

**Uniwersytet Technologiczno –Przyrodniczy
w Bydgoszczy**
Wydział Telekomunikacji, Informatyki i Elektrotechniki
Zakład Elektroenergetyki



Laboratorium Inżynierii materiałowej

Instrukcja do ćwiczenia

Badanie rezystywności materiałów izolacyjnych

Opracowała
Maria Derecka

Bydgoszcz, 2016 r.

1. Wprowadzenie

Należy przypomnieć sobie następujące zagadnienia omawiane na wykładach:

- podział materiałów elektrotechnicznych ze względu na wartość rezystywności;
- materiały zaliczane do grupy dielektryków i ich budowa cząsteczkowa,
- zjawisko polaryzacji dielektrycznej jako reakcja na wytworzenie pola elektrycznego w dielektryku.

Rezystywność elektryczna jest właściwością materiałową zależną od:

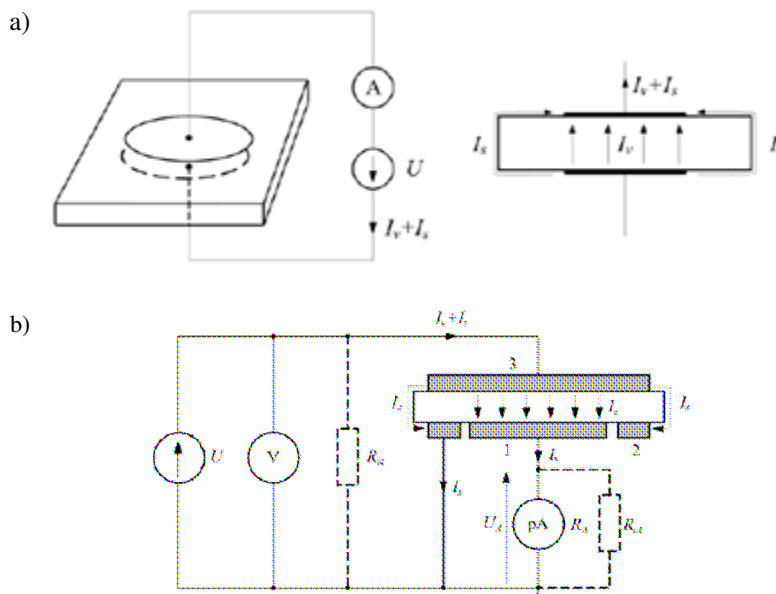
- obecności i koncentracji objętościowej ładunków elektrycznych (elektronów, jonów, dziur),
- ich ruchliwości,
- struktury materiału.

Te wielkości są z kolei zależne od takich czynników jak temperatura, obecność wody, promieniowania jonizującego, ilości i rodzaju zanieczyszczeń, natężenie pola elektrycznego oraz czas jego oddziaływania.

Idealny dielektryk to materiał nieposiadający swobodnych ładunków elektrycznych w swojej strukturze wewnętrznej i wobec tego charakteryzujący się zerową wartością konduktywności elektrycznej $\gamma = 0$. *Rzeczywiste* dielektryki mają konduktywność elektryczną $\gamma > 0$, choć niewielką, szczególnie w porównaniu do materiałów przewodzących. Rezystywność elektryczna materiałów z grupy tworzyw sztucznych (termoplasty, elastomery) zawiera się w granicach $10^{14} \dots 10^{18} \Omega\text{cm}$. Dielektryki pełnią w układach elektrycznych rolę izolatora, tj. elementu separującego części urządzeń będące pod różnym potencjałem elektrycznym. Warto zauważyć, że wartości rezystywności materiałów izolacyjnych w **porównaniu do materiałów przewodzących** są większe rzędu $10^{15} \dots 10^{20}$ razy. Drugą charakterystyczną wielkością materiałów izolacyjnych jest wytrzymałość elektryczna.

