

Sensory w Aplikacjach Wbudowanych

Aplikacje Sensorów Spintronicznych

W-5

Piotr Wiśniowski

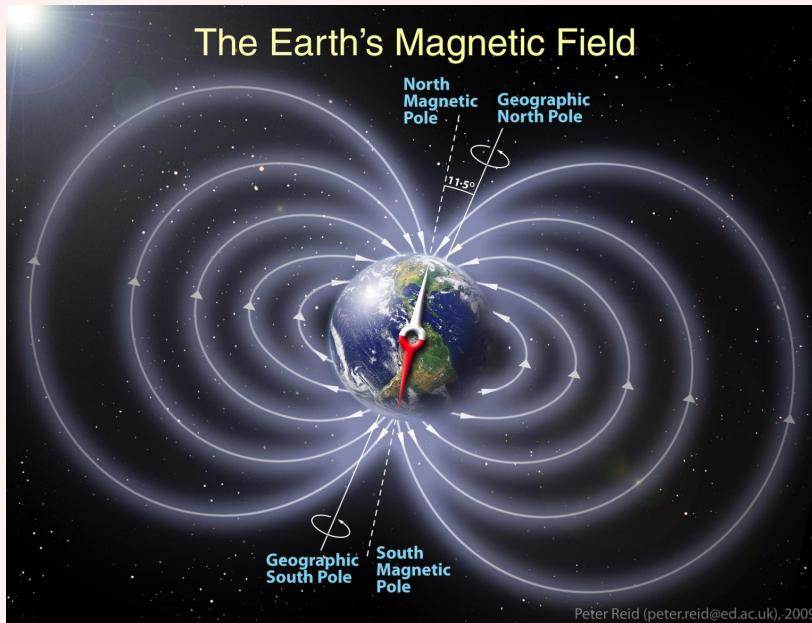
Instytut Elektroniki AGH

piotr.wisniowski@agh.edu.pl

1. Aplikacje sensorów

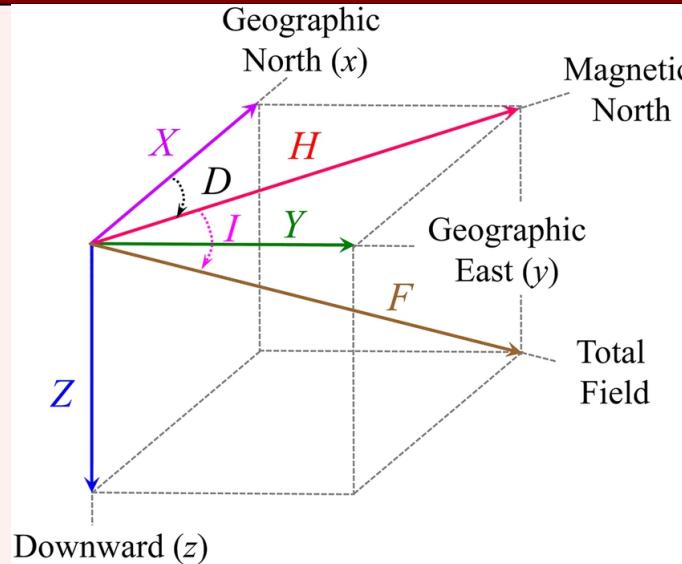
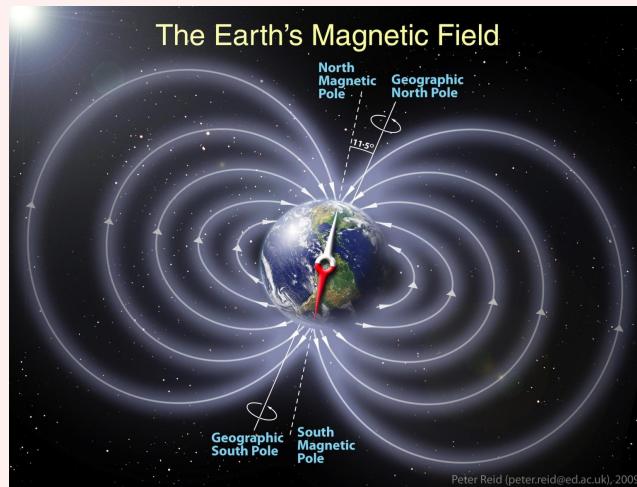
- > Kompas
- > Detekcja i rozpoznawanie pojazdów
- > Monitorowanie linii energetycznych
- > Dyski magnetyczne

2. Zadania



Wyznaczenie azymutu magnetycznego na podstawie zmierzonych składowych ziemskiego pola magnetycznego

Azymut magnetyczny-kąt między kierunkiem północy magnetycznej a kierunkiem danego obiektu



Składowe ortogonalne

X-północna

Y-wschodnia

Z-pionowa

H-składowa pozioma

1. Pomiar składowych pola

B_x, B_y, B_z

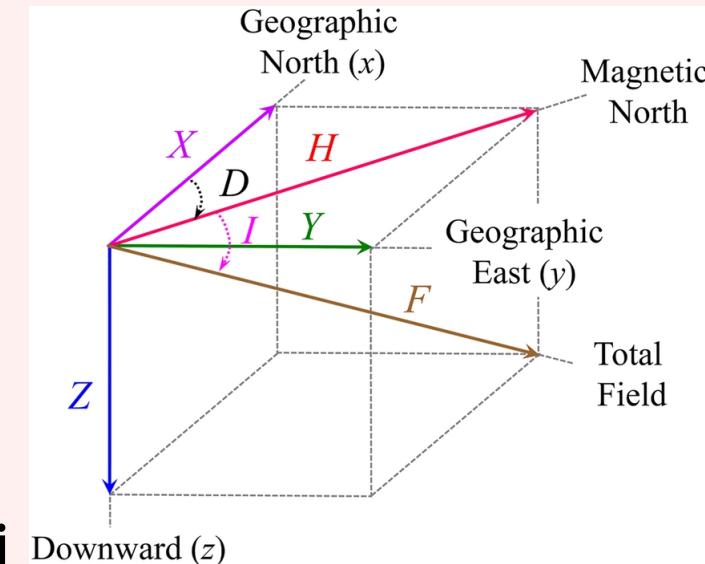
2. Obliczanie azymutu magnetycznego (kierunku Kompasowego)

