

7. BADANIE WSPÓŁCZYNNIKA STRAT I PRZENIKALNOŚCI ELEKTRYCZNEJ DIELEKTRYKÓW ZA POMOCĄ MOSTKA SCHERINGA

7.1. Wprowadzenie

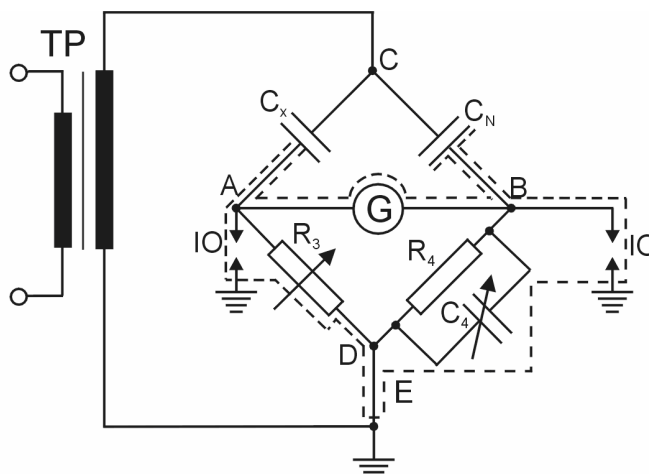
Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z jedną z metod pomiaru współczynnika strat i przenikalności elektrycznej względnej materiałów elektroizolacyjnych stałych z wykorzystaniem układów mostkowych (wysokonapięciowy mostek Scheringa). Podczas ćwiczenia studenci dokonują pomiaru współczynnika strat i przenikalności elektrycznej kilku próbek materiałów izolacyjnych – ceramicznych i organicznych. Pomiar przeprowadza się w oparciu o Polską Normę - PN-86/E-04403: Materiały elektroizolacyjne stałe. Metody pomiaru przenikalności elektrycznej i współczynnika strat dielektrycznych.

W celu poprawnego wykonania ćwiczenia należy zapoznać się z następującymi zagadnieniami przed przystąpieniem do ćwiczenia:

- pojęcie i rodzaje materiałów elektroizolacyjnych,
- materiały elektroizolacyjne stałe najczęściej wykorzystywane w elektrotechnice,
- definicje parametrów opisujących właściwości materiałów elektroizolacyjnych stałych,
- metody mostkowe stosowane przy pomiarach parametrów charakteryzujących właściwości dielektryków (przenikalność elektryczna ϵ , współczynnik strat dielektrycznych $\text{tg}\delta$),
- idea metody i warunek równowagi mostka Scheringa (równania w postaci zespolonej).

Do pomiaru zarówno współczynnika strat dielektrycznych, jak i przenikalności elektrycznej w zakresie od 20 Hz do 1 MHz stosuje się metody mostkowe.

Jedną z klasycznych metod mostkowych jest mostek Scheringa (rys.7.1.)



Rys.7.1. Podstawowy schemat układu mostka Scheringa

Zawiera on dwie gałęzie wysokiego napięcia. Jedną z nich to próbka przedstawiona za pomocą szeregowego układu zastępczego (C_x , R_x), natomiast C_N przedstawia bezstratny kondensator wzorcowy z pomijalnymi stratami (jest to przeważnie kondensator powietrzny lub próżniowy). Dla szeregowego układu zastępczego kondensatora rzeczywistego można określić zależność pomiędzy współczynnikiem strat dielektrycznych, a pojemnością C i rezystancją R . Zależność ta określona jest wzorem:

$$\operatorname{tg} \delta = R \omega C \quad (7.1)$$

Z teorii mostka dla prądu przemiennego wynika, że sposób przedstawiania kondensatora ze stratami za pomocą układu szeregowego lub równoległego nie wpływa na wynik pomiaru. Dwie gałęzie niskonapięciowe mostka stanowią regulowany opornik R_3 oraz układ równoległy opornika R_4 i zmiennego kondensatora C_4 o bardzo małych stratach. Prawie całe wysokie napięcie przypada na gałęzie C_x i C_N , natomiast elementy R_3 , R_4 i C_4 mają niskie napięcie względem ziemi.

