

Temat: Badanie transformatora 1-fazowego

- 1. Wyznaczenie wymiarów obwodu magnetycznego transformatora**
 - a. Określenie typ rdzenia (jakie inne rozwiązania można spotkać?)
 - b. Określenie rodzaj budowy uzwojeń (jakie inne rozwiązania można spotkać?)
 - c. Wyznaczenie wartości znamionowych prądów uzwojeń na podstawie danych z tabliczki znamionowej;
 - d. Szkic konstrukcyjny rdzenia.

- 2. Pomiar przekładni napięciowej i napięć zwojowych przy wykorzystaniu dodatkowych cewek nawiniętych na uzwojeniach. Wyznaczenie liczby zwojów uzwojeń transformatora**
 - a. Pomiar napięć na uzwojeniach w celu wyznaczenia przekładni napięciowej transformatora i napięć zwojowych dodatkowych cewek;
 - b. Wyznaczenie liczby zwojów uzwojenia strony górnego i dolnego napięcia.

- 3. Próba stanu jałowego**
 - a. Pomiar prądu oraz mocy w stanie jałowym w funkcji napięcia zasilającego;
 - b. Wykreślenie charakterystyk $P_0, I_0, I_{Fe}, I_{\mu}, \cos\varphi = f(U_0)$;
 - c. Wyznaczenie zastępczej charakterystyki magnesowania obwodu magnetycznego $B_m = f(H_m)$ przy założeniu braku szczeliny powietrznej w rdzeniu.

- 4. Wyznaczenie charakterystyki zewnętrznej**
 - a. Wyznaczenie charakterystyki zewnętrznej transformatora $U_2 = f(I_2)$ dla obciążeń o różnym charakterze, przy założeniu $U_1 = U_{1N} = const, f = const$ oraz $\cos\varphi_2 = const$;
 - b. Wyznaczenie procentowej zmienności napięcia transformatora przy prądzie znamionowym dla wybranych obciążeń.

Przebieg ćwiczenia

1. Wyznaczenie wymiarów obwodu magnetycznego transformatora

a. Określenie typu rdzenia

Określić typ rdzenia badanego transformatora oraz wykazać się znajomością innych rozwiązań konstrukcyjnych rdzeni.

b. Określenie rodzaju budowy uzwojeń

Określić rodzaj uzwojeń strony górnego i dolnego napięcia oraz przedstawić inne rozwiązania stosowane w transformatorach jednofazowych, ze względu na sposób ich ułożenia.

c. Wyznaczenie wartości znamionowych prądów na podstawie danych z tabliczki znamionowej

Dane znamionowe zamieścić tabeli:

S_N	
U_{1N}	
U_{2N}	
f_N	

Wartości znamionowe prądów uzwojeń transformatora wyznacza się z następujących zależności:

$$I_{1N} = S_N / U_{1N},$$

$$I_{2N} = S_N / U_{2N}$$

d. Szkic konstrukcyjny rdzenia

Badany obiekt to transformator z rdzeniem zwijanym złożony z dwóch obwodów magnetycznych połączonych równolegle. Na podstawie zmierzonych wielkości obwodu magnetycznego takich jak, długość rdzenia, wysokość rdzenia, szerokość oraz grubość kolumny, narysować szkic konstrukcyjny rdzenia transformatora.

2. Pomiar przekładni napięciowej i napięć zwojowych przy wykorzystaniu dodatkowych cewek nawiniętych na uzwojeniach. Wyznaczenie liczby zwojów uzwojeń transformatora

a. Pomiar napięć na uzwojeniach w celu wyznaczenia przekładni napięciowej transformatora i napięć zwojowych dodatkowych cewek

Pomiar przekładni napięciowej transformatora należy wykonać zasilając badany transformatora napięciem znamionowym U_{1N} i odczytać wartość napięcia U_{20} indukowanego w uzwojeniu wtórnym w stanie jałowym. Dodatkowo należy pomierzyć napięcia zwojowe dla strony górnego U_{d1} i dolnego napięcia U_{d20} na dodatkowych cewkach pomiarowych.

