

**LABORATORIUM**

**PODSTAWY**

**ELEKTROTECHNIKI**



**CHARAKTERYSTYKI**

**TRANSFORMATORA**

**JEDNOFAZOWEGO**

## Badanie właściwości transformatora jednofazowego.

Celem ćwiczenia jest poznanie budowy oraz wyznaczenie charakterystyk transformatora jednofazowego w różnych stanach pracy.

### 1. Wiadomości podstawowe.

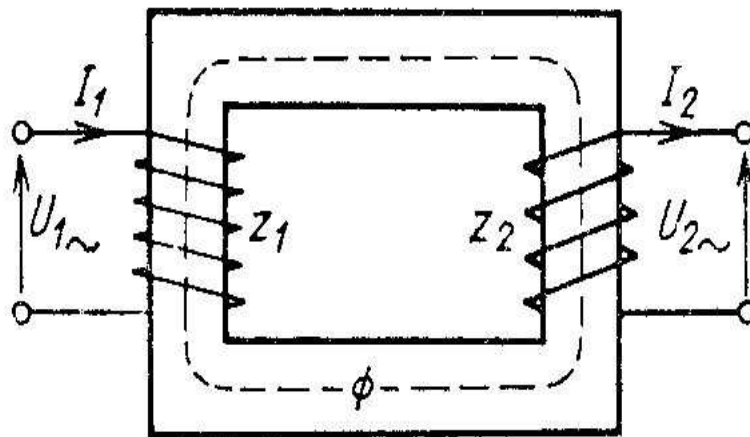
Transformator jest przeznaczony do przetwarzania napięcia i prądu o jednej wartości, na napięcie i prąd o innej wartości i tej samej częstotliwości. W transformatorze wykorzystuje się **zjawisko indukcji elektromagnetycznej**.

Zasadniczymi częściami transformatora są: rdzeń wykonany w postaci pakietu blach ze specjalnych gatunków stali elektrotechnicznej i nawinięte na nim **uzwojenia – górnego i dolnego napięcia**. Rdzeń stanowi dla strumienia magnetycznego, wytwarzanego przez prąd płynący w obu uzwojeniach, drogę o dużej przenikalności magnetycznej.

Uzwojenie transformatora połączone ze źródłem napięcia zasilającego nazywa się **uzwojeniem pierwotnym**. Uzwojenie połączone z obciążeniem jest **uzwojeniem wtórnym**.

Napięcia i prądy związane z uzwojeniem pierwotnym nazywamy pierwotnymi, a związane z uzwojeniem wtórnym nazywamy wtórnymi. Wszystkie wielkości i parametry uzwojenia pierwotnego oznaczamy wskaźnikiem **1**, a uzwojenia wtórnego – wskaźnikiem **2**.

W zależności od środowiska w jakim zamyka się wytworzony wokół uzwojeń strumień magnetyczny, rozróżniamy **transformatory powietrzne i transformatory z rdzeniem ferromagnetycznym**.



Rys 1. Schemat budowy transformatora

**Przekładnią transformatora  $v$**  nazywamy stosunek liczby zwojów uzwojenia pierwotnego  $z_1$  do liczby zwojów uzwojenia wtórnego  $z_2$ , czyli

$$v = \frac{z_1}{z_2}$$

Jeżeli transformator jest transformatorem obniżającym napięcie to korzystając ze wzoru na siły elektromotoryczne:

$$E_1 = 4,44z_1f\phi \approx U_1$$

$$E_2 = 4,44z_2f\phi \approx U_2$$

Możemy w stanie jałowym przyjmując, że  $E_1 \approx U_{10}$  i  $E_2 \approx U_{20}$  wyznaczyć przekładnię ze wzoru:

$$v = \frac{U_{10}}{U_{20}}$$

$f$ - częstotliwość,  $\Phi$  – strumień magnetyczny w rdzeniu,  $U_{10}$  – napięcie pierwotne,  $U_{20}$  – napięcie wtórne transformatora nieobciążonego.

