Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki

LABORATORIUM
MIERNICTWA ELEKTRYCZNEGO

# BADANIE PRZETWORNIKA HALLA

# BADANIE PRZETWORNIKA HALLA

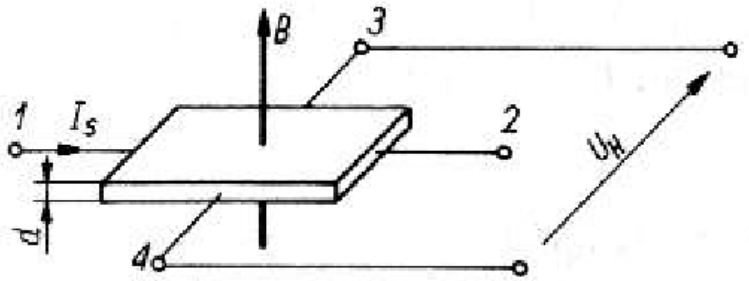
## 1. Cel ćwiczenia

Badanie właściwości metrologicznych przetwornika w stanie statycznym na przykładzie przetwornika Halla.

Celem ćwiczenia jest wykreślenie, na podstawie otrzymanych wyników pomiarów, charakterystyk określających zależność napięcia od prądu magnesującego i prądu sterującego, a także wyznaczenie stałej przetwarzania, błędu nieliniowości i zakresów przetwarzania przetwornika.

## 2. Wstęp

Hallotron jest to półprzewodnikowy element mnożący wykonany najczęściej jako prostopadłościenna płytka wykonana z półprzewodnika mono- lub polikrystalicznego, o dwóch parach wzajemnie prostopadłych doprowadzeń (elektrod).
Jedna para elektrod (1 i 2)- prądowa), służy do doprowadzania prądu sterującego, a druga(3 i 4)- napięciowa) do odprowadzenia napięcia Halla (rys.1)




Rys. 1. Zasada działania hallotronu.

Jeśli taką płytkę (zasiloną prądem sterującym) umieścimy w polu magnetycznym, którego wektor indukcji jest skierowany prostopadle do płaszczyzny przetwornika, to nośniki prądu (elektrony lub dziury), pod wpływem siły Lorentza, zostaną odchylone w kierunku jednego z brzegów. To odchylenie nośników prądu powoduje pojawienie się na przeciwległych ściankach ładunków o różnych znakach. W rezultacie między wyprowadzeniami napięciowymi pojawia się napięcie Halla i pole elektryczne o takim natężeniu, że zrównoważy siłę pola magnetycznego.

Z równania równowagi sił działających na nośniki można wyprowadzić zależność na charakterystykę przetwarzania, przy zadanym prądzie sterującym o postaci

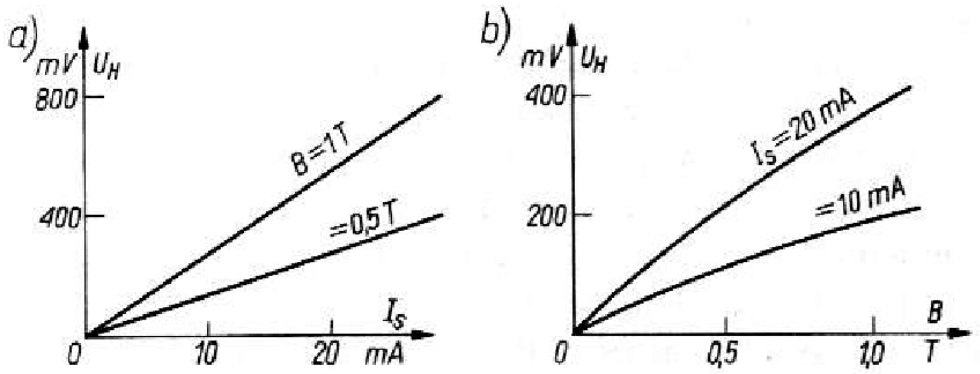
$$U_H = R_H \frac{I_S B}{d}$$

gdzie:

$R_H$ – Współczynnik Halla,
d – grubość płytki,
$I_S$ – natężenie prądu sterującego,
B- indukcja pola magnetycznego.

