

LABORATORIUM PODSTAW TECHNIKI WYSOKICH NAPIĘĆ

***WOJSKOWA AKADEMIA TECHNICZNA
INSTYTUT SYSTEMÓW ELEKTRONICZNYCH
ZAKŁAD OBWODÓW I SYGNAŁÓW ELEKTRYCZNYCH***

BADANIE WŁAŚCIWOŚCI DIELEKTRYCZNYCH IZOLACJI PRZEWODOWEJ.

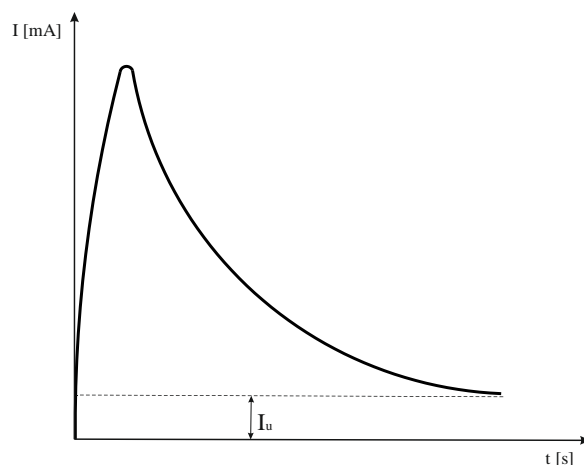
1. Wstęp

Pomiary współczynnika strat dielektrycznych $tg \sigma$ oraz rezystancji izolacji są podstawowymi metodami diagnostycznymi izolacji wysoko oraz niskonapięciowej. Innymi metodami testującymi izolację są: pomiar prądów polaryzacji, pomiar napięcia powrotnego, analiza gazów rozpuszczonych w oleju oraz pomiary temperatury np. termowizyjne. Pogarszający się stan izolacji jest jedną z najczęstszych przyczyn uszkodzeń aparatury elektrycznej, czego można uniknąć lub w znacznym stopniu ograniczyć wykonując pomiary profilaktyczne. Pomiar współczynnika strat dielektrycznych $tg \sigma$ jest związany z próbami wysokonapięciowymi wielu urządzeń elektroenergetycznych, stosowany jest jako wskaźnik stopnia wysuszenia izolacji, np. w kablach z papierowo - olejową izolacją.

1.1. Stratność dielektryczna.

Straty energii w dielektryku (przy braku wyładowań niezupełnych) wywołane są polaryzacją i prądami upływu. Jeśli przyłączyć kondensator do źródła **napięcia stałego**, powstanie w obwodzie prąd elektryczny o przebiegu w czasie pokazanym na rys. 1. Można rozłożyć ten prąd na trzy składowe: *prąd ładowania I_c , prąd absorpcyjny I_a oraz prąd upływu I_u .*

$$I = I_c + I_a + I_u$$



Rys. 1. Przebieg czasowy prądu po zamknięciu obwodu prądu stałego z kondensatorem

Dwa pierwsze człony tworzą prąd polaryzacji, z tym, że prąd ładowania związany z polaryzacją elektronową i jonową jest bardziej krótkotrwały i jego energia wydatkowana zostaje na sprężystą deformację dielektryka. Zostaje ona zmagazynowana w postaci energii potencjalnej w polu elektrycznym kondensatora, a uwolniona i całkowicie odzyskana przy wyładowaniu kondensatora.

Drugi człon, prąd absorpcyjny, związany jest z polaryzacją dipolową, wzrasta i zanika znacznie wolniej od prądu ładowania. Jego energia zamieniana jest częściowo w energię potencjalną odkształceń sprężystych dipoli, a częściowo obrotom cząstek dipolowych. Ta część energii zużywana jest w dielektryku nieodwracalnie na ciepło.

Trzeci składnik, prąd upływu, jest wywoływany przewodnością skośną dielektryka. Przepływowi tego prądu towarzyszą straty energii elektrycznej na ciepło w dielektryku.

Prąd polaryzacji zanika szybko, pozostaje trwałe działanie prądu upływu i związane z nim straty energii. W bilansie energetycznym w obwodach prądu stałego, straty energii związane ze zjawiskiem polaryzacji dielektryka są

pomijalnie małe w porównaniu ze stratami upływu. Moc tracona w dielektryku wynosi wtedy

$$P = UI_u = \frac{U^2}{R_s}$$

lub w odniesieniu do jednostki objętości dielektryka

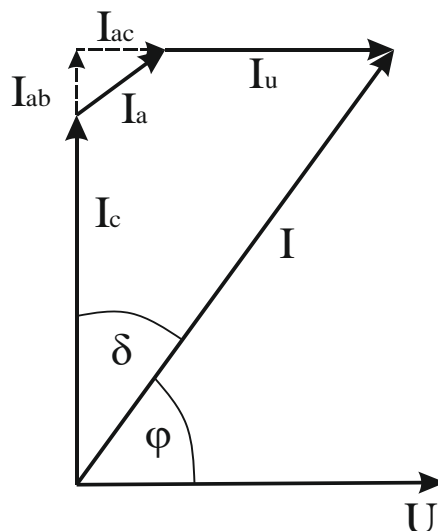
$$p = \frac{E^2}{\rho_s}$$

gdzie:

ρ_s – rezystywność skrośna [$\Omega \cdot m$],

Jeśli napięcie przyłożone do okładek kondensatora jest **sinusoidalnie zmienne**, wówczas proces ładowania i rozładowania będzie się powtarzać okresowo i straty związane z prądem polaryzacji nie mogą być pominięte.

Sinusoidalnie zmienny prąd ładowania I_c ma charakter prądu biernego. Sinusoidalnie zmienny prąd absorpcyjny I_a ma częściowo charakter czynny, gdyż wywołuje on straty energii na ciepło. Ma on dwie składowe: *czynną* I_{ac} i *bierną* I_{ab} . Sinusoidalnie zmienny prąd upływu I_u ma charakter prądu czynnego, jego wskaz jest w fazie ze wskazem napięcia U .



Rys.2. Wykres wskazowy dla kondensatora ze stratami na polaryzację i upływ.