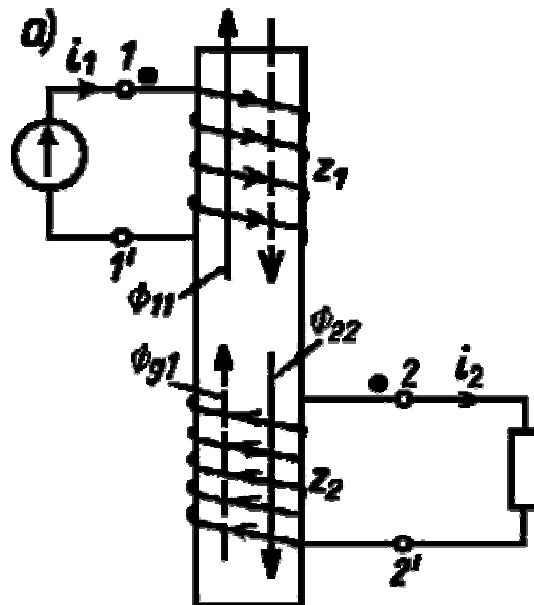
### Zasada działania transformatora.

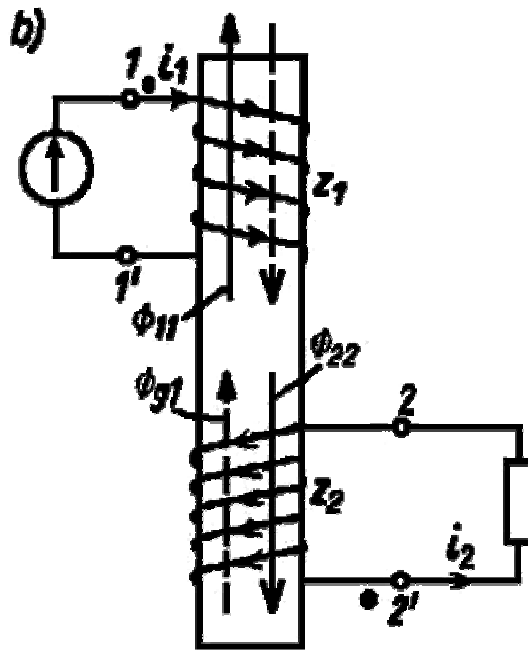
Na rys. 2a przedstawione są dwa uzwojenia umieszczone na wspólnym rdzeniu, nawinięte zgodnie, a na rys. 2b – przeciwnie. Do uzwojenia pierwotnego o liczbie zwojów  $z_1$  dołączone jest źródło napięcia sinusoidalnego. W uzwojeniu pierwotnym płynie prąd sinusoidalny o wartości chwilowej  $i_1$ . W wyniku przepływu tego prądu w przestrzeni otaczającej uzwojenie pierwotne, a więc w rdzeniu powstaje zmienny strumień magnetyczny  $\phi_{11}$  o zaznaczonym na rys. 2a zwrocie. Strumień główny  $\phi_{g1}$  mniejszy od strumienia  $\phi_{11}$  o wartość strumienia rozproszenia  $\phi_{s1}$ , kojarzy się z uzwojeniem wtórnym o liczbie zwojów  $z_2$  i indukuje w tym uzwojeniu napięcie indukcji wzajemnej

$$u_M = \frac{d\psi_{12}}{dt}$$

przy czym  $\Psi_{12} = z_2 \phi_{g1}$ .

Jeżeli do uzwojenia wtórnego dołączony jest odbiornik, to pod wpływem zaindukowanego w tym uzwojeniu napięcia popłynie prąd  $i_2$ . Zwrot prądu  $i_2$  wynika z reguły **Lenza**.





Rys. 2 Transformator dwuuzwojeniowy: a) uzwojenia nawinięte zgodnie; b) uzwojenia nawinięte przeciwnie

**Reguła Lenza** – w obwodzie zamkniętym zwrot siły elektromotorycznej indukowanej  $e$  oraz prądu indukowanego  $i$  jest taki, że wielkości te przeciwdziałają zmianom strumienia magnetycznego będącego ich źródłem, a więc zmniejszają strumień wtedy, gdy jest on w stanie narastania, a powiększają go, gdy jest on w stanie zanikania.