Azymut magnetyczny - kąt między kierunkiem północy magnetycznej a kierunkiem danego obiektu

$$\Phi_{\text{Mag}} = \arctan(B_y / B_x)$$

Deklinacja Magnetyczna (D)

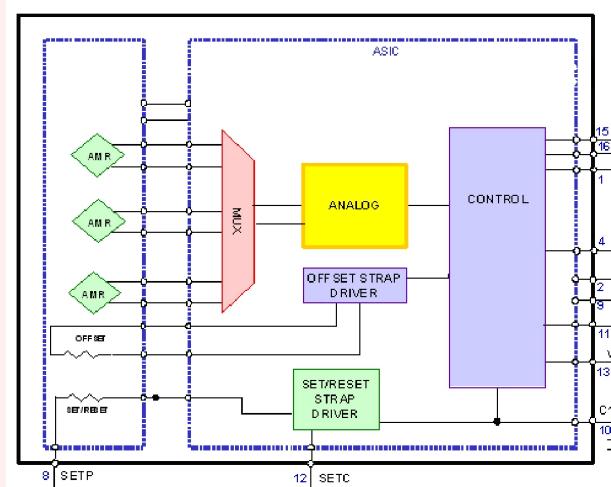
Kąt między północą geograficzną a północą magnetyczną



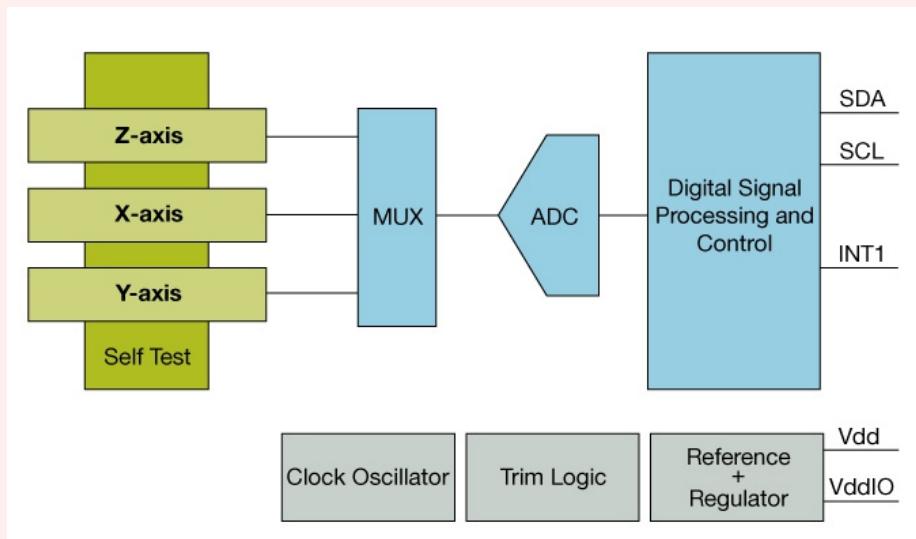
3. Azymut względem północy geograficznej