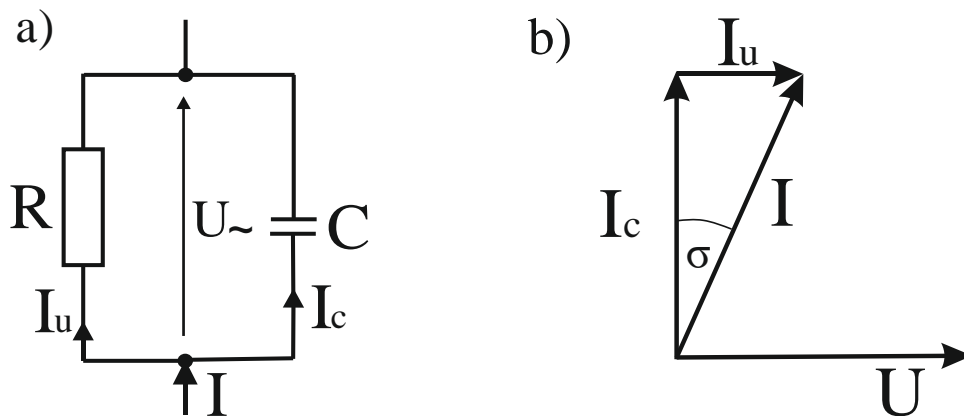
Prąd wypadkowy I w obwodzie wyprzedza napięcie o kąt $\varphi < 90^\circ$. Straty w kondensatorze zasilanym napięciem sinusoidalnie zmiennym charakteryzuje się zwykle poprzez kąt σ uzupełniający kąt φ do 90° .

$$\sigma = 90^\circ - \varphi$$

Kąt σ nosi nazwę kąta stratności dielektrycznej. W praktyce, dielektryki charakteryzuje się najczęściej tangensem kąta σ , zwanym współczynnikiem stratności dielektrycznej.

1.2. Kondensator rzeczywisty

W przypadku kondensatora ze stratami możemy przyjąć schemat zastępczy pokazany na rysunku 3.



Rys. 3. Kondensator ze stratami: a) schemat zastępczy; b) wykres wskazowy.

Otrzymujemy wtedy

$$\operatorname{tg} \sigma = \frac{I_u}{I_c} = \frac{I_u \cdot U}{I_c \cdot U} = \frac{P}{Q}$$

stąd

$$P = \operatorname{tg} \sigma \cdot Q = \operatorname{tg} \sigma \cdot \omega C U^2$$

oraz

$$\operatorname{tg} \sigma = \frac{\frac{U}{R}}{U\omega C} = \frac{1}{2\pi fCR}$$

W przypadku **dielektryków niepolarnych**, charakteryzujących się tylko polaryzacją elektronową, rezystancja dielektryka R w schemacie zastępczym określona jest jedynie przez rezystywność skrośną, wywołującą prąd upływu.

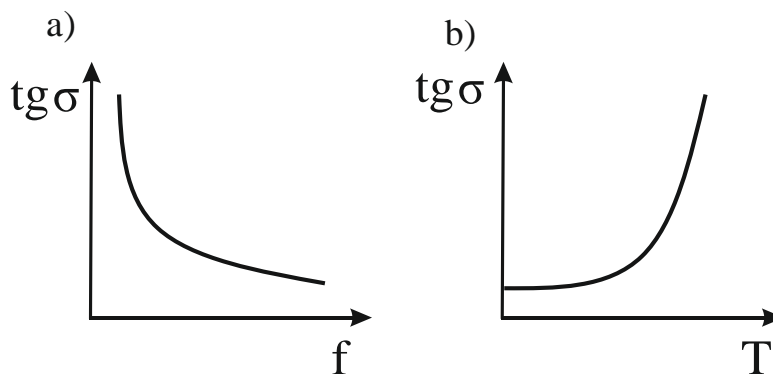
wtedy

$$R = \rho_s \frac{l}{S}$$

oraz

$$\operatorname{tg} \sigma = \frac{1}{2\pi f \varepsilon_0 \rho_s}$$

Współczynnik stratności dielektrycznej jest więc odwrotnie proporcjonalny do częstotliwości. Ze wzrostem temperatury maleje ρ_s , stąd rośnie wartość $\operatorname{tg} \sigma$ (rys.4.)

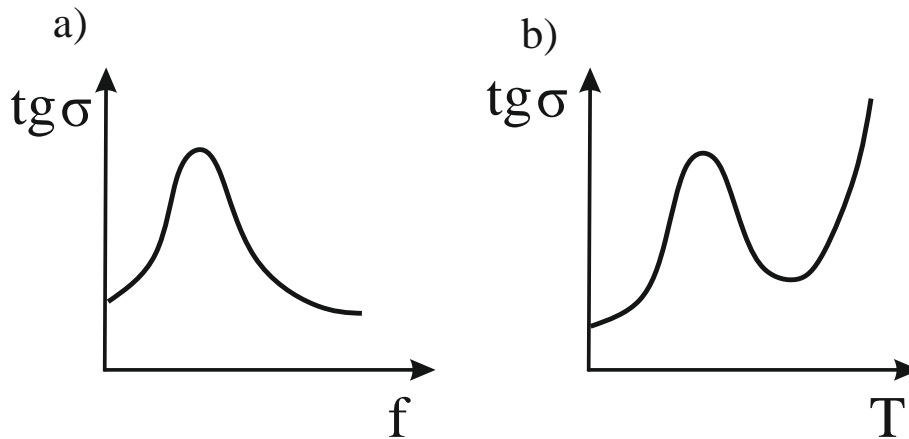


Rys. 4. Zależność $\operatorname{tg} \sigma$ w dielektrykach niepolarnych od: a) częstotliwości; b) temperatury

W przypadku **dielektryków polarnych** zależności są bardziej skomplikowane.

Ze wzrostem częstotliwości, początkowo $\operatorname{tg} \sigma$ rośnie, gdyż wzrasta energia

tracona w jednostce czasu na obrót dipoli. Przy dalszym wzroście częstotliwości, $\operatorname{tg} \sigma$ zaczyna maleć, gdyż obrót dipoli nie nadąża za zmianami pola – zanika składowa dipolowa polaryzacji.

