



Ćwiczenie 5

Badanie sensorów pola magnetycznego na przykładzie magnetorezystora AMR

1. Cel ćwiczenia

Zbadanie parametrów oraz wyskalowanie czujnika magnetorezystancyjnego AMR. Zbadanie wpływu kierunków linii pola magnetycznego na pracę magnetorezystora. Określenie kierunku oraz wartości pola magnetycznego Ziemi, oraz zaproponowanie metody i doświadczalne przeprowadzenie kompensacji powyższego pola.

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia student zobowiązany jest do przyswojenia wiedzy teoretycznej znajdującej się w literaturze przedmiotu ze szczególnym uwzględnieniem następujących pozycji : „Czujniki pola magnetycznego – stan obecny i kierunki rozwoju” autorstwa S. Tumańskiego, „Metrologia elektryczna” autorstwa A. Chwaleby, M. Ponińskiego, A Siedleckiego, oraz „Przetworniki i Sensory” autorstwa A. Michalskiego.

2. Przebieg ćwiczenia

Zadaniem studentów jest samodzielne zestawieni układów pomiarowych oraz wykonanie pomiarów i zebranie charakterystyk zgodnie z programem ćwiczenia, jak również opracowanie sprawozdania końcowego z przygotowaniem odpowiedzi na pytania postawione w poniższej instrukcji.

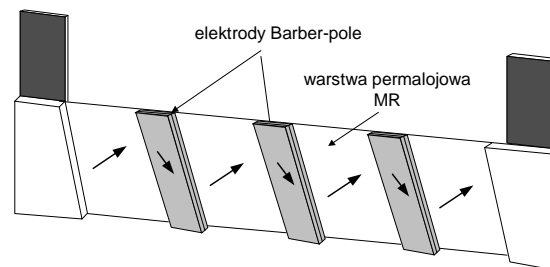
Uwaga: Po zestawieniu układu pomiarowego, przed przystąpieniem do dalszej pracy konieczne jest sprawdzenie i akceptacja układu pomiarowego przez prowadzącego zajęcia laboratoryjne.

2.1 Stanowisko pracy

Do realizacji ćwiczenia przeznaczone jest stanowisko wyposażone w:

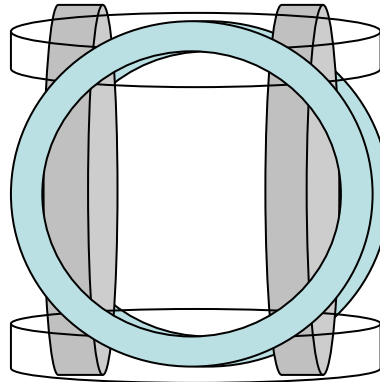
- Magnetorezystor AMR
- Układ cewek Helmholtza
- Multimetr laboratoryjny – 3 szt.
- Zasilacze laboratoryjne regulowane – 3szt.
- Rezystory wzorcowe – 2szt.
- Rejestrator XY
- Komputer PC z oprogramowaniem pozwalającym na przedstawienie wyników pomiarów w sposób graficzny oraz wspomagającym wykonanie sprawozdania końcowego.
- Instrukcje wykonania ćwiczenia

Kluczowym elementem dla przebiegu ćwiczenia jest magnetorezystancyjny czujnik pola magnetycznego KMZ10B firmy Philips . Budowa typowego czujnika AMR Barber-pole została przedstawiona na rysunku nr 1.



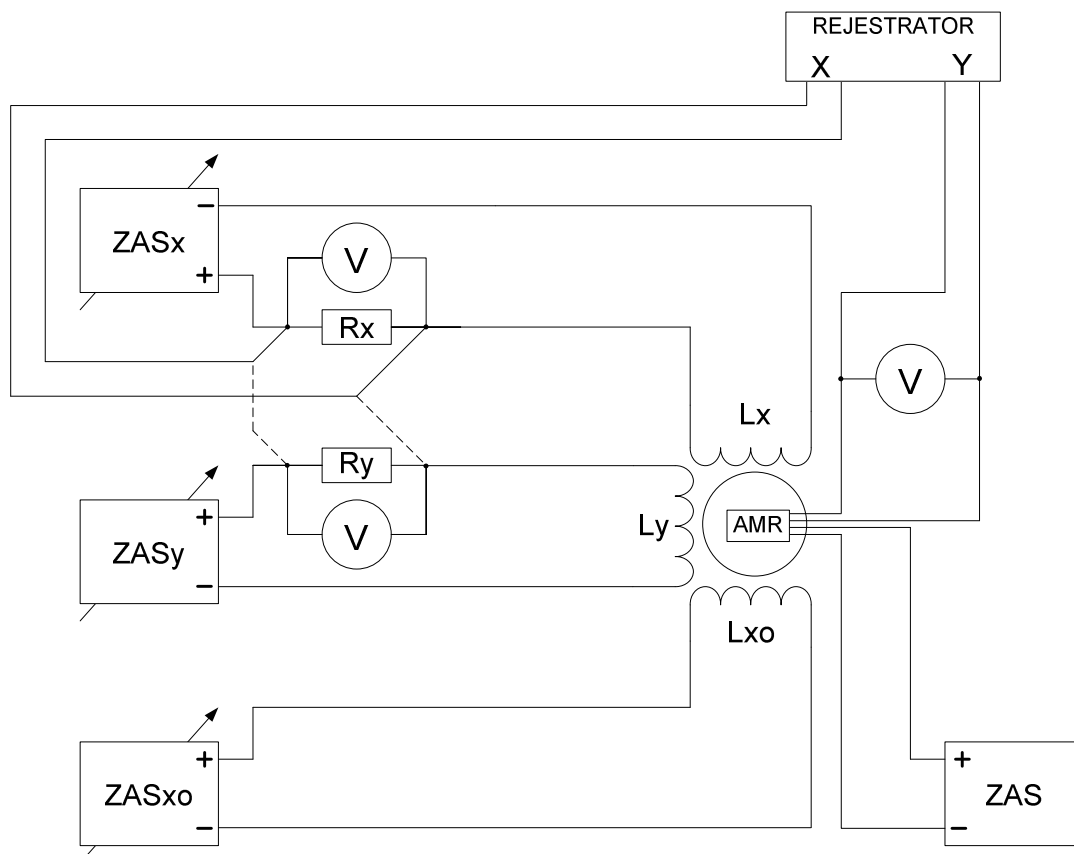
Rys. 1. Magnetorezystor AMR czujnik Barber-pole