$$\Phi_{\text{Geo}} = \Phi_{\text{mag}} + D$$

AMR: HMC 5883L

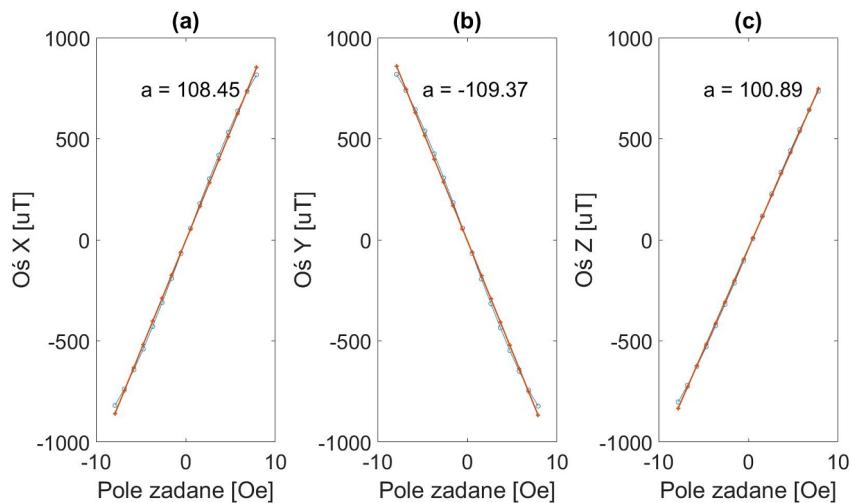


TMR: MAG 3110

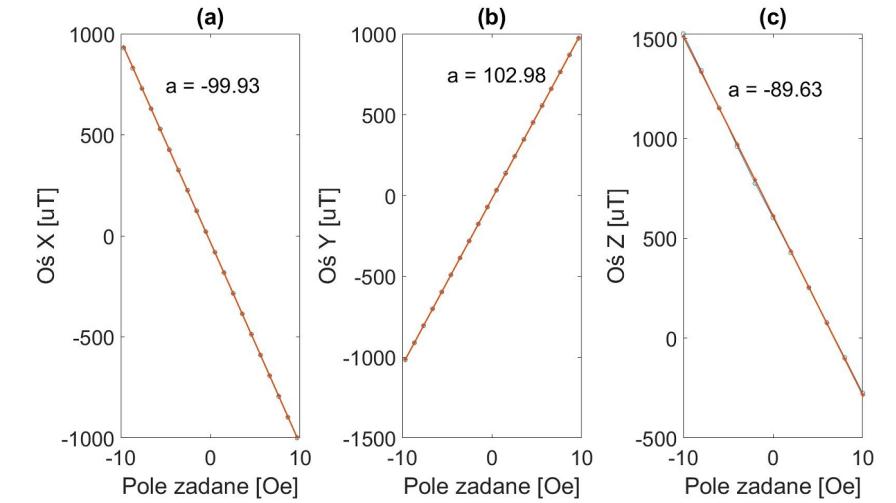


Czułość

AMR: HMC 5883L

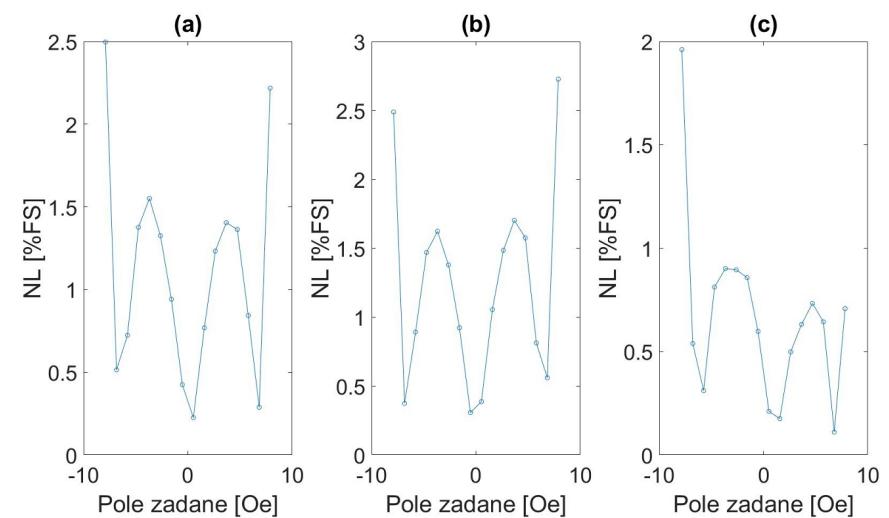


TMR: MAG 3110

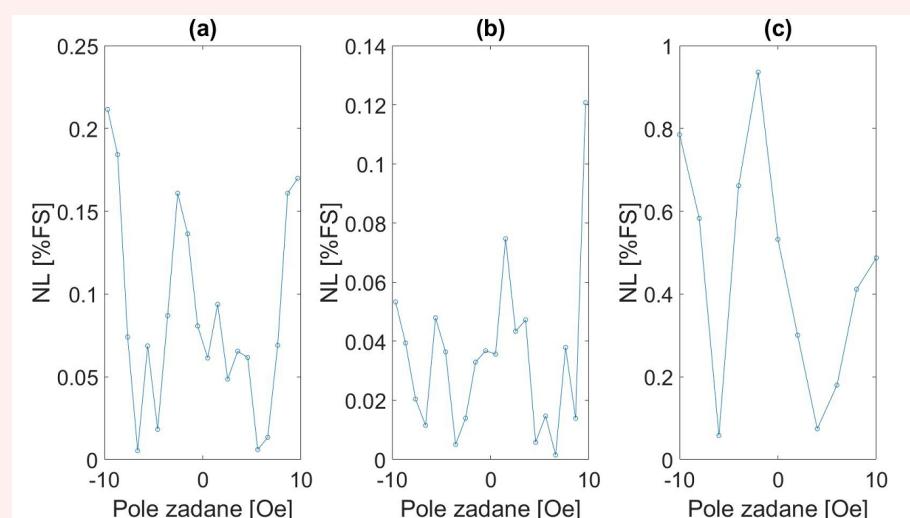


Nieliniowość

AMR: HMC 5883L



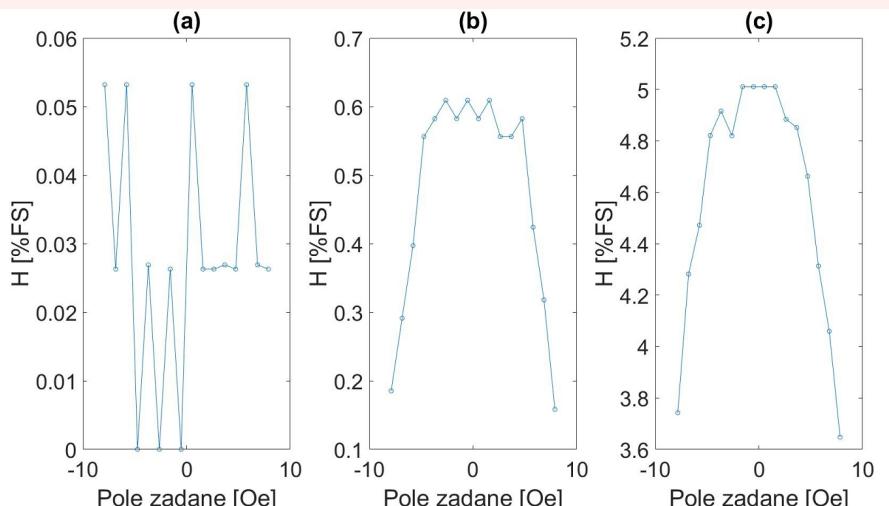
TMR: MAG 3110



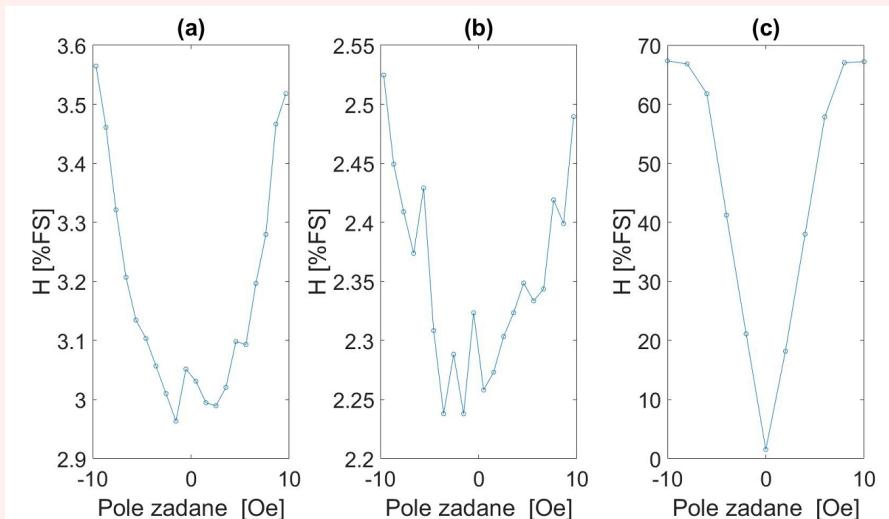
Sygnal czujnika nie zależny liniowo od pola magnetycznego

Histereza

AMR: HMC 5883L



TMR: MAG 3110



Sygnal czujnika nie zależy tylko od aktualnego pola magnetycznego, ale również od historii wcześniejszych pomiarów

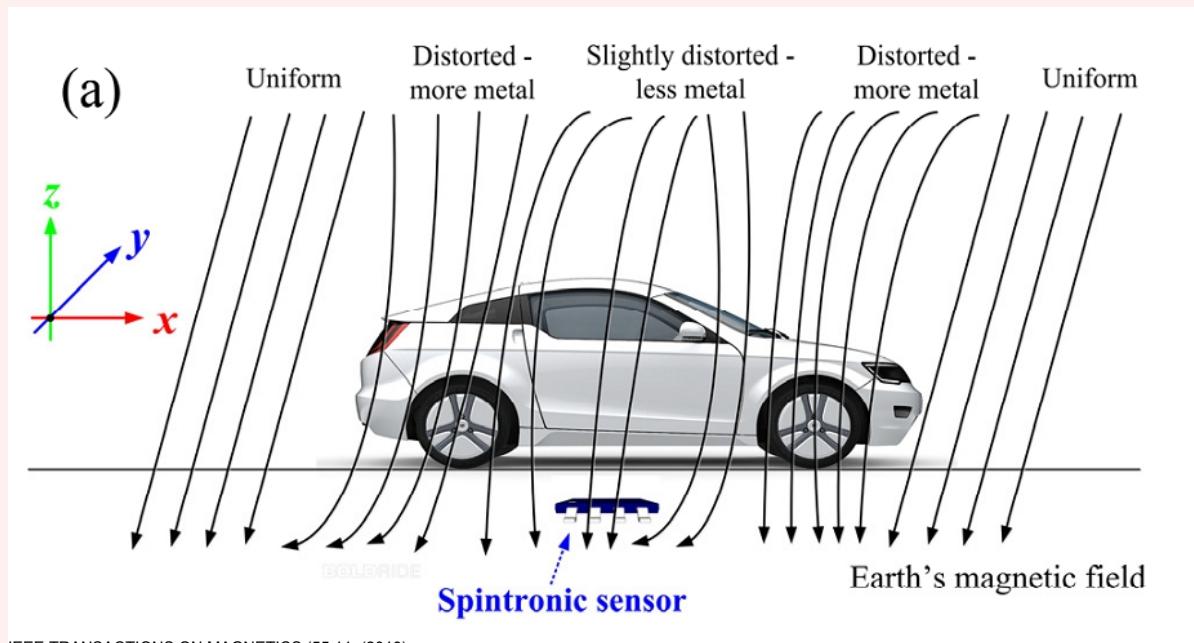