W trakcie wykonywania pomiarów należy zwrócić uwagę na cewki pomiarowe, by nie spowodować ich zwarcia.

Wyniki pomiarów zamieścić w tabeli:

U_1 [V]	U_{20} [V]	U_{d1} [V]	U_{d20} [V]

Wartość przekładni: $\mathcal{G}_U = \frac{U_1}{U_{20}}$

b. Wyznaczenie liczby zwojów uzwojeń

Wyznaczyć napięcia zwojowe cewek dodatkowych strony górnego e_1 i dolnego e_{20} napięcia. z_{d1} i z_{d2} określają liczbę zwojów cewek dodatkowych odpowiednio górnego i dolnego napięcia.

Napięcia zwojowe:

$$e_1 = \frac{U_{d1}}{z_{d1}}, \quad e_{20} = \frac{U_{d20}}{z_{d2}}$$

Znając wartość napięć zwojowych cewek dodatkowych można wyznaczyć liczbę zwojów obu uzwojeń transformatora.

Liczba zwojów:

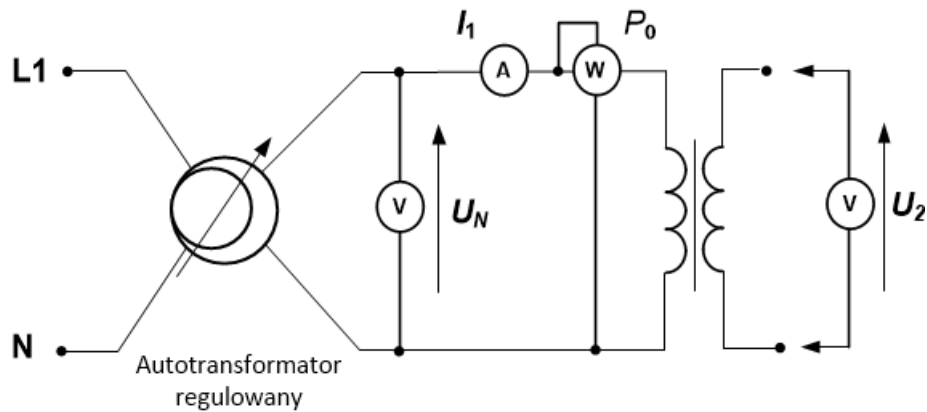
$$z_1 = \frac{U_1}{e_1}, \quad z_2 = \frac{U_{20}}{e_{20}}$$

3. Próba stanu jałowego

a. Pomiar prądu jałowego i mocy transformatora w funkcji napięcia zasilającego

Celem próby stanu jałowego jest wyznaczenie strat mocy w rdzeniu oraz prądu stanu jałowego. Przy tej próbie uzwojenie dolnego napięcia transformatora zasila się napięciem o regulowanej wartości od 0 do $1,2 U_N$.

Układ pomiarowy transformatora w stanie jałowym pokazano na rys. 1:



Rys. 1. Układ pomiarowy transformatora w stanie jałowym

Wyniki pomiarów i obliczeń zapisać w tabeli:

Lp	U_0	I_0	P_0	$\cos \varphi_0$	Q_0	ΔP_{Fe}	I_μ	I_{Fe}
	[V]	[A]	[W]	-	[Var]	[W]	[A]	[A]
1								
...								
n								

b. Na podstawie pomiarów i obliczeń wykreślić charakterystyki:

$$P_0, I_0, I_\mu, I_{Fe}, \cos \varphi_0 = f(U_0)$$

c. Wyznaczenie zastępczej charakterystyki magnesowania obwodu magnetycznego $B_m = f(H_m)$ przy założeniu braku szczeliny powietrznej

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów w stanie jałowym, wyznaczyć wartości maksymalne indukcji magnetycznej B_m i natężenia pola magnetycznego H_m . Następnie wykreślić zastępczą charakterystykę magnesowania rdzenia.