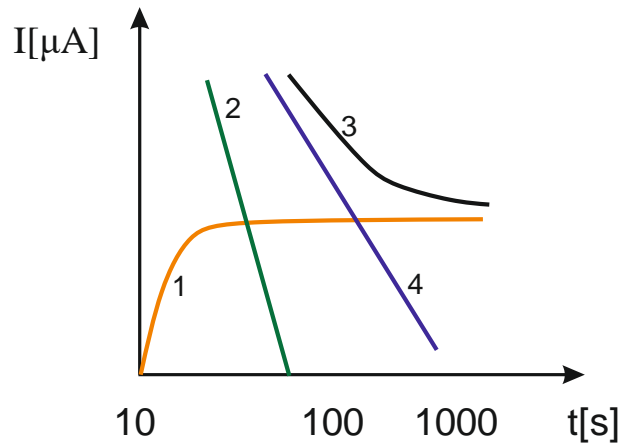


Rys. 5. Zależność $\operatorname{tg} \sigma$ w dielektrykach polarnych od: a) częstotliwości; b) temperatury

Ze wzrostem $\operatorname{tg} \sigma$ od temperatury może być różna. Na rysunku 5 przedstawiono przykładowo tę zależność dla jednego z dielektryków ciekłych. Początkowo przy niskiej temperaturze, wskutek dużej lepkości cieczy, ruch dipoli jest niewielki, wywołujący tylko małe straty. Przy podwyższaniu temperatury wzmagają się ruch dipoli, rosną straty i $\operatorname{tg} \sigma$. Przy dalszym zwiększaniu temperatury zmniejsza się lepkość, zmniejszając opory stawiane obrotom dipoli - $\operatorname{tg} \sigma$ maleje. Zwiększanie $\operatorname{tg} \sigma$ przy silniejszym nagrzewaniu dielektryka związane jest ze zmniejszeniem się ρ_s i wynikającym stąd zwiększaniem prądu upływu.

2. Właściwości dielektryczne izolacji

W czasie pomiaru rezystancji izolacji napięciem stałym, w izolacji zachodzą zjawiska fizyczne, w wyniku których następuje przepływ prądu. Całkowity prąd płynący przez izolację (Rys 4. oznaczenie 3.) jest sumą trzech prądów składowych, wynikających z przyłożenia napięcia stałego (U):



Rys. 4. Prądy płynące przez izolację przewodu po przyłożeniu napięcia: 1- prąd przewodzenia (upływności); 2- prąd ładowania; 3- prąd całkowity; 4- prąd absorpcji.

W dielektrykach stałych rozróżnia się cztery mechanizmy przebicia:

- a) elektryczny,
- b) jonizacyjny,
- c) cieplny,
- d) chemiczny.

Mechanizmem czysto elektrycznym określa się zespół zjawisk składających się na przebicie uwarunkowane mikrostrukturą materiału, a więc np. strukturą wiązań, dyslokacjami, zanieczyszczeniami śladowymi itp. i nie zapoczątkowanych efektami cieplnymi wywołanymi przez straty dielektryczne. Mechanizm elektryczny występuje przy bardzo krótkich (μs , ns) czasach doprowadzenia napięcia w dielektrykach o regularnej budowie. Określana w ten sposób wytrzymałość nosi nazwę wytrzymałości istotnej. W praktyce mechanizm elektryczny jest jednym z elementów składowych złożonego przebicia jonizacyjnego.

Mechanizmem jonizacyjnym określa się zespół zjawisk, w których fazą decydującą o zapoczątkowaniu przebicia dielektryka jest wyładowanie niezupełne. Mechanizm ten jest wywołany niejednorodnościami materiału typu makroskopowego (np. wtrąciny gazowe). Rozwój kanału wyładowania nosi

charakter procesu kumulacyjnego. Objawem tego mechanizmu, zwłaszcza w jego początkowej fazie jest bardzo często tworzenie się kanałów rozgałęzionych, upodobniających się w swym kształcie do drzewa (wyładowania drzewiaste – treeing proces). Rozwojowi mechanizmu jonizacyjnego, oprócz obecności wtrącin gazowych, sprzyjają wszelkie makro nieciągłości struktury, w tym zanieczyszczenia wywołujące duże lokalne natężenia pola elektrycznego, duże naprężenia mechaniczne zapoczątkowujące mikropęknięcia itp. Dużą rolę może również odgrywać ładunek przestrzenny powstały w wyniku polaryzacji makroskopowej lub wskutek wyładowań niezupełnych, bądź też wstrzyknięty od strony elektrod lub wtrącin mających właściwości emisji ładunków. Wytrzymałość dielektryczna uwarunkowana mechanizmem jonizacyjnym zmniejsza się wraz ze wzrostem odległości pomiędzy elektrodami. Mechanizm jonizacyjny jest najczęściej spotykanym rodzajem przebicia wolno się rozwijającego, występującego w warunkach pracy urządzeń elektrycznych.

Mechanizm cieplny występuje, gdy w dielektryku następuje zachwianie równowagi między ciepłem wynikającym ze strat dielektrycznych a ciepłem odprowadzanym. Czynnikiem decydującym o występowaniu tego mechanizmu jest wartość współczynnika strat dielektrycznych $\tan \delta$ oraz jego zależność od temperatury. Przebicie cieplne nie występuje zazwyczaj przy krótkotrwałych próbach napięciowych materiałów elektroizolacyjnych.

Mechanizm chemiczny przebicia występuje zazwyczaj w materiałach poddanych długotrwałemu działaniu wilgoci przy doprowadzonym napięciu, pod wpływem procesów elektrolitycznych prowadzących do wytworzenia się w materiale ścieżek przewodzących. Przebicie to należy na ogół do rozwijających się bardzo wolno. Występuje niekiedy po kilku latach ekspozycji dielektryka na działanie np. wilgoci atmosferycznej.

3. Pomiar rezystancji izolacji

Pomiar rezystancji izolacji przewodu elektrycznego wykonuje się prądem stałym, aby wyeliminować wpływ pojemności na wynik pomiaru (Rys. 5).

Odczyt zmierzonej wartości rezystancji izolacji w miernikach analogowych następuje po ustaleniu się wskazania (tj. po ok. 30 sekundach do 1 minuty).

