



Politechnika
Wrocławska

Laboratorium
Miernictwa Wysokonapięciowego
i Diagnostyki Izolacji

Wydział Elektryczny
Katedra Podstaw Elektrotechniki i Elektrotechnologii

Tytuł ćwiczenia:

Wyznaczanie współczynników skali układów pomiarowych wysokiego napięcia przemiennego 50 Hz

Grupa A:

Kacper Borucki (sprawozdanie)

Krystian Kapral

Michał Kołodyński

Robert Leśniak

Piotr Oleszczyszczyn

Paweł Sobczak

Andrzej Tatarczuk

Nr ćwiczenia:

3

Ocena:

Data ćwiczenia:

28.10.2021

Podpis:

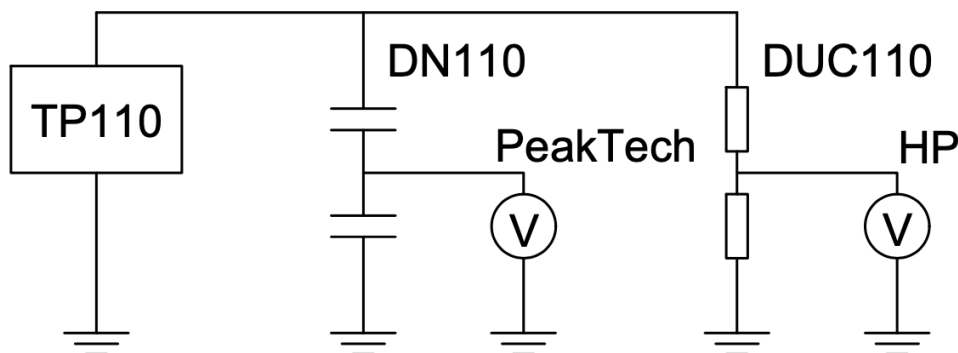
1. Cel i zakres ćwiczenia

Celem wykonywanego ćwiczenia było zapoznanie się z metodami wyznaczania współczynnika skali układów pomiarowych wysokiego napięcia przemiennego, zgodnie z normą PN-EN 60060-2.

W ramach ćwiczenia, wykonano pomiary współczynnika skali układu odniesienia oraz układu badanego przy ustawionym napięciu na transformatorze zbliżonym do napięcia znamionowego. Następnie wykonano pomiar mający na celu zbadanie liniowości współczynnika skali badanego układu.

2. Stanowisko pomiarowe

Pomiary wykonywano na stanowisku pomiarowym przedstawionym na rysunku 1. Badano układ z dzielnikiem pojemnościowym DN110 i multimetrem PeakTech 2005. Układ odniesienia składał się z dzielnika rezystancyjnego DUC110 oraz multimetru HP 34401A. Obydwa układy mierzyły napięcia po stronie wysokiej transformatora TP110.



Rysunek 1. Schemat układu pomiarowego

3. Wyniki pomiarów i obliczeń

Wyniki pomiarów współczynnika skali badanego układu przedstawiono w tabeli 1, natomiast wyniki badań liniowości współczynnika skali przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 1. Wyznaczanie współczynnika skali

Lp.	U_{ref} [V]	U_{ukt} [V]	U_H [V]	F_m [-]	\bar{F}_m [-]
1	100,468	115,8	91356	788,9	788,7
2	100,471	115,8	91358	788,9	
3	100,336	115,7	91236	788,6	
4	100,324	115,8	91225	787,8	
5	100,358	115,7	91256	788,7	
6	100,388	115,7	91283	789,0	
7	100,446	115,8	91336	788,7	
8	100,441	115,8	91331	788,7	
9	100,445	115,8	91335	788,7	
10	100,455	115,8	91344	788,8	

Tabela 2. Wyznaczanie liniowości współczynnika skali

Lp.	U_{ref} [V]	U_{ukt} [V]	U_H [V]	F_m [-]	δF_m [-]
1	20,066	23,00	18246	793,3	0,59%
2	40,471	46,50	36800	791,4	0,35%
3	60,548	69,70	55056	789,9	0,15%
4	80,546	92,70	73240	790,1	0,18%
5	100,058	115,40	90983	788,4	-0,03%
6	100,165	115,50	91080	788,6	-0,01%
7	80,228	92,40	72951	789,5	0,11%
8	59,956	68,90	54518	791,3	0,33%
9	40,469	46,50	36798	791,4	0,34%
10	19,752	22,60	17960	794,7	0,76%

