

# Pomiar i analiza rezystywności oraz współczynnika stratności dielektrycznej jako kryterium oceny procesów starzeniowych mineralnego oleju elektroizolacyjnego

Dominik Dobry

Studenckie Koło Naukowe NANO, Instytut Elektroenergetyki, Politechnika Opolska

**Streszczenie:** Artykuł przedstawia możliwość oceny postępów procesów starzeniowych zachodzących w mineralnych olejach elektroizolacyjnych. Jako kryterium komparatywne przyjęto bezpośrednią metodę diagnostyczną opartą na pomiarze rezystywności oraz tgδ w funkcji częstotliwości. Przeprowadzane badania oraz otrzymane wyniki pomogą w określeniu przydatności oleju elektroizolacyjnego w dalszej eksploatacji.

**Słowa kluczowe:** diagnostyka, oleje elektroizolacyjne, procesy starzeniowe

## Wstęp

Tempo wzrostu gospodarki energetycznej kraju przyczynia się do ciągłego rozwoju badań związanych z ulepszaniem materiałów elektroizolacyjnych [1] oraz poszukiwaniem nowych, skutecznych metod diagnostycznych urządzeń elektroenergetycznych [2]. Obecne metody diagnostyczne dzielimy na dwie grupy: pośrednie i bezpośrednie. W niniejszym artykule przedstawiono bezpośrednią metodę diagnostyczną wysokonapięciowych układów izolacyjnych opartą na pomiarze rezystywności oraz tgδ w funkcji częstotliwości. Jako obiekt badań wykorzystano przygotowane próbki z mineralnym olejem elektroizolacyjnym o różnym czasie starzenia. Przeprowadzone badania mają na celu ułatwić diagnozę olejów elektroizolacyjnych. Otrzymane modele pomogą w określaniu stopnia przydatności badanych substancji izolacyjnych w ich dalszej eksploatacji.

## Charakterystyka procesów starzeniowych

Mineralne oleje elektroizolacyjne (węglowodory o złożonej budowie) są narażone na działanie wielu czynników pogarszających ich właściwości fizykochemiczne i elektroizolacyjne. Zmiany zachodzące w olejach pod wpływem tych czynników nazywamy starzeniowymi [3]. Do głównych czynników sprzyjających procesom starzenia zaliczane są: podwyższona temperatura pracy, tlen pochłaniany przez olej, obecność wody, działanie pola elektrycznego oraz katalizujące działanie metali. Celem prezentowanych badań jest

pomiar rezystywności i tgδ w funkcji częstotliwości oraz skorelowanie ich z czasem starzenia poszczególnych próbek olejowych. Otrzymane wyniki pomogą w budowie modelu służącego weryfikacji stopnia zesterzenia mineralnych olejów elektroizolacyjnych.

## Obiekt badań i układ pomiarowy

Oznaczanie poszczególnych parametrów oleju wykonano według obowiązujących norm przedmiotowych, używając do pomiarów odpowiedniej, zalecanej przez nie aparatury.

Współczynnik strat dielektrycznych tgδ jest miarą strat energii w dielektryku i definiowany jest jako stosunek natężenia prądu związanego ze stratami w dielektryku do natężenia prądu związanego z gromadzeniem się ładunku na okładzinach kondensatora. Straty energii podczas polaryzacji dielektryków zależne są od prądu upływu, obrotu dipoli w polaryzacji dipolowej i przemieszczania się ładunku związanego podczas polaryzacji makroskopowej [4, 5]. Analiza pomiaru polega na dopasowaniu zmierzonej odpowiedzi dielektrycznej do czasu starzenia poszczególnych próbek olejowych poddanych badaniu.

Pomiar rezystancji został wykonany przy pomocy cyfrowego miernika izolacji. Analiza otrzymanych wyników polegała na zestawieniu zmierzonej rezystancji dla poszczególnych próbek olejowych o różnym czasie starzenia.

Do badań przygotowano 28 próbek z mineralnym nieinhibitowanym olejem elektroizolacyjnym firmy Orlen Oil Trafo. Każda z próbek została umieszczona w szklanym pojemniku o pojemności wynoszącej 1 litr. Przygotowane próbki zostały poddane symulacji procesom starzenia. W celu postarzenia próbek każda z nich została poddana działaniu podwyższonej temperatury, co znacznie przyspiesza dynamikę procesów starzeniowych zachodzących w olejach mineralnych [6]. Czas starzenia dla poszczególnych próbek olejowych został określony z zakresu od 0 h (olej niestarzony) do 720 h (próbka o najdłuższym czasie starzenia), pełną macierz z czasem starzenia poszczególnych próbek olejowych przedstawia tab. 1.

