambda$ [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ]	0,185	0,183	0,180	0,178
		$\nu$ [ $\text{mm}^2/\text{s}$ ]	56,532	32,768	18,383	11,563
		$\rho$ [ $\text{g}/\text{ml}$ ]	0,919	0,909	0,894	0,882
		$c_p$ [ $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ]	1962	2011	2088	2174

Analizując dane zawarte w tabeli 3.1 można zauważyć, że modyfikowanie estru naturalnego substancją powierzchniowo czynną oraz nanocząstkami  $\text{C}_{60}$  i  $\text{TiO}_2$  skutkuje minimalnym, prawie niezauważalnym wzrostem lepkości powstałych nanociecicy. Najmniejszą lepkość spośród badanych nanociecicy wykazuje ester naturalny domieszkowany fulerenem  $\text{C}_{60}$ . Domieszkowanie estru naturalnego fulerenem  $\text{C}_{60}$  powoduje nieznaczny wzrost lepkości w stosunku do cieczy bazowej. W przypadku modyfikowania estru naturalnego nanocząstkami  $\text{TiO}_2$ , w celu uzyskania koloidu, konieczne było dodanie do niego substancji powierzchniowo czynnej. Modyfikowanie estru naturalnego substancją powierzchniowo czynną spowodowało wzrost lepkości od  $0,016 \pm 0,004 \text{ mm}^2/\text{s}$  dla temperatury 80°C do  $0,160 \pm 0,004 \text{ mm}^2/\text{s}$  dla temperatury 25°C, w

odniesieniu do cieczy bazowej. Natomiast w przypadku estru naturalnego modyfikowanego substancją powierzchniowo czynną i nanocząstkami  $\text{TiO}_2$  zaobserwowano wzrost lepkości od  $0,063 \pm 0,004 \text{ mm}^2/\text{s}$  dla temperatury  $80^\circ\text{C}$  do  $0,245 \pm 0,004 \text{ mm}^2/\text{s}$  dla temperatury  $25^\circ\text{C}$ , w stosunku do cieczy bazowej. Lepkość wszystkich badanych nanocieczy maleje wraz ze wzrostem temperatury.

Modyfikowanie estru naturalnego fulerenem  $\text{C}_{60}$  powoduje wzrost ciepła właściwego powstałej nanocieczy w stosunku do cieczy bazowej. W temperaturze  $25^\circ\text{C}$  ciepło właściwe analizowanej nanocieczy jest o  $12 \pm 10 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  większe od ciepła właściwego estru naturalnego. W temperaturze  $80^\circ\text{C}$  ciepło właściwe estru naturalnego domieszkowanego fulerenem  $\text{C}_{60}$  jest o  $61 \pm 10 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  większe od ciepła właściwego estru naturalnego. Natomiast modyfikacja substancją powierzchniowo czynną powoduje zmniejszenie ciepła właściwego o  $45 \pm 10 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  dla temperatury  $25^\circ\text{C}$  i o  $50 \pm 10 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  dla temperatury  $80^\circ\text{C}$ . Z kolei nanociecz powstała w wyniku modyfikowania estru naturalnego substancją powierzchniowo czynną oraz nanocząstkami  $\text{TiO}_2$  charakteryzuje się ciepłem właściwym mniejszym o  $64 \pm 10 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  (dla  $25^\circ\text{C}$ ) i o  $85 \pm 10 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  (dla  $80^\circ\text{C}$ ) w stosunku do cieczy bazowej. Może to być związane z silną higroskopijnością nanocząstek  $\text{TiO}_2$ . Wraz ze wzrostem temperatury ciepło właściwe wszystkich analizowanych cieczy elektroizolacyjnych wzrasta.

Nie stwierdzono wpływu modyfikowania estru naturalnego substancją powierzchniowo czynną oraz nanocząstkami  $\text{C}_{60}$  i  $\text{TiO}_2$  na gęstość badanych nanocieczy. Na gęstość wpływ ma tylko temperatura. Wraz ze wzrostem temperatury maleje gęstość wszystkich badanych cieczy elektroizolacyjnych.