W ćwiczeniu czujnik ten został zamontowany na stelażu zintegrowanym z układem cewek Helmholtza, potrafiącym wytworzyć niemal jednorodne pole magnetyczne w dużej objętości. Rzeczywisty układ cewek wykorzystywany w ćwiczeniu przedstawiony jest na rysunku 2.



Rys. 2. Schematyczne przedstawienie układu cewek Helmholtza wykorzystywane w ćwiczeniu

W ćwiczeniu do wyznaczenia wszystkich potrzebnych charakterystyk i wykonania pomiarów przewidziano jeden układ pomiarowy, którego schemat przedstawiony jest na rysunku 3.



Rys 3. Schemat układu pomiarowego.



2.2 Wyznaczenie charakterystyki przetwarzania $U_{wy}=f(H_x)$ przy $H_y=constans$

Podstawowa charakterystyka przetwarzania czujnika AMR przedstawia zależność wartości napięcia wyjściowego w funkcji natężenia pola magnetycznego $U_{wy}=f(H_x)| H_y=constans$. W celu wyznaczenia charakterystyki należy zestawić przyrządy pomiarowe oraz czujnik zgodnie z schematem przedstawionym na rysunku 3.

- O ile prowadzący nie zaleci inaczej należy wyznaczyć 7 charakterystyk

$U_{wy}=f(H_x)| H_y=constans$ przy różnym natężeniu pola H_y ,

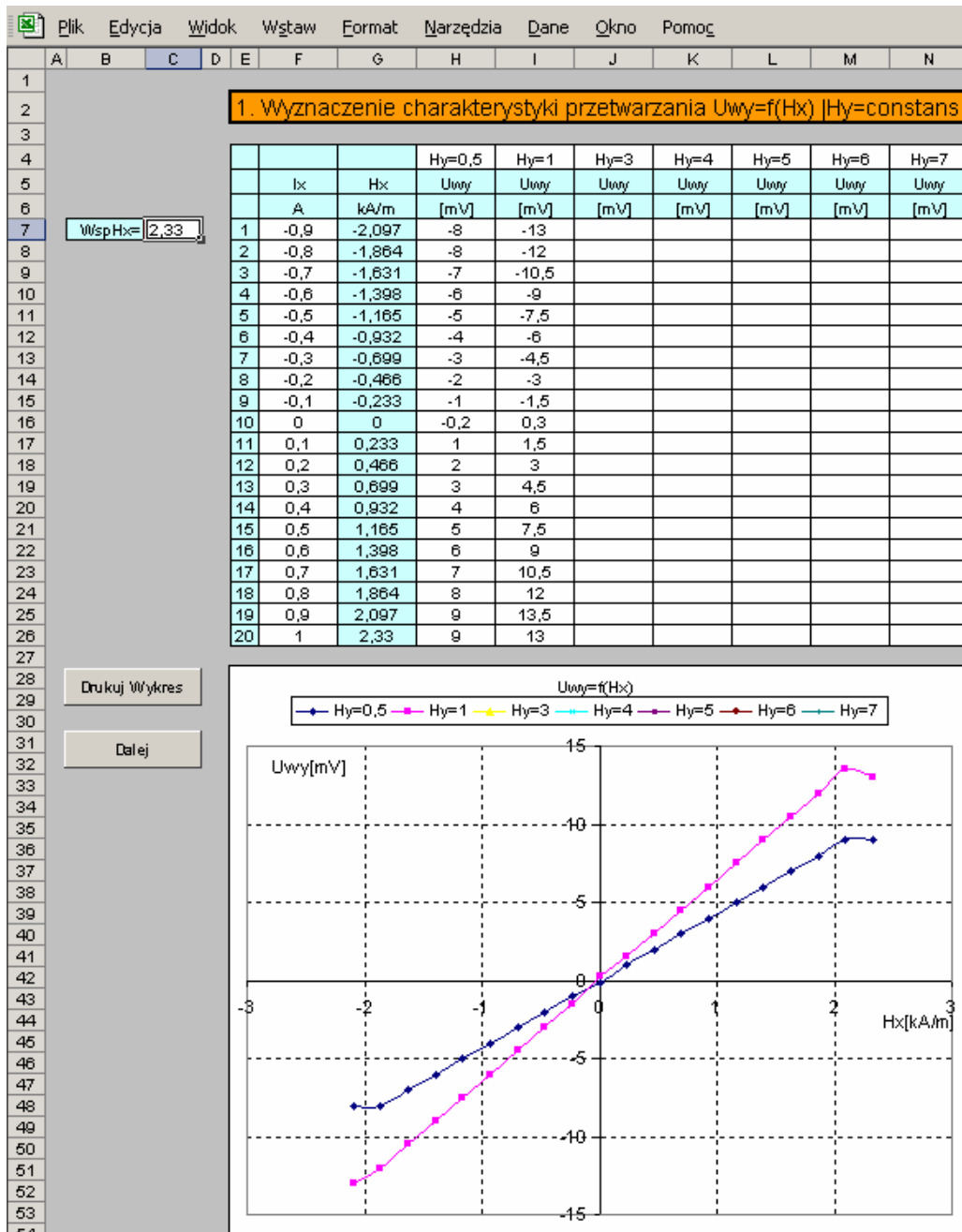
Uwaga: należy pamiętać o tym, aby nie wytwarzać pola magnetycznego o wartości większej niż $\pm 2\text{kA/m}$ (przekroczenie podanej wartości może spowodować rozmagnesowanie czujnika)

