

KATEDRA ELEKTROTECHNIKI

LABORATORIUM PODSTAW ELEKTROTECHNIKI

Temat ćwiczenia

POMIARY TRANSFORMATORA JEDNOFAZOWEGO

1. WPROWADZENIE

Transformator jest to urządzenie, w którym następuje przekazywanie energii elektrycznej z jednego obwodu do drugiego za pośrednictwem pola elektromagnetycznego. Transformator jest zbudowany z dwóch lub większej liczby cewek sprzężonych magnetycznie, nie będących elementami jednego obwodu elektrycznego. *Uzwojeniem pierwotnym* nazywa się to uzwojenie, które pobiera energię elektryczną ze źródła, *uzwojeniem wtórnym* to uzwojenie, które oddaje energię elektryczną.

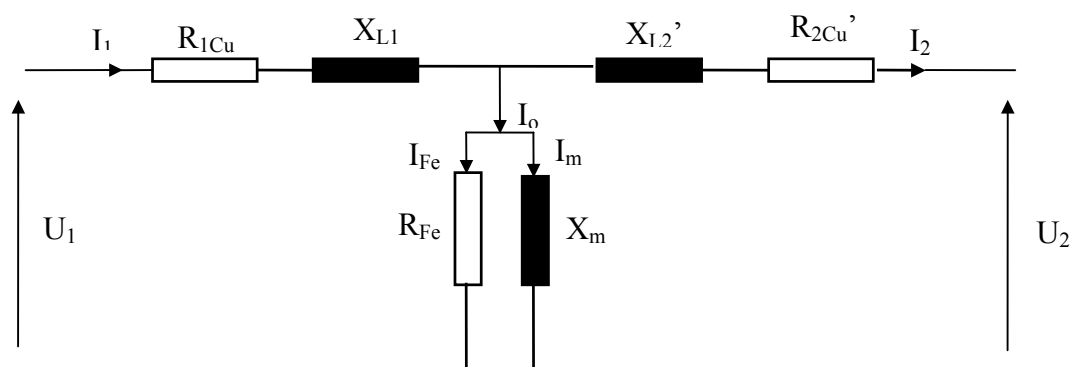
Przekładnią transformatora jednofazowego nazywa się stosunek siły elektromotorycznej strony pierwotnej E_1 do siły elektromotorycznej po stronie wtórnej E_2 . Obliczamy ją ze stosunku liczby zwojów strony pierwotnej w_1 do wtórnej w_2 . W praktyce pomiaru przekładni dokonuje się metodą woltmierzową przez pomiar napięć po stronie pierwotnej i wtórnej transformatora przy biegu jałowym. Spadki napięć wywołane prądem biegu jałowego są bardzo małe i można przyjąć z dobrym przybliżeniem, że :

$$E_1 \approx U_{10} \quad \text{oraz} \quad E_2 = U_{20}$$

przekładnia

$$g = \frac{E_1}{E_2} = \frac{w_1}{w_2} \cong \frac{U_{10}}{U_{20}}$$

Schemat zastępczy transformatora



R_1, R_2' - rezystancja uzwojenia pierwotnego i przeliczona na stronę pierwotną,
rezystancja uzwojenia wtórnego

X_1, X_2' - reaktancje rozproszeń uzwojenia pierwotnego i przeliczona na stronę pierwotną
reaktancji rozproszeń uzwojenia wtórnego

$$R_2' = g^2 R_2$$

$$X_2' = g^2 X_2$$

X_m - reaktancja gałęzi magnesowania

R_{Fe} - rezystancja gałęzi magnesowania odpowiadająca stratom mocy czynnej w żelazie
transformatora

Rezystancje R_1, R_2' i R_{Fe} reprezentują straty ciepłne transformatora. Straty całkowite transformatora składają się ze strat ΔP_{cu} w uzwojeniach (straty w miedzi) oraz ze strat ΔP_{Fe} w rdzeniu transformatora (w żelazie). Straty w uzwojeniach zależą od kwadratu prądów transformatora :

$$\Delta P_{cu} = I_1^2 \times R_1 + I_2^2 \times R_2 \approx I_1^2 \times (R_1 + g^2 \times R_2)$$

Straty w rdzeniu zależą przy ustalonej częstotliwości od kwadratu amplitudy strumienia magnetycznego, ten zaś w przybliżeniu zmienia się liniowo w funkcji napięcia U_1 i praktycznie nie zależy od obciążenia transformatora, a zatem :

$$\Delta P_{Fe} = c \times U_1^2 \quad \text{gdzie} \quad \frac{1}{c} = R_{Fe}$$

Rezystancja R_{Fe} reprezentuje więc ilościowo wydzielanie się ciepła w rdzeniu . Transformatory pracują zwykle przy ustalonym napięciu U_1 równy znamionowemu i wówczas straty w żelazie nie zmieniają się przy zmianach obciążenia. Jeżeli mamy określone straty można obliczyć sprawność transformatora :