**Tab. 1.** Macierz starzonych próbek olejowych

**Tab. 1.** List of aged oil samples

Nr próbki	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Czas starz. [h]	0	0,5	1	2	4	6	10	14	20	26	34	45	58	72
Nr próbki	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Czas starz. [h]	90	110	134	160	190	228	268	314	364	422	485	556	634	720

Pomiary współczynnika strat dielektrycznych  $\text{tg}\delta$  wykonano za pomocą mostka LCR-8101 produkcji GW Instek [7], z wykorzystaniem elektrod pomiarowych trójelektrodowych na próbce cylindrycznej (rys. 1). Pomiar odbywał się dla częstotliwości 50 Hz.



**Rys. 1.** Stanowisko pomiarowe kąta stratności dielektrycznej  
**Fig. 1.** Measure equipment for measuring dielectric loss factor

Pomiar rezystancji badanych próbek oleju mineralnego wykonano za pomocą cyfrowego miernika izolacji firmy Chauvin Arnoux (rys. 2).

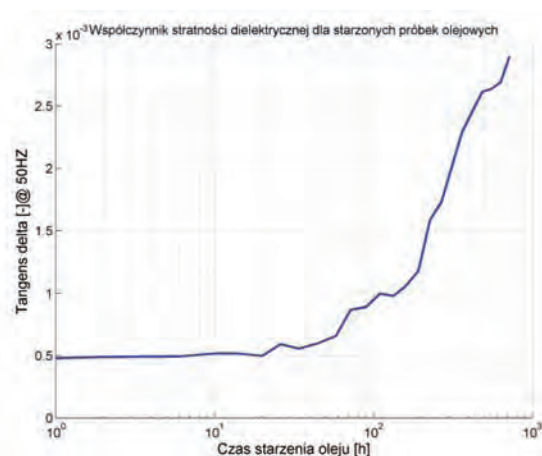


**Rys. 2.** Cyfrowy miernik rezystancji izolacji CA 6541 firmy Chauvin Arnoux  
**Fig. 2.** Measure equipment for measuring resistivity CA 6541 Chauvin Arnoux

## Wyniki pomiarów

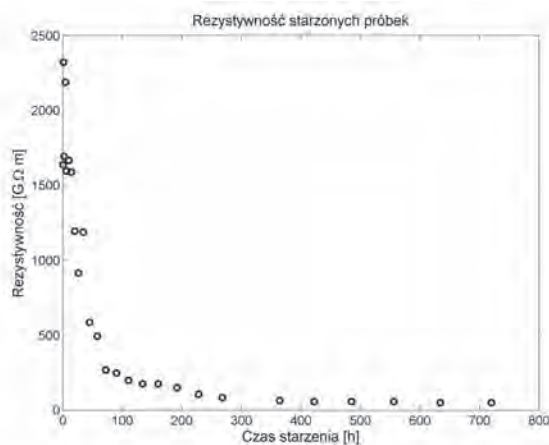
Przygotowanie próbek oraz kompleksowe badania oleju zostały przeprowadzone w Instytucie Elektroenergetyki Politechniki Opolskiej. Przedstawiony wykres jest zestawieniem wyników pomiaru tangensa kąta stratności dielektrycznej dla wszystkich przebadanych próbek olejowych (rys. 3).

Otrzymane wyniki pokazują, że współczynnik stratności dielektrycznej  $\text{tg}\delta$  rośnie wraz ze wzrostem czasu starzenia poszczególnych próbek olejowych. Wykonane pomiary wskazują znaczne tendencje wzrostu kąta stratności dielektrycznej dla próbek olejowych starzonych powyżej 20 godzin. Analizując otrzymane wyniki, można stwierdzić bezpośrednią zależność czasu starzenia oleju elektroizolacyjnego od zmiany współczynnika stratności dielektrycznej.



