

JANUSZ CHMURA,* CZESŁAW KUŚ,* WŁODZIMIERZ ŚMIGA,*
CZESŁAW KAJTOCH,* BRONISŁAW SOBAS**

Cyfrowy teslomierz hallotronowy

WSTĘP

Intensywny rozwój teorii działania i technologii otrzymywania hallotronów umożliwił osiągnięcie korzystnych parametrów pozwalających na konstrukcję czujników używanych w aparaturze pomiarowej wielkości elektrycznych, magnetycznych i innych [4]. Pomiar natężenia pola magnetycznego o wartościach od 10^{-7} do 10^6 A/m umożliwia wykorzystanie teslomierzy hallotronowych w laboratoriach naukowych i przemysłowych, a także w szkole na zajęciach z fizyki lub wychowania technicznego [1].

PODSTAWY DZIAŁANIA I WŁASNOŚCI TESLOMIERZY HALLOTRONOWYCH

Podstawowym elementem urządzenia jest czujnik hallotronowy, którego działanie oparte jest na zjawisku Halla [2]. Polega ono na tym, że w próbce półprzewodnika, przez którą płynie prąd elektryczny, umieszczonej w zewnętrznym polu magnetycznym rejestruje się napięcie prostopadłe do kierunku przepływu prądu i wprost proporcjonalne do wartości natężenia prądu oraz składowej wektora indukcji magnetycznej prostopadłej do powierzchni próbki. Ta proporcjonalność umożliwia prostą konstrukcję urządzeń do pomiarów indukcji

* Instytut Fizyki WSP Kraków ul. Podchorążych 2

** Dyrekcja Okręgu Poczty i Telekomunikacji w Krakowie

magnetycznej (teslomierze) lub natężenia prądu elektrycznego.

Poniżej przedstawiono cechy hallotronów i zalety pomiarów wykonywanych przy ich pomocy [3]:

- 1) reagowanie na wartość i kierunek wektora indukcji magnetycznej,
- 2) duże zakresy częstotliwości pracy,
- 3) działanie bezstykowe,
- 4) małe wymiary, a zwłaszcza niewielka grubość,
- 5) niezakłócanie pola mierzonego (hallotron tangencjalny),
- 6) możliwość pomiaru składowych stycznych natężenia pola magnetycznego na powierzchni badanych ciał,
- 7) określenie rozkładu i kierunku pola w przestrzeni,
- 8) proporcjonalność napięcia na zaciskach pomiarowych hallotronu do wartości mierzonej indukcji magnetycznej,
- 9) szeroki zakres pomiarowy,
- 10) możliwości pomiaru analogowego i cyfrowego oraz rejestracji różnych rodzajów pól magnetycznych: stałych, przemiennej i impulsowych.

Sondy hallotronowe używane w czujnikach powinny spełniać następujące warunki:

- 1) określona i jednoznaczna zależność między sygnałem wyjściowym a sygnałem mierzonym,
- 2) duża czułość,
- 3) duża szybkość działania,
- 4) stabilność parametrów w czasie,
- 5) odporność na czynniki mechaniczne, cieplne i chemiczne.

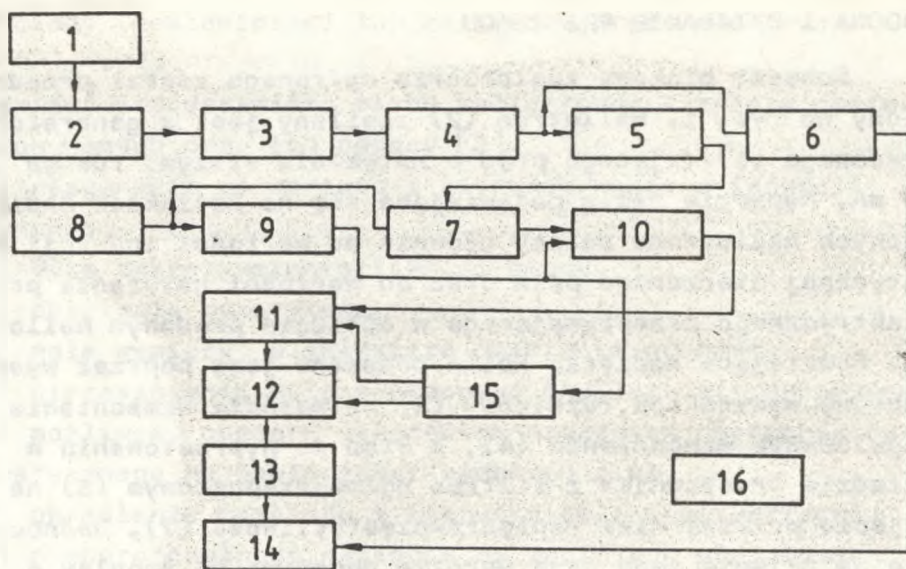
Ze względu na wady pomiarowe, jakimi są: asymetria pomiarowych elektrod napięciowych (powstawanie napięcia niezrównoważenia hallotronu) i wpływ temperatury na charakterystyki hallotronu [2] konieczne jest wprowadzenie kompensacji napięcia niezrównoważenia (zerowanie) oraz kalibrowanie przyrządu za pomocą wzorców.