Zjawisko Halla szczególnie intensywnie występuje w półprzewodnikach jednego typu (elektronowym lub dziurowym), przy czym jest ono tym intensywniejsze, im mniejsza jest koncentracja nośników i im większa jest ich ruchliwość.

Przetworniki hallotronowe są najczęściej stosowane do pomiarów indukcji i natężenia pola magnetycznego oraz do pomiarów prądów stałych o dużych natężeniach, a także w przetwornikach mocy, fazy, modulatorach o demodulatorach słabych sygnałów.




Rys. 2. Charakterystyki statyczne hallotronu.

Właściwości hallotronu opisują charakterystyki statyczne

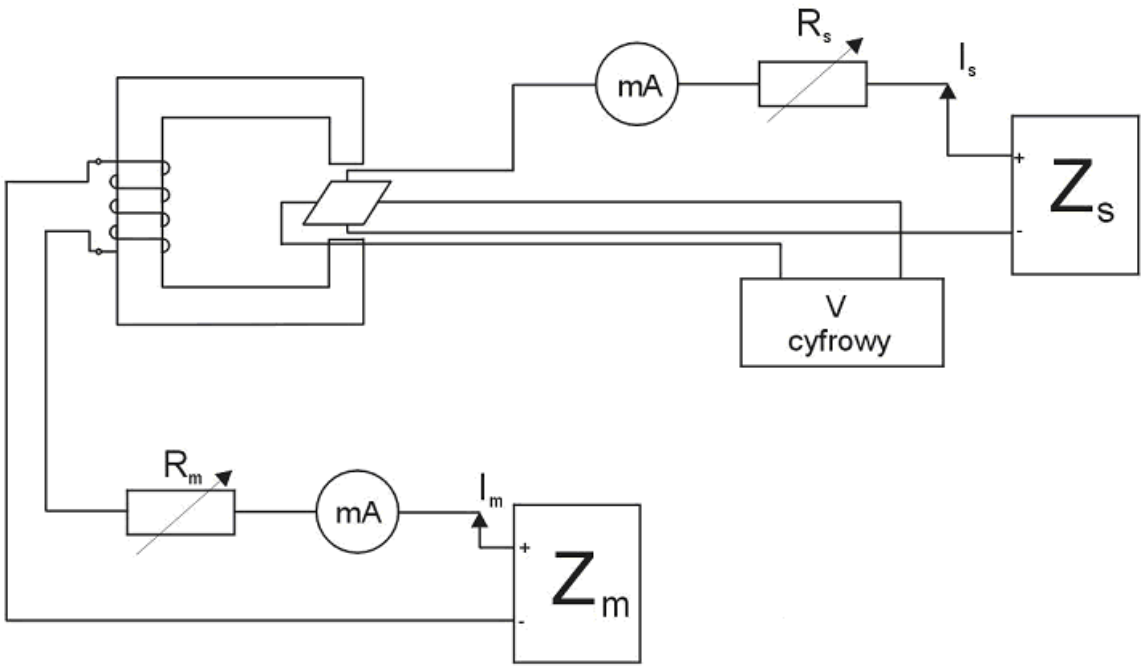
- $U_H = f(I_S)$ dla B=const
- $U_H = f(B)$ dla $I_s$=const

pokazane na rys. 2.

W przypadku stałego pola magnetycznego wzbudzającego i stałego prądu sterującego, napięcie Halla jest stałe w czasie. Jeśli natomiast jedna z wielkości wejściowych jest przemienna, to napięcie wyjściowe jest przemienne, o takiej samej częstotliwości jak wielkość wejściowa. W przypadku, gdy indukcja pola magnetycznego wzbudzającego i prąd sterujący mają taką samą częstotliwość i są przesunięte w fazie o kąt φ, napięcie wyjściowe zawiera składowe: stałą i przemienną o podwojonej częstotliwości.

