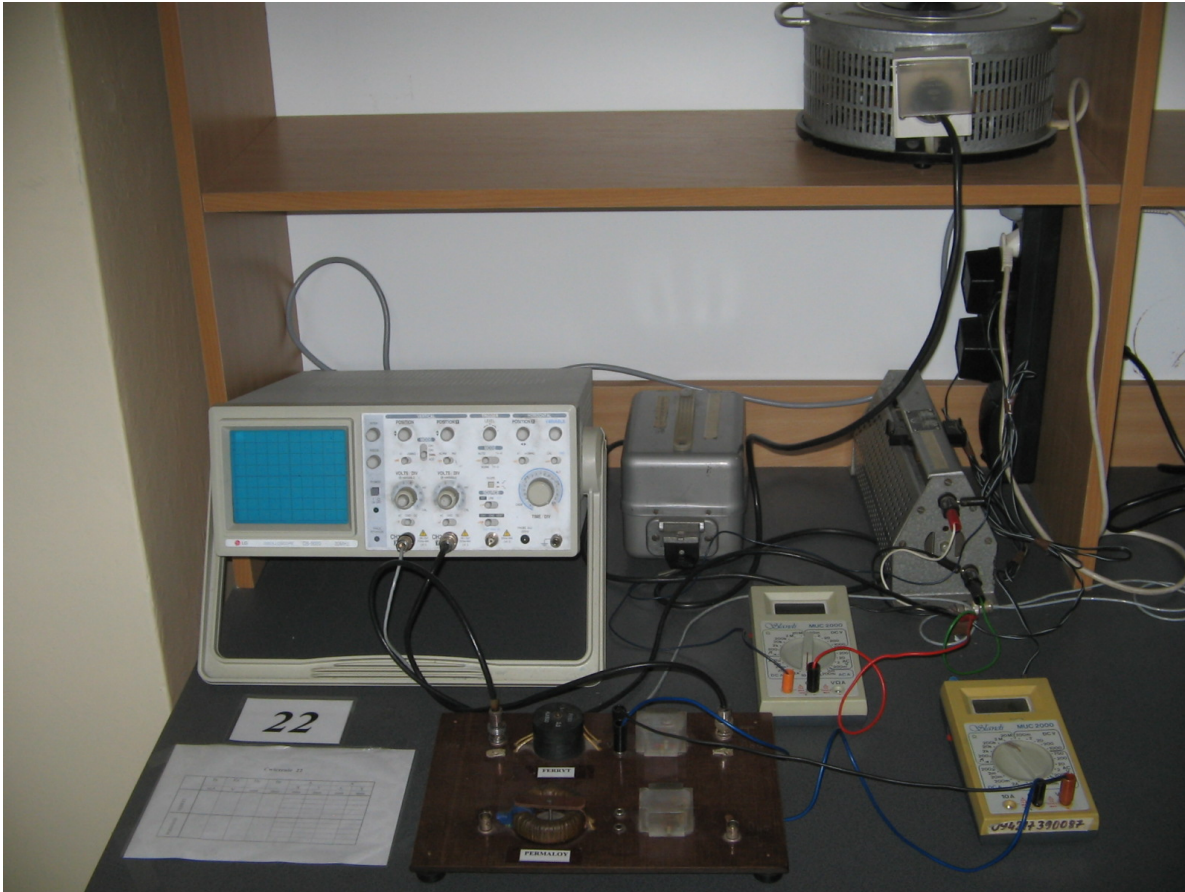


POMIAR PĘTLI HISTEREZY MAGNETYCZNEJ



1. Opis teoretyczny do ćwiczenia

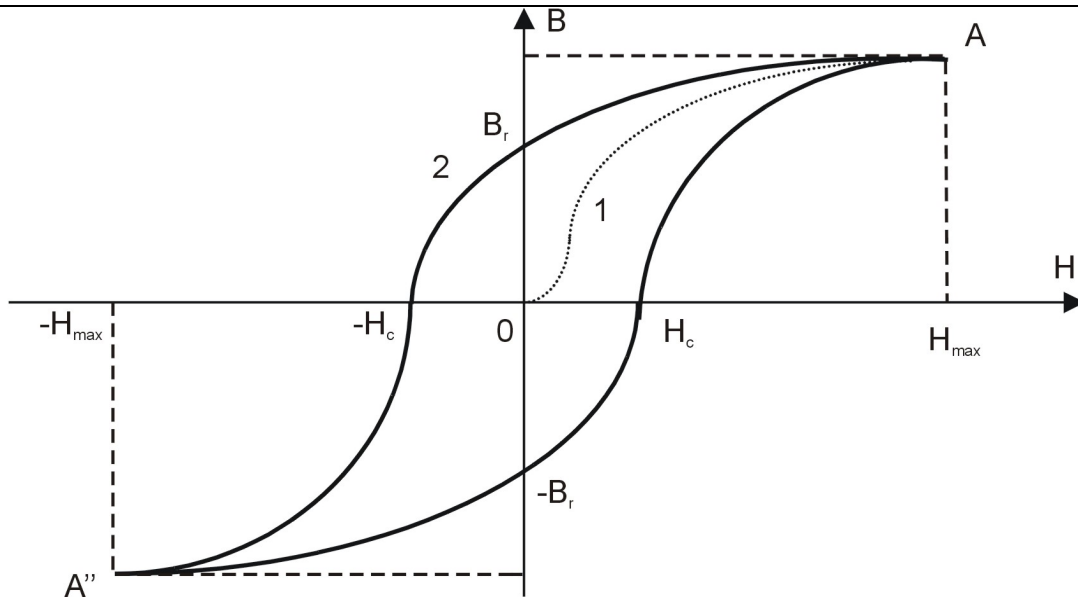
zamieszczony jest na stronie www.wtc.wat.edu.pl w dziale
DYDAKTYKA – FIZYKA – ĆWICZENIA LABORATORYJNE.

2. Opis układu pomiarowego

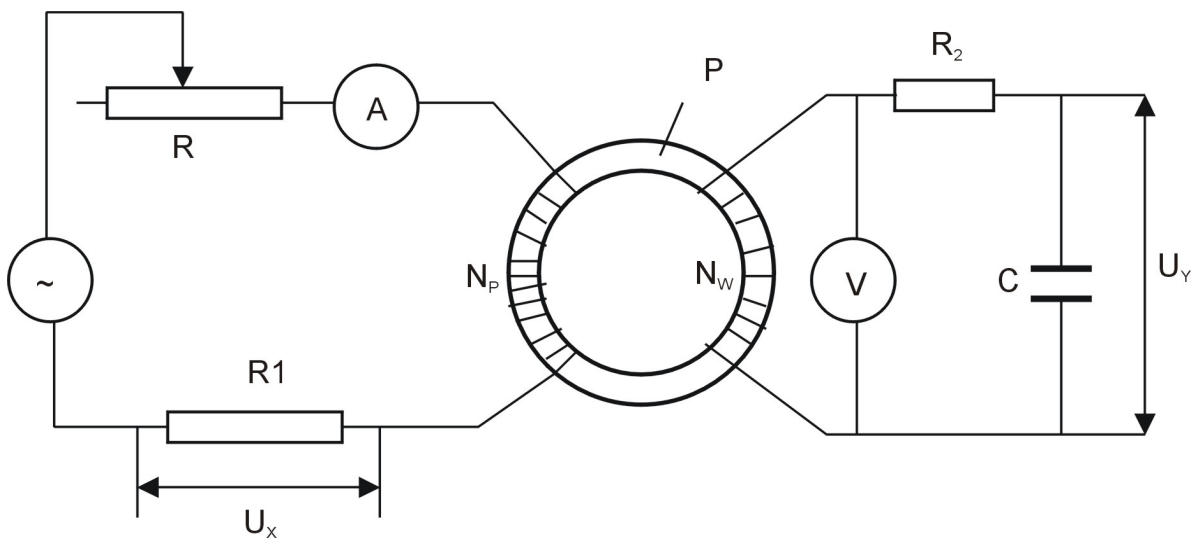
Materiały ferromagnetyczne (ferryt, permaloj) posiadają pętlę histerezy analogiczną do przedstawionej na rysunku 1. Układ pomiarowy jest zbudowany w oparciu o schemat ideowy pokazany na rysunku 2. W układzie tym znajdują się: dwa ferromagnetyki z uzwojeniami pierwotnymi i wtórnymi, oscyloskop, woltomierz V mierzący wartość skuteczną napięcia wtórnego i amperomierz A mierzący wartość skuteczną prądu magnesującego. Wartość napięcia w uzwojeniu pierwotnym regulowana jest przy pomocy autotransformatora.