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \times 100\% = \frac{P_1 - \Delta P}{P_1} \times 100\% = \left(1 - \frac{\Delta P}{P_1}\right) \times 100\%$$

gdzie :

$\Delta P = \Delta P_{cu} + \Delta P_{Fe}$ - całkowita moc strat transformatora

P_1 - moc strony pierwotnej transformatora

P_2 - moc strony wtórnej transformatora

Straty w żelazie można wyznaczyć mierząc moc czynną pobieraną przez transformator zasilany napięciem znamionowym w stanie nieobciążania ($I_2 = 0$). Wtedy bowiem transformator pobiera niewielki prąd I_0 i straty w miedzi są pomijalnie małe do strat w żelazie.

$$\Delta P_0 = \Delta P_{FeN} + \Delta P_{cu0} \approx P_{FeN} = U_{1N} \times I_0 \cos \varphi_0$$

$$\cos \varphi_0 = \frac{\Delta P_0}{U_{1N} \times I_0}$$

$$\Delta P_{FeN} = \frac{E^2}{R_{Fe}} \cong \frac{U_{1N}^2}{R_{Fe}}$$

$$R_{Fe} = \frac{U_{1N}^2}{\Delta P_{Fe}}$$

$$I_\mu \times X_\mu \approx U_{1N} \quad ; I_m - \text{składowa bierna prądu jałowego } I_0$$

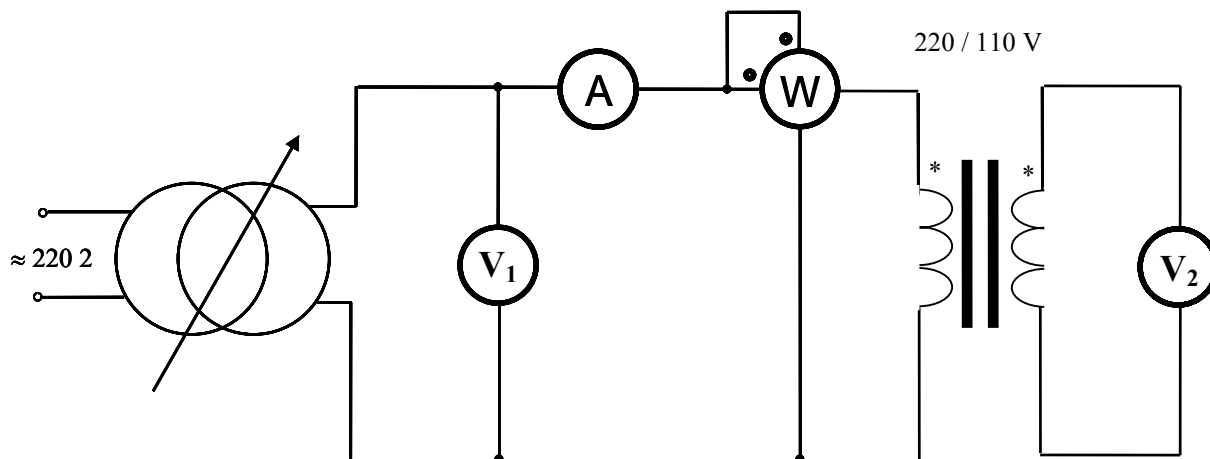
czyli

$$I_\mu = I_0 \times \sin \varphi_0$$

$$X_\mu = \frac{U_{1N}}{I_0 \times \sin \varphi_0}$$

2. POMIAR TRANSFORMATORA JEDNOFAZOWEGO W STANIE JAŁOWYM

Schemat układu pomiarowego



$$|Z| = \frac{|U_1|}{|I_1|}; \quad n_U = \frac{|U_1|}{|U_2|};$$

$$\text{Parametry poprzeczne trafo } R_{Fe} \approx R_{WE} = \frac{U_1^2}{P}; \quad X_\mu \approx X_{WE} = \sqrt{Z_{WE}^2 - R_{Fe}^2}; \quad \text{tg} \varphi = \frac{X_{WE}}{R_{WE}}$$

Tabela pomiarów i wyników

Pomiary				
Lp.	U ₁ [V]	I ₁ [A]	P[W]	U ₂ [V]
1.	50			
2.	100			
3.	110			
4.	120			
5.	140			
6.	160			
7.	180			
8.	200			
9.	220	I _{0N} =	ΔP _{Fe} =	
10.	250			