- Wartość pola H_y można zmieniać od $-1,5\text{kA/m}$ do $+1,5\text{kA/m}$ (Regulacja natężenia pola H_y odbywa się poprzez zmianę prądu płynącego w cewkach „y”. W celu obliczenia pola magnetycznego wytwarzanego przez cewki „y”, należy wartość płynącego prądu w cewkach „y” pomnożyć przez współczynniki „ H_y ”. Wartość współczynniki dla odpowiednich cewek znajduje się na stelażu na którym są zamontowane cewki Helmholtza).
- Każda charakterystyka powinna składać się $18 \div 20$ punktów pomiarowych
 - Po uzgodnieniu z prowadzącym część charakterystyk może zostać wyznaczona z pomocą rejestratora XY. W tym celu sygnał wyjściowy z czujnika musi zostać podłączony do wejścia Y rejestratora, natomiast wejście X musi zostać podany sygnał proporcjonalny do natężenia pola H_y , np.: napięcie na rezystorze R_y .
- Wartość pola H_x należy zmieniać od -2kA/m do $+2\text{kA/m}$ (Regulacja natężenia pola H_x odbywa się poprzez zmianę prądu płynącego w cewkach „x”. W celu obliczenia pola magnetycznego wytwarzanego przez cewki „x”, należy wartość płynącego prądu w cewkach „x” pomnożyć przez współczynniki „ H_x ”. Wartość współczynniki dla odpowiednich cewek znajduje się na stelażu, na którym są zamontowane cewki Helmholtza).



- Wyniki pomiarów należy zapisać w protokole jak również w oprogramowaniu wspomagającym wykonanie ćwiczenia

Oprogramowanie wspomagające prace przy badaniu parametrów czujnika magnetorezystancyjnych ma postać arkusza kalkulacyjnego z odpowiednim interfejsem graficznym. Uruchomienie następuje za pośrednictwem ikony umieszczonej na pulpicie. Modyfikacji mogą ulec tylko pola na białym tle.



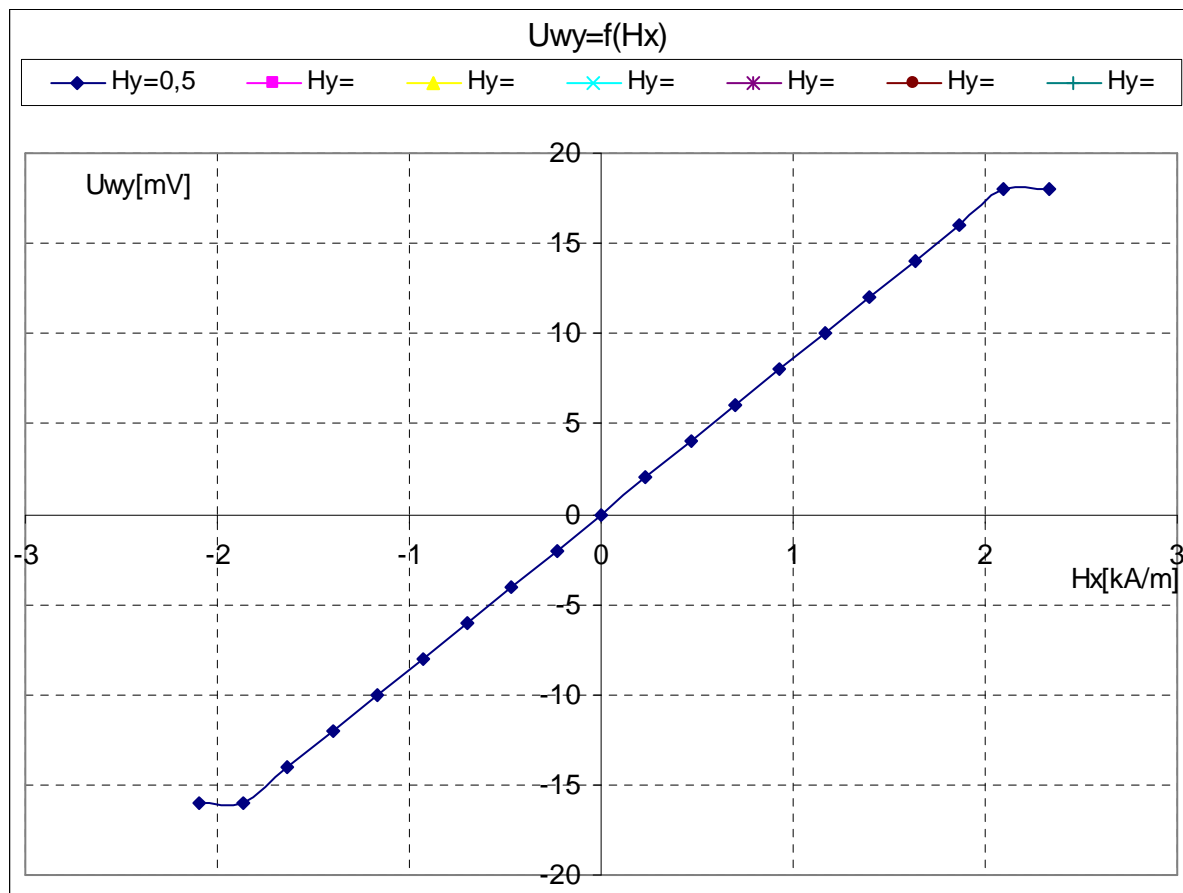


Rys. 3. Panel wspomagający wyznaczenie charakterystyki $U_{wy}=f(H_x) / H_y=constans$

Podczas pomiarów należy:

- Rodziny charakterystyki zbierać zaczynając każdorazowo od takiej samej wartości wymuszenia np.: $H_x = -1,5\text{kA/m}$
- Zachować monotoniczność zmian pola H_x dla całej charakterystyki (ze względu na występowanie pętli histerezy).

