

LABORATORIUM

TECHNIKA WYSOKICH NAPIĘĆ

Ćwiczenie nr 4

Badanie oleju izolacyjnego

Lublin 2026 r.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.
Utwór dostępny jest na licencji Creative Commons Uznanie autorstwa 4.0 Międzynarodowe.

Cel ćwiczenia

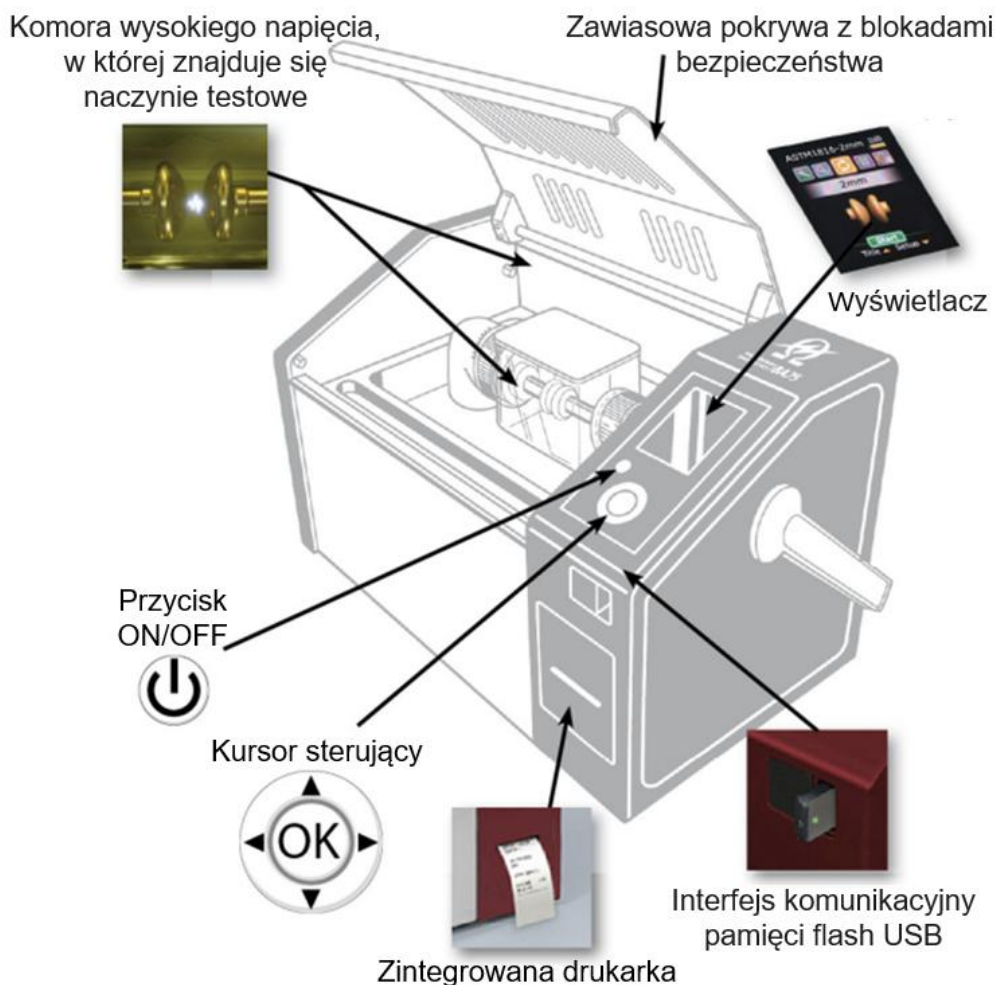
Celem ćwiczenia jest poznanie metody określania wytrzymałości elektrycznej oleju, określenie napięcia przebicia oleju, określenie wpływu temperatury na właściwości elektroizolacyjne oleju oraz określenie przydatności badanego oleju do celów eksploatacyjnych.

Zakres ćwiczenia

Zakres ćwiczenia obejmuje badanie wytrzymałości elektrycznej oleju przy napięciu przemiennym 50 Hz w temperaturze otoczenia oraz wyznaczenie napięcia przebicia oleju. Następnie badane są współczynnik stratności dielektrycznej $\tan \delta$ oraz przenikalność dielektryczna ϵ oleju w zakresie temperatur od temperatury otoczenia do 90°C, z pomiarem co 10°C. Dodatkowo przeprowadzana jest obserwacja powstawania mostków przewodzących i wyładowań w oleju.