## 3. Przebieg pomiaru

a) układ połączyć zgodnie ze schematem przedstawionym na rysunku (informacji odnośnie sposobu regulacji prądu sterującego i magnesującego ćwiczący uzyskują od prowadzącego zajęcia)




Rys. 3. Schemat pomiarowy do badanie przetwornika Halla (hallotronu).

b) po połączeniu układu pomiarowego należy wyznaczyć dwie rodziny charakterystyk przetwornika Halla

- $U_H = f(I_m)$ dla $I_s = const.$ (wartości są podane w tabeli 1)
- $U_H = f(I_S)$ dla $I_m = const.$ (wartości są podane w tabeli 2)

**Tabela 1:**

| dla $I_S$ =5mA | | |
|---|---|---|
| Lp | $U_H$ | $I_m$ |
| | mV | mA |
| 1. | | |
| 2. | | |
| 3. | | |
| 4. | | |
| …. | | |

| dla $I_S$ =10mA | | |
|---|---|---|
| Lp | $U_H$ | $I_m$ |
| | mV | mA |
| 1. | | |
| 2. | | |
| 3. | | |
| 4. | | |
| …. | | |

| dla $I_S$ =15mA | | |
|---|---|---|
| Lp | $U_H$ | $I_m$ |
| | mV | mA |
| 1. | | |
| 2. | | |
| 3. | | |
| 4. | | |
| …. | | |

**Tabela 2:**

| dla $I_m$ =50mA | | |
|---|---|---|
| Lp | $U_H$ | $I_S$ |
| | mV | mA |
| 1. | | |
| 2. | | |
| 3. | | |
| 4. | | |
| …. | | |

| dla $I_m$ =100mA | | |
|---|---|---|
| Lp | $U_H$ | $I_S$ |
| | mV | mA |
| 1. | | |
| 2. | | |
| 3. | | |
| 4. | | |
| …. | | |

| dla $I_m$ =150mA | | |
|---|---|---|
| Lp | $U_H$ | $I_S$ |
| | mV | mA |
| 1. | | |
| 2. | | |
| 3. | | |
| 4. | | |
| …. | | |

c) Dla każdej charakterystyki doświadczalnej należy obliczyć współczynnik równania linii prostej aproksymującej charakterystykę doświadczalną. Do obliczania wartości tych współczynników wyznacza się z warunków na minimum sumy kwadratów odchyleń otrzymanych z pomiarów od założonej zależności y=f(x).

Przy ustalonych wartościach $x_1$, $x_2$, …, $x_i$, …, $x_n$ wielkości X wykonano pomiary wielkości Y i otrzymano odpowiednio wyniki $y_1$, $y_2$, …, $y_i$, …, $y_n$ , przy czym niedokładność pomiaru wszystkich wartości $x_i$ była jednakowa. Odpowiadające parom liczb $x_i$ , $y_i$ punkty $P_i$ w prostokątnym układzie współrzędnych (rys. 4) będą się układały wokół pewnej prostej.

Dla charakterystyki liniowej o równaniu $y = a_0 + a_1 x$ suma kwadratów odchyleń wyników wynosi

$$\sum_{i=1}^{n}\Delta_i^2 = \sum_{i=1}^{n}[y_i-(a_0+a_1x_i)]^2$$

gdzie:

n – liczna wyznaczonych doświadczalnie punktów charakterystyki,
$x_i$ – zmierzona wartość wielkości wejściowej,
$y_i$ – zmierzona wartość wielkości wyjściowej.

Badanie minimum tej funkcji polega na przyrównaniu do zera jej pochodnych cząstkowych względem $a_0$ i $a_1$

$$\frac{\partial \sum_{i=1}^{n}\Delta_i^2}{\partial a_0} = 0 \qquad \text{i} \qquad \frac{\partial \sum_{i=1}^{n}\Delta_i^2}{\partial a_1} = 0$$

z tych dwóch wyrażeń oblicza się współczynniki $a_0$ i $a_1$

$$a_0 = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_i}{n} - a_1\frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$$

$$a_1 = \frac{n\sum_{i=1}^{n} x_i\, y_i - (\sum_{i=1}^{n} x_i)(\sum_{i=1}^{n} y_i)}{n\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - (\sum_{i=1}^{n} x_i)^2}$$