Po wykonaniu pomiarów i wpisaniu ich do formularza, istnieje możliwość wydrukowania charakterystyki naciskając klawisz **Drukuj Wykres** (rys. 3). Charakterystyka przedstawiona na rys. 4 jest typową rzeczywistą charakterystyką badanego czujnika.





Rys 5 Przykładowa charakterystyka przetwarzania $U_{wy}=f(H_x)/ H_y=constans$ czujnika KMZ10B

Zadanie

1. Po zebraniu charakterystyk wyznaczyć współczynnik przetwarzania s sensora AMR, zgodnie ze wzorem

$$s = \frac{\Delta H_x}{\Delta U_{wy}}$$

Problemy:

1. Czy uzyskane charakterystyki są poprawna – jeśli nie, pomiary należy powtórzyć?
2. Dlaczego uzyskane charakterystyki odbiegają od charakterystyk idealnych
3. Jakie informacje niosą powyższe charakterystyki co Dzięki za wszystko i nim można określić?
4. W jaki sposób zmiany pola H_y wpływają na charakterystykę $U_{wy}=f(H_x)$
5. W jaki sposób zmiany pola H_y wpływają na współczynnik s

Po wydrukowaniu charakterystyki należy przejść do następnego punktu w ćwiczeniu naciskając przycisk **Dalej**.

2.3 Wyznaczenie charakterystyki przetwarzania $U_{wy}=f(H_y)$ przy $H_x=constans$

Następnym punktem realizowanym w ćwiczeniu jest zebranie rodziny charakterystyk $U_{wy}=f(H_y)$ oraz zbadanie wpływu zmian pola H_x na powyższe charakterystyki. W celu wyznaczenia charakterystyk należy zestawić przyrządy pomiarowe oraz czujnik zgodnie z schematem przedstawionym na rysunku 3.

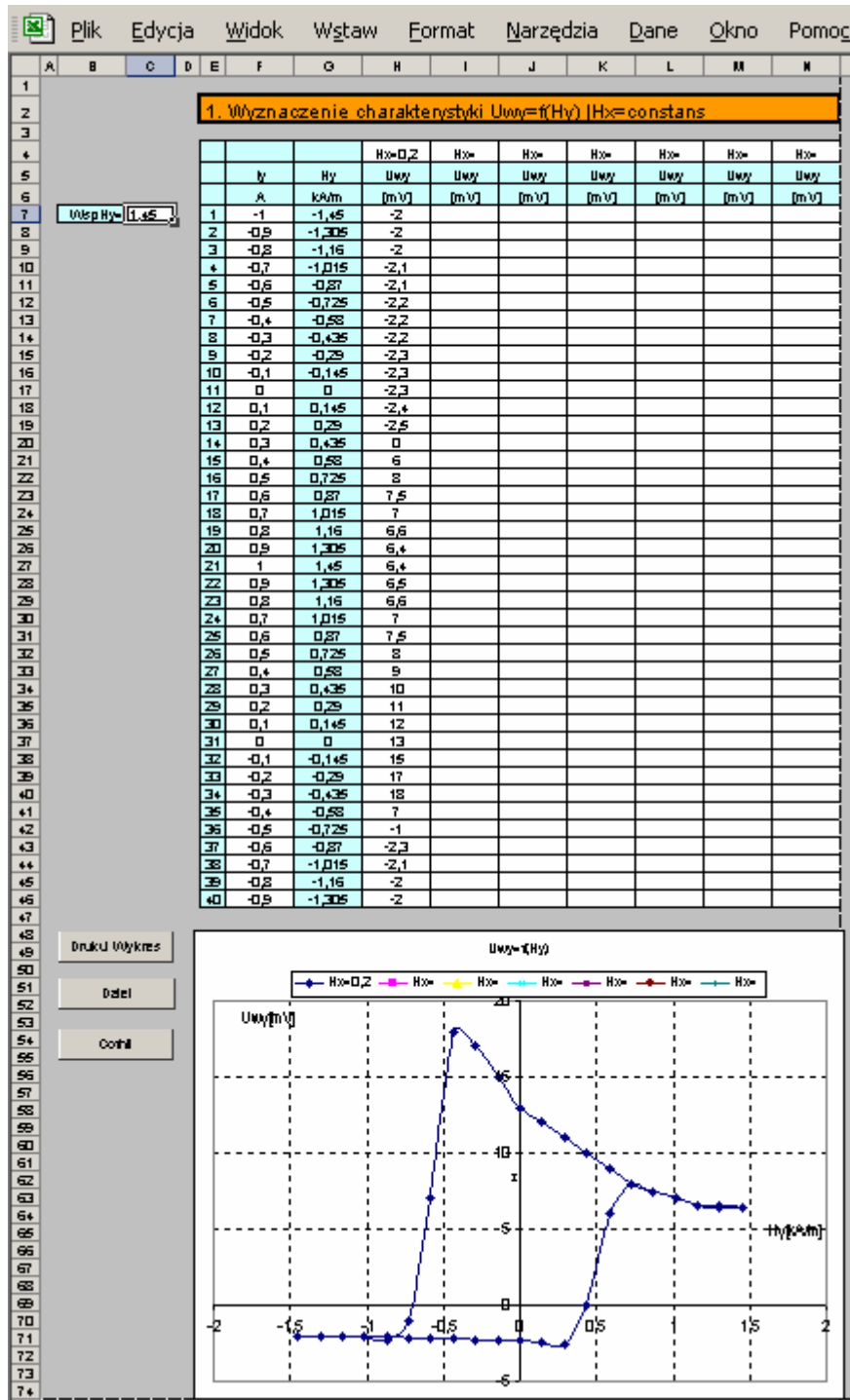
- O ile prowadzący nie zaleci inaczej należy wyznaczyć 7 charakterystyk $U_{wy}=f(H_y)/ H_x=constans$ przy różnym natężeniu pola H_y ,