Nieliniowość

Kompensacja

Histereza

- > Linearyzacja odcinkowa
- > Dopasowanie
- > Korekcja programowa

- > Resetowanie kierunku M
- > Kalibracja
- > Korekcja programowa



IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, (55) 11, (2019)

**Detekcja lokalnych zmian pola
ziemskim spowodowane przez pojazdu**

- 1.Detekcja obecności pojazdów na parkingu
- 2.Systemy sterowania sygnalizacją świetlną
- 3.Rozpoznawanie pojazdów
- 4.Pomiar prędkości i kierunku ruchu

1. Detekcja obecności pojazdów na parkingu

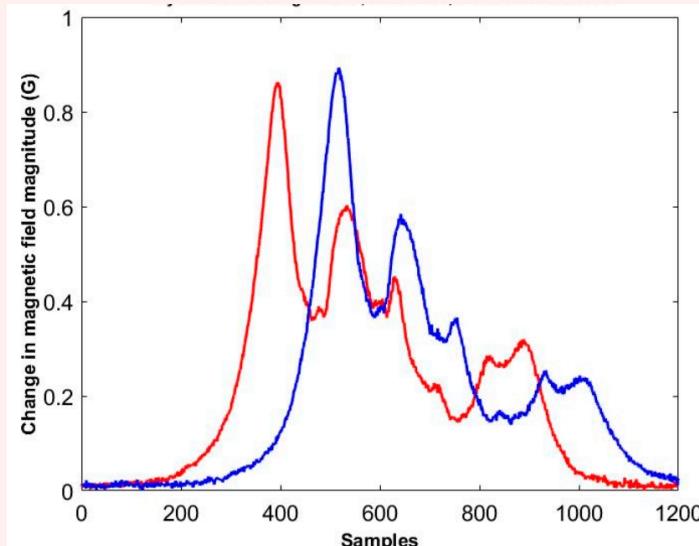
- > Czujnik instalowany w nawierzchni parkingu
- > Monitoring lokalnych zmiany pola magnetycznego spowodowane obecnością pojazdu