#### 4. PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że modyfikowanie estru naturalnego nanocząstkami  $\text{TiO}_2$  i  $\text{C}_{60}$  wpływa na jego właściwości cieplne, co jest istotne z punktu widzenia transportu ciepła w urządzeniach elektroenergetycznych. Przeprowadzone badania wykazały poprawę przewodności cieplnej nanocieczy powstałej w wyniku modyfikowania estru naturalnego substancją powierzchniowo czynną i nanocząstkami  $\text{TiO}_2$  oraz wzrost ciepła właściwego estru naturalnego domieszkowanego fulerenem  $\text{C}_{60}$ , w stosunku do cieczy bazowej. Wzrost przewodności cieplnej i ciepła właściwego jest pożądany ze względu na poprawę skuteczności chłodzenia urządzeń elektroenergetycznych.

*Publikacja powstała w ramach realizacji projektu "Inżynier Przyszłości. Wzmocnienie potencjału dydaktycznego Politechniki Poznańskiej.", nr POKL.04.03.00-00-259/12, współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.*

## LITERATURA

- [1] Carlson A.S., Transforming history, ABB review, nr 03, 2007.
- [2] CIGRE Working Group A2.35: Experience in service with new insulating liquids, CIGRE Brochure No 436, October 2010.
- [3] Li J., Zhang Z., Zou P., Grzybowski S., Zahn M., Preparation of a vegetable oil-based nanofluids and investigation of its breakdown and dielectric properties, IEEE Electrical Insulation Magazine, volume 28 issue 5, p. 43-50, 2002.
- [4] Chiesa M., Das S. K., Experimental investigation of the dielectric and cooling performance of colloidal suspensions in insulating media, Colloid and surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 335, 88-97, 2009.
- [5] Siciński Z., Badanie materiałów elektroizolacyjnych, WNT, Warszawa. 1968.
- [6] Dombek G., Nadolny Z., Autorski układ do pomiaru przewodności cieplnej właściwej cieczy elektroizolacyjnych, Poznan University of Technology Academic Journal. Electrical Engineering, vol. 74, pp. 159-166, 2013.
- [7] Dombek G., Nadolny Z., The study of the selected thermal properties of natural esters that are used as insulation in transformers, Międzynarodowa konferencja transformatorowa „Transformator ‘13”, p. 20/13-20/22, Gdańsk, 2013.
- [8] Dombek G., Nadolny Z., Measurement of thermal conductivity coefficient of insulating liquids using authoring measurement system, Informatyka, Automatyka, Pomiary w Gospodarce i Ochronie Środowiska, nr 1, str. 66-68, 2014.
- [9] Dombek G., Nadolny Z., Przybyłek P., Badanie czynników wpływających na zdolność cieczy elektroizolacyjnych do transport ciepła, Przegląd Elektrotechniczny, nr 10, str. 148-151, 2014.
- [10] PN-EN 3104:2004. Przetwory naftowe: Ciecze przezroczyste i nieprzezroczyste. Oznaczanie lepkości kinematycznej i obliczanie lepkości dynamicznej.
- [11] PN-EN ISO 3675. Ropa naftowa i ciekłe przetwory naftowe. Laboratoryjne oznaczenie gęstości. Metoda z areometrem
- [12] ISO 649-1. Laboratory glassware – Density hydrometers for general purposes – Part 1: Specification

### **THERMAL PROPERTIES OF NATURAL ESTER MODIFIED BY NANOPARTICLES TiO<sub>2</sub> AND C<sub>60</sub>**

In this paper the results of the researches concerning thermal properties of insulating nanofluids received on the basis of natural ester, titan dioxide TiO<sub>2</sub> and fullerene C<sub>60</sub> were presented. Thermal conductivity, viscosity, density and specific heat are these thermal properties. The range of the temperature was changing from 25°C to 80°C. These properties are crucial from the viewpoint of heat transfer coefficient by insulating liquid used in insulating system of power equipment; thus, they influence on temperature distribution inside the equipment. The possibility of receiving steady nanofluids was also analyzed. The impact of natural ester modification by nanoparticles and surfactant on thermal properties of received nanoliquids was proved.