Uwaga: należy pamiętać o tym, aby nie wytwarzać pola magnetycznego o wartości większej niż $\pm 2\text{kA/m}$ (przekroczenie podanej wartości może spowodować rozmagnesowania czujnika)



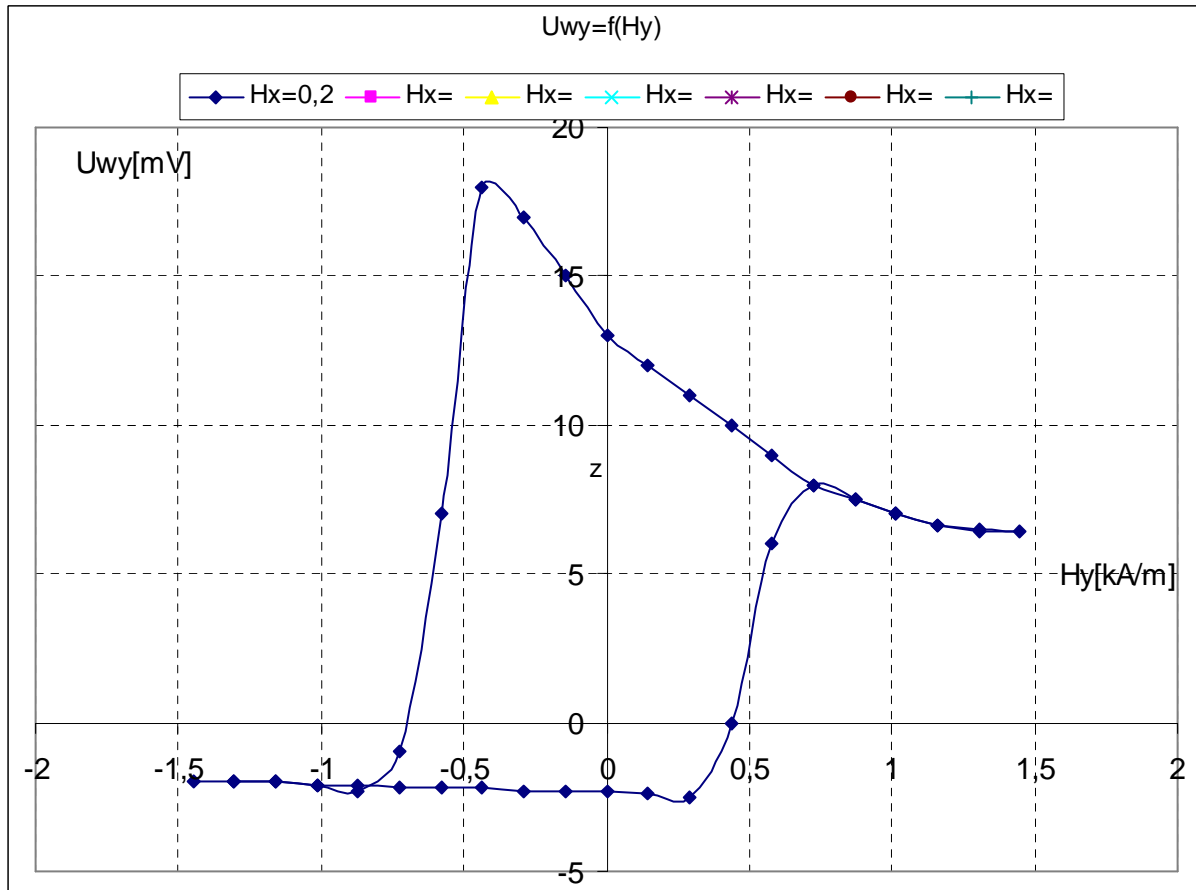
- Wartość pola H_x można zmieniać od $-1,5\text{kA/m}$ do $+1,5\text{ kA/m}$ (Regulacja natężenia pola H_x odbywa się poprzez zmianę prądu płynącego w cewkach „x”. W celu obliczenia pola magnetycznego wytwarzanego przez cewki „x”, należy wartość płynącego prądu w cewkach „x” pomnożyć przez współczynniki „ H_x ”. Wartość współczynniki dla odpowiednich cewek znajduje się na stelażu na którym są zamontowane cewki Helmholtza).
- Każda charakterystyka powinna składać się 40 punktów pomiarowych.
 - Po uzgodnieniu z prowadzącym część charakterystyk może zostać wyznaczona z pomocą rejestratora XY. W tym celu sygnał wyjściowy z czujnika musi zostać podłączony do wejścia Y rejestratora, natomiast wejście X musi zostać podany sygnał proporcjonalny do natężenia pola H_y , np.: napięcie na rezystorze R_y .
- Wartość pola H_y należy zmieniać od $-1,5\text{kA/m}$ do $+1,5\text{kA/m}$ (Regulacja natężenia pola H_y odbywa się poprzez zmianę prądu płynącego w cewkach „y”. W celu obliczenia pola magnetycznego wytwarzanego przez cewki „y”, należy wartość płynącego prądu w cewkach „y” pomnożyć przez współczynniki „ H_y ”. Wartość współczynniki dla odpowiednich cewek znajduje się na stelażu, na którym są zamontowane cewki Helmholtza).
- Aby poprawnie wyznaczyć charakterystykę należy wykonać serię pomiarów (20 punktów) gdy pole H_y jest zwiększane od wartości minimalnej do maksymalnej, oraz serię pomiarów (20 punktów) gdy pole H_y jest zmniejszane od wartości maksymalnej do minimalnej
- Wyniki pomiarów należy zapisać w protokole jak również w oprogramowaniu wspomagającym wykonanie ćwiczenia