Wartości maksymalne indukcji magnetycznej oraz natężenia pola magnetycznego wyznacza się z następujących zależności:

$$B_m = \frac{U_{1sk}}{4.44 f z_1 S} \quad , \quad H_m = \frac{z_1 I_{1max}}{l_{sr}} \quad ,$$

przy czym:

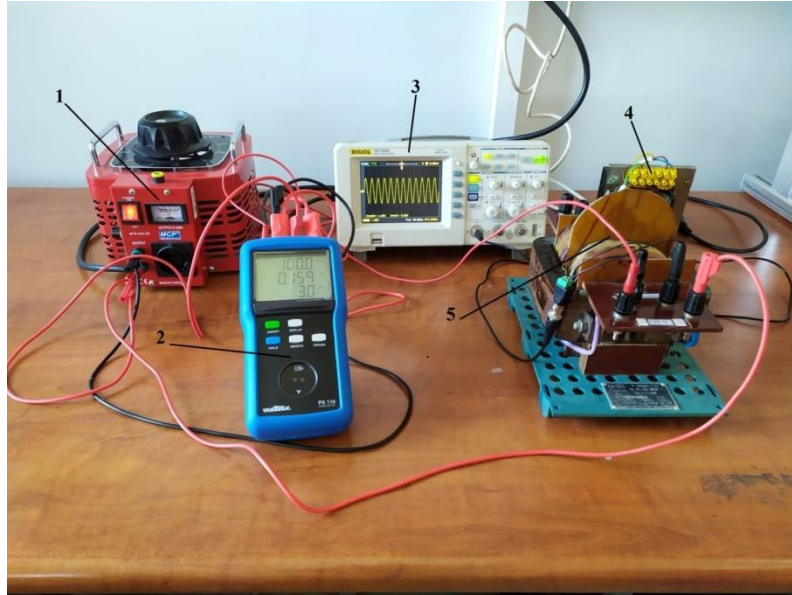
f – częstotliwość [Hz] napięcia zasilania U_1 ,

S – przekrój poprzeczny rdzenia [m^2],

I_{1max} – wartość maksymalna prądu w stanie jałowym [A],

l_{sr} – średnia długość drogi strumienia magnetycznego głównego [m].

Na rys. 2 pokazano przykładowe stanowisko pomiarowe do wyznaczenia charakterystyki magnesowania rdzenia $B_m(H_m)$ jednofazowego transformatora płaszczonego.



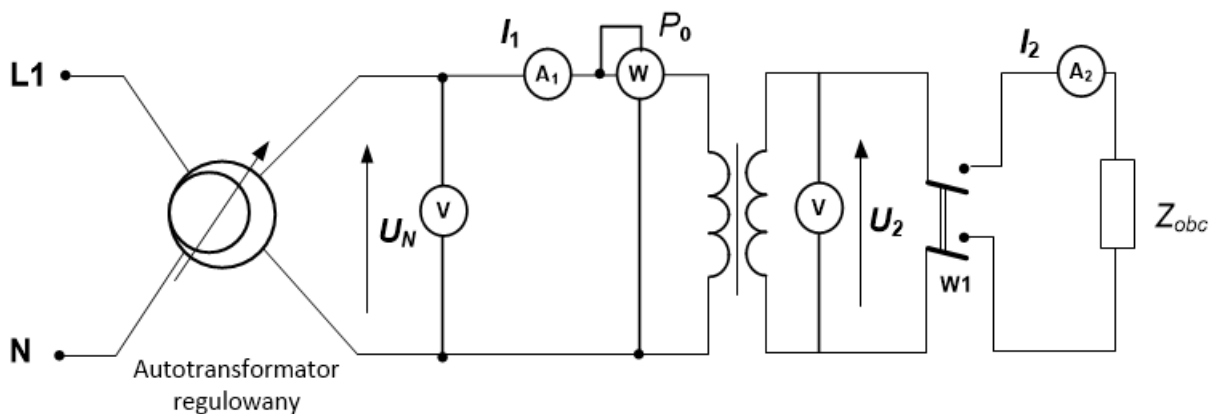
Rys. 2. Stanowisko do wyznaczenia charakterystyki magnesowania $B_m(H_m)$, gdzie: 1–źródło zasilania, 2–multimetr, 3–oscylloskop, 4–transformator separacyjny, 5–badany obiekt