BUDOWA I DZIAŁANIE PRZYRZĄDU

Schemat blokowy teslomierza cyfrowego został przedstawiony na rys. 1. Hallotron (2) zasilany jest z generatora prądowego (1) dającego prąd o natężeniu stałym, równym 10 mA. Napięcie Halla pojawiające się na zaciskach napięciowych hallotronu zależy głównie od wartości indukcji magnetycznej mierzonego pola oraz od wartości natężenia prądu elektrycznego przepływającego w obwodzie prądowym hallotronu. Powstające napięcie Halla podawane jest poprzez wysokoporowy wzmacniacz różnicowy (3) na wejście wzmacniacza o regulowanym wzmocnieniu (4), a stąd po wyprostowaniu w układzie prostownika z filtrem dolnoprzepustowym (5) na wejście przetwornika napięcie-częstotliwość (7). Jednocześnie na wejście tego przetwornika podawane są impulsy o częstotliwości 10 kHz z generatora (8).

Częstotliwość napięcia wyjściowego przetwornika U-f jest proporcjonalna do wartości napięcia podawanego na jego wejście. Napięcie wyjściowe z przetwornika (7) podawane jest przez bramkę (10) na wejście licznika (11). Ma jedno z wejść bramki (NAND) dochodzą impulsy napięcia z wyjścia przetwornika (7), a na drugie impulsy z wyjścia dzielnika częstotliwości (9). Po zliczeniu impulsów przez licznik (11) jego zawartość jest przepisywana do pamięci (12). Zawartość tej pamięci jest dekodowana na kod siedmiosegmentowy w dekodерze (13) i wyświetlana przez wyświetlacz (14). Wyświetlacz równocześnie podaje biegunowość pola wykrytą przez detektor (6). Zadaniem układu sterowania (15) jest sterowanie pracą licznika (11) oraz pamięci (12). Zasilacz (16) dostarcza napięć niezbędnych do zasilania części analogowej i cyfrowej miernika.

Prototyp urządzenia sprawdzano przy pomiarach indukcji magnetycznej w zakresie od 1 mT do 1 T.



Rys.1. Schemat blokowy teslomierza cyfrowego

- 1 - generator prądowy
- 2 - hallotron
- 3 - wysokooporowy wzmacniacz różnicowy
- 4 - wzmacniacz o skokowo regulowanym wzmocnieniu
- 5 - prostownik z filtrem dolnoprzepustowym
- 6 - detektor znaku
- 7 - przetwornik napięcie - częstotliwość
- 8 - generator impulsów prostokątnych
- 9 - dzielnik częstotliwości
- 10 - bramka NAND
- 11 - licznik
- 12 - pamięć
- 13 - dekodery
- 14 - wyświetlacz
- 15 - układ sterowania
- 16 - zasilacz stabilizowany

Рис.1. Блок-схема цифрового теслометра

- 1 - генератор тока
- 2 - Холл-элемент
- 3 - высокорезистивный дифференциальный усилитель
- 4 - усилитель со скачкообразной регулировкой усиления
- 5 - выпрямитель
- 6 - детектор знака
- 7 - преобразователь напряжение - частота
- 8 - генератор прямоугольных импульсов
- 9 - делитель частоты
- 10 - элемент НЕТ - И
- 11 - счетчик
- 12 - память
- 13 - декодер
- 14 - дисплей
- 15 - система управления
- 16 - стабилизированный питатель