Panel wspomagający wykonanie charakterystyk przedstawiony jest na rysunku 6. .
Modyfikacji mogą ulec tylko pola na białym tle.



Rys. 6. Panel wspomagający wyznaczenie charakterystyki $U_{wy}=f(H_y)$ | $H_y=constans$

Po wykonaniu pomiarów i wpisaniu ich do formularza, istnieje możliwość wydrukowania charakterystyki naciskając klawisz **Drukuj Wykres** (rys. 6). Charakterystyka przedstawiona na rys. 7 jest typową rzeczywistą charakterystyką badanego czujnika.



Rys. 7. Przykładowa charakterystyka przetwarzania $U_{wy}=f(H_y)$ / $H_x=constans$ czujnika KMZ10B

Problemy:

1. Czy uzyskane charakterystyki są poprawna – jeśli nie, pomiary należy powtórzyć?
2. Dlaczego uzyskane charakterystyki odbiegają od charakterystyk idealnych
3. Jakie informacje niosą powyższe charakterystyki co dzięki nim można określić?
4. W jaki sposób zmiany pola H_x wpływają na charakterystykę $U_{wy}=f(H_y)$



Po wydrukowaniu charakterystyki należy przejść do następnego punktu w ćwiczeniu naciskając przycisk **Dalej**.

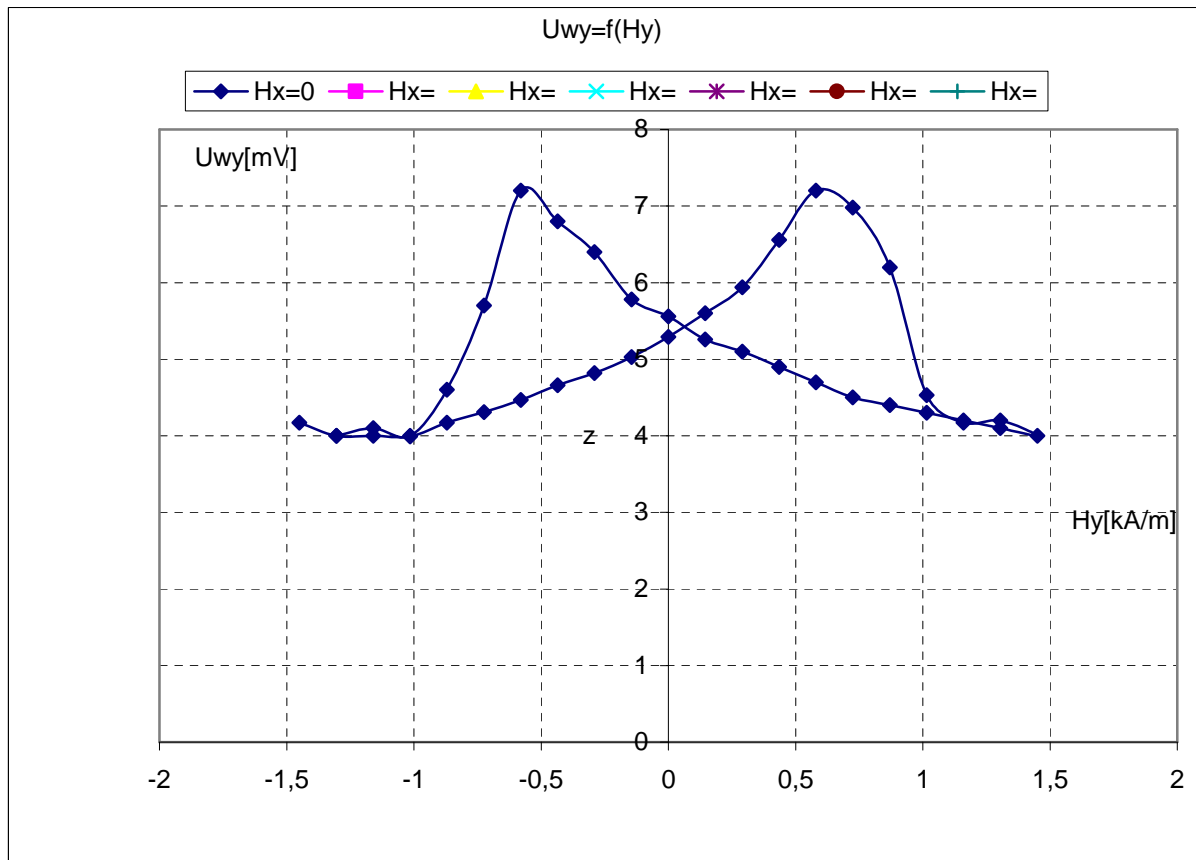
2.4 Wyznaczenie Pola Magnetycznego Ziemi

Pomimo tego, że kierunek linii sił pola magnetyczne Ziemi jest znany, nie należy tego zakładać w pomiarach. W związku, z czym do zmierzenie wartości powyższego pola nie możemy posłużyć się pojedynczym pomiarem. Prawidłowe wyznaczenie kierunku i wartości pola magnetycznego Ziemi sprowadza się do wykonania 3 pomiarów, z każdorazową zmianą położenia sensora.