Parametry próbek badanych ferromagnetyków są następujące:

	ferryt	permaloj
Ilość zwojów cewki uzwojenia wtórnego - N_W	800	210
Ilość zwojów cewki uzwojenia pierwotnego - N_P	800	210
Promień uzwojenia - r [cm]	1,5	2,5
Pole powierzchni jednego zwoju - S [cm ²]	4,5	0,5
Kształt próbki	walec	toroid
Współczynnik kształtu próbki - k [cm ⁻¹]	$k = \frac{N_P}{2 \cdot r}$	$k = \frac{N_P}{2\pi \cdot r}$



Rys. 1. Pętla histerezy: 1 – krzywa pierwotnego namagnesowania, 2 – statyczne krzywe namagnesowania.



Rys. 2. Schemat ideowy układu do obserwacji pętli histerezy magnetycznej.

3. Przeprowadzenie pomiarów

1. Zapoznać się z układem pomiarowym. Po uzyskaniu zgody prowadzącego ćwiczenie przystąpić do pomiaru pętli histerezy dla jednego z materiałów (ferrytu albo permaloju).
2. Pokrętłami przesuwu obrazu ustawić obraz punktu na ekranie oscyloskopu w pozycji centralnej.
3. Pokrętłami skali osi pionowej i poziomej ustawić wartości wyświetlanych amplitud (V / cm).
4. Ustawić taką wartość napięcia na autotransformatorze, aby osiągnąć wartość indukcji magnetycznej B , dla której funkcyjna zależność $B = f(H)$ w punktach A' i A'' była równoległa do osi poziomej, tzw. pętla graniczna (rys. 1).
5. Zmierzyć za pomocą amperomierza i woltomierza wartości skuteczne natężenia prądu I_s i napięcia E_s ,
6. Określić w milimetrach (podziałka na oscyloskopie) wartości H_c i B_r , $H_{\max}$ i $B_{\max}$ oraz innych punktów, które posłużą do wykonania wykresu.
7. Postępowanie według punktów 1 - 6 powtórzyć dla innego napięcia próbki w punkcie 4.
8. Postępowanie według punktu 1- 6 powtórzyć dla drugiej próbki.

4. Opracowanie wyników pomiarów – wersja podstawowaWyznaczenie wielkości $H_{\max}$ i jej niepewności dla pętli granicznej*Wykonać oddzielnie dla permaloju oraz dla ferrytu.*

1. Z pętli granicznej wyznaczyć $H_m' = \sqrt{2} \cdot k \cdot I_s$ w punkcie A' oraz $H_m'' = \sqrt{2} \cdot k \cdot I_s$ w punkcie A'', gdzie:
 I_s oznacza prąd skuteczny na uzwojeniu pierwotnym,
 k – współczynnik związany z kształtem próbki (ferryt – walec, permaloj – toroid).
2. Wyznaczyć $H_{\max} = \frac{H_m' + H_m''}{2}$.
3. Wyznaczyć niepewność względną $u_r(H_{\max}) = \frac{u(I_s)}{I_s}$.

Wyznaczenie wielkości H_C dla pętli granicznej*Wykonać oddzielnie dla permaloju oraz dla ferrytu.*

4. Wyznaczyć $H_c' = H_{\max} \frac{X_c'}{X_{\max}'}$, gdzie:
 $X_{\max}'$ - położenie plamki oscyloskopu na osi poziomej odpowiadające punktowi A',
 X_c' - położenie plamki oscyloskopu na osi poziomej odpowiadające punktowi $H_c' > 0$.
5. Wyznaczyć $H_c'' = H_{\max} \frac{X_c''}{X_{\max}''}$, gdzie:
 $X_{\max}''$ - położenie plamki oscyloskopu na osi poziomej odpowiadające punktowi A'',
 X_c'' - położenie plamki oscyloskopu na osi poziomej odpowiadające punktowi $H_c'' < 0$.
6. Wyznaczyć $H_C = \frac{H_c' + H_c''}{2}$.

Wyznaczenie wielkości H_C dla pętli innych niż graniczne*Wykonać oddzielnie dla permaloju oraz dla ferrytu.*

7. Wyznaczyć $H_c' = H_{\max} \frac{X_c'}{X_{\max}'} \frac{d_c'}{d_{\max}'}$, gdzie:
 $X_{\max}'$ - położenie plamki oscyloskopu na osi poziomej odpowiadające punktowi A' pętli granicznej,
 X_c' - położenie plamki oscyloskopu na osi poziomej odpowiadające punktowi $H_c' > 0$ pętli analizowanej,
 $d_{\max}'$ - współczynnik skali (w woltach na działkę) osi poziomej pętli granicznej,
 d_c' - współczynnik skali (w woltach na działkę) osi poziomej pętli analizowanej.
8. Wyznaczyć analogicznie $H_c'' = H_{\max} \frac{X_c''}{X_{\max}''} \frac{d_c''}{d_{\max}''}$.
9. Wyznaczyć $H_{C-i} = \frac{H_{c-i}' + H_{c-i}''}{2}$ gdzie i – numer kolejnych pętli histerezy.
10. Postępując podobnie jak w punktach 7 – 9 wyznaczyć $H_{\max-i}$, gdzie i – numer kolejnych pętli histerezy.