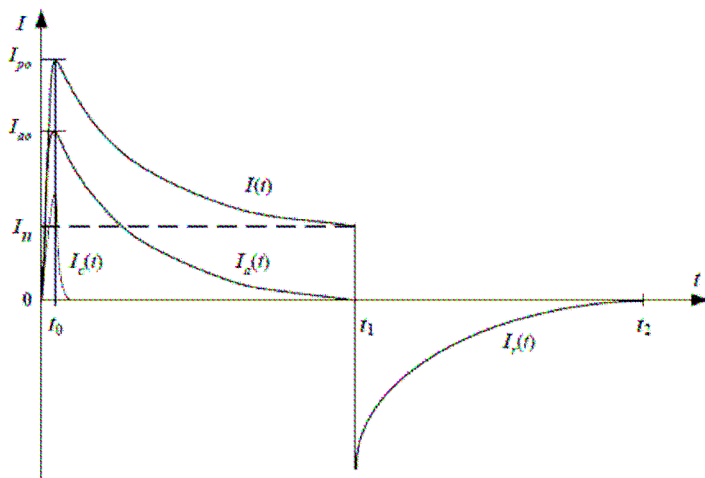
W niniejszym ćwiczeniu będziemy się zajmować badaniem rezystywności skośnej popularnych materiałów dielektrycznych. Szczegółowe omówienie problemów związanych z badaniami rezystywności skośnej znajduje się w pracy [2] – dostępnej w Internecie (bardzo ciekawe i wartościowe opracowanie!).

Wyznaczenie rezystywności skośnej odbywa się w wyniku pomiaru rezystancji próbki badanego materiału (rys. 1). Układ 1b zapewnia mniejszy błąd pomiaru, gdyż eliminuje wpływ prądu płynącego po powierzchni na wynik pomiaru.



Rys. 1. Układy pomiarowe do badania rezystywności skośnej [2]. Objaśnienia: I_v – prąd skośny, I_s – prąd powierzchniowy.

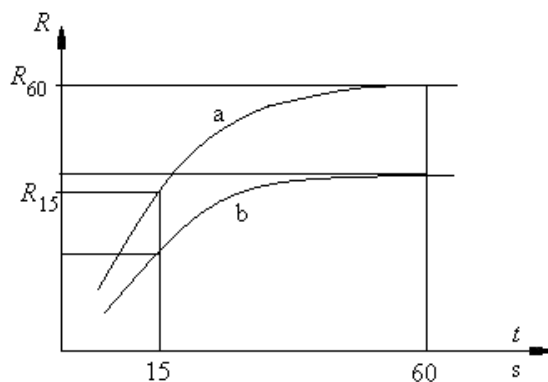
Na rys. 2 przedstawiono przebieg prądu w obwodzie z kondensatorem, pomiędzy okładkami którego umieszczono dielektryk (badany materiał), po włączeniu napięcia stałego. W pierwszym etapie prąd osiąga swoją wartość maksymalną I_{po} , a następnie maleje do wartości ustalonej I_u . Jest to związane ze zjawiskami zachodzącymi w obszarze dielektryku (polaryzacji i przewodnictwa elektrycznego).



Rys. 2. Zależność prądu $I(t)$ płynącego przez dielektryk od czasu przyłożenia napięcia stałego, a następnie po wyłączeniu napięcia i zwarcia próbki. $I_c(t)$ – prąd ładowania, I_u – prąd przewodnictwa, I_a – prąd absorpcji, $I_r(t)$ – prąd resorpcji

Ze względu na rolę materiałów dielektrycznych pełnioną w urządzeniach elektrycznych przyjmuje się, że rezystancja odpowiadająca przepływowi **prądu ustalonego** I_u jest miarą stanu izolacji. Jest ona mierzona po 60 s lub po 300 s (w zależności od rodzaju urządzenia). Przy badaniach materiałowych wyznacza się rezystancję po 60 s (lub – jeżeli prąd nie osiągnął wartości ustalonej – po czasie 120 s lub dłuższym [3]).

Miarą stanu izolacji może być też współczynnik absorpcji $\frac{R_{60}}{R_{15}}$ (rys. 3), który ulega zmianie w czasie i dla izolacji osłabionej ulega zmniejszeniu [4].



Rys. 3. Zmiana rezystancji izolacji w czasie: a – o dobrych właściwościach, b – osłabionej.

Sposoby i układy do pomiarów rezystywności skrośnej materiałów izolacyjnych są przedmiotem norm technicznych [np. 3].

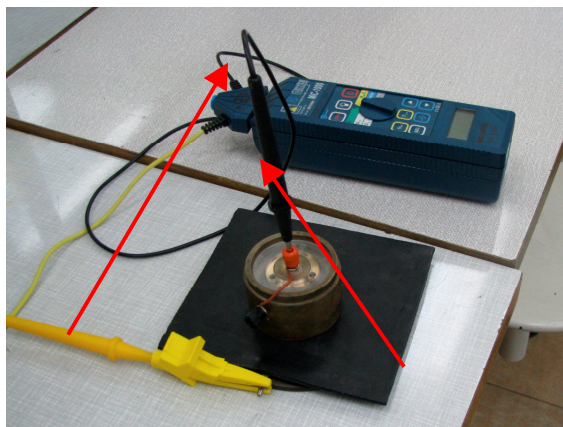
Rezystywność skrośna materiałów izolacyjnych zależy od temperatury, maleje mianowicie. Powoduje to wzrost upływności izolacji.

