

Podstawy elektrotechniki

Transformator

Transformator jest bezwiarową maszyną elektryczną służącą do przenoszenia energii między obwodami za pomocą zjawiska indukcji elektromagnetycznej.

Umożliwia zmianę wartości napięcia i prądu przy zachowaniu (w przybliżeniu) stałej mocy. Wyróżnia się różne typy transformatorów, z których podstawowe to transformator powietrzny oraz transformator rdzeniowy. Różnią się one konstrukcją i właściwościami pracy.

Transformator składa się z dwóch uzwojeń:

- **pierwotnego** – do którego doprowadzamy napięcie elektryczne,
- **wtórnego** – z którego odbieramy energię.

Prąd zmienny w uzwojeniu pierwotnym wytwarza zmienne pole magnetyczne, które indukuje napięcie w uzwojeniu wtórnym (prawo *Faraday'a*).

Transformator nie działa gdy podłączymy do niego napięcie stałe.

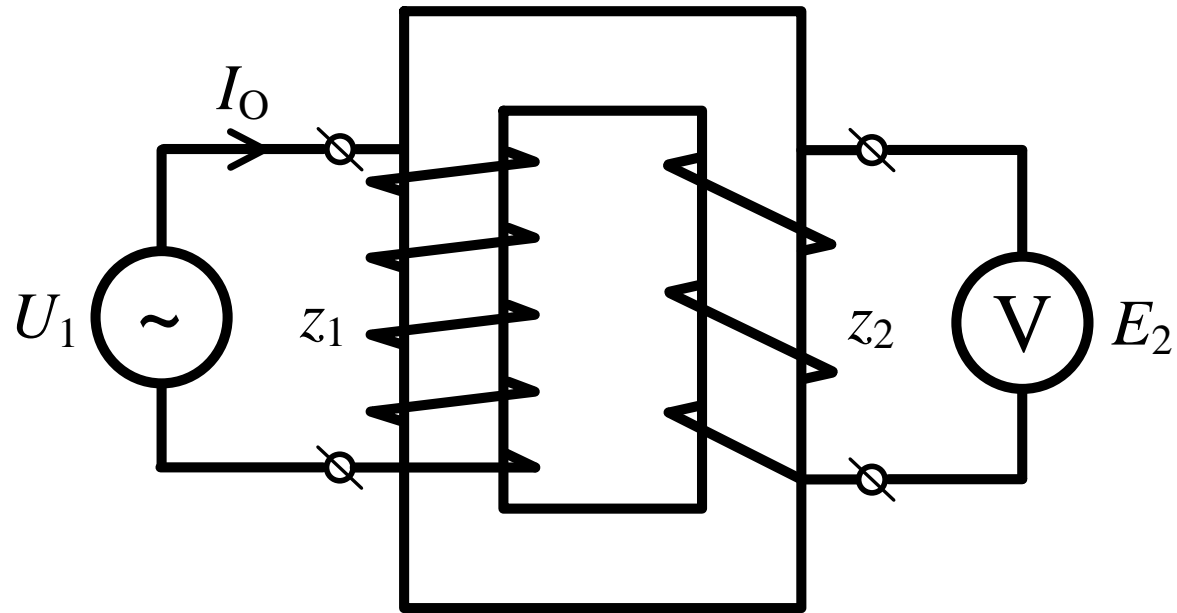
Oprócz podziału na uzwojenie pierwotne i wtórne mamy jeszcze podział na:

- **uzwojenie górne** – większa liczba zwojów, większe napięcie, mniejszy prąd, większa rezystancja uzwojenia, mniejszy przekrój materiału, z którego wykonano uzwojenie,
- **uzwojenie dolne** – mniejsza liczba zwojów, mniejsze napięcie, większy prąd, mniejsza rezystancja uzwojenia, większy przekrój materiału, z którego wykonano uzwojenie.

Transformator może pracować w trzech stanach:

- **jałowy** – brak obciążenia strony wtórnej (otwarte zaciski),
- **obciążenia** – do uzwojenia wtórnego podłączony odbiornik,
- **zwarcia** – zaciski uzwojenia wtórnego są ze sobą zwarte.