2. Systemy sterowania sygnalizacją świetlną

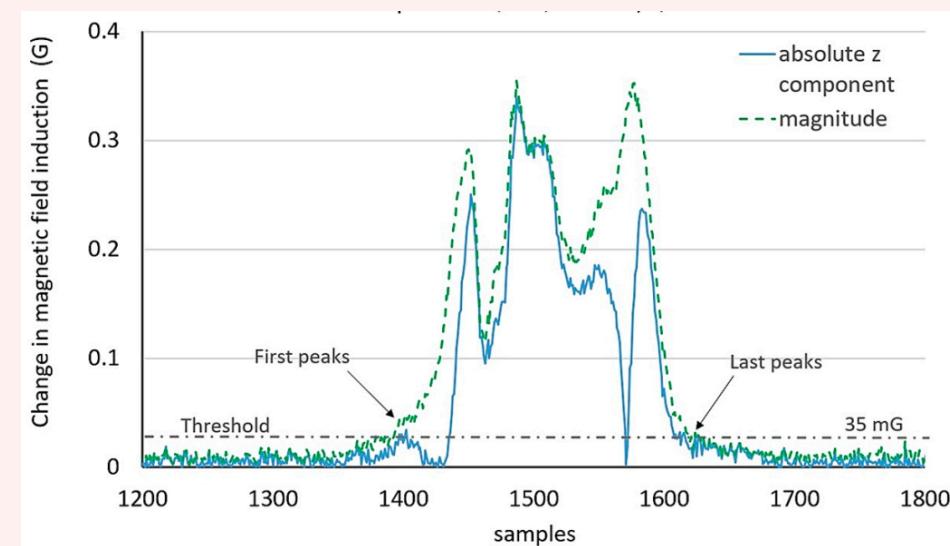
- > Czujniki w drodze przed sygnalizacją i na pasach ruchu
- > Detekcja przejazdu i obcości pojazdów

3. Rozpoznanie pojazdów

Czujniki umieszczone w nawierzchni drogi rejestrują sygnaturę magnetyczną pojazdu



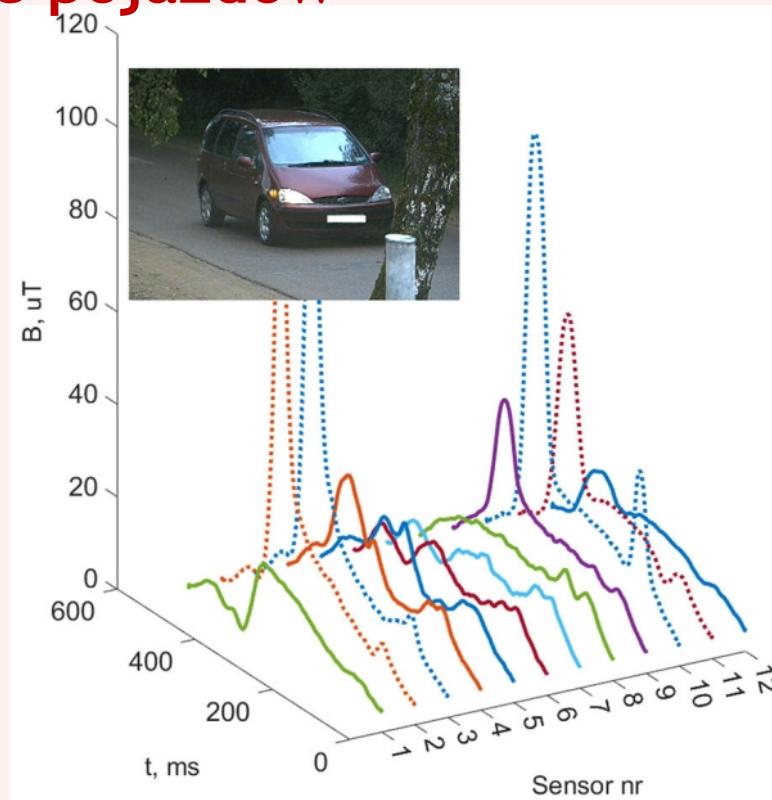
Toyota Avensis



Opel Vectra

V. Markevicius et al., Sensors 17, 1778,(2017),

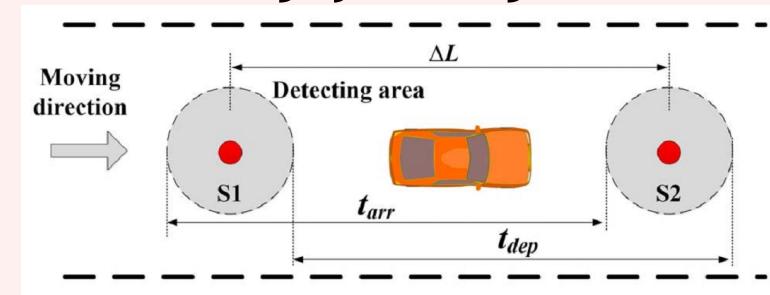
3. Rozpoznawanie pojazdów



Balamutas et al IEEE ACCESS..3278986 (2023).

