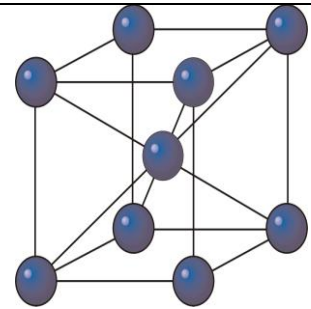


**INSTYTUT FIZYKI  
WYDZIAŁ INŻYNIERII PRODUKCJI  
I TECHNOLOGII MATERIAŁÓW  
POLITECHNIKA CZĘSTOCHOWSKA**



**PRACOWNIA  
FIZYKI CIAŁA STAŁEGO**



**ĆWICZENIE NR FCS - 5**

**PĘTLA HISTEREZY MAGNETYCZNEJ**

## I. Zagadnienia do opracowania

1. Podstawowe wielkości magnetyczne.
2. Magnetyczne właściwości materii.
3. Proces przemagnesowania ferromagnetyka. Parametry pętli histerezy.
4. Domeny ferromagnetyczne.
5. Budowa i zasada działania oscyloskopu.

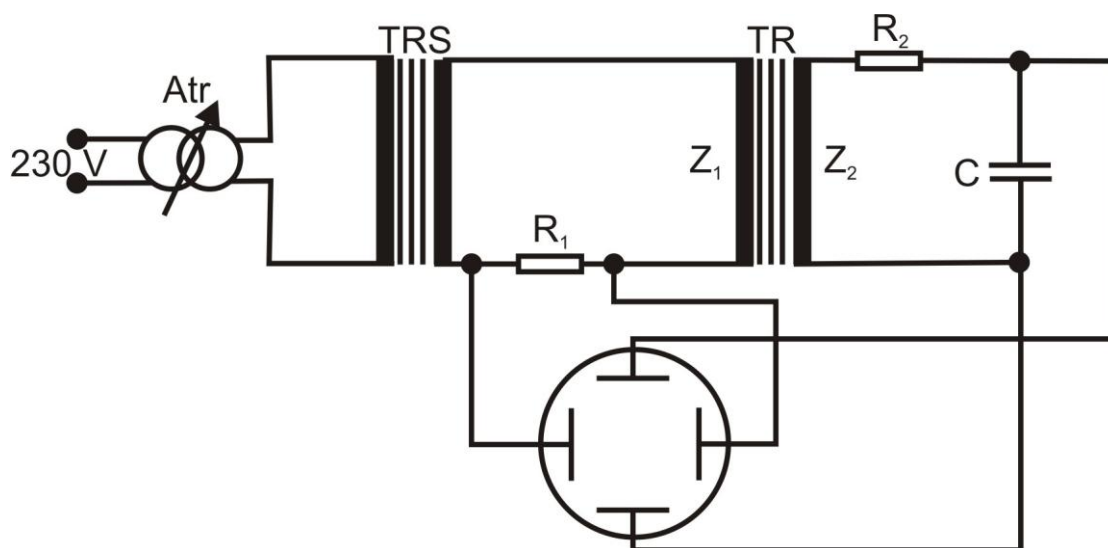
## II. Przebieg ćwiczenia

1. Przebieg pomiarów pętli histerezy magnetycznej oraz krzywej pierwotnej magnetyzacji

Badaną próbką jest:

- transformator sieciowy (stop Fe-3%Si),
- toroid (stop amorficzny Co-Fe-Si-B).

1. Pomiary dla blachy krzemowej:



Rys. 1. Układ pomiarowy

Atr – autotransformator

TRS – transformator separujący

TR – badany transformator

$R_1$  – opornica suwakowa  $R = 125 \Omega$

$R_2$  – opornik  $178 \text{ k}\Omega$  w przypadku transformatora i  $9,83 \text{ k}\Omega$  dla toroidu

C – kondensator  $8 \mu\text{F}$

- a) Połączyć obwód według schematu przedstawionego na rys. 1, wykorzystując wyjście nr 1 transformatora separującego.
- b) Ustawić pokrętko autotransformatora w pozycji zerowej, po czym załączyć układ oraz oscyloskop (należy odczekać kilka sekund w celu nagrzania się oscyloskopu).
- c) Wcisnąć przycisk (czerwony) x wewn.-zewn..
- d) Do badania pętli histerezy stali krzemowej (transformatora) przełącznik wzmocnienia y nastawić  $0,02 \text{ V/dz}$ .