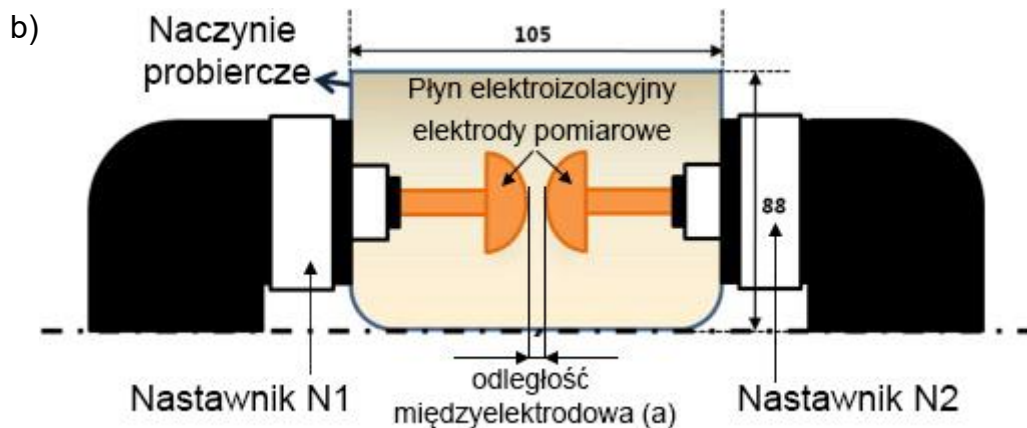
Stanowisko pomiarowe

Pierwszą część ćwiczenia wykonuje się za pomocą analizatora napięcia przebicia oleju BA75/100, którego schemat przedstawiono na rysunku 1 oraz 2.



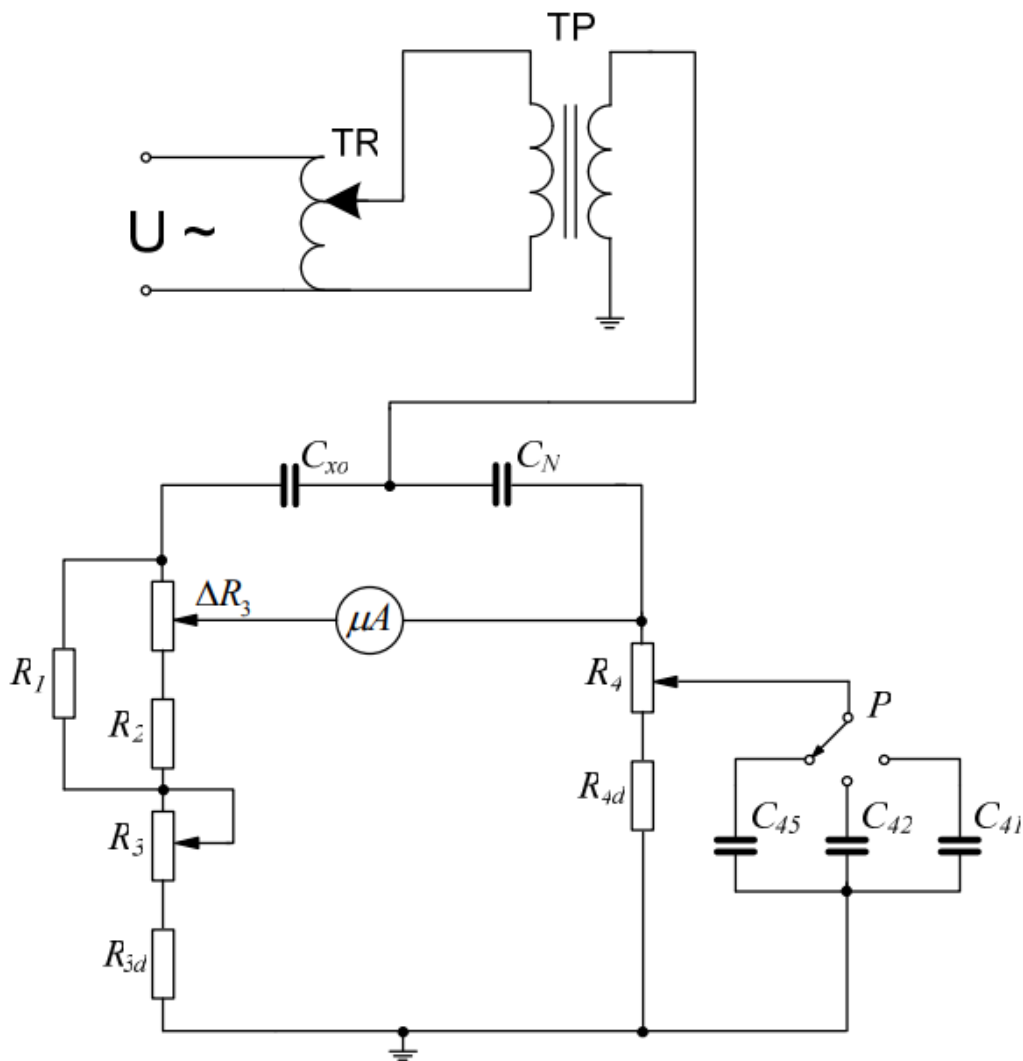
Rysunek 1. Analizator napięcia przebicia oleju BA75/100 wykorzystany do badania napięcia przebicia oleju izolacyjnego w zależności od odległości międzyelektrodowej.





