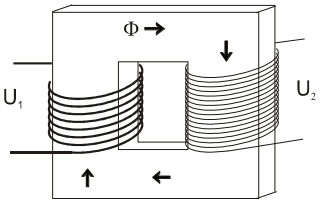
E8. Badanie transformatora

***Celem ćwiczenia** jest poznanie zjawiska indukcji elektromagnetycznej, budowy i zasady działania transformatora oraz doświadczalne wyznaczenie przekładni i wydajności badanego transformatora.*



Transformator jest urządzeniem służącym do zmiany napięcia prądu zmiennego. Zbudowany jest z dwóch niezależnych od siebie *uzwojeń: pierwotnego i wtórnego*, sprzężonych ze sobą indukcyjnie za pomocą wspólnego zamkniętego rdzenia żelaznego. Rdzeń taki składa się z oddzielnych blach izolowanych od siebie, w celu uniknięcia prądów wirowych.

Fizyczną podstawę działania transformatora stanowi zjawisko indukcji elektromagnetycznej. ***Prawo indukcji elektromagnetycznej Faraday'a*** mówi, że ***siła elektromotoryczna indukcji E*** *(w skrócie: SEM)* ******* jest proporcjonalna do szybkości zmian ***strumienia indukcji magnetycznej Φ.*** Dla obwodu zawierającego n zwojów, o tych samych rozmiarach, prawo to opisuje wzór:

$$E = -n\frac{d\Phi}{dt} \qquad (1)$$

Pod jej wpływem w obwodzie zamkniętym pojawia się prąd elektryczny, zwany **prądem indukcyjnym.*

Jeżeli uzwojenie pierwotne jest podłączone do źródła prądu zmiennego o napięciu $U_1=U_o\sin\omega t$, to popłynie przez nie prąd zmienny o natężeniu I_1 i równocześnie zmienny strumień magnetyczny Φ.

Rozpatrzmy dwa przypadki:

1. Transformator nieobciążony, czyli taki, w którym uzwojenie wtórne jest otwarte, czyli nie jest podłączony do niego żaden odbiornik prądu.

Jeżeli uzwojenie pierwotne zawiera n_1 zwojów, to zmienny w czasie strumień Φ wytworzy w nim SEM indukcji $E_1 = -n_1\frac{d\Phi}{dt}$. Przyłożone napięcie U_1 równoważy E_1 i spadek napięcia na oporze omowym R_1, czyli $U_1 = -E_1 + I_1R_1$. Ponieważ jednak opór R_1 uzwojenia pierwotnego jest znikomo mały, więc indukowana siła elektromotoryczna jest określona przez przyłożone napięcie, zgodnie z równaniem: $U_1=-E_1$, czyli:

$$U_1 = n_1\frac{d\Phi}{dt} \qquad (2)$$

Uzwojenie wtórne jest otwarte, prąd więc w tym uzwojeniu nie płynie, opór omowy jest równy zeru, a na jego końcach indukuje się napięcie $U_2=E_2$, czyli: $U_2 = -n_2\frac{d\Phi}{dt}$ (3)

Z obydwu powyższych równań (2 i 3) można obliczyć tzw. ***przekładnię transformatora k*** równą stosunkowi napięć w obu uzwojeniach i jednocześnie równą stosunkowi liczby zwojów:

$$\left|\frac{U_1}{U_2}\right| = \frac{n_1}{n_2} = k\,. \qquad (4)$$

2. Transformator obciążony, czyli taki, w którym do uzwojenia wtórnego podłączony jest opornik o oporze omowym R, na którym zachodzi spadek napięcia. Stosunek napięć w obu uzwojeniach nie jest wówczas dokładnie równy przekładni ***k*** tak jak dla transformatora nieobciążonego.

Wydajność transformatora W można określić jako stosunek ***mocy*** wydzielonej w uzwojeniu wtórnym P_2 do ***mocy*** pobranej w uzwojeniu pierwotnym P_1, czyli:

$$W = \frac{P_2}{P_1} = \frac{I_2 U_2}{I_1 U_1}. \qquad (5)$$

Różnica $P_1 - P_2$ jest miarą strat mocy, jakie występują w transformatorze. Na ogół jest rzędu kilku procent.