Wyznaczenie wielkości $B_{\max}$ i jej niepewności dla pętli granicznej*Wykonać oddzielnie dla permaloju oraz dla ferrytu.*

11. Z pętli granicznej wyznaczyć $B_m' = \frac{\sqrt{2}E_s}{2\pi f \cdot N_w \cdot S}$ w punkcie A' oraz $B_m'' = \frac{\sqrt{2}E_s}{2\pi f \cdot N_w \cdot S}$ w punkcie A'',

gdzie:

 E_s oznacza napięcie skuteczny na uzwojeniu pierwotnym, k – współczynnik związany z kształtem próbki (ferryt – walec, permaloj – toroid), $f = 50$ Hz, S – pole powierzchni jednego zwoju, N_w – pole powierzchni jednego zwoju uzwojenia wtórnego.

12. Wyznaczyć $B_{\max} = \frac{B_m' + B_m''}{2}$.

13. Wyznaczyć niepewność względną $u_r(B_{\max}) = \frac{u(E_s)}{E_s}$.

Wyznaczenie wielkości B_r dla przypadku pętli granicznej*Wykonać oddzielnie dla permaloju oraz dla ferrytu.*

14. Wyznaczyć $B_r' = B_{\max} \frac{Y_r'}{Y_{\max}'}$, gdzie:

 $Y_{\max}'$ - położenie plamki oscyloskopu na osi pionowej odpowiadające punktowi A', Y_r' - położenie plamki oscyloskopu na osi pionowej odpowiadające punktowi $B_r' > 0$.

15. Wyznaczyć $B_r'' = B_{\max} \frac{Y_r''}{Y_{\max}''}$, gdzie:

 $Y_{\max}''$ - położenie plamki oscyloskopu na osi pionowej odpowiadające punktowi A'', Y_r'' - położenie plamki oscyloskopu na osi pionowej odpowiadające punktowi $B_r'' < 0$.

16. Wyznaczyć $B_r = \frac{B_r' + B_r''}{2}$.

Wyznaczenie wielkości B_r dla pętli innych niż graniczne*Wykonać oddzielnie dla permaloju oraz dla ferrytu.*

17. Wyznaczyć $B_r' = B_{\max} \frac{Y_r'}{Y_{\max}'} \frac{d_r'}{d_{\max}'}$, gdzie:

 $Y_{\max}'$ - położenie plamki oscyloskopu na osi pionowej odpowiadające punktowi A' pętli granicznej, Y_r' - położenie plamki oscyloskopu na osi pionowej odpowiadające punktowi $B_r' > 0$ pętli analizowanej, $d_{\max}'$ - współczynnik skali (w woltach na działkę) osi pionowej pętli granicznej, d_r' - współczynnik skali (w woltach na działkę) osi pionowej pętli analizowanej.

18. Wyznaczyć analogicznie $B_r'' = B_{\max} \frac{Y_r''}{Y_{\max}''} \frac{d_r''}{d_{\max}''}$.

19. Wyznaczyć $B_{r-i} = \frac{B_r' + B_r''}{2}$ gdzie i – numer kolejnych pętli histerezy.

20. Postępując podobnie jak w punktach 17 – 19 wyznaczyć $B_{\max-i}$, gdzie i – numer kolejnych pętli histerezy.

Wyznaczenie wielkości μ_w

Wykonać dla wszystkich badanych pętli, oddzielnie dla permaloju oraz dla ferrytu.

21. Wyznaczyć z pętli histerezy wartość przenikalności magnetycznej względnej w punkcie $\mu_w = \frac{1}{\mu_0} \frac{B_{\max}}{H_{\max}}$, gdzie μ_0 to przenikalność magnetyczna próżni.

22. Wyznaczyć niepewność względną złożoną $u_{c,r}(\mu_w) = \sqrt{\left(\frac{u(H_{\max})}{H_{\max}}\right)^2 + \left(\frac{u(B_{\max})}{B_{\max}}\right)^2}$.