Na rys. 2 strumień magnetyczny wytworzony przez prąd wtórny oznaczono przez  $\phi_{22}$ . W obu przypadkach przy zgodnym i przeciwnym nawinięciu uzwojeń strumienie magnetyczne  $\phi_{11}$  i  $\phi_{22}$  mają zwroty przeciwne. Na rys. 2 oznaczono też zaciski jednoimiennie, a więc niezależnie od kierunku nawinięcia uzwojeń prądy mają zwroty przeciwne względem zacisków jednoimiennych.

Z punktu widzenia charakteru pracy rozróżniamy:

- **stan jałowy pracy transformatora**, gdy jego zaciski wtórne są rozwarte,
- **stan zwarcia transformatora**, gdy jego zaciski wtórne są połączone bezimpedancyjnie, tzn. zwarte
- **stan obciążenia transformatora**, gdy do jego zacisków wtórnych dołączony jest odbiornik.

Wzory do obliczeń:

### Stan jałowy

- moc pobierana przez transformator  $P = \Delta P_{Fe} + \Delta P_{Cu}$

$$\text{dla } I_{10} \ll I_{1n} \quad P_0 \approx \Delta P_{Fe}$$

- współczynnik mocy  $\cos \varphi_0 = \frac{\Delta P_{Fe}}{U_{10} I_{10}} = \frac{P_0}{U_{10} I_{10}}$

- moc bierna pobierana  $Q = \Delta P_{Fe} \operatorname{tg} \varphi_0 \approx P_0 \operatorname{tg} \varphi_0$

- prąd magnesujący  $I_\mu = I_{10} \sin \varphi_0$

- prąd strat w żelazie  $I_{Fe} = I_{10} \cos \varphi_0$

### Stan zwarcia

$$P_z \approx \Delta P_{Cu}$$

- współczynnik mocy

$$\cos \varphi_z = \frac{\Delta P_{Cu}}{U_{1z} I_{1z}} \approx \frac{P_z}{U_{1z} I_{1z}}$$

- impedancja zwarciowa

$$Z_{1z} = \frac{U_{1z}}{I_{1z}}$$

- rezystancja zwarciowa

$$R_{1z} = \frac{P_z}{I_{1z}^2}$$

- reaktancja zwarciowa

$$X_{1z} = \sqrt{(Z_{1z}^2 - R_{1z}^2)}$$

### Stan obciążenia

- sprawność

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}$$

$P_1$  – moc pobierana przez transformator ze źródła napięcia,  $P_2$  – moc oddawana do obciążenia.

## **LITERATURA**

- Atabekow G. „Teoria liniowych obwodów elektrycznych” WNT. Warszawa 1964
- Kurdziel R. „Podstawy elektrotechniki” PWN Warszawa 1973
- Bolkowski S. „Elektrotechnika teoretyczna” WNT Warszawa 1986
- Rajski Cz. „Teoria obwodów” Tom 1. WNT. Warszawa 1971