2. Przebieg ćwiczenia

2.1. Układ pomiarowy

Na rys. 4. przedstawiono wygląd stanowiska.

a)



b)



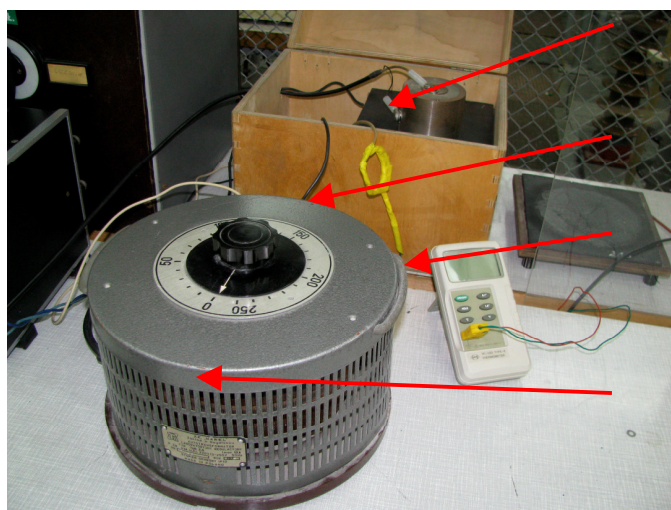
elektroda pomiarowa

elektroda ochronna,

Rys. 4. Elementy wyposażenia stanowiska do badania rezystywności skośnej materiałów izolacyjnych. Objasnienia: a) układ pomiarowy z miernikiem MIC-1000, b) elektrody (do badania rezystywności skośnej – układ połączeń jak na rys. 1b).

Elektroda pomiarowa 3 ma powierzchnię $18,7 \text{ cm}^2$.

Do podgrzania próbki materiału izolacyjnego służy płytka grzejna, umieszczona w skrzynce pomiarowej, zasilana z autotransformatora (rys. 5). Do pomiaru temperatury użyto cienkiego termoelementu płaszczowego i miernika temperatury. Układ elektrod jest identyczny w poprzednim przypadku.



1- badana próbka

przewody termoelementu,

miernik temperatury

autotransformator zasila-
jący płytkę grzewczą

Rys. 5. Widok stanowiska w części do badania zależności rezystywności skośnej od temperatury

2.2. Przebieg ćwiczenia

2.2.1 Czynności przygotowawcze

Zapoznać się z obsługą miernika MIC-1000. Oczyszczyć powierzchnie elektrod i próbek. Zmierzyć grubości próbek przy pomocy suwmiarki.

UWAGA! Jeżeli układ pomiarowy nie jest w danej chwili używany, to elektrody należy zawsze przedzielać materiałem izolacyjnym.

2.2.2 Pomiary

Badania rezystywności skrośnej w temperaturze otoczenia

Zmierzyć temperaturę otoczenia.

Dla każdej z próbek wykonać pomiary prądu i spadku napięcia w co najmniej 5 różnych miejscach próbki (nie należy się spodziewać tych samych wyników! - materiał zwykle wykazuje niejednorodność).

Umieścić badaną próbkę pomiędzy elektrodami. Włączyć zasilanie miernika, następnie START i na chwilę przycisk ▲. Dalej pomiar przebiega automatycznie. Po naładowaniu kondensatora do napięcia ustawionego w mierniku (co jest sygnalizowane dźwiękiem i informacją na wyświetlaczu), następuje odmierzenie czasu pomiaru (co 5 s) i pomiar rezystancji po 15 s i 60 s. Wartości są wpisywane do pamięci (jako odpowiednio $r1$ i $r2$). Obliczany jest też ich iloraz (współczynnik absorpcji). Po zakończonym pomiarze można je wyświetlić po wciśnięciu przycisku SEL.

Dla każdej z badanych próbek wypełnić tabelę 1.