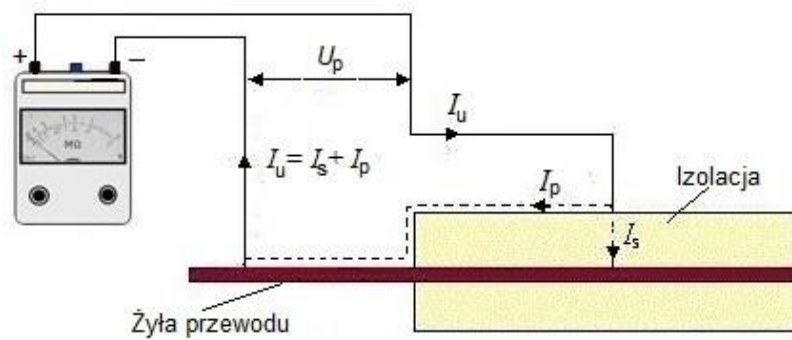
W czasie pomiaru megaomomierz mierzy natężenie prądu płynącego przez układ izolacyjny pod wpływem przyłożonego napięcia stałego.

Wartość zmierzonej rezystancji izolacji odczytuje się na skali przyrządu opisanej w $M\Omega$. Wymagana dokładność pomiaru rezystancji izolacji wynosi do 20%.

W przebiegu pomiaru rezystancji izolacji występuje prąd przewodzenia (upływności) I_u , który składa się z dwóch składowych:

- a) prądu I_s płynącego przez izolację (upływność skrośna),
- b) prądu I_p płynącego po powierzchni izolacji (upływność powierzchniowa).

Prądy składowe I_s i I_p prądu przewodzenia (upływności I_u) są połączone i mierzone łącznie przez megaomomierz (Rys.5).



Rys. 5. Pomiar rezystancji izolacji odcinka przewodu elektrycznego.

Oznaczenia: I_u – prąd przewodzenia (upływu), I_s – prąd płynący przez izolację (upływność skrośna), I_p – prąd płynący po powierzchni izolacji (upływność powierzchniowa), U_p – napięcie pomiarowe stałe.

Napięcie stałe o pomijalnym tętnieniu, w stanie jałowym $U_o \leq 1,5 U_n$;

gdzie:

U_n – nominalne napięcie wyjściowe.

Prąd $I_n \geq 1 \text{ mA}$ ($I_{\text{max}} \leq 1,5 \text{ mA}$).

Pomiar rezystancji izolacji odcinka przewodu elektrycznego przedstawia rysunek 5. Pomiary rezystancji izolacji poszczególnych obwodów instalacji elektrycznej należy wykonywać od strony zasilania, po wyłączeniu napięcia zasilania i po odłączeniu odbiorników oraz zapewnieniu skutecznej ochrony przed możliwością przypadkowego, ponownego włączenia napięcia zasilającego.

W normie PN-HD 60364-6:2016-07 określone zostały najmniejsze dopuszczalne wartości rezystancji izolacji pojedynczego obwodu instalacji elektrycznej (odbiorczego z odłączonymi odbiornikami albo rozdzielczego począwszy od złącza). Napięcie pomiarowe powinno być napięciem stałym o pomijalnym tętnieniu, aby wyeliminować wpływ pojemności na wynik pomiaru.

W tabeli 1 podano najmniejsze dopuszczalne wartości rezystancji izolacji przewodów instalacji elektrycznej dla obwodu o określonym napięciu znamionowym i wymaganym napięciu pomiarowym.

Tabela 1.

Napięcie nominalne obwodu [V]	Napięcie probiercze D.C. [V]	Rezystancja izolacji [MΩ]
SELV, PELV	250	0,5
do 500V włącznie, w tym FELV	500	1
powyżej 500V	1000	1

Rezystancja izolacji mierzona przy napięciu pomiarowym d.c. o wartościach podanych w tablicy 6.1. jest zadowalająca, jeżeli jej wartość dla rozdzielnic

głównej oraz każdego obwodu z odłączonymi odbiornikami, jest nie mniejsza niż odpowiednia wartość podana w tablicy 1.

Jeżeli zmierzona wartość rezystancji izolacji jest mniejsza niż określona w tablicy 1., instalację należy podzielić na szereg grup obwodów, i drogą kolejnych prób zmierzyć izolację każdej grupy.

4. Metody pomiaru parametrów izolacji przewodowej

W ćwiczeniu do pomiaru parametrów izolacji przewodowej zastosowano: indukcyjny miernik rezystancji typu IMI, miernik parametrów instalacji typ MPI-525, oraz miernik parametrów izolacji typ IDP-10.

4.1. Indukcyjny miernik rezystancji typu IMI

Do pomiarów rezystancji izolacji, urządzeń elektrycznych oraz instalacji elektroenergetycznych wymagających napięcia pomiarowego 2500V, służą mierniki typu IMI-413Z. Mają one dwa zakresy pomiarowe, wybierane przełącznikiem obrotowym. Dzięki temu, że nie potrzebują zewnętrznego źródła zasilania oraz łatwej i bezpiecznej obsłudze, są łatwe w obsłudze i odporne na uszkodzenia.

ZASADY BEZPIECZNEGO UŻYTKOWANIA

Przed przystąpieniem do korzystania z miernika, użytkownik MUSI przeczytać wszystkie ostrzeżenia i instrukcje obsługi. Ostrzeżenia i zapisy instrukcji muszą być bezwzględnie przestrzegane podczas używania miernika.

Inne zastosowanie miernika niż podane w instrukcji może spowodować jego uszkodzenie lub być zagrożeniem dla użytkownika.

Zabrania się dotykać elementów metalowych badanego obwodu, metalowych części instalacji lub badanego obiektu podczas czynności związanych z wykonywaniem pomiaru.

Miernik oraz osprzęt dodatkowy taki, jak przewody i końcówki pomiarowe, nie mogą być użytkowane, jeżeli jakieś ich elementy są uszkodzone.

Podczas pomiaru należy stosować poniższe zasady:

- Podłączanie przewodów innych niż tych dostarczonych przez producenta, nie dostosowanych do wysokiego napięcia, grozi porażeniem.
- Miernik nie może być pozostawiony bez dozoru, jeśli jest podłączony do badanego obwodu.
- Miernik nie może być przechowywany zbyt długo w złych warunkach (np. zawilgocenie, zapylenie).
- Nie należy używać miernika, który był przechowywany w niskiej temperaturze, zaraz po wniesieniu go do pomieszczenia o stosunkowo dużo wyższej temperaturze. Skondensowana para wodna może uszkodzić miernik lub wynik pomiaru może zostać obciążony dodatkowym błędem.
- Przy pomiarach związanych z ochroną przeciwporażeniową, osoba wykonująca pomiary powinna być odpowiednio wykwalifikowana.
- Osoba wykonująca pomiary powinna posiadać całkowitą pewność, co do sprawności używanego miernika. Pomiary wykonane niesprawnym miernikiem mogą przyczynić się do błędnej oceny wyników pomiarów,
- Przed wykonywaniem pomiarów rezystancji izolacji, badany obwód musi być odłączony od napięcia.
- • Po wykonanych pomiarach, należy pozwolić na rozładowanie się obwodów pojemnościowych przed odłączeniem przewodów pomiarowych.
- Niedopuszczalne jest odłączanie przewodów pomiarowych przed zakończeniem pomiaru.
- Należy dopilnować, aby nie stykały się ze sobą przewody pomiarowe i krokodylki, gdy wykonujemy pomiary. Na skutek przepływu prądów powierzchniowych wynik pomiaru może zostać obciążony dodatkowym błędem.