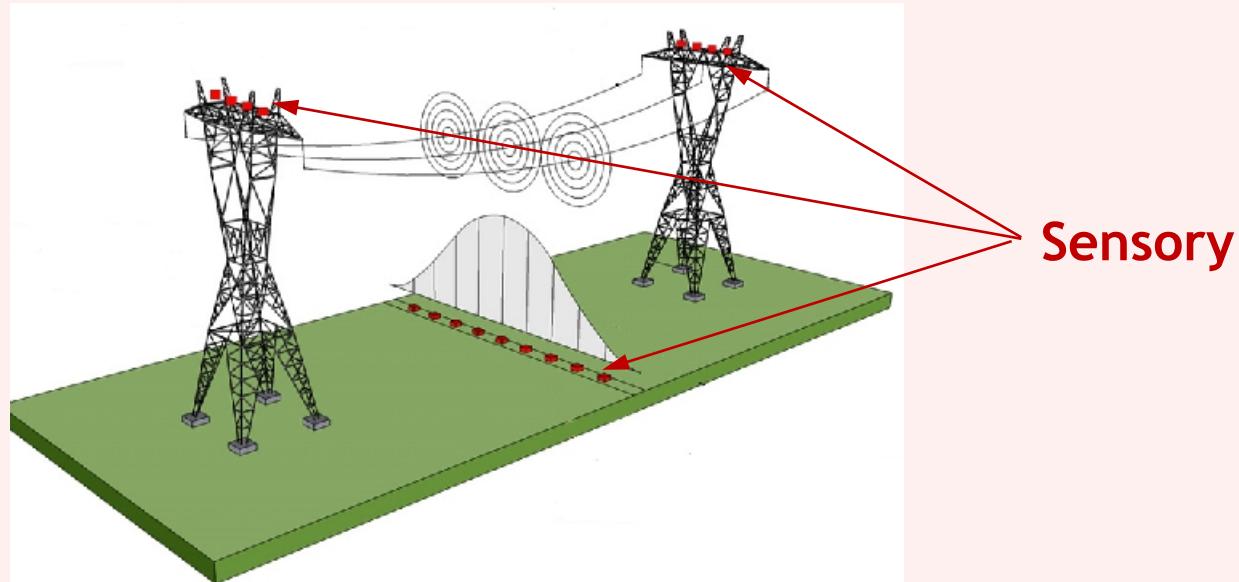
4. Pomiar prędkości i kierunku ruchu

- > Czujniki rozmieszczone w znanej odległości (ΔL) od siebie
- > Detekcja pojazdu nad pierwszym czujnikiem i kolejnym czujnikiem
- > Wyznaczenie czasu przejazdu (Δt)
- > Wyznaczenie prędkość pojazdu (V)
- > Wyznaczenie kierunek ruchu



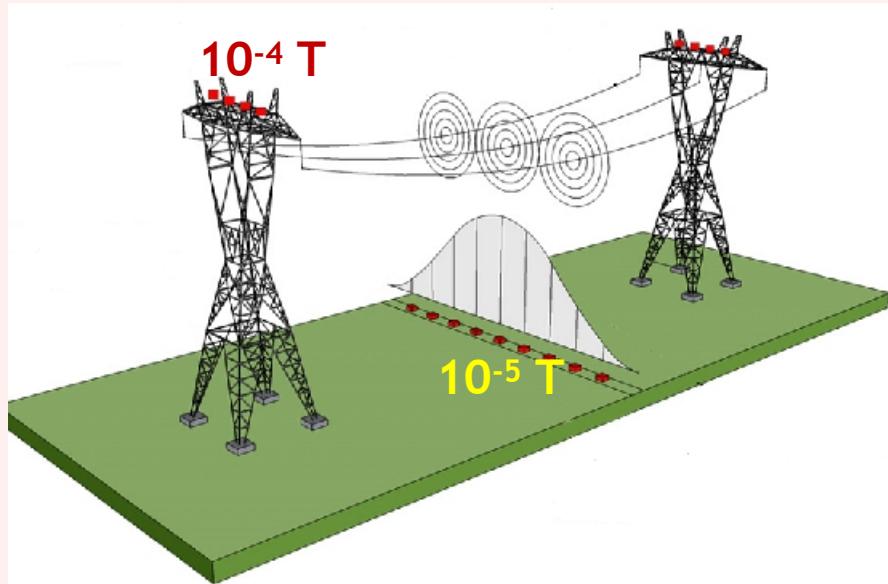
Na podstawie kolejności aktywacji czujników

V. Markevicius et al, Sensors 17, 1778,(2017),



IEEE Transactions on Magnetics, 55 11,(2019)

Czujniki umieszczone na słupach lub/i pod linią rejestrują pole generowane przez przepływający prąd



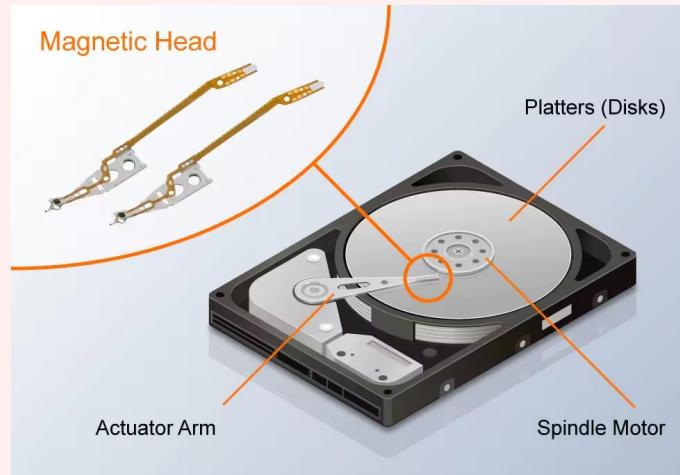
Jak odtworzyć prądy w liniach na podstawie zmierzonego pola?