Badania rezystywności skrośnej w zależności od temperatury

Umieścić elektrody wraz z próbką na płytce grzejnej. Podgrzać do temperatury wskazanej przez prowadzącego (mierzymy ją przy pomocy termoelementu i miernika temperatury). W tym celu zasilamy płytkę grzejną napięciem ok. 220 V (ustawiamy pokrętko autotransformatora w położeniu odpowiadającym tej wartości). Kontrolujemy temperaturę wykazywaną na wyświetlaczu miernika temperatury. Gdy osiągnie ona wartość 55°C, zmniejszamy napięcie zasilania elementu grzejnego do wartości 30 V (moc grzejna kompensuje tylko straty ciepła z próbki). Dokonujemy jednorazowego pomiaru jak w p. IV.2.1.

Wyniki pomiarów umieścić w tabeli 1.

2.3 Opracowanie wyników badań

Prąd skrośny I_v płynący przez badaną próbkę:

$$I_v = \frac{U}{r2} \quad (1)$$

gdzie: U – napięcie zasilania (zaprogramowane w mierniku MIC-1000), $r2$ – rezystancja po 60 s.

Średnia wartość rezystancji R_s jest średnią arytmetyczną z 5 wykonanych pomiarów rezystancji po czasie 60 s..

$$R_s = \frac{\sum_{i=1}^5 r2_i}{5} \quad (2)$$

Ponieważ mamy:

$$R_s = \frac{\rho_s \cdot d}{S} \quad (3)$$

gdzie: ρ_s – rezystywność skrośna, Ωcm , d – grubość próbki, cm, S - pole powierzchni styku elektrody 3 z badaną próbką 1, $S = 18,7 \text{ cm}^2$,

to rezystywność skrośną ρ_s można wyznaczyć ze wzoru

$$\rho_s = 18,7 \frac{R_s}{d} \quad (4)$$

Wyniki obliczeń zamieścić dla każdej próbki w tabeli 1.

Tabela. 1. Wyniki pomiarów i obliczeń

Opis próbki:		Grubość próbki, cm:			Temperatura, t , w stopniach C:		
Wyniki pomiarów					Wyniki obliczeń		
L.p.	Napięcie, V	Rezystancja r_1 (po czasie 15 s), Ω	Rezystancja r_2 (po czasie 60 s), Ω	Współczynnik absorpcji	Prąd płynący przez próbkę, mA	Średnia wartość rezystancji R_s , Ω	Średnia wartość rezystywności skrośnej, ρ_s , Ωcm
1							
2							
3							
4							
5							
Temperatura, t , w stopniach C:							
Wyniki pomiarów					Wyniki obliczeń		
L.p.	Napięcie, V	Rezystancja r_1 (po czasie 15 s), Ω	Rezystancja r_2 (po czasie 60 s), Ω	Współczynnik absorpcji	Prąd płynący przez próbkę, mA	Średnia wartość rezystancji r_2	Średnia wartość rezystywności skrośnej, ρ_s , Ωcm
1							

Należy skomentować wyniki obliczeń. Wyciągnąć wnioski co do wpływu temperatury na rezystywność materiałów izolacyjnych.

Literatura

[1] Celiński Z. - Materiałoznawstwo elektrotechniczne. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2005 r.

[2] Michał Lisowski: Pomiary rezystywności i przenikalności elektrycznej dielektryków stałych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2004.

http://www.dbc.wroc.pl/Content/1172/lisowski_pomiary_rezystywnosci.pdf

[3] PN-88/E – 04405. Materiały elektroizolacyjne stałe. Pomiary rezystancji.

[4] Wodziński J.: Wysokonapięciowa technika prób i pomiarów. PWN, Warszawa 1997.

Załącznik

Opis próbek materiałów izolacyjnych

Lp.	Nazwa	Grubość [mm]	Oznaczenie
1.	polwinit przewodzący	1,0	111
2.	polwinit przewodzący	1,6	122
3.	polietylen przewodzący	2	211
4.	polietylen przewodzący	1,9	222
5.	polietylen	1,8	221
6.	guma	3,1	121
7.	guma	2,7	112
8.	guma	2,3	212
9.	guma	3,4	311
10.	polwinit izolacyjny	1,0	333/1
11.	polwinit izolacyjny	1,0	333/2
12.	polwinit izolacyjny	1,0	333/3
13.	preszpan	0,4	400
14.	tereszpan	0,6	

Słowniczek angielsko-polski:

resistivity	- rezystywność
conducting material	- materiał przewodzący
insulating material	- materiał izolacyjny
volume resistance	- rezystancja skrośna