Cechy charakterystyczne miernika:

Zasada pomiaru oparta jest na działaniu omomierza szeregowego z magnetoelektrycznym mechanizmem pomiarowym. Układ pomiarowy zasilany jest za pomocą ręcznie napędzanej prądnicy.

Duża moc prądnicy, umożliwia pomiar izolacji długich linii kablowych.

Dwa zakresy pomiarowe, wybierane przełącznikiem obrotowym.

Induktorowy miernik rezystancji izolacji IMI-413Z, jest przeznaczony do bezpośredniego pomiaru rezystancji izolacji urządzeń elektrycznych oraz linii kablowych przy napięciu pomiarowym 2500V. Układ pomiarowy zasilany jest prądem stałym, z wbudowanej prądnicy napędzanej ręcznie. Dzięki temu, miernik ten nie wymaga innych źródeł energii i dlatego jest zawsze gotowy do użytku. Wskazania miernika nie zależą od prędkości obrotowej korbki prądnicy, gdyż wyposażono go w mechaniczny stabilizator obrotów. Duża moc prądnicy, umożliwia pomiar rezystancji izolacji długich linii kablowych, gdzie układy elektryczne żyła — izolacja lub żyła — żyła, mają znaczną pojemność elektryczną, która ładuje się kosztem energii ze źródła zasilania. Czas ładowania układu o pojemności 1 μ F wynosi zaledwie 20 do 30 sekund. Praktycznie oznacza to, że przy pomiarach tak specyficznych układów elektrycznych, można po upływie 30 sekund od momentu rozpoczęcia pomiaru, dokonać prawidłowego odczytu wyniku z podziałki miernika.

Aby wyeliminować wpływ zmian wielkości środowiskowych, na przykład temperatury, na wskazania miernika, wyposażono go w specjalne pokrętło, którym w razie potrzeby można przed pomiarem dokonać niezbędnej korekcji. Miernik ma dwa zakresy pomiarowe, wybierane przełącznikiem obrotowym. Ponadto, wyposażono go w specjalny uchwyt i futerał, umożliwiając wygodne przenoszenie.

Wykonanie pomiaru:

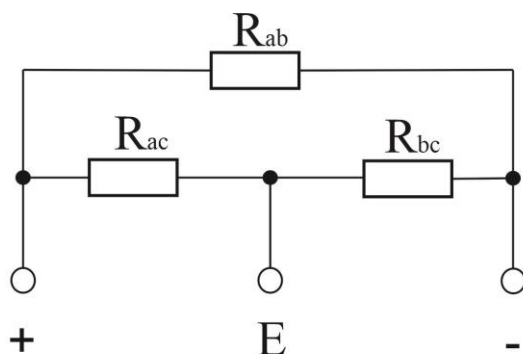
1. Przed przystąpieniem do pomiarów, należy upewnić się czy badany obiekt

został odłączony od napięcia.

2. Sprawdzić, czy wskazówka pokrywa się z kreską oznaczona symbolem ∞ .
W razie potrzeby wyregulować jej położenie za pomocą nastawki oznaczonej symbolem „ ”.
3. Ustawić przełącznik w położeniu „300”, następnie zewrzeć przewodem gniazdo „+” i gniazdo „-”. Obracając korbkę prądnicy ze stałą prędkością (~160obr/min), sprawdzić czy wskazówka pokrywa się z kreską oznaczona „0”. W razie potrzeby, wyregulować położenie wskazówki przez obrót gałki potencjometru oznaczonej symbolem „0”.
4. Rozewrzeć gniazdo „+” i gniazdo „-”.

Pomiar rezystancji izolacji:

Pomiar rezystancji izolacji między żyłami kabla, dokonuje się jak w dołączając żyły do skrajnych gniazd miernika. Przy pomiarze rezystancji izolacji, między żyłą, a izolacją mogą wystąpić upływowe prądy powierzchniowe, powodujące dodatkowy błąd. Dla uniknięcia tego błędu, należy usunąć izolację kabla na odcinku około 5 cm, a zdjętą izolację owinać przewodzącą folią (lub odizolowanym drutem) i połączyć z gniazdem oznaczonym „E”, za pomocą przewodu pomiarowego z izolowanym uchwytem szczękowym (krokodylkiem). Skrajne gniazda miernika, należy połączyć jeden z żyłą kabla, a drugi z izolacją.



Rys. 6. Schemat zastępczy układu służącego do pomiaru rezystancji izolacji kabli.

gdzie:

R_{ab} – mierzona rezystancja izolacji kabla,

R_{ac} , R_{bc} – rezystancje upływnościowe kabla powodujące dodatkowy błąd pomiaru.

Gdy wartości rezystancji upływ ościowych R_{ac} i R_{bc} nie są mniejsze niż $250M\Omega$, to błąd dodatkowy pomiaru, wyznaczony w warunkach odniesienia, przy pomiarze rezystancji R_{ab} nie przekracza: $\pm 10\%$ wartości wskazywanej w zakresie pomiarowym $\pm 1,5\%$ długości podziałki poza zakresem pomiarowym.

Rezystancje upływnościowe R_{ac} i R_{bc} kabla, można zmierzyć dołączając do jednego skrajnego gniazda przewód, owinięty na izolacji kabla, a do drugiego kolejno - żyłę i izolację.

Przy pomiarze rezystancji izolacji kabla, następuje ładowanie jego pojemności, co powoduje przedłużenie czasu ustalenia położenia wskazówki. Czas ustalania położenia wskazówki dla kabla o pojemności $1\mu F$ wynosi około 30s.

Po wykonaniu pomiaru należy kabel rozładować.