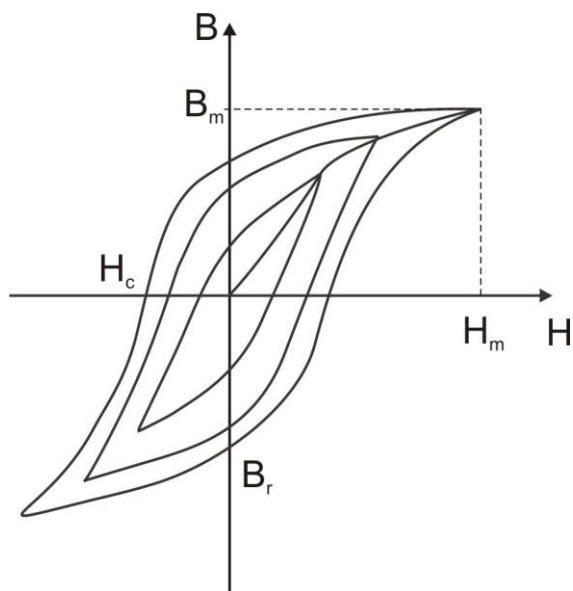
- e) Dla napięć autotransformatora równych 30 V, 60 V, 100 V, 120 V oraz 150 V odrysować z ekranu pętle histerezy magnetycznej. Dla każdej pętli histerezy wyznaczyć sześć punktów charakterystycznych dla niej (wartość bezwzględną indukcji maksymalnej oraz punkty przecięcia z osiami układu współrzędnych).
  - f) Po wykonaniu pomiarów zmniejszyć napięcie autotransformatora do zera.
2. Pomiary dla próbki amorficznej:
- a) Połączyć układ według schematu włączając w miejsce autotransformatora toroid.
  - b) Przełączyć przewody w transformatorze separującym na niskie napięcie (wyjście nr 2).
  - c) Do badania pętli histerezy dla stopu amorficznego Co-Fe-Si-B (toroid) przełącznik wzmocnienia y ustawić na 0,05 mV/dz.
  - d) Dla pięciu wybranych napięć autotransformatora odrysować z ekranu pętle histerezy magnetycznej. Dla każdej pętli histerezy wyznaczyć sześć punktów charakterystycznych dla niej (wartość bezwzględną indukcji maksymalnej oraz punkty przecięcia z osiami układu współrzędnych).
  - e) Po wykonaniu pomiarów zmniejszyć napięcie autotransformatora do zera.
  - f) Wyłączyć układ z sieci.

**UWAGA I: W przypadku otrzymania lustrzanego odbicia pętli histerezy należy zamienić zaciski sondy oscyloskopu na kondensatorze**

**UWAGA II: Nie stosować napięć autotransformatora większych od 150 V**

### ***III. Opracowanie wyników pomiarów***

1. Umieścić otrzymane pętle histerezy na wspólnym wykresie.



**Rys. 2.**

W oparciu o wykonane pomiary, które pozwalają nam wyznaczyć wartości maksymalnego pola magnesującego i maksymalnej indukcji magnetycznej dla każdej obserwowanej pętli

histerezy wykonujemy skalę na osi H i na osi B. W tym celu, w przypadku osi H obliczamy maksymalne polezę wzoru:

$$H_m = \frac{z_1 I_m}{d} = \frac{z_1 U_m}{R_1 d}$$

gdzie  $U_m$  jest napięciem maksymalnym proporcjonalnym do natężenia pola magnetycznego  $H_m$ .

Następnie wybieramy wartości pola  $H_1, H_2, \dots$ , które chcemy oznaczyć na rysunku i z proporcji wyliczamy ich współrzędne  $x_1, x_2$  ze wzoru:

$$x_i = \frac{x_m H_i}{H_m}$$

gdzie  $x_m$  jest maksymalną długością linii na osi x odpowiadającą polu magnetycznemu  $H_m$ .

W przypadku oznaczenia osi indukcji postępujemy w taki sam sposób obliczając indukcję maksymalną ze wzoru:

$$B_m = \frac{E_m}{z_2 S \omega}$$

Po oznaczeniu osi współrzędnych dla poszczególnych pętli histerezy wszystkie obserwowane pętle przenosimy na wspólny arkusz. W tym celu wyznaczamy punkty poszczególnych pętli dla wybranych wartości  $H_1, H_2, \dots$ , oraz  $B_1, B_2, \dots$ , i nanosimy je na nowy arkusz, na którym jest jedna wspólna skala.

2. Łącząc wierzchołki poszczególnych pętli histerezy wyznaczyć krzywą pierwotną magnetyzacji.
3. Dla pętli histerezy uzyskanej przy największym napięciu autotransformatora wyznaczyć wartość pozostałości magnetycznej  $B_r$  oraz natężenia pola koercji  $H_c$ .
4. Dyskusję błędu ograniczamy do wyznaczenia błędu procentowego wielkości  $H_m$  i  $B_m$  dla pętli uzyskanej przy maksymalnej wartości napięcia zasilającego.

#### **Dane dla próbki ze stali krzemowej (transformator):**

$z_1 = 1980$  zwojów

$z_2 = 207$  zwoje

$d = 0,16$  m

$S = 4,75 \cdot 10^4$  m<sup>2</sup>

#### **Dane dla toroidu:**

$$d = 2\pi r_{sr}$$

$$r_{sr} = \frac{r_1 + r_2}{2}$$

$$S = (r_2 - r_1)h$$

$h = 0,83$  cm (grubość toroidu)

$r_1 = 1,61$  cm (promień wewnętrzny)

$r_2 = 2,35$  cm (promień zewnętrzny)

$z_1 = 60$  zwojów (uzwojenie pierwotne)

$z_2 = 420$  zwojów (uzwojenie wtórne)

***IV. Literatura***

1.