4. Wyznaczenie charakterystyki zewnętrznej

a. *Wyznaczenie charakterystyki zewnętrznej transformatora $U_2 = f(I_2)$ dla obciążeń o różnym charakterze, przy założeniu $U_1 = U_N = const, f = const$ oraz $\cos\varphi_2 = const$*

W stanie obciążenia transformatora można wyznaczyć jego charakterystykę zewnętrzną. Charakterystyką zewnętrzną transformatora nazywamy zależność napięcia na zaciskach uzwojenia wtórnego U_2 od prądu wtórnego I_2 przy $U_1 = U_N = const, f = const, \cos\varphi_2 = const$.

Charakterystykę $U_2 = f(I_2)$ wyznaczyć w układzie przedstawionym na rys. 3:



Rys. 3. Schemat pomiarowy transformatora w stanie obciążenia

Nastawiamy napięcie znamionowe U_N na uzwojeniu pierwotnym. Podczas pomiarów, napięcie to należy doregulowywać tak, aby miało ono stałą wartość. Następnie zamykamy wyłącznik W1 i zmieniając odpowiednio obciążenie transformatora Z_{obc} , zwiększamy stopniowo prąd I_2 . Należy wykonać kilka pomiarów dla prądu I_2 w granicach $(0,2 \dots 1,2) I_{2N}$.

Wyniki pomiarów i obliczeń zestawić w poniższej tabeli: poprawić tab.

Rodzaj obciążenia	Lp.	U_1	I_1	U_2	I_2
	-	V	A	V	A
<i>R</i>	1	U_N			
	...				
	<i>n</i>				
<i>RL</i>	1	U_N			
	...				
	<i>n</i>				
<i>RC</i>	1	U_N			
	...				
	<i>n</i>				

d. Wyznaczenie procentowej zmienności napięcia transformatora przy prądzie znamionowym dla występujących w trakcie badań charakterów obciążenia

Na podstawie pomiarów stanu jałowego oraz stanu obciążenia transformatora wyznaczyć procentową wartość zmienności napięcia przy prądzie znamionowym dla różnych charakterów obciążenia. Spadki napięć wyznacza się z następującej zależności:

$$\delta_u = \frac{U_{20} - U_2}{U_{20}} 100\%$$

przy czym:

U_{20} – napięcie strony wtórnej w stanie jałowym,

U_2 – napięcie strony wtórnej przy obciążeniu prądem znamionowym.

Przykładowe pytania kontrolne:

1. Jakie istnieją typy konstrukcji rdzeni transformatorów jednofazowych?
2. Jaka jest interpretacja wartości napięcia znamionowego uzwojenia transformatora?
3. Jaki rodzaj mocy stosowany jest przy określaniu mocy znamionowej transformatora?
4. Na co wpływa wartość napięcia zwojowego przy zadanych wymiarach rdzenia?
5. Jaki jest wpływ szczeliny powietrznej powstającej w procesie wytwarzania rdzenia na przebieg zastępczej charakterystyki magnesowania obwodu magnetycznego transformatora?
6. Z czego wynikają straty mocy w stanie jałowym transformatora?
7. Co oznaczają pojęcia zmienność napięcia oraz spadek napięcia transformatora i od czego zależą ich wartości?

Literatura

1. T. Glinka, *Maszyny elektryczne i transformatory*, praca zbiorowa, Wydawnictwo Naukowe PWN, 2018
2. W. Przyborowski, G. Kamiński. *Maszyny elektryczne*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2014
3. W. Latek, *Maszyny elektryczne w pytaniach i odpowiedziach*, WNT, 2007
4. H. Rawa, *Elektryczność i magnetyzm w technice*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2001
5. Praca zbiorowa, *Poradnik inżyniera elektryka*, Tom 2, WNT Warszawa 2009