4.2. Pomiar parametrów izolacji przewodowej miernikiem MPI-525

Sposób pomiaru przedstawiony jest na stronach 30 – 33 w załączonej instrukcji obsługi miernika MPI-525.

4.3. Pomiar parametrów izolacji przewodowej miernikiem IDP-10

Instruktażu obsługi dokona prowadzący zajęcia.

PROTOKÓŁ POMIAROWY

WOJSKOWA AKADEMIA TECHNICZNA
WYDZIAŁ ELEKTRONIKI

LABORATORIUM PODSTAW TECHNIKI WYSOKICH NAPIĘĆ			
Gr.		Numer ćwiczenia	
Lp.	Nazwisko i imię	Data wykonania ćwiczenia	
1.	Prowadzący ćwiczenie	
2.		
3.		
4.		
5.		
		Podpis	
Temat	Badanie właściwości dielektrycznych izolacji przewodowej.		

1. KABEL nr 1

1.1. Pomiar parametrów izolacji przewodowej miernikiem IMI

Dla kabli wskazanych przez prowadzącego zajęcia wykonać pomiary rezystancji izolacji i określić błąd pomiaru. Do określenia błędu pomiaru wykorzystać kartę katalogową miernika zawartą w instrukcji obsługi.

TYP:

Oznaczenia kolorów przewodów:

1 -

2 -

3 -

4 -

5 -

Napięcie probiercze: kV.

Lp.	R ₁₋₂	R ₁₋₃	R ₁₋₄	R ₁₋₅	R ₂₋₃	R ₂₋₄	R ₂₋₅	R ₃₋₄	R ₃₋₅	R ₄₋₅
	[.....Ω]	[.....Ω]	[.....Ω]	[.....Ω]	[.....Ω]	[.....Ω]	[.....Ω]	[.....Ω]	[.....Ω]	[.....Ω]
1										
2										
3										
R _{śred.}										

Napięcie probiercze: kV.

Lp.	R ₁₋₂	R ₁₋₃	R ₁₋₄	R ₁₋₅	R ₂₋₃	R ₂₋₄	R ₂₋₅	R ₃₋₄	R ₃₋₅	R ₄₋₅
	[.....Ω]	[.....Ω]	[.....Ω]	[.....Ω]	[.....Ω]	[.....Ω]	[.....Ω]	[.....Ω]	[.....Ω]	[.....Ω]
1										
2										
3										
R _{śred.}										

Wykonać:

1. Charakterystykę $R_{x-y} = f(U_{pr})$ dla wszystkich badanych par żył roboczych dla poszczególnych napięć probierczych.
2. Przeprowadzić dyskusję dotyczącą otrzymanych wyników.

1.2. Pomiar rezystancji izolacji miernikiem MPI-525

Czas pomiaru:[s]

a) Napięcie probiercze: kV.

Lp.	R ₁₋₂	R ₁₋₃	R ₁₋₄	R ₁₋₅	R ₂₋₃	R ₂₋₄	R ₂₋₅	R ₃₋₄	R ₃₋₅	R ₄₋₅
	[.....Ω]	[.....Ω]	[.....Ω]	[.....Ω]	[.....Ω]	[.....Ω]	[.....Ω]	[.....Ω]	[.....Ω]	[.....Ω]
1										
2										
3										
R _{śred.}										

b) Napięcie probiercze: kV.

Lp.	R ₁₋₂	R ₁₋₃	R ₁₋₄	R ₁₋₅	R ₂₋₃	R ₂₋₄	R ₂₋₅	R ₃₋₄	R ₃₋₅	R ₄₋₅
	[.....Ω]	[.....Ω]	[.....Ω]	[.....Ω]	[.....Ω]	[.....Ω]	[.....Ω]	[.....Ω]	[.....Ω]	[.....Ω]
1										
2										
3										
R _{śred.}										

Wykonać:

- Charakterystykę $R_{x-y} = f(U_{pr})$ dla wszystkich badanych par żył roboczych dla poszczególnych napięć probierczych.
- Przeprowadzić dyskusję dotyczącą otrzymanych wyników.

1.3. Pomiar parametrów izolacji przewodowej miernikiem IDP-10.

a) Napięcie probiercze: kV.

Lp.	R ₁₋₂	R ₁₋₃	R ₁₋₄	R ₁₋₅	R ₂₋₃	R ₂₋₄	R ₂₋₅	R ₃₋₄	R ₃₋₅	R ₄₋₅
	[...Ω]	[...Ω]	[...Ω]	[...Ω]	[...Ω]	[...Ω]	[...Ω]	[...Ω]	[...Ω]	[...Ω]
tg δ										
C [...F]										

b) Napięcie probiercze: kV.

Lp.	R ₁₋₂	R ₁₋₃	R ₁₋₄	R ₁₋₅	R ₂₋₃	R ₂₋₄	R ₂₋₅	R ₃₋₄	R ₃₋₅	R ₄₋₅
	[...Ω]	[...Ω]	[...Ω]	[...Ω]	[...Ω]	[...Ω]	[...Ω]	[...Ω]	[...Ω]	[...Ω]
tg δ										
C [...F]										

c) Napięcie probiercze: kV.

Lp.	R ₁₋₂	R ₁₋₃	R ₁₋₄	R ₁₋₅	R ₂₋₃	R ₂₋₄	R ₂₋₅	R ₃₋₄	R ₃₋₅	R ₄₋₅
	[...Ω]	[...Ω]	[...Ω]	[...Ω]	[...Ω]	[...Ω]	[...Ω]	[...Ω]	[...Ω]	[...Ω]
tg δ										
C [...F]										

Wykonać:

1. Charakterystykę $R_{x-y} = f(U_{pr})$ dla każdej z par badanych żył.
2. Charakterystykę $tg \delta = f(U_{pr})$ dla każdej z par badanych żył.
3. Charakterystykę $C = f(U_{pr})$ dla każdej z par badanych żył.
4. Sprawdzić obliczeniowo pomiar tangensa stratności dielektrycznej dla każdej z badanych żył dla poszczególnych napięć probierczych. Wyniki zebrać w tabeli.
5. Obliczyć błąd względny dla obliczonych i zmierzonych $tg \delta$ dla poszczególnych napięć probierczych. Skorzystać z zależności:

$$tg \sigma = \frac{1}{2\pi fCR}$$

6. Przeprowadzić dyskusję dotyczącą otrzymanych wyników i charakterystyk.

2. Kabel nr 2

2.1. Pomiar rezystancji izolacji miernikiem IMI

Dla zadanych przez prowadzącego napięć probierczych należy wykonać serię trzech pomiarów dla każdego układu żył oraz obliczyć niepewność podstawowa wskazania dla obliczonej rezystancji średniej. Dane do obliczeń niepewności zawarte są w tabelach na stronach 59, 60 instrukcji obsługi miernika.