Rysunek 2. Układ elektrod do badania wytrzymałości oleju, a) zdjęcie naczynia probierczego, b) schematyczny przekrój naczynia probierczego.

W drugiej części ćwiczenia wykorzystujemy stanowisko do pomiaru $\tan \delta$ i przenikalności dielektrycznej oleju. Stanowisko wykorzystuje zmodyfikowany mostek Scheringa USO-1 oraz naczynie pomiarowe z badaną próbką oleju w postaci kondensatora pomiarowego w którym znajduje się badany olej. Układ służy do pomiaru współczynnika stratności dielektrycznej $\tan \delta$ oraz przenikalności dielektrycznej ϵ oleju w funkcji temperatury.



Rysunek 3. Uproszczony schemat układu mostka pomiarowego USO-1.

1. Pomiar wytrzymałości dielektrycznej oleju U_p przy napięciu przemiennym 50 Hz w temperaturze otoczenia

- Zapoznać się ze stanowiskiem laboratoryjnym oraz schematem układu pomiarowego przedstawionym na rysunku 1.
- Włączyć analizator napięcia przebiega, naciskając przycisk **ON/OFF** na panelu frontowym.
- Odczekać kilka sekund, aż na ekranie urządzenia pojawi się numer wersji oprogramowania (FIRMWARE) oraz inne informacje techniczne związane z analizatorem.
- Poczekać na zakończenie procedury samokontroli, która sprawdza

5



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.
Utwór dostępny jest na licencji Creative Commons Uznanie autorstwa 4.0 Międzynarodowe.

poprawność działania urządzenia i zasilania.

- Otworzyć pokrywę bezpieczeństwa i umieścić naczynie probiercze z badanym płynem elektroizolacyjnym w komorze probierczej.
- Zdjąć blokadę nastawników (czerwone dźwignie).
- Za pomocą nastawników **N1** i **N2** (rysunek 3) ustaw odległość między elektrodami wynoszącą 2,5 mm.
- Upewnić się, że elektrody są całkowicie zanurzone w badanym płynie elektroizolacyjnym, a następnie zamknąć pokrywę bezpieczeństwa.
- Na ekranie analizatora, korzystając z przycisków **Góra/Dół**, wybrać pomiar według normy PN 77 i zatwierdzić przyciskiem **OK**. W następnym kroku wyświetlone zostaną parametry próby:
 1. **Rozstaw elektrod (Odstęp)**: 2,5mm.
 2. **Liczba prób („Liczyc”)**: 6.
 3. **Szybkość narastania napięcia („Najazd”)**: 2.0 kV/s.
 4. **Maksymalna wartość napięcia („Napięcie”)**: 100 kV.
- Rozpocząć pomiar, wybierając opcję **Start próby** i potwierdzając ją przyciskiem **OK**.
- Analizator przeprowadzi cykl probierczy, automatycznie wykrywając i rejestrując napięcie przebicia w momencie wystąpienia przeskoku elektrycznego oraz nastąpi automatyczne mieszanie oleju przy pomocy mieszadła magnetycznego.
- Po wykonaniu wszystkich prób cykl probierczy kończy się. Wyniki prób zostaną wyświetlone na ekranie urządzenia. Należy zapisać je w tabeli 1.
- Po wykonaniu wszystkich pomiarów należy wyłączyć analizator, naciskając przycisk **ON/OFF**.