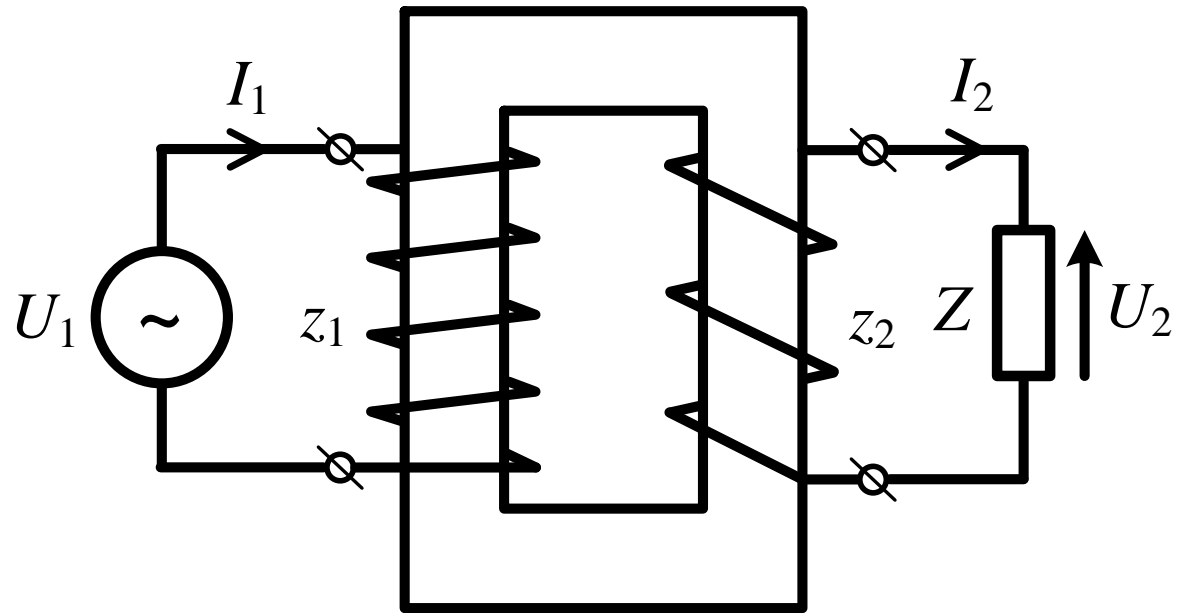
Stan jałowy transformatora



Przekładnia transformatora

$$n = U_1 / E_2 \cong z_1 / z_2$$

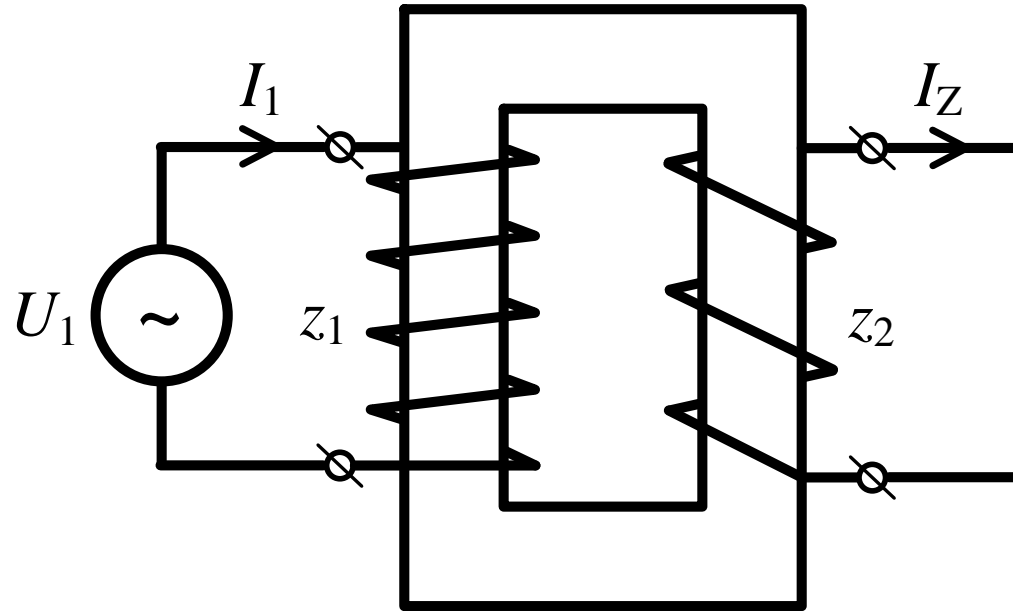
Stan obciążenia transformatora



Przekładnia transformatora

$$n = I_2 / I_1$$

Stan zwarcia transformatora



Przekładnia transformatora jest stała i wynika z budowy (ilości zwojów) uzwojeń transformatora.

Straty w rdzeniu mierzymy w stanie jałowym (gdyż straty obciążenia są pomijalne) i dzielimy je na:

- **histerezowe,**
- **prądy wirowe.**

Pod wpływem zmiennego pola magnetycznego domeny magnetyczne w rdzeniu zmieniają swoje ustawienie. Proces ten nie jest odwracalny bez strat energii (ciepło).

W każdym cyklu zmiany napięcia zasilającego transformator (50 Hz) domeny się „obracają” pokonując opory wewnątrz struktury rdzenia.

$$P_h = k_h \cdot f \cdot B^n \cdot m$$