Przed przystąpienie do wykonania właściwych pomiarów należy dokonać niwelacji magnetycznych pól zakłócających. W tym celu należy doprowadzić do sytuacji, w której charakterystyka $U_{wy}=f(H_y)|_{H_x=0}$ jest symetryczna względem osi OY. W tym celu należy:

- Użyć rejestratora XY i narysować powyższą charakterystykę, uważając aby nie przekroczyć natężenia pola równego $\pm 2\text{kA/m}$.
- W przypadku stwierdzenia niesymetryczności uzyskanej charakterystyki należy zasilić odpowiednim prądem cewki X_0 .
- Wartość prądu zasilającego cewki X_0 , należy wyznaczyć doświadczalnie poprzez każdorazowe wykreślenie (za pomocą rejestratora XY) i sprawdzenie symetryczność otrzymanej charakterystyki.

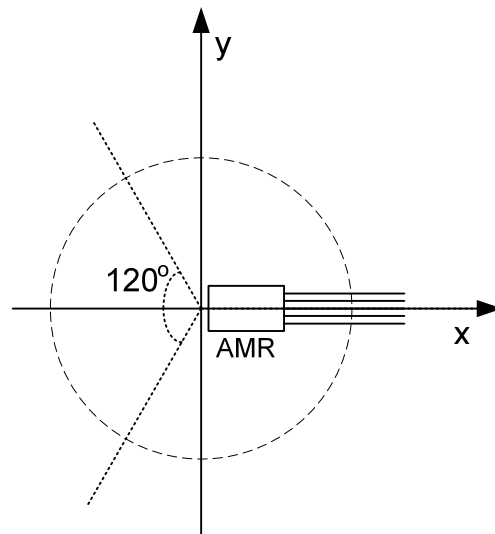
Przykładowa charakterystyka $U_{wy}=f(H_y)|_{H_x=0}$ symetryczna względem osi OY przedstawiona jest na rysunku 8.



Rys Charakterystyka $U_{wy}=f(H_y)| H_x=0$

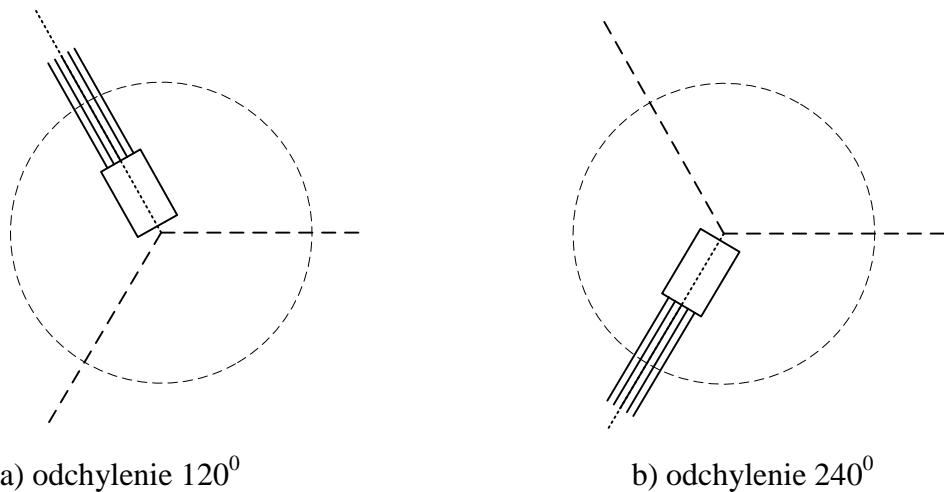
Po uzyskaniu symetrii charakterystyki $U_{wy}=f(H_y)| H_x=0$ należy

- Ustawić natężenie pola $H_y = 0$ (wyłączyć zasilacz zasilający cewki Y)
- Za pomocą pokrętła znajdującego się na statywie cewek Helmholtza ustawić badany magnetorezystor AMR w następujące położenia:
 - Położenie pierwsze - równoległe do osi OX (w celu uzyskania najmniejszego błędu należy za oś OX wybrać położenie, w którym osiągnąony jest maksymalny sygnał wyjściowy z badanego magnetorezystora AMR). Następnie zmierzyć wartość sygnału wyjściowego U_{H0}



Rys.9. Początkowe położenie mgneto rezystora przy pomiarze pola magnetycznego Ziemi

- Położenie drugie – odchylone od wybranej osi OX o 120° zgodnie z rysunkiem a) Następnie zmierzyć wartość sygnału wyjściowego U_{H120}
- Położenie drugie – odchylone od wybranej osi OX o 240° zgodnie z rysunkiem b), Następnie zmierzyć wartość sygnału wyjściowego U_{H240}