Problem odwrotny

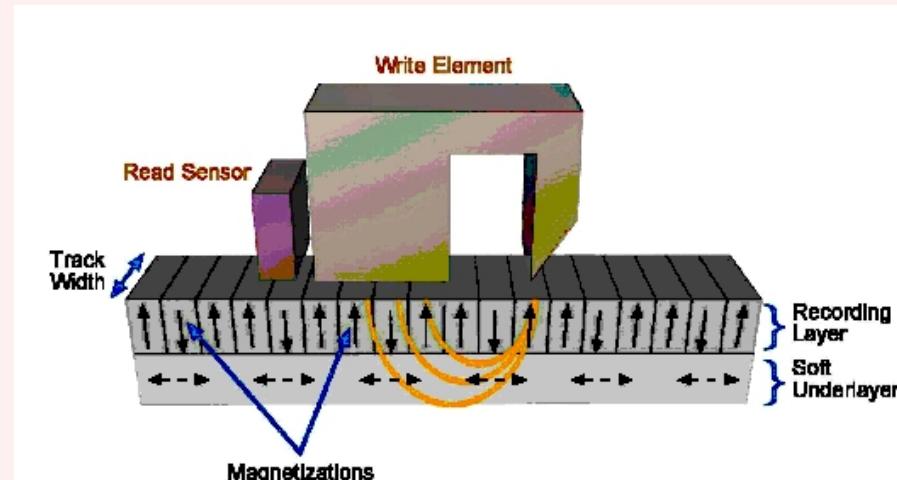
$$I_{L1,L2,L3} <--- B$$

IEEE Transactions on Magnetics, 55 11,(2019)

| 1.Aplikacje sensorów | Dyski magnetyczne



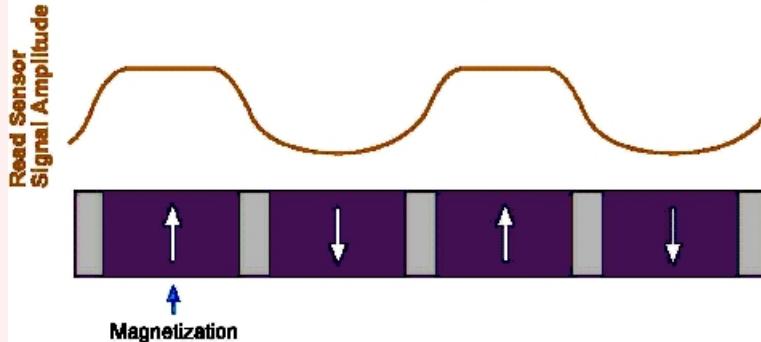
https://www.tdk.com/en/featured_stories/entry_025.html



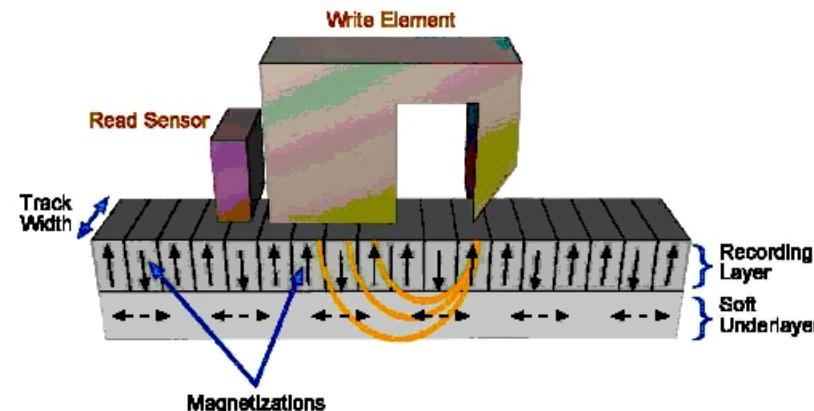
Detekcja pola generowanego przez domeny magnetyczne “bity”

| 1.Aplikacje sensorów | Dyski magnetyczne

PERPENDICULAR RECORDING

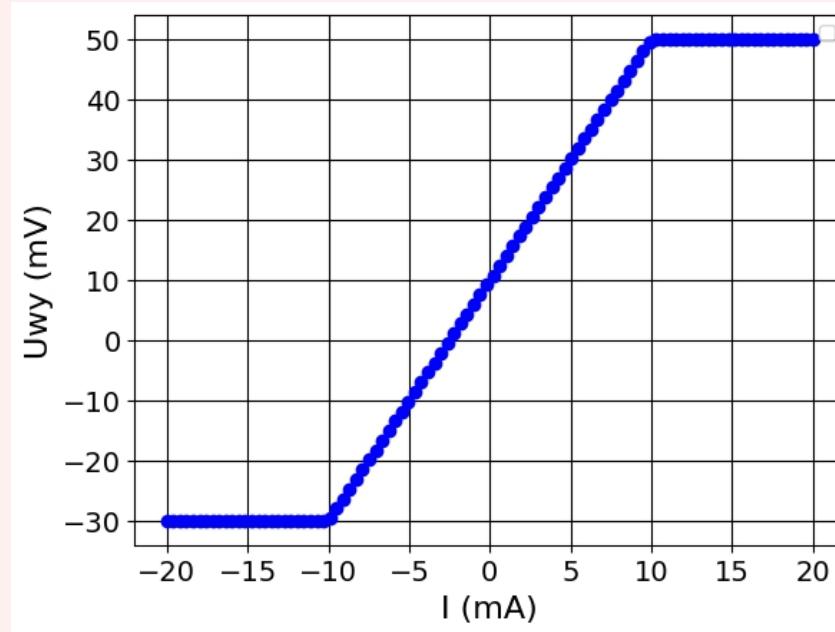


<https://www.edn.com/hard-disk-drive-read-channels-a-must-for-perpendicular-recording/>