Warunek równowagi mostka Scheringa jest następujący:

$$\underline{Z}_N \underline{Z}_3 = \underline{Z}_x \underline{Z}_4 \quad (7.2)$$

tzn. iloczyny impedancji ramion mostka leżących naprzeciw siebie mają być sobie równe.

Po podstawieniu odpowiednich impedancji otrzymujemy:

$$\frac{1}{j\omega C_N} R_3 = \left(R_x + \frac{1}{j\omega C_x} \right) \left(\frac{1}{R_4} + j\omega C_4 \right) \quad (7.3)$$

Po porównaniu ze sobą części rzeczywistych i urojonych otrzymujemy relacje:

$$R_x = R_3 \frac{C_4}{C_N} \quad (7.4)$$

oraz

$$C_x = C_N \frac{R_4}{R_3} \quad (7.5)$$

Współczynnik strat próbki wynosi:

$$\operatorname{tg} \delta = \omega R_4 C_4 \quad (7.6)$$

Stan równowagi osiąga się przez regulację R_3 oraz kondensatora C_4 .

Zwykle w mostkach wysokonapięciowych rezystancję R_4 przyjmuje się równą $\frac{10000}{\pi}$

i wówczas dla częstotliwości 50 Hz $\operatorname{tg} \delta$ jest równy liczbowo pojemności C_4 w μF .

Pomiary wykonane mostkiem Scheringa są obarczone uchybem powstającym wskutek istnienia pojemności pasożytniczych gałęzi mostka oraz sprzężeń magnetycznych poszczególnych gałęzi. Przez zastosowanie uziemionego ekranu na całej części niskonapięciowej mostka eliminuje się wpływ pewnych pojemności szkodliwych. Wpływ pojemności doziemnych można zlikwidować sprowadzając napięcie między

gałęzią galwanometru a ziemią do zera. Realizuje się to przez dostarczenie odpowiedniego napięcia z możliwością regulacji wielkości i fazy tego napięcia.

7.2. Program ćwiczenia

7.2.1. ZAPOZNANIE SIĘ Z UKŁADEM PROBIERCZYM

Zasady bezpiecznego posługiwania się układem probierczym:

1. Nie wolno wchodzić na pole probiercze przy załączonym napięciu zasilającym.
2. Nie wolno dokonywać żadnych zmian w połączeniach mostka.
3. Równoważenie mostka należy przeprowadzać ostrożnie, aby nie uszkodzić wskaźnika równowagi.

7.2.2. ZAPOZNANIE SIĘ Z WYMAGANIAMI NORMY I INSTRUKCJA OBSŁUGI MOSTKA

Należy przeczytać wybrane punkty z normy i instrukcji:

Mostek prądu przemiennego P525 służy do pomiaru pojemności oraz tangensa strat elektrycznych materiałów izolacyjnych (np. izolatorów, kondensatorów, itp.)

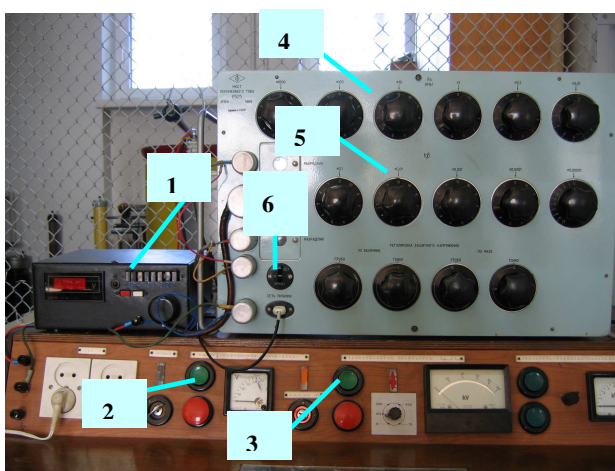
Płyta czołowa mostka Scheringa przedstawiona jest na rys. 1:

7.3. Sposób wykonywania pomiarów za pomocą mostka Scheringa

- Na wskaźniku zera (1) ustawić jak najmniejszą czułość (stopnie od 0 do 7).
- Załączyć układ wyłącznikami (2) i (3); pojawia się napięcie ok. 2 kV.
- Zwiększyć stopniowo czułość wskaźnika (do ok. 200 jednostek).
- Rozpocząć równoważenie mostka regulując na przemian dekadami w gałęzi czynnej R_3 (4) i biernej $\text{tg } \delta$ (5) (zaczynamy regulację od największych wartości).
- Gdy na wskaźniku zera pojawi się jak najmniejsza wartość (bliska zero), zwiększyć czułość przyrządu i kontynuować równoważenie mostka. W miarę wzrostu czułości przyrządu kompensować dekadami o mniejszej wartości R_3 i $\text{tg } \delta$.