Literatura uzupełniająca

1. Cz. Bobrowski, Fizyka- krótki kurs, Rozdz.4.4
2. S. Przestalski, Fizyka z elementami biofizyki i agrofizyki, Rozdz. 4.3

Zobacz też:

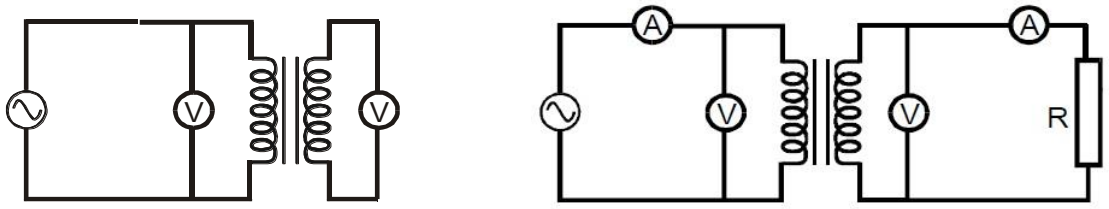
symulacje komputerowe na stronie internetowej *Katedry Fizyki i Biofizyki* **(https://sparrow.up.poznan.pl/kfb/)** (zakładka: *Symulacje zjawisk fizycznych*).

E8. Protokół pomiarów i obliczeń

Nr pary	Imię i nazwisko studenta	Wydział grupa
data	Imię i nazwisko prowadzącego	Zaliczenie

Wykonanie ćwiczenia

Przyrządy: regulowany zasilacz napięcia zmiennego, woltomierz, amperomierz, opornik.



a b

I. <u>Badanie transformatora nieobciążonego</u>

1. Łączymy obwód pomiarowy wg schematu podanego na rys a. Uzwojenie pierwotne zasilamy z zasilacza prądu zmiennego o regulowanej wartości napięcia. Do obu uzwojeń dołączamy równolegle woltomierze napięcia zmiennego i ustawiamy na nich odpowiednie zakresy pomiarowe.
2. Dla wybranego ustawienia napięcia zasilającego odczytujemy wartości U_1 oraz U_2. Pomiar ten powtarzamy dla około 10 wartości napięcia zasilającego (od 0 do 10V). Wyniki wpisujemy do tabeli 1.
   Uwaga: Nie przekraczać wartości napięcia 10 V na zasilaczu prądu zmiennego – grozi to uszkodzeniem urządzenia!!!

Tabela 1

U_1 [V]										
U_2 [V]										
k										
									Wartość średnia $k_{śr}$ =	
									Błąd wartości średniej $\Delta k_{śr}$ =	
									Zestawienie ($k_{śr} \pm \Delta k_{śr}$) =	

Opracowanie wyników:

1. Dla każdej pary wartości U_1 i U_2 obliczamy wartość przekładni k ($k = \frac{U_1}{U_2}$).
2. Obliczamy wartość średnią $k_{śr.}$ i błąd bezwzględny jako trzykrotną wartość odchylenia standardowego SD: $\Delta k_{śr} = 3 \cdot SD = 3\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(k_{śr.} - k_i)^2}{n(n-1)}}$.
3. Zestawiamy wartość $k_{śr.}$ z – odpowiednio zaokrąglonym – błędem $\Delta k_{śr}$ w postaci: $(k_{śr} \pm \Delta k_{śr.})$.

II. <u>Badanie transformatora obciążonego</u>

1. Łączymy obwód pomiarowy wg schematu podanego na rys b. Wszystkie mierniki ustawiamy na pomiar prądu zmiennego i dobieramy odpowiednie zakresy pomiarowe. Rolę oporu R pełni 12-to voltowa żarówka.
2. Odczytujemy wartości napięcia i natężenia prądu w obwodzie pierwotnym (U_1 oraz I_1) i wtórnym (U_2 oraz I_2). Pomiary te powtarzamy dla kilku różnych wartości napięcia zasilającego (o ilości powtórzeń decyduje prowadzący ćwiczenia). Wyniki wpisujemy do tabeli 2.
   Uwaga: Nie przekraczać wartości napięcia 10 V na zasilaczu prądu zmiennego – grozi to uszkodzeniem urządzenia!!!

Tabela 2

Obwód pierwotny			Obwód wtórny			
U_1 [V]	I_1 [A]	P_1 [W]	U_2 [V]	I_2 [A]	P_2 [W]	W
					Wartość średnia $W_{śr}$ =	
					Błąd wartości średniej $\Delta W_{śr}$ =	
					Zestawienie ($W_{śr} \pm \Delta W_{śr}$) =	

Opracowanie wyników

1. Dla każdej serii przeprowadzonych pomiarów obliczamy moc w obwodzie pierwotnym $P_1 = U_1 \cdot I_1$ i wtórnym $P_2 = U_2 \cdot I_2$ oraz wydajność transformatora: $W = \frac{P_2}{P_1}$.
2. Znajdujemy średnią wartość wydajności $W_{śr.}$
3. Obliczamy błąd pomiarowy ΔW jako $3 \cdot SD$ (podobnie jak $\Delta k_{śr}$ w części I).
4. Zestawiamy średnią wartość wydajności transformatora z - odpowiednio zaokrąglonym- błędem bezwzględnym tej wielkości, w postaci: $(W \pm \Delta W)$.