Kabel nr 1, typ:

Napięcie probiercze U_{p1} : kV.

Lp.	R_{1-2}	R_{1-3}	R_{1-4}	R_{2-3}	R_{2-4}	R_{3-4}
	[..... Ω]	[..... Ω]	[..... Ω]	[..... Ω]	[..... Ω]	[..... Ω]
1						
2						
3						
$R_{\text{śred.}}$						

Napięcie probiercze U_{p2} : kV.

Lp.	R_{1-2}	R_{1-3}	R_{1-4}	R_{2-3}	R_{2-4}	R_{3-4}
	[..... Ω]	[..... Ω]	[..... Ω]	[..... Ω]	[..... Ω]	[..... Ω]
1						
2						
3						
$R_{\text{śred.}}$						

Wykonać:

- d) Charakterystykę $R_{x-y} = f(U_{pr})$ dla wszystkich badanych par żył roboczych dla poszczególnych napięć probierczych.
- e) Przeprowadzić dyskusję dotyczącą otrzymanych wyników.

2.2. Pomiar rezystancji izolacji miernikiem MPI-525

Napięcie probiercze U_{p1} : kV.

Lp.	R_{1-2}	R_{1-3}	R_{1-4}	R_{2-3}	R_{2-4}	R_{3-4}
	[..... Ω]	[..... Ω]	[..... Ω]	[..... Ω]	[..... Ω]	[..... Ω]
1						
2						
3						
$R_{\text{śred.}}$						

Napięcie probiercze U_{p2} : kV.

Lp.	R_{1-2}	R_{1-3}	R_{1-4}	R_{2-3}	R_{2-4}	R_{3-4}
	[..... Ω]	[..... Ω]	[..... Ω]	[..... Ω]	[..... Ω]	[..... Ω]
1						
2						
3						
$R_{\text{śred.}}$						

Napięcie probiercze U_{p3} : kV.

Lp.	R_{1-2}	R_{1-3}	R_{1-4}	R_{2-3}	R_{2-4}	R_{3-4}
	[..... Ω]	[..... Ω]	[..... Ω]	[..... Ω]	[..... Ω]	[..... Ω]
1						
2						
3						
$R_{\text{śred.}}$						

Wykonać:

- f) Charakterystykę $R_{x-y} = f(U_{pr})$ dla wszystkich badanych par żył roboczych dla poszczególnych napięć probierczych.
- g) Przeprowadzić dyskusję dotyczącą otrzymanych wyników.

2.3. Pomiar parametrów izolacji przewodowej miernikiem IDP-10.

a) Napięcie probiercze: kV.

Lp.	R ₁₋₂	R ₁₋₃	R ₁₋₄	R ₂₋₃	R ₂₋₄	R ₃₋₄
	[...Ω]	[...Ω]	[...Ω]			
tg δ						
C [...F]						

b) Napięcie probiercze: kV.

Lp.	R ₁₋₂	R ₁₋₃	R ₁₋₄	R ₂₋₃	R ₂₋₄	R ₃₋₄
	[...Ω]	[...Ω]	[...Ω]			
tg δ						
C [...F]						

c) Napięcie probiercze

Lp.	R ₁₋₂	R ₁₋₃	R ₁₋₄	R ₂₋₃	R ₂₋₄	R ₃₋₄
	[...Ω]	[...Ω]	[...Ω]			
tg δ						
C [...F]						

Wykonać:

- h) Charakterystykę $R_{x-y} = f(U_{pr})$ dla każdej z par badanych żył.
- i) Charakterystykę $tg \delta = f(U_{pr})$ dla każdej z par badanych żył.
- j) Charakterystykę $C = f(U_{pr})$ dla każdej z par badanych żył.
- k) Sprawdzić obliczeniowo pomiar tangensa stratności dielektrycznej dla każdej z badanych żył dla poszczególnych napięć probierczych. Wyniki zebrać w tabeli.
- l) Obliczyć błąd względny dla obliczonych i zmierzonych $tg \delta$ dla poszczególnych napięć probierczych. Skorzystać z zależności:

$$tg \sigma = \frac{1}{2\pi fCR}$$

- m) Przeprowadzić dyskusję dotyczącą otrzymanych wyników i charakterystyk.

3. KABEL nr 3

3.1. Pomiar parametrów izolacji przewodowej miernikiem IMI

Dla kabli wskazanych przez prowadzącego zajęcia wykonać pomiary rezystancji izolacji i określić błąd pomiaru. Do określenia błędu pomiaru wykorzystać kartę katalogową miernika zawartą w instrukcji obsługi.

TYP:

Oznaczenia kolorów przewodów:

1 -

2 -

3 -

Napięcie probiercze: kV.

Lp.	R ₁₋₂	R ₁₋₃	R ₁₋₄	R ₂₋₃
	[.....Ω]	[.....Ω]	[.....Ω]	[.....Ω]
1				
2				
3				
R _{śred.}				

Napięcie probiercze: kV.

Lp.	R ₁₋₂	R ₁₋₃	R ₁₋₄	R ₂₋₃
	[.....Ω]	[.....Ω]	[.....Ω]	[.....Ω]
1				
2				
3				
R _{śred.}				

Wykonać:

1. Charakterystyki $R_{x-y} = f(U_{pr})$ dla wszystkich badanych par żył roboczych dla poszczególnych napięć probierczych.
2. Przeprowadzić dyskusję dotyczącą otrzymanych wyników.

3.2. Pomiar rezystancji izolacji miernikiem MPI-525

Czas pomiaru:[s]

a) Napięcie probiercze: kV.

Lp.	R ₁₋₂	R ₁₋₃	R ₂₋₃
	[.....Ω]	[.....Ω]	[.....Ω]
1			
2			
3			
R _{śred.}			

b) Napięcie probiercze: kV.

Lp.	R ₁₋₂	R ₁₋₃	R ₂₋₃
	[.....Ω]	[.....Ω]	[.....Ω]
1			
2			
3			
R _{śred.}			

n) Napięcie probiercze: kV.