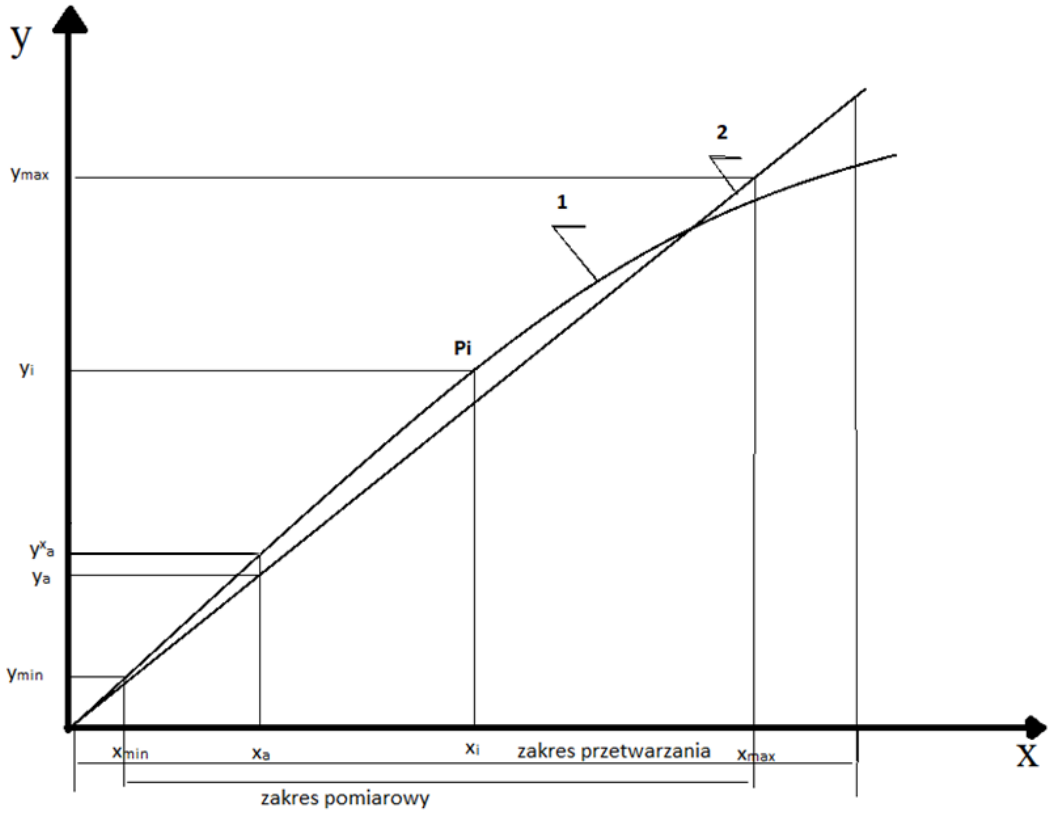
Błąd nieliniowości określony jako maksymalne odchylenie rzeczywistej charakterystyki przetwarzania od charakterystyki idealnej w postaci linii prostej (prostej najmniejszych kwadratów) występujący w zakresie pomiarowym oblicza się ze wzoru

$$\delta y = \frac{(y_a - y_a^n)max}{y_{max} - y_{min}}$$

przy czym:

$(y_a - y_a^n)_{max}$ – maksymalne odchylenia charakterystyki rzeczywistej od prostej wyznaczonej,
$y_{max}-y_{min}$ – zakres wielkości wyjściowych odpowiadający zakresowi pomiarowemu.

Błąd nieliniowości dla przetwornika liniowego jest równoważny jego klasie dokładności.




Rys. 4. Rzeczywista 1 i pożądana 2 (linearyzowana) charakterystyka czujnika pomiarowego.

Jeżeli założona funkcja y=f(x) jest wielomianem wyższego rzędu lub jest linia prostą lecz zależy nam na szybkim wyznaczeniu współczynników prostej, to do obliczeń stosuje się zwykle programy komputerowe.

## 4. Literatura


- Chwaleba A., Poniński M., Siedlecki A., Metrologia elektryczna, WNT, Warszawa 2003;
- Kobus A., Tuszyński J., Warsza Z. L., Technika Hallotronowa, WNT Warszawa 1980.