# **Transformator**

## **Dane techniczne:**

**Napięcie wejściowe:** 0-230 V / 50 Hz

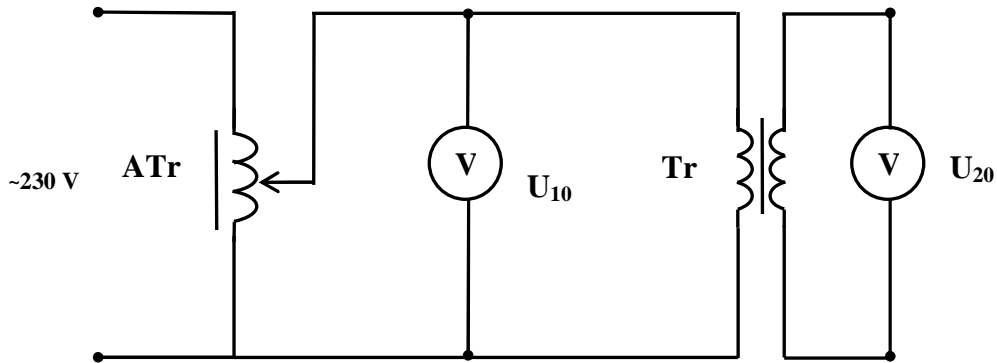
**Napięcie wyjściowe:** 0-24 V / 50Hz

**Prąd znamionowy** 26 A

## 2. Przebieg ćwiczenia.

### 2.1 Wyznaczanie przekładni transformatora w stanie jałowym.

#### 2.1.1. Schemat połączeń.

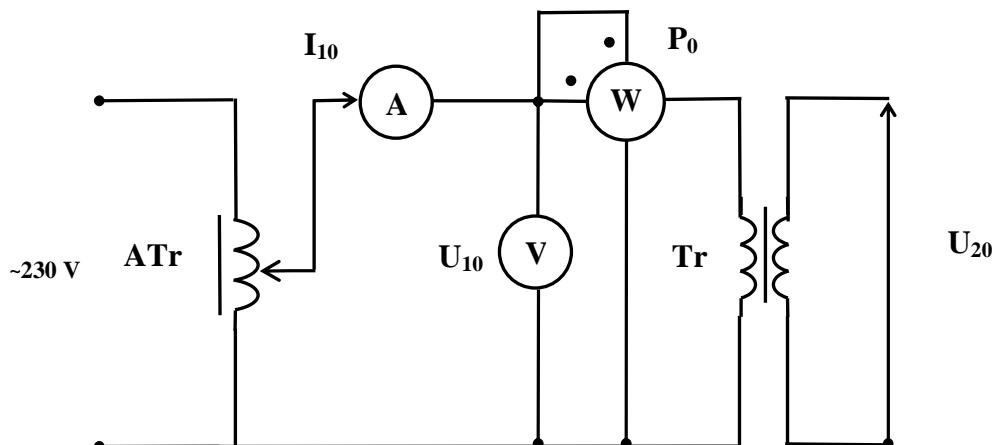


#### 2.1.2. Tabela pomiarowa.

Lp.	U <sub>10</sub>   [V]	U <sub>20</sub>   [V]	Z obliczeń	
			v	v <sub>śr</sub>
1				
2				
3				
4				
5				
6				

### 2.2. Badanie stanu jałowego transformatora.

#### 2.2.1. Schemat połączeń.



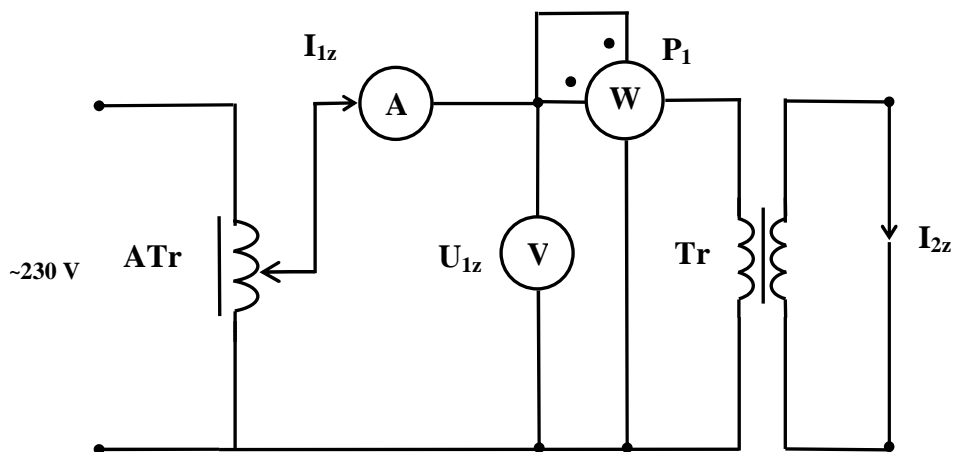


2.2.2. Tabela pomiarowa.

Lp.	$ U_{10} $ [V]	$ I_{10} $ [A]	$\Delta P_{Fe}=P_0$ [W]	Z obliczeń			
				$\cos \varphi_0$	Q [var]	$I_\mu$ [A]	$I_{Fe}$ [A]
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							