**Rys. 3.** Wykres zależności zmian współczynnika  $\text{tg}\delta$  od czasu starzenia próbek olejowych

**Fig. 3.** Graph of the ratio  $\text{tg}\delta$  changes from the time aging oil samples



**Rys. 4.** Wykres zależności zmian rezystywności od czasu starzenia badanych próbek olejowych

**Fig. 4.** Graph of the resistivity changes from the time of aging oil samples

W kolejnym etapie badań została wyznaczona rezystywność poszczególnych starzonych próbek olejowych. Zestawienie pomiarów dla wszystkich przebadanych próbek przedstawia rys. 4.

Wraz ze wzrostem czasu starzenia spada rezystywność poszczególnych próbek. Znaczący spadek rezystywności obserwuje się dla próbek starzonych powyżej 50 godzin. Podobnie jak w przypadku analizy współczynnika stratności dielektrycznej, rezystywność badanych próbek jest ściśle związana z ich czasem starzenia.

## Wnioski

Interpretacja wyników potwierdza skuteczność metody analizy strat dielektrycznych i rezystywności jako kryterium diagnostycznego w układach z izolacją olejową. Otrzymane wyniki badań pokazują bezpośrednią zależność między czasem starzenia a zmianą badanych parametrów. Powyższe badania przyczynią się do budowy modelu, pomocnego w ocenie stanu oleju oraz jego przydatności do dalszej eksploatacji.



Studenckie Koło Naukowe Robotyki



zapraszają do Łodzi  
5 listopada 2011 na

IV Ogólnopolskie zawody robotów  
pod patronatem



Ministerstwo Nauki  
i Szkolnictwa Wyższego



PREZYDENT MIASTA ŁODZI  
HANNA ZDANOWSKA



Politechnika Łódzka  
Rektor



**SUMO**  
**CHALLENGE**

w programie aż 7 konkurencji oraz



voiced by **ivona**

POMIARY-AUTOMATYKA-ROBOTYKA  
**PAR**

**FORBOT**

**ROBOTYKA.com**

100.1 FM **eska**

**TVP ŁÓDŹ**

## Bibliografia

1. Dobry D., Zmarzły D.: *Właściwości fizykochemiczne nanomodyfikowanych olejów transformatorowych*, „Przeгляд Elektrotechniczny” 10b/2010, s. 30–32.
2. Subocz J. (red.): *Transformatory w eksploatacji*, Wydawnictwo Energo-Complex, 2007.
3. Kędzia J.: *Zagrożenia izolacji transformatorów energetycznych wywołane elektryzacją statyczną*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Opolskiej, Opole 1999.
4. Skubis J.: *Wybrane zagadnienia z technik i diagnostyki wysokonapięciowej*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Opolskiej, Opole 1998.
5. Kohtoh M., Kaneko S., Okabe S., Amimoto T.: *Aging effect on electrical characteristics of insulating oil in field transformer*, „IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation”, tom 16, nr 6/2009, s. 1698–1706.
6. Montsinger V.M.: *Loading transformer by temperature*, „Transactions of the AIEE”, tom 49, nr 2/1930, s. 776–790.
7. [[www.ndn.com.pl/katalog/goodwill/pdf/LCR-8101.pdf](http://www.ndn.com.pl/katalog/goodwill/pdf/LCR-8101.pdf)] – Mostek LCR-8101. ■

### Measurement and analysis resistivity and dielectric loss factor as an evaluation criterion of aging mineral oil

**Abstract:** The paper presents the possibility review progress of the aging process in insulating oil. As a comparative criterions implicit direct diagnostics method based on measurement of resistivity and dielectric loss factor. The research helps in identifying and determines condition of insulating oil and to determine their suitability for further exploitation

**Keywords:** diagnostics, electrical insulating oils, processes of aging

### mgr inż. Dominik Dobry

Studia wyższe ukończył na Politechnice Opolskiej w 2009 r. – kierunek informatyka. Od 2009 r jest doktorantem w Instytucie Elektroenergetyki Politechniki Opolskiej. Wszystkie dotychczasowe badania prowadził w zakresie procesów starzeniowych zachodzących w materiałach elektroizolacyjnych oraz ich nanomodyfikacji. Aktywnie uczestniczy w pracach Studenckiego Koła Naukowego NANO.



e-mail: [dominik.dobry@gmail.com](mailto:dominik.dobry@gmail.com)

REKLAMA