Obliczyć

Dla U₁=U_N=220 V

$$Z_{WE} =$$

$$X_{WE} =$$

$$R_{WE} =$$

$$n_U =$$

Narysować wykres wektorowy tj. napięcie U₁ rozłożone na składowe U_R, U_X (uwzględniając kąt φ). Narysować charakterystyki biegu jałowego I₁, P, U₂ od U₁

3. POMIAR TRANSFORMATORA JEDNOFAZOWEGO W STANIE ZWARCIA

Schemat układu pomiarowego jak w pkt.1, (na uzwojenie wtórne zamiast woltomierza należy podłączyć amperomierz) $I_{1N} = 14 \text{ A}$

$$|Z_{WE}| = \frac{|U_1|}{|I_1|}; \quad n_1 = \frac{|I_1|}{|I_2|} \quad \text{Parametry podłużne trafo: } (R_{1Cu} + R_{2Cu}') \approx R_{WE} = \frac{P}{I^2};$$

$$(X_{L1} + X_{L2}') \approx X_{WE} = \sqrt{Z_{WE}^2 - R_{WE}^2}; \quad \text{tg}\varphi = \frac{X_{WE}}{R_{WE}} \quad U_{Z\%} = \frac{|U_1|}{220 \text{ V}} * 100 [\%]$$

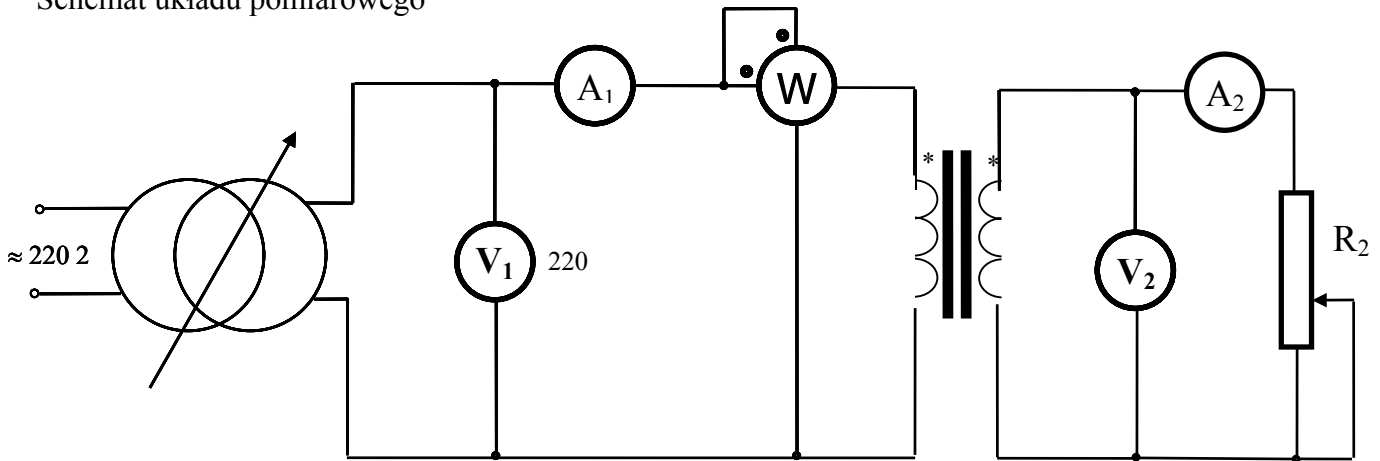
Tabela pomiarów i wyników

Pomiary				Obliczenia					
Lp.	U_1 [V]	I_1 [A]	P[W]	I_2 [A]	$ Z_{WE} $ [Ω]	R_{WE} [Ω]	X_{WE} [Ω]	$U_{Z\%}$	n_1 [A/A]
1.			$\Delta P_{Cu} =$						

Narysować wykres wektorowy napięć.

4. POMIAR TRANSFORMATORA JEDNOFAZOWEGO W STANIE PRACY

Schemat układu pomiarowego



$$\text{sprawność } \eta = P_2/P_1 * 100 [\%]; \quad |Z_{WE}| = \frac{|U_1|}{|I_1|}; \quad R_{WE} = \frac{U_1^2}{P_1} \quad \cos\phi = \frac{R_{WE}}{|Z_{WE}|}$$

Tabela pomiarów i obliczeń
(Prąd I_2 zadawać w zakresie 0-3 A)

Pomiary						Obliczenia					
Lp.	U_1 [V]	I_1 [A]	P[W]	U_2 [V]	I_2 [A]	R_2 [Ω]	P_2 [W]	$ Z_{WE} $ [Ω]	R_{WE} [Ω]	$\cos\phi$	η [%]
1.	220										
2.	220										
3.	220										
4.	220										
5.	220										
6.	220										

Narysować charakterystyki I_1 , η , $\cos\phi$, U_2 w zależności od I_2