Lp.	R ₁₋₂	R ₁₋₃	R ₂₋₃
	[.....Ω]	[.....Ω]	[.....Ω]
1			
2			
3			
R _{śred.}			

Wykonać:

- Charakterystyki $R_{x-y} = f(U_{pr})$ dla wszystkich badanych par żył roboczych dla poszczególnych napięć probierczych.
- Przeprowadzić dyskusję dotyczącą otrzymanych wyników.

3.3. Pomiar parametrów izolacji przewodowej miernikiem IDP-10.

d) Napięcie probiercze: kV.

Lp.	R ₁₋₂	R ₁₋₃	R ₂₋₃
	[...Ω]	[...Ω]	[...Ω]
tg δ			
C [...F]			

e) Napięcie probiercze: kV.

Lp.	R ₁₋₂	R ₁₋₃	R ₁₋₄	R ₂₋₃
	[...Ω]	[...Ω]	[...Ω]	[...Ω]
tg δ				
C [...F]				

f) Napięcie probiercze: kV.

Lp.	R ₁₋₂	R ₁₋₃	R ₁₋₄	R ₂₋₃
	[...Ω]	[...Ω]	[...Ω]	[...Ω]
tg δ				
C [...F]				

Wykonać:

1. Charakterystykę $R_{x-y} = f(U_{pr})$ dla każdej z par badanych żył.
2. Charakterystykę $tg \delta = f(U_{pr})$ dla każdej z par badanych żył.
3. Charakterystykę $C = f(U_{pr})$ dla każdej z par badanych żył.
4. Sprawdzić obliczeniowo pomiar tangensa stratności dielektrycznej dla każdej z badanych żył dla poszczególnych napięć probierczych. Wyniki zebrać w tabeli.
5. Obliczyć błąd względny dla obliczonych i zmierzonych $tg \delta$ dla poszczególnych napięć probierczych. Skorzystać z zależności:

$$tg \sigma = \frac{1}{2\pi fCR}$$

6. Przeprowadzić dyskusję dotyczącą otrzymanych wyników i charakterystyk.

4. KABEL nr 4

4.1. Pomiar parametrów izolacji przewodowej miernikiem IMI

Dla kabli wskazanych przez prowadzącego zajęcia wykonać pomiary rezystancji izolacji i określić błąd pomiaru. Do określenia błędu pomiaru wykorzystać kartę katalogową miernika zawartą w instrukcji obsługi.

Oznaczenia:

1 – żyła przewodząca

ŻP – żyła powrotna

E - ekran

a) Napięcie probiercze: kV

Lp.	$R_{1-ŻP}$ [..... Ω]	R_{1-E} [..... Ω]	$R_{ŻP-E}$ [..... Ω]
1			

b) Napięcie probiercze: kV

Lp.	$R_{1-ŻP}$ [..... Ω]	R_{1-E} [..... Ω]	$R_{ŻP-E}$ [..... Ω]
1			

c) Napięcie probiercze: kV

Lp.	$R_{1-ŻP}$ [..... Ω]	R_{1-E} [..... Ω]	$R_{ŻP-E}$ [..... Ω]
1			

4.2. Pomiar rezystancji izolacji miernikiem MPI-525

Dla zadanych przez prowadzącego napięć probierczych należy wykonać serię trzech pomiarów dla każdego układu żył oraz obliczyć niepewność podstawowa wskazania dla obliczonej rezystancji średniej. Dane do obliczeń niepewności zawarte są w tabelach na stronach 59, 60 instrukcji obsługi miernika.

Typ:

Napięcie probiercze U_{p1} : kV.

Lp.	R_{1-2}	R_{1-3}	R_{1-4}	R_{2-3}	R_{2-4}	R_{3-4}
	[..... Ω]	[..... Ω]	[..... Ω]	[..... Ω]	[..... Ω]	[..... Ω]
1						
2						
3						
$R_{\text{śred.}}$						

Napięcie probiercze U_{p2} : kV.

Lp.	R_{1-2}	R_{1-3}	R_{1-4}	R_{2-3}	R_{2-4}	R_{3-4}
	[..... Ω]	[..... Ω]	[..... Ω]	[..... Ω]	[..... Ω]	[..... Ω]
1						
2						
3						
$R_{\text{śred.}}$						

Napięcie probiercze U_{p3} : kV.

Lp.	R_{1-2}	R_{1-3}	R_{1-4}	R_{2-3}	R_{2-4}	R_{3-4}
	[..... Ω]	[..... Ω]	[..... Ω]	[..... Ω]	[..... Ω]	[..... Ω]
1						
2						
3						
$R_{\text{śred.}}$						

4.3. Pomiar parametrów izolacji przewodowej miernikiem IDP-10.

a) Napięcie probiercze: kV

Lp.	$R_{1-\dot{Z}P} [\dots \Omega]$	$R_{1-E} [\dots \Omega]$	$R_{\dot{Z}P-E} [\dots \Omega]$
tg δ			
C [... F]			

b) Napięcie probiercze: kV

Lp.	$R_{1-\dot{Z}P} [\dots \Omega]$	$R_{1-E} [\dots \Omega]$	$R_{\dot{Z}P-E} [\dots \Omega]$
tg δ			
C [... F]			

c) Napięcie probiercze: kV

Lp.	$R_{1-\dot{Z}P} [\dots \Omega]$	$R_{1-E} [\dots \Omega]$	$R_{\dot{Z}P-E} [\dots \Omega]$
tg δ			
C [... F]			

Wykonać:

- Charakterystykę $R_{x-y} = f(U_{pr})$ dla każdej z par badanych żył.
- Charakterystykę $tg \delta = f(U_{pr})$ dla każdej z par badanych żył.
- Charakterystykę $C = f(U_{pr})$ dla każdej z par badanych żył.
- Sprawdzić obliczeniowo pomiar tangensa stratności dielektrycznej dla każdej z badanych żył dla poszczególnych napięć probierczych. Wyniki zebrać w tabeli.
- Obliczyć błąd względny dla obliczonych i zmierzonych tg δ dla poszczególnych napięć probierczych. Skorzystać z zależności:

$$tg \sigma = \frac{1}{2\pi fCR}$$

- Przeprowadzić dyskusję dotyczącą otrzymanych wyników i charakterystyk.