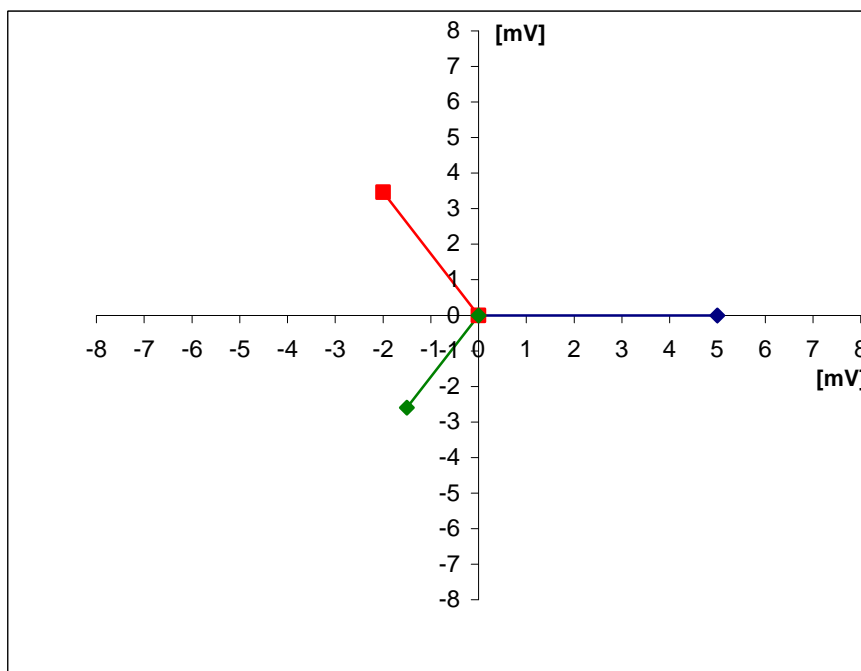
Rys.10 Położenia magnetorezystora AMR dopełniające rozetę magnetyczną przy pomiarze pola magnetycznego Ziemi

Zmierzone wartości wpisać do protokołu oraz do tabeli znajdującej się w panelu ułatwiającym wyznaczenie pola magnetycznego Ziemi. Podobnie jak poprzednio możliwa jest tylko modyfikacja zakresów posiadających białe tło.

	Moduł	Współrzędne wektora	
	[mV]	x	y
UH0	5	5,00	0,00
UH120	4	-2,00	3,46
UH240	3	-1,50	-2,60

Rys.11. Tabela z przykładowymi wpisami wartości napięcia wyjściowego sensora AMR

Uzupełnienie tabeli spowoduje automatyczne wyrysowanie zmierzonych wektorów w układzie współrzędnych, co zostanie przedstawione na wykresie przedstawionym na rysunku 12.



Rys. 12. Wykres wektorowy zmierzonych wartości pola magnetycznego Ziemi

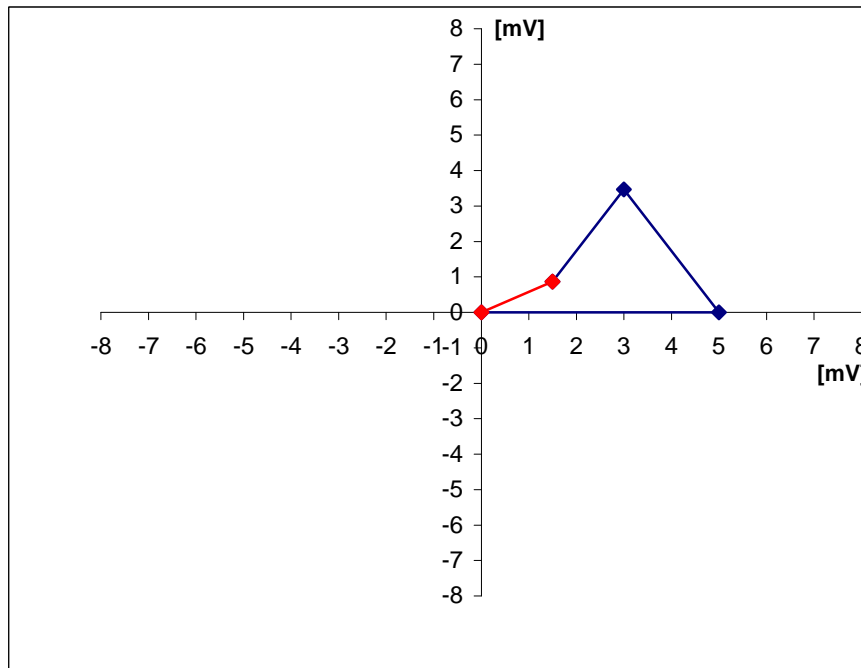
Żeby obliczyć pole magnetyczne ziemi należy dodać wektory i obliczyć (długość) moduł wektora wypadkowego H_z wartość ta przemnożona przez stałą przetwarzania s badanego sensora AMR da wartość pola Ziemskiego w badanych warunkach.



Zwrot wypadkowego wektora będzie prostopadły do linii sił pola magnetycznego Ziemi. Moduł wypadkowego wektora H_z obliczany jest automatycznie przez arkusz i znajduje się w tabeli przedstawionej na rysunku 13.

	Współrzędne wektora		Moduł	Odchylenie od osi OX
	x	y	Hz [mV]	[stopnie]
UH0+UH120+UH240	1,50	0,87	1,73	30,0

Zostanie to również zobrazowane na wykresie przedstawionym na rysunku. Wektor wypadkowy zaznaczony jest kolorem czerwonym.



Rys. 14. Wykres przedstawiający sumowanie wektorów cząstkowych.

Zadania

1. Obliczyć wartość pola Ziemskiego w badanych warunkach. Wynik podać w A/m oraz w μT pamiętając o zależności

$$100\mu T \rightarrow 79,6 A/m$$

2. Oszacować zwrot pola magnetycznego Ziemi w przestrzeni (w sali laboratoryjnej).



3. Sprawozdanie

W sprawozdaniu powinny znaleźć się:

- Schematy układów pomiarowych;
- Wyniki pomiarów;
- Wydrukowane charakterystyki;
- Odpowiedzi na pytania zawarte w instrukcji;
- Wnioski własne i spostrzeżenia.

Po wykonaniu sprawozdania należy wyłączyć przyrządy pomiarowe i komputer, oraz rozłączyć układ pomiarowy. Sprawozdanie przekazać prowadzącemu zajęcia laboratoryjne.