- W końcowym etapie kompensacji mostka przeprowadzić kompensację wpływu ekranu przewodów doprowadzających przez przełączenie przełącznika (6) w dolną pozycję („ekrany”).
- Po skompensowaniu wpływu ekranu przełączyć przełącznik w pozycję górną i przeprowadzić końcową kompensację mostka przy maksymalnej czułości wskaźnika zera.

Odczytać wartości R_3 i $\operatorname{tg} \delta$ (obliczyć $\operatorname{tg} \delta$ i C_x , posługując się wzorami (1) i (2)).



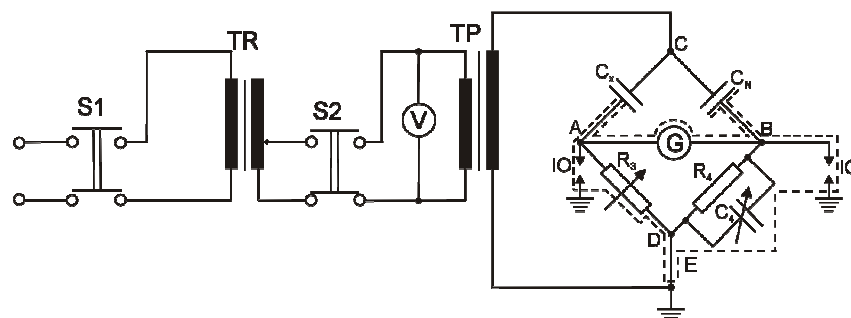
Rys. 1 Płyta czołowa układu mostka Scheringa P525

$$\operatorname{tg} \delta = N \cdot C_4 \quad (1)$$

$$C_x = C_N \cdot N \cdot \frac{R_4}{R_3} \quad (2)$$

gdzie: $N = 1$

Schemat układu pomiarowego z wykorzystaniem mostka w konfiguracji tzw. „prostej” przedstawiony jest na rys. 2.



Rys. 2 Schemat układu pomiarowego do wyznaczenia współczynnika strat elektrycznych $\text{tg}\delta$ i pojemności C_x za pomocą mostka Scheringa

S1, S2 – styczniki, TR, TP – transformator regulacyjny i transformator probierczy, V – woltomierz elektromagnetyczny, C_x – badany obiekt, C_N – kondensator wzorcowy (powietrzny), 49,9pF, R_3 – regulowany rezystor dekadowy, C_4 – kondensator dekadowy o regulowanej pojemności, R_4 – rezystor stały, 3183 Ω , IO – iskiernik ochronny

7.3.1. WYKONANIE POMIARÓW WSPÓŁCZYNNIKA STRATNOŚCI I POJEMNOŚCI C (W CELU WYZNACZENIA ϵ)

Pomiary i obliczenia należy przeprowadzić dla różnych materiałów elektroizolacyjnych stałych. Wnioski i spostrzeżenia umieścić w protokole.

7.4. Sprawozdanie

W sprawozdaniu należy umieścić:

1. Opracowanie informacji o wybranych materiałach elektroizolacyjnych.
2. Wnioski i spostrzeżenia dotyczące pomiaru ϵ oraz $\text{tg}\delta$ wybranych materiałów elektroizolacyjnych stałych.
3. Porównać wartości odczytane z tablic z wartościami uzyskanymi w czasie pomiarów.

7.5. Literatura podstawowa

1. Polska Norma - PN-86/E-04403 Materiały elektroizolacyjne stałe. Metody pomiaru przenikalności elektrycznej i współczynnika strat dielektrycznych.
2. Instrukcja obsługi wysokonapięciowego mostka Scheringa - typ P525.