5. Obliczenia

5.1. Współczynnik skali

W celu obliczenia współczynnika skali badanego układu pomiarowego, wykorzystano znany współczynnik skali układu odniesienia $F_{m_{ref}} = 909,3$. Zgodnie z poniższymi zależnościami, przeliczono wartość strony niskiego napięcia układu odniesienia na stronę wysoką układu, a następnie z tej wartości oraz wartości uzyskanej w badanym układzie uzyskano wartości współczynnika skali:

$$U_H = U_{ref} \cdot F_{m_{ref}}$$

$$F_m = \frac{U_H}{U_{ukl}} = \frac{U_{ref} \cdot F_{m_{ref}}}{U_{ukl}} = \frac{91100,468 \text{ V} \cdot 909,3356 \text{ V}}{115,8 \text{ V}} = 788,9$$

Współczynnik skali układu badanego F_m przyjęto jako wartość średnią z 10 wykonanych pomiarów. Na podstawie uzyskanego wyniku, dokonano kolejnych obliczeń.

5.2. Liniowość współczynnika skali

Odchylenie od średniego współczynnika skali w całym zakresie pomiarowym sprawdzono, korzystając z zależności:

$$\delta F_m = \frac{F_m - \bar{F}_m}{\bar{F}_m} \cdot 100\% = \frac{793,3 - 788,7}{788,7} \cdot 100\% = 0,59\%$$

5.3. Niepewność pomiarowa typu A

W celu oszacowania niepewności pomiarowej typu A dla wykonanych pomiarów współczynnika skali układu badanego, skorzystano z poniższej zależności:

$$U_A = \frac{t \cdot s(\bar{F}_{m_i})}{\sqrt{n}}$$

Przy czym $s(\bar{F}_{m_i})$ jest losową niepewnością standardową, zgodnie z zależnością:

$$s(\bar{F}_{m_i}) = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (F_{mk} - \bar{F}_m)^2}{n(n-1)}} = 0,108 \%$$

Dla liczby pomiarów $n = 10$ oraz poziomu ufności $p = 95\%$, przyjęto $t = 2,26$. Stąd:

$$U_A = \frac{t \cdot s(\bar{F}_{m_i})}{\sqrt{n}} = \frac{2,26 \cdot 0,108\%}{\sqrt{10}} = 0,077 \%$$

5.4. Niepewność pomiarowa typu B dla multimetrów w wykorzystanych układach

Przy obliczaniu niepewności przyrządów pomiarowych przyjęto, że rozkład statystyczny błędów ma kształt prostokątny. Zgodnie z danymi otrzymanymi od prowadzącego, za niepewność multimetru HP przyjęto $u_{HP} = 1\%$, natomiast za niepewność multimetru PeakTech – $u_{PT} = 1,5\%$.

Na podstawie powyższych danych, błędy przyrządów policzono zgodnie z poniższą zależnością:

$$U_B = \frac{u_p}{100} \cdot \frac{U_{pmax}}{\sqrt{3} \cdot U_{sr}}$$

Stąd, dla multimetru HP niepewność typu B wynosi:

$$U_{B_{HP}} = \frac{1}{100} \cdot \frac{1000 \text{ V}}{\sqrt{3} \cdot 100,413 \text{ V}} = 5,75 \%$$

Natomiast dla multimetru PeakTech, niepewność typu B:

$$U_{B_{PT}} = \frac{1}{100} \cdot \frac{200 \text{ V}}{\sqrt{3} \cdot 115,77 \text{ V}} = 1,5\%$$

5.5. Niepewność pomiarowa typu B dla dzielnika napięciowego w układzie odniesienia

Niepewność pomiarową typu B dla dzielnika napięciowego w układzie odniesienia obliczono, korzystając z jego tabliczki znamionowej. Zgodnie z nią, współczynnik skali dzielnika to 909,3 z niepewnością pomiaru $U_d = 1,5\%$ przy $p = 95\%$. Przyjęto współczynnik $k_p = 2,27$.

Do obliczenia niepewności typu B dzielnika, wykorzystano poniższą zależność:

$$U_{B_d} = \frac{U_d}{k_p} = \frac{1,5\%}{2,27} = 0,77\%$$

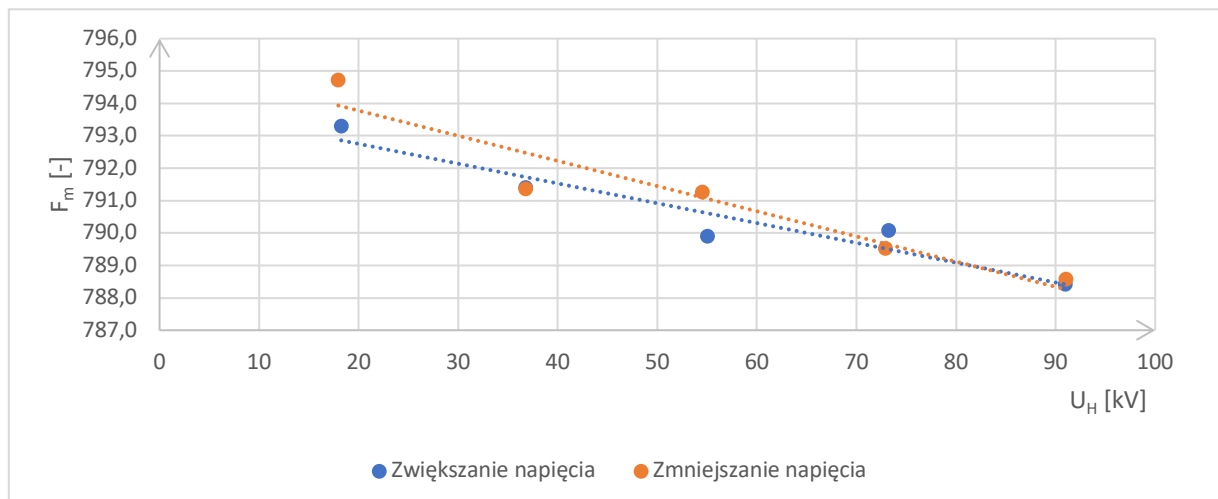
5.6. Niepewność całkowita pomiaru

Całkowitą niepewność pomiaru obliczono zgodnie z zależnością:

$$U = \pm \sqrt{U_A^2 + U_{B_{HP}}^2 + U_{B_{PT}}^2 + U_{B_d}^2} = \pm \sqrt{0,077^2 + 5,75^2 + 1,5^2 + 0,77^2} = \pm 9,79\%$$

6. Wykresy

Na rysunku 2 przedstawiono wartości współczynnika skali F_m w zależności od napięcia po stronie wysokiej układu.



Rysunek 2. Wartość współczynnika skali F_m w zależności od napięcia po stronie wysokiej układu

7. Wnioski

Wykonanie pomiarów pozwoliło na zapoznanie się z metodami wyznaczania współczynnika skali układu z dzielnikiem napięcia. Opracowanie wyników pomiarów pozwoliło na ocenę rzetelności otrzymanych wyników.

Choć współczynnik skali dzielnika w badanym układzie – zgodnie z informacjami podanymi na obudowie – powinien mieć wartość 798,7, pomiary wykazały, że cały układ pomiarowy ma współczynnik skali o wartości ok. 788,7. To pokazuje, dlaczego istotne jest wyznaczanie współczynnika skali dla całego układu pomiarowego, a nie tylko dla pojedynczych urządzeń.

Obliczenia wykazały, że liniowość współczynnika skali w badanym układzie jest zachowana. W żadnym punkcie pomiarowym odchyłka wartości tego współczynnika nie przekroczyła 1% względem wartości średniej. Warto przy tym zauważyć, że wykres na rysunku 2 wskazuje na to, że współczynnik skali spada wraz ze wzrostem napięcia. Być może wyjaśnieniem tego zjawiska jest uwidacznianie się wpływu pojemności doziemnych układu.

Oszacowanie całkowitej niepewności pomiaru wskazało, że całkowita niedokładność wyniosła około 9,79%. Oznacza to, że pomiar zdecydowanie nie spełnia oczekiwań normy, zgodnie z którymi niepewność pomiaru współczynnika skali nie powinna przekraczać 3%. Warto tu zaznaczyć, że głównym źródłem niepewności jest multimetr HP, którym mierzono wartości znacznie poniżej maksymalnego zakresu pomiarowego, a oprócz tego niepewność wyznaczono z uproszczonej zależności, przyjmując klasę przyrządu 1%. Płyne stąd wniosek, że wymiana tego przyrządu na inny lub pomiar większych wartości napięcia – np. w układzie z mniejszym współczynnikiem skali dzielnika pojemnościowego – mogłyby znacząco ograniczyć niepewność całkowitą pomiaru.