P_h – moc strat histerezy, W

k_h – współ. zależny od materiału rdzenia,

f – częstotliwość, Hz

B – maksymalna ind. magnetyczna, T

m – masa, kg

n – wykładnik *Steinmetza* (1,6 ÷ 2,0).

W rdzeniu płyną prądy wirowe w wyniku indukowania się siły elektromotorycznej w rdzeniu. Straty te powodują nagrzewanie się rdzenia (ciepło *Joule'a*).

$$P_w = k_w \cdot f^2 \cdot B^2 \cdot d^2 \cdot m$$

P_w – moc strat na prądy wirowe, W

k_w – współ, zależny od przewodności i geometrii rdzenia,

d – grubość pojedynczej blachy rdzenia, m.

Sposoby ograniczenia strat w rdzeniu transformatora:

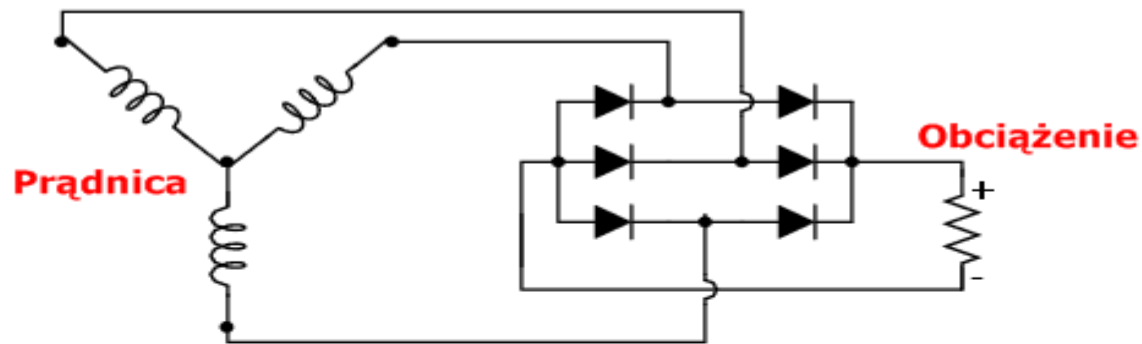
- „blachowanie” rdzenia powoduje ograniczenie prądów wirowych,
- stosowanie materiałów o wąskiej pętli histerezy (stal krzemowa),
- stosowanie ferrytów dla transformatorów pracujących z dużą częstotliwością (kHz).