| 2.Zadania |

Zad.1 Podaj wartości i jednostki parametrów sensora, które można wyznaczyć z charakterystyki przetwarzania przedstawionej na rysunku oraz zapisz równanie opisujące tę charakterystykę



| 2.Zadania |

Zad.2 Bipolarny czujniki prądu zasilanym napięciem 5V użyto do pomiaru prądu przemiennego o częstotliwości podstawowej 100 kHz i harmonicznych o wartościach skutecznych $I_1=1\text{ A}$, $I_3=0.6\text{ A}$, $I_5=0.2\text{ A}$. Wyznaczyć:

- a) wartość skuteczną napięcia na wyjściu sensora w mV
- b) stosunek sygnału do szumu sensora w dB

Parametry sensora

Czułość: 10 mV/A/V

Zakres liniowy: +/-1 A

Częstotliwość 3dB: 300 kHz

Napięciowa gęstość widmowa szumów: 500nV/Hz^{1/2}

Zad.2

Czułość sensora

$$S_{\text{mV/A}} = S_{\text{mV/A/V}} U_z$$

Wartość skuteczna prądu

$$I_{\text{rms}} = [(I_1)^2 + (0.7I_2)^2 + (0.7I_2)^2]^{1/2}$$

Napięcie sensora

$$U_s = S_{\text{mV/A/V}} I_{\text{rms}}$$

Stosunek sygnału do szumu sensora w dB

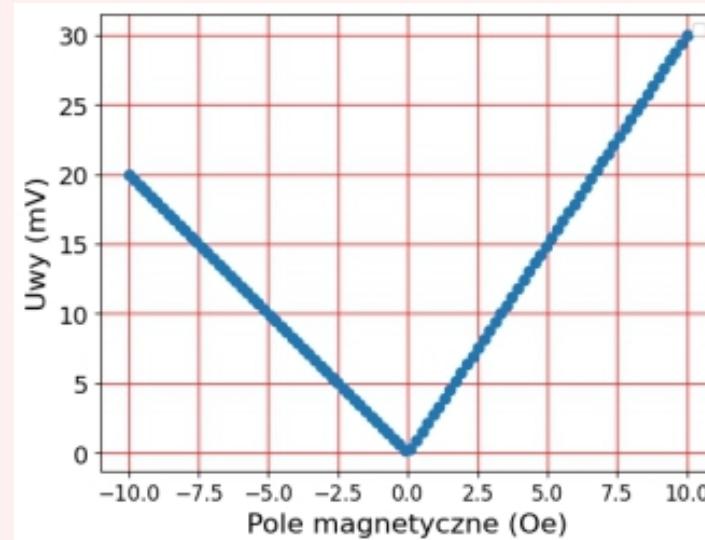
$$\text{SNR} = 20 \log_{10} U_s / U_{\text{sz}}$$

Napięcie szumów

$$U_{\text{sz}} = \text{Napięciowa gęstość widmowa szumów} \times \text{Pasmo}$$

| 2.Zadania |

Zad.3 Sensorem wykazującym charakterystykę przetwarzania przedstawioną na rysunku planowany jest pomiar sinusoidalnie przemiennego pola magnetycznego. Naszkicuj przebieg napięcia wyjściowego sensora dla pomiaru sinusoidalnie przemiennego pola magnetycznego o amplitudzie 3 Oe i częstotliwości 50 Hz oraz podaj czułość sensora.



| 2.Zadania |

Zad.4 Planowana jest budowa modułu do badania poboru mocy mikrokontrolerów w zakresie do $P_{max}=50 \text{ mW}$ zasilanych napięciem 3.3 V.

Pobór mocy wyznaczony zostanie na podstawie pomiaru prądu oraz przyjmując stałe napięcie zasilania. Do pomiaru prądu planuję się wykorzystać sensor.

Sensor powinien umożliwić uzyskanie:

- detekcyjności mocy P_D : 30 nW
- minimalnego napięcia wyjściowe sensora $U_{wy} (P_{max})$: 125 mV
- błędu wyznaczania mocy związanego z nieliniowością sensora (dP): 50 μW

Wyznaczyć parametry sensora umożliwiające uzyskanie wymaganych właściwości pomiarowych.

Zad.4

1. Zakres prądu

$$I_{\max} = P/U_z$$

2. Czułości (S)

$$S_{\min} = U_{wyj}(P_{\max}) / I_{\max} U_z$$

3. Nieliniowości (NL)

$$NL_I(\%FS) = |(dP_{\max}) / I_{\max}| \cdot 100$$

4. Poziom szumów

$$I_{szumów} = P_d / U_z$$

| 2.Zadania |

Zad. 5 Bipolarny czujnik prądu (I) zasilany napięciem +/- 5 V, którego charakterystykę przetwarzania opisuje zależność $V(I)=10(\text{mV}/\text{mA})I+5\text{mV}$, wykazuje:

- nasycenie dla prądu +/- 50 mA,
- nieliniowość maksymalną 1 mV,

Dla czujnika wyznaczyć:

- wartość czułości w ($\text{mV}/\text{mA}/\text{V}$)
- zakres zmiany napięcia wyjściowego w (mV)
- nieliniowość w (% FS)

Dziękuję za uwagę