Fig.1. Block diagram of the digital teslometer

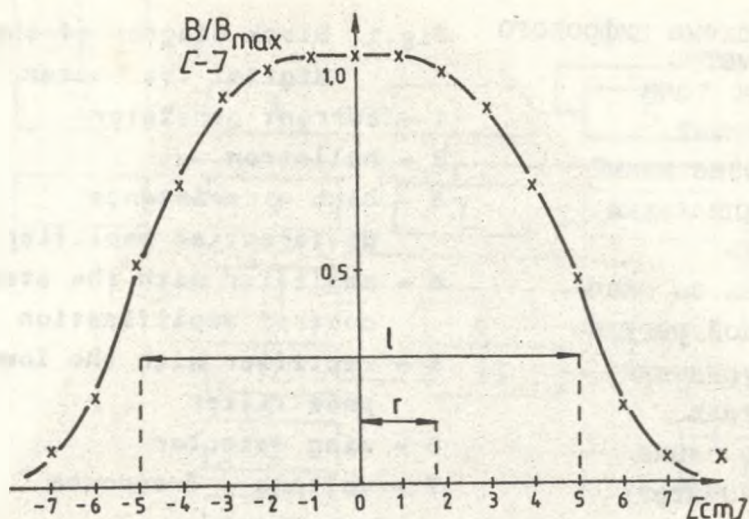
- 1 - current genetator
- 2 - hallotron
- 3 - high - resistance differential amplifier
- 4 - amplifier with the step control amplification
- 5 - rectifier with the low - pase filter
- 6 - sing detector
- 7 - voltage - frequence converter
- 8 - rectangular impulse generator
- 9 - frequence divider
- 10 - NAND gate
- 11 - counter
- 12 - memory
- 13 - decoder
- 14 - display
- 15 - control system
- 16 - stabilizing supply

Fig.2. The relative value B/B_{max} on the axis of coil as a function of the distance x from its centre

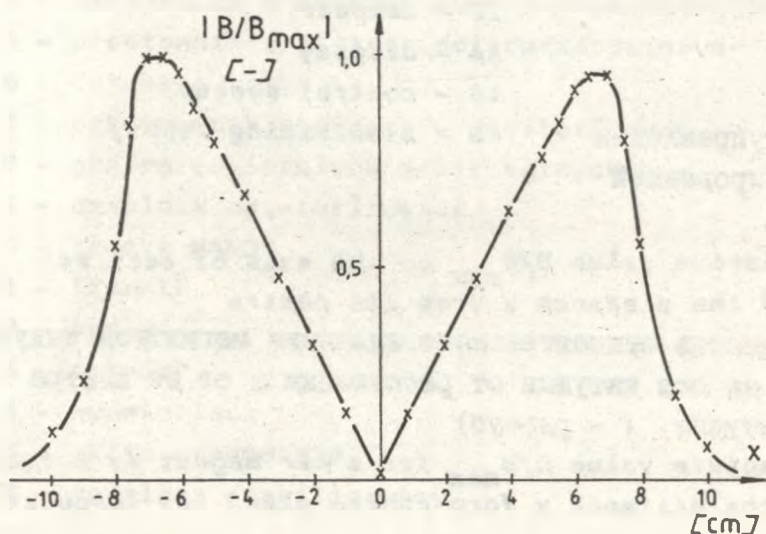
Рис.2. Зависимость относительного значения магнитной индукции B/B_{max} на оси катушки от расстояния x от ее центра (l - длина катушки, r - радиус)

Fig.3. The absolute value B/B_{max} for a bar magnet as a function of of the distance x form centre along the lonquest edge

Рис.3. Зависимость абсолютного значения B/B_{max} для стержневого магнита от расстояния x от его центра вдоль самой длинной грани (его размеры - 170 x 23 x 8 мм)



Rys.2. Zależność wartości względnej indukcji magnetycznej B/B_{\max} na osi zwojnicy od odległości x od jej środka / l -długość zwojnicy, r -jej promień/



Rys.3. Zależność bezwzględnej wartości B/B_{\max} dla magnesu sztabkowego od odległości x liczonej od jego środka wzdłuż najdłuższej krawędzi /jego wymiary 170 x 23 x 8 mm/

WYKORZYSTANIE TESLOMIERZA HALLOTRONOWEGO W PRAKTYCE SZKOLNEJ

Wykorzystanie tego miernika na zajęciach z fizyki [1] może pozwolić na zwiększenie pogłębienia przy wprowadzaniu pojęć z elektromagnetyzmu i wpłynąć na wzrost zainteresowania, a co z tym się wiąże, aktywności uczniów i trwałości uzyskiwanej przez nich wiedzy.

Przykład charakterystyki pola magnetycznego wykonanej przy pomocy teