

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **222987**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **399891**

(51) Int.Cl.
G01R 27/02 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **11.07.2012**

(54) **Sposób pomiaru rezystancji i indukcyjności rozproszenia uzwojeń autotransformatora o znamionowej przekładni napięciowej równej 1:1**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
20.01.2014 BUP 02/14

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
30.09.2016 WUP 09/16

(73) Uprawniony z patentu:
POLITECHNIKA ŚLĄSKA, Gliwice, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:
TADEUSZ SKUBIS, Gliwice, PL
ANNA PIASKOWY, Zabrze, PL

(74) Pełnomocnik:
rzecz. pat. Urszula Ziółkowska

PL 222987 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób do wyznaczania rezystancji indukcyjności rozproszenia uzwojeń autotransformatora o znamionowej przekładni napięciowej 1:1, zdefiniowanej jako iloraz napięć na dwu uzwojeniach (W_{x1} , W_{x2}) połączonych szeregowo.

Znane są sposoby pomiaru rezystancji uzwojeń transformatora, za pomocą zrównoważonych mostków prądu stałego między innymi Wheatstone'a i Thompsona. Znane są sposoby pomiaru indukcyjności rozproszenia uzwojeń transformatora za pomocą mostków RLC prądu zmiennego.

Znane są również sposoby wyznaczania rezystancji i indukcyjności rozproszenia uzwojeń w stanie zwarcia transformatora, gdy mierzona jest moc, napięcie oraz prąd w jednym uzwojeniu transformatora zasilanym napięciem przemiennym, przy czym drugie uzwojenie jest zwarte.

Znane i opisane rozwiązania do pomiaru są relatywnie mało dokładne.

Sposób według wynalazku polega na tym, że uzwojenia pierwotne i wtórne transformatora, łączy się szeregowo zgodnie tworząc autotransformator badany, przy czym jego przekładnię znamionową definiuje się jako stosunek napięcia występującego na uzwojeniu pierwotnym do napięcia na uzwojeniu wtórnym. Do jednego z uzwojeń dołącza się równolegle impedancję obciążenia Z_{l0} , co powoduje obciążenie autotransformatora prądem I_{l0} , o zadanej wartości. Początek i koniec uzwojenia autotransformatora badanego łączy się z początkiem i końcem autotransformatora wzorcowego o zbliżonej wartości przekładni i zasila się ze źródła napięcia o zadawanej wartości częstotliwości. Wartości rezystancji rozproszenia i indukcyjności rozproszenia uzwojeń autotransformatora badanego otrzymuje się z wyników fazoczułych pomiarów napięć różnicowych, występujących między punktami wspólnymi uzwojeń autotransformatora wzorcowego i badanego, oraz wartości rezystancji rezystora wzorcowego.

Napięcie różnicowe mierzy się trzykrotnie, w trzech etapach, w których układ pomiarowy jest modyfikowany. W pierwszym etapie układ pomiarowy nie zawiera dodatkowego elementu impedancyjnego, w drugim etapie do jednego z uzwojeń autotransformatora dodany jest szeregowo rezystor wzorcowy o małej wartości rezystancji, a w trzecim etapie rezystor zostaje przeniesiony do drugiego uzwojenia autotransformatora. Następnie dla uzwojeń autotransformatora badanego, w których w etapach 2. i 3. włączona była rezystancja, oblicza się impedancje rozproszenia ze wzorów:

$$Z_{x1} = \frac{\Delta U_1}{I_{l0}} \left(1 + \sqrt{\frac{\Delta U_3 - \Delta U_1}{\Delta U_2 - \Delta U_1}} \right)$$

i

$$Z_{x2} = \frac{\Delta U_1}{I_{l0}} \left(1 + \sqrt{\frac{\Delta U_2 - \Delta U_1}{\Delta U_3 - \Delta U_1}} \right)$$

Sposób według wynalazku pozwala na pomiar wartości rezystancji i indukcyjności rozproszenia każdego z dwu uzwojeń autotransformatora badanego.

Wynalazek dotyczy pomiarów rezystancji i indukcyjności rozproszenia uzwojeń przy różnych częstotliwościach i ma zastosowanie w pomiarach parametrów autotransformatorów precyzyjnych.

Znajomość impedancji rozproszenia uzwojeń wyznaczonej sposobem według wynalazku pozwala na wyznaczenie zespolonego błędu przekładni transformatora.

Przedmiot wynalazku przedstawiono w poniższym przykładzie wykonania na rysunkach, na których Fig. 1 przedstawia schemat układu pomiarowego, Fig. 2a przedstawia schemat zastępczy układu z uwzględnieniem impedancji rozproszenia uzwojeń Z_{x1} i Z_{x2} , Fig. 2b przedstawia schemat zastępczy układu z dołączoną szeregowo rezystancją R do uzwojenia W_{x1} , Fig. 2c przedstawia schemat zastępczy układu z dołączoną szeregowo rezystancją R do uzwojenia W_{x2} .

Sposób według wynalazku pozwala na wyznaczanie rezystancji i indukcyjności rozproszenia uzwojeń autotransformatora badanego A_x , obciążonego prądem I_{l0} , zasilanego ze źródła napięcia o stabilnej częstotliwości i amplitudzie. Do zacisków źródła napięcia dołączony jest równolegle autotransformator wzorcowy A_s , o takiej samej przekładni znamionowej jak przekładnia autotransformatora badanego. Siły elektromotoryczne E_1 , E_2 wyindukowane w uzwojeniach autotransformatora badanego są jednakowe, jednak napięcia na zaciskach uzwojeń różnią się, na skutek przepływu prądu magnesyjnego i prądu obciążenia przez uzwojenia o impedancjach Z_{x1} i Z_{x2} . Impedancja obciążenia jest

dobrana tak, aby prąd obciążenia był dominujący i dlatego dalej wpływ prądu magnesującego zostaje pominięty. W układzie mierzy się napięcie różnicowe między punktami wspólnymi uzwojeń autotransformatora badanego i wzorcowego. Wszystkie połączenia w układzie należy wykonać przewodami współosiowymi, w taki sposób, aby prądy płynące w każdej żyłce i jej ekranie miały te same wartości lecz były przeciwnie skierowane. Spełnienie tego warunku pozwala wyeliminować wpływ zaburzeń elektromagnetycznych oraz minimalizuje niektóre źródła błędów systematycznych, co jest szczególnie istotne przy pomiarach małych napięć przemiennych. Napięcia na uzwojeniach W_{s1} , W_{s2} , autotransformatora wzorcowego są nominalnie jednakowe i symetryczne. Pomiar napięcia różnicowego wykonuje się przyrządem fazoczułym, w trzech różnych etapach pomiarowych. W każdym z etapów równolegle do uzwojenia W_{x1} autotransformatora badanego jest dołączona impedancja Z_o o ustalonej wartości, np. docelowo obciążającej autotransformator. Prąd obciążenia I_o rozdziela się w autotransformatorze na oba uzwojenia autotransformatora. Kierunki oraz wartości części prądu płynących w uzwojeniach autotransformatora są takie, że sumaryczny przepływ w rdzeniu autotransformatora (amperozwoje od prądu obciążenia) jest zerowy. Części prądu obciążenia I_o w każdym z uzwojeń są skierowane przeciwnie. Przepływy części prądu I_o w uzwojeniach powodują spadki napięć na impedancjach rozproszenia Z_{x1} i Z_{x2} uzwojeń, również przeciwnie skierowane.

W pierwszym etapie mierzy się fazoczułe napięcie różnicowe, pomiędzy punktami wspólnymi uzwojeń obu autotransformatorów, wzorcowego (W_{s1} , W_{s2}) i badanego (W_{x1} , W_{x2}). Napięcie to jest proporcjonalne do różnicy napięć na impedancjach rozproszenia uzwojeń (W_{x1} , W_{x2}). Układ pomiaru przedstawiono na Fig. 2a. Impedancja zastępcza rozproszenia uzwojeń autotransformatora badanego, nieobciążonego, zasilanego ze źródła napięciowego wynosi $\frac{Z_{x1}Z_{x2}}{Z_{x1}+Z_{x2}}$, a napięcie różnicowe w układzie obciążonym:

$$\underline{\Delta U}_1 = I_o \frac{Z_{x1}Z_{x2}}{Z_{x1}+Z_{x2}} \quad (1)$$

W etapie drugim do jednego z uzwojeń dołącza się szeregowo rezystor o małej, znanej rezystancji R i ponownie mierzy się fazoczułe napięcie różnicowe, oznaczone przez $\underline{\Delta U}_2$. Układ pomiaru przedstawiono na Fig. 2b. Napięcie różnicowe w tym układzie:

$$\underline{\Delta U}_2 = I_o \frac{(Z_{x1}+R)Z_{x2}}{Z_{x1}+R+Z_{x2}} \quad (2)$$

W etapie trzecim przenosi się rezystor do drugiego uzwojenia i ponownie wykonuje się fazoczuły pomiar napięcia różnicowego, oznaczonego przez $\underline{\Delta U}_3$. Układ pomiaru przedstawiono na Fig. 2c.

$$\underline{\Delta U}_3 = I_o \frac{Z_{x1}(Z_{x2}+R)}{Z_{x1}+Z_{x2}+R} \quad (3)$$

Odejmując równanie (1) od równań (2) i (3) i otrzymane w ten sposób równania dzieląc przez siebie otrzymuje się zależność:

$$Z_{x1} = Z_{x2} \sqrt{\frac{\underline{\Delta U}_3 - \underline{\Delta U}_1}{\underline{\Delta U}_2 - \underline{\Delta U}_1}} \quad (4)$$

Rozwiązując układ równań (1) i (4) otrzymuje się:

$$Z_{x1} = \frac{\underline{\Delta U}_1}{I_o} \left(1 + \sqrt{\frac{\underline{\Delta U}_3 - \underline{\Delta U}_1}{\underline{\Delta U}_2 - \underline{\Delta U}_1}} \right) \quad (5)$$

$$Z_{x2} = \frac{\underline{\Delta U}_1}{I_o} \left(1 + \sqrt{\frac{\underline{\Delta U}_2 - \underline{\Delta U}_1}{\underline{\Delta U}_3 - \underline{\Delta U}_1}} \right) \quad (6)$$

Części rzeczywiste obliczonych impedancji odpowiadają rezystancjom rozproszenia uzwojeń, natomiast części urojone impedancji odpowiadają reaktancjom rozproszenia uzwojeń, z których można obliczyć indukcyjności rozproszenia.

Fazoczuły pomiar małych napięć różnicowych można zrealizować stosując przykładowo woltomierz dwufazowy (Lock-In Amplifier) oznaczony na schemacie przez LIA. Napięcia na uzwojeniach transformatora wzorcowego muszą mieć jednakowe wartości i być zgodne w fazie. Wektorem odniesienia w układzie jest wektor napięcia zasilającego układ ($\underline{U}_{s1} + \underline{U}_{s2}$). Napięcie referencyjne \underline{U}_{ref} względem, którego mierzone są składowe napięć różnicowych uzyskuje się z dodatkowego nieobciążonego uzwojenia nawiniętego na rdzeniu autotransformatora badanego przewodem współosiowym zaakranowanym w sposób minimalizujący wpływ pojemności międzyuzwojeniowych.

Zastrzeżenie patentowe

Sposób pomiaru rezystancji i indukcyjności rozproszenia uzwojeń autotransformatora o znamionowej przekładni napięciowej 1:1, przy określonej częstotliwości napięcia zasilającego, który polega na pomiarach małych napięć różnicowych wynikających z błędu przekładni, **znamienny tym**, że wartości rezystancji rozproszenia (R_1, R_2) i indukcyjności rozproszenia (L_{e1}, L_{e2}) uzwojeń otrzymuje się z wyników pomiarów autotransformatora obciążonego prądem (I_o), wykonanych w trzech różnych etapach pomiarowych, w których w jednym etapie mierzy się fazoczułe napięcie różnicowe (ΔU_1) pomiędzy punktem wspólnym uzwojeń autotransformatora wzorcowego (A_s) i autotransformatora badanego (A_x) o jednakowych przekładniach znamionowych, w drugim etapie dodaje się szeregowo rezystor (R) o małej wartości rezystancji (R) do jednego z uzwojeń autotransformatora (A_x) i mierzy się fazoczułe różnicę napięć (ΔU_2), jak w etapie 1., a w trzecim etapie przenosi się rezystor (R) do drugiego uzwojenia autotransformatora (A_x) i mierzy się fazoczułe różnicę napięć (ΔU_3), jak w etapie 1., a następnie dla uzwojeń autotransformatora (A_x), w których w etapach 2. i 3. włączona była rezystancja (R), oblicza się impedancje rozproszenia (Z_{x1}, Z_{x2}) ze wzorów:

$$Z_{x1} = \frac{\Delta U_1}{I_o} \left(1 + \sqrt{\frac{\Delta U_3 - \Delta U_1}{\Delta U_2 - \Delta U_1}} \right)$$

i

$$Z_{x2} = \frac{\Delta U_1}{I_o} \left(1 + \sqrt{\frac{\Delta U_2 - \Delta U_1}{\Delta U_3 - \Delta U_1}} \right)$$

Rysunki

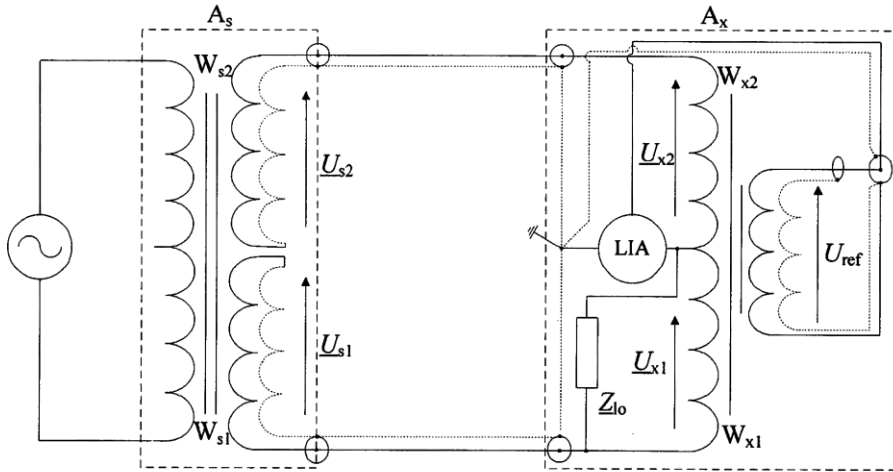


Fig. 1

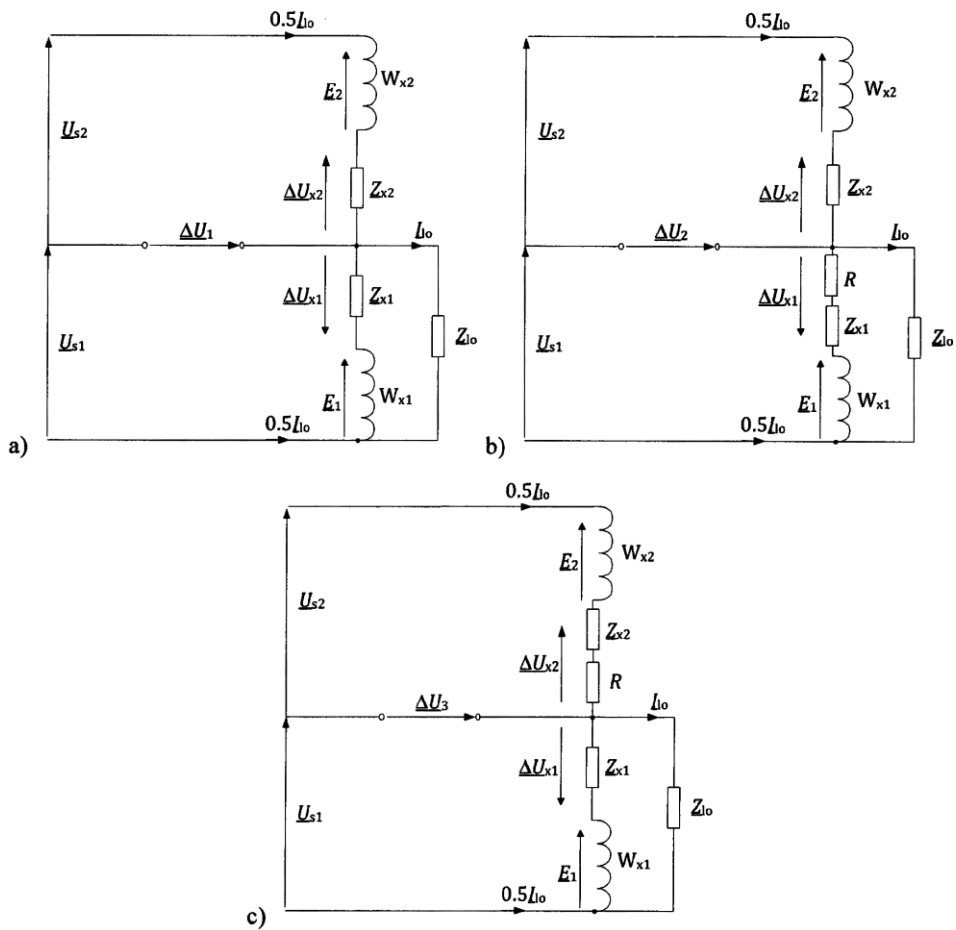


Fig. 2