2.3. Badanie stanu zwarcia dla różnych wartości napięcia strony pierwotnej transformatora.

2.3.1. Schemat połączeń.

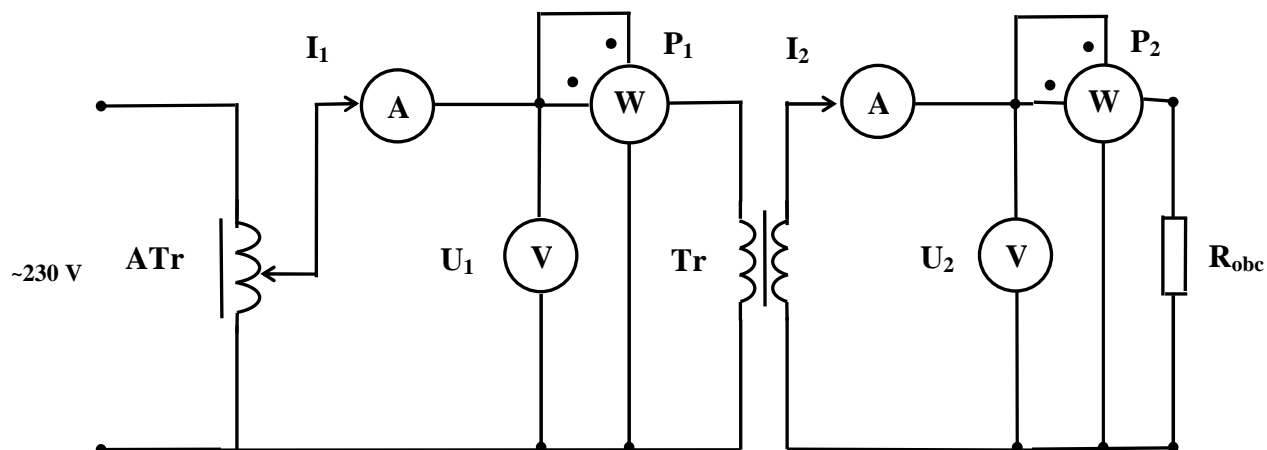


2.3.2. Tabela pomiarowa.

Lp.	$ U_{1z} $ [V]	$ I_{1z} $ [A]	$P_z$ [W]	Z obliczeń			
				$\cos \varphi_z$	$ Z_{1z} $ [ $\Omega$ ]	$ R_{1z} $ [ $\Omega$ ]	$ X_{1z} $ [ $\Omega$ ]
1							
2							
3							
4							
5							
6							

2.4. Badanie transformatora obciążonego (dla różnych wartości obciążeń).

2.4.1. Schemat połączeń.



2.4.2. Tabela pomiarowa.

Lp.	I <sub>2</sub>   [A]	U <sub>2</sub>   [V]	P <sub>1</sub> [W]	P <sub>2</sub> [W]	Z obliczeń	Uwagi
					η	U <sub>1n</sub>   =
1						R <sub>1</sub>
2						R <sub>2</sub>
3						R <sub>3</sub>
4						R <sub>4</sub>
5						R <sub>5</sub>
6						R <sub>6</sub>
7						R <sub>7</sub>
8						R <sub>8</sub>
9						R <sub>9</sub>
10						R <sub>10</sub>

### 3. W sprawozdaniu.

1. Wykreślić charakterystyki  $I_{10} = f(U_{10})$ ,  $\Delta P_{Fe} = f(U_{10})$ ,  $Q = f(U_{10})$ ,  $I_{Fe} = f(U_{10})$ ,  $\cos\varphi_0 = f(U_{10})$  dla stanu jałowego transformatora i omówić ich przebieg.

2. Wykreślić charakterystyki  $I_{1z} = f(U_{1z})$ ,  $\Delta P_z = f(U_{1z})$ ,  $\cos\varphi = f(U_{1z})$  dla stanu zwarcia transformatora i określić napięcie zwarcia  $U_z$  w procentach napięcia znamionowego pierwotnego.

3. Wykreślić charakterystyki  $U_2 = f(I_2)$  i  $\eta = f(I_2)$  dla transformatora obciążonego i omówić ich przebieg.