Tabela 1. Badanie wytrzymałości dielektrycznej oleju

L.p.	a	U_p
	mm	kV
1	2,5	
2		
3		
4		
5		
6		

2. Pomiar współczynnika stratności dielektrycznej $\tan\delta$ i przenikalności dielektrycznej ϵ oleju w funkcji temperatury

1. Włączyć stanowiska pomiarowe w celu zasilenia kondensatora pomiarowego.
2. Ustawić przełącznikiem napięcie zasilania 1000V.
3. Pierwszy pomiar wykonać dla aktualnej temperatury oleju.
4. Za pomocą trzech pokręteł należy zrównoważyć mostek pomiarowy. W pierwszej kolejności należy użyć pokrętła rezystancji zgrubnej R , następnie pokrętła rezystancji ΔR a na końcu $\tan\delta$.
5. Odczytane wyniki zanotować w tabeli 2.
6. Włączyć nagrzewanie oleju.
7. Odczekać aż temperatura oleju wyniesie 30°C i ponownie wykonać pomiar. Pomiary należy wykonać dla wszystkich temperatur z tabeli 2.
8. Po zakończeniu pomiarów wyłączyć zasilanie stanowiska pomiarowego.

Tabela 2. Badanie współczynnika stratności dielektrycznej $\text{tg}\delta$ w funkcji temperatury

L.p.	t	Odczyt ze skali R	Odczyt ze skali ΔR	$\text{tg}\delta$
	$^{\circ}\text{C}$	dz	dz	-
1	30			
2	40			
3	50			
4	60			
5	70			
6	80			
7	90			

3. Opracowanie wyników

1. Wyznaczenie średniej wartości napięcia przebicia oleju izolacyjnego

Na podstawie wykonanych pomiarów napięcia przebicia wyznaczyć średnią wartość napięcia przebicia:

$$U_{p\bar{s}r} = \frac{\sum U_p}{n} \quad (1)$$

gdzie:

U_p – napięcie przebicia;

$U_{p\bar{s}r}$ – średnia wartość napięcia przebicia;

Na podstawie uzyskanych wyników obliczamy średnie odchylenie standardowe wyrażone w kV obliczone według wzoru:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (U_{p\bar{s}r} - U_{pi})^2}{n-1}} \quad (2)$$

gdzie:

n – liczba pomiarów;

U_{pi} – wartość napięcia przeskoku otrzymana przy kolejnym pomiarze;

Względne odchylenie standardowe obliczamy ze wzoru:

$$V = \frac{S}{U_{psr}} \cdot 100\% \quad (2)$$

2. Wyznaczenie przenikalności dielektrycznej względnej oleju

Przenikalność dielektryczną względną obliczamy z zależności:

$$\varepsilon_w = \frac{C_N \cdot R_{4d}}{C_{X0} \cdot (R + \Delta R) \cdot M} \cdot (1 - A) \quad (3)$$

gdzie:

C_N – pojemność kondensatora wzorcowego wynosząca 130,8 pF;

C_{X0} – pojemność rzeczywista naczynia pomiarowego wynosząca 151,6 pF;

$R, \Delta R$ – odczytane wartości rezystancji, Ω ;

R_{4d} – rezystancja dodatkowa równa 589 Ω ;

M – mnożnik rezystancyjny wynoszący 0,185 Ω/Ω ;

A – współczynnik zależny od wartości zmierzonego $\tan \delta$, $A=0$.

Tabela wyników obliczeń

Tabela 3. Badanie wytrzymałości dielektrycznej oleju

L.p.	U_p	U_{psr}	a	S	V
	kV	kV	cm	kV	%
1			0,25		
2					
3					
4					
5					
6					

Tabela 3. Badanie współczynnika stratności dielektrycznej $\text{tg}\delta$ w funkcji temperatury

L.p.	t	Odczyt ze skali R	Odczyt ze skali ΔR	$\text{tg}\delta$	ϵ_w
	$^{\circ}\text{C}$	dz	dz	-	-
1	30				
2	40				
3	50				
4	60				
5	70				
6	80				
7	90				

Wykonanie sprawozdania

- Sprawozdanie powinno zawierać:
- stronę tytułową;
- dane określające warunki atmosferyczne;
- schemat układu pomiarowego;
- tabele wyników przeprowadzonych pomiarów;
- przykładowe obliczenia;
- stwierdzenie przydatności oleju do eksploatacji;
- wykres zależności $\text{tg}\delta=f(t)$ oraz $\epsilon=f(t)$;
- uwagi i wnioski dotyczące warunków oraz sposobu przeprowadzania badań i otrzymanych wyników.