Częstotliwość w sieciach krajowych, przykład:

Europa – 50 Hz, 230 V

Ameryka Północna – 60 Hz, 120 V

Samoloty pasażerskie – 400 Hz, 115 V

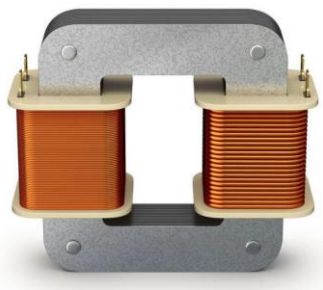


Straty obciążenia powstają w uzwojeniach transformatora i wynikają z oporu elektrycznego przewodów. Straty te są stratami *Joule'a*.

$$P_0 = R \cdot I^2$$

Zastosowanie transformatorów:

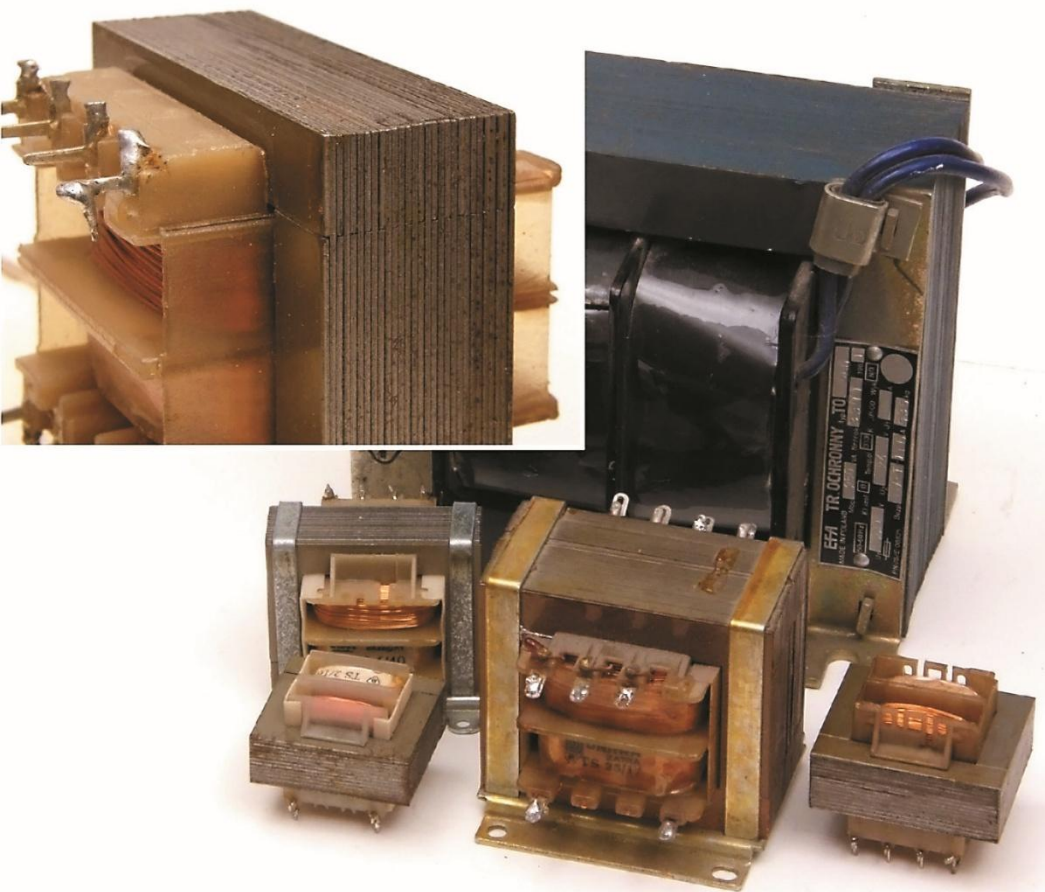
- przesył i rozdział energii elektrycznej,
- zasilacze i urządzenia elektryczne i elektroniczne,
- separacja galwaniczna,
- dopasowanie impedancji,
- pomiar i zabezpieczenia (przekładniki),
- spawalnictwo,
- układy wysokiej częstotliwości,
- specjalne zastosowania (piece indukcyjne, cewki zapłonowe w silnikach benzynowych).



Transformator
jednofazowy



Transformator
trójfazowy



Transformatory
do urządzeń
domowych