23. Wyznaczyć niepewność standardowa złożoną $u_c(\mu_w) = u_{c,r}(\mu_w) \mu_w$.

24. Wyznaczyć niepewność rozszerzoną $U(\mu_w) = 2u_c(\mu_w)$.

Wykonanie wykresów (1 i 2) pętli granicznej histerezy magnetycznej

25. Wyskalować osie wykresu pętli histerezy magnetycznej w oparciu o wielkości $B_{\max}$ i $H_{\max}$ wyznaczone dla pętli granicznych.
Na jednym wykresie 1 umieścić pętlę graniczną jednego materiału, a na wykresie 2 pętlę graniczną drugiego materiału.
26. Na wykresy nanieść punkty pomiarowe z niepewnościami. Przybliżyć odręcznie przebieg histerezy.

5. Podsumowanie

1. Zgodnie z regułami prezentacji wyników zestawień wyznaczone wielkości:

$(\mu_w, u(\mu_w), u_r(\mu_w), U(\mu_w))$ oraz wartości odniesienia dla permaloju (wszystkie badane pętle),
wartości H_c i B_r , dla permaloju (wszystkie pętle),
 $(\mu_w, u(\mu_w), u_r(\mu_w), U(\mu_w))$ oraz wartości odniesienia dla ferrytu (wszystkie badane pętle),
wartości H_c i B_r , dla ferrytu (wszystkie badane pętle).

2. Przeanalizować uzyskane rezultaty:

- która z niepewności pomiarowych wnosi największy wkład do niepewność $u_{c,r}(\mu_w)$ dla permaloju,
- czy spełniona jest relacja $u_r(\mu_w) < 0,1$ dla permaloju,
- czy spełniona jest relacja $|\mu_{w-teoria} - \mu_w| < U(\mu_w)$ dla permaloju,
- która z niepewności pomiarowych wnosi największy wkład do niepewność $u_{c,r}(\mu_w)$ dla ferrytu,
- czy spełniona jest relacja $u_r(\mu_w) < 0,1$ dla ferrytu,
- czy spełniona jest relacja $|\mu_{w-teoria} - \mu_w| < U(\mu_w)$ dla ferrytu,
- rozkład punktów pomiarowych na pętli histerezy (wykres 1),
pod kątem występowania i przyczyn błędów grubych, systematycznych i przypadkowych.

3. Synteza.

- a) Wyciągnąć wnioski pod kątem występowania błędów grubych, systematycznych i przypadkowych oraz ich przyczyn.
- b) Zaproponować działania zmierzające do podniesienia dokładności wykonywanych pomiarów.
- c) Wyjaśnić czy cele ćwiczenia zostały osiągnięte.

6. Przykładowe pytania

Zamieszczone są na stronie www.wtc.wat.edu.pl w dziale
DYDAKTYKA – FIZYKA – ĆWICZENIA LABORATORYJNE.

Zadania dodatkowe do wyznaczenia i analizy:

1. Odszukać w literaturze wartości odniesienia dla permaloju, poddać analizie wartości wielkości H_c i B_r , $H_{\max}$ i $B_{\max}$, wyciągnąć wnioski.
2. Odszukać w literaturze wartości odniesienia dla ferrytu, poddać analizie wartości wielkości H_c i B_r , $H_{\max}$ i $B_{\max}$, wyciągnąć wnioski.
3. Wykonać pomiary dla większej ilości pętli i opracować jak wersję podstawową.
4. Wykonać wykresy (1) dla wszystkich badanych pętli histerezy magnetycznej, wyciągnąć wnioski.

Zespół w składzie
cele ćwiczenia:

- a) wyznaczenie parametrów permaloju: $B_m, H_m, B_r, H_c, \mu_w$,
- b) wyznaczenie parametrów ferrytu: $B_m, H_m, B_r, H_c, \mu_w$,
- c) zbadanie wpływu rodzaju pętli (graniczna – niegraniczna) na wyznaczane wartości,
- d) ocena przydatności wyznaczanych parametrów do rozróżnienia ferromagnetyka miękkiego od ferromagnetyka twardego.

3.1 Wartości teoretyczne wielkości wyznaczanych lub określanych wraz z niepewnościami:

.....

.....

.....

.....

.....

3.2 Parametry stanowiska (wartości i niepewności).

.....

.....

.....

3.3 Pomiary i uwagi do ich wykonania.

Niepewność pomiaru położenia plamki.....

Niepewność pomiar prądu I_s

Niepewność pomiar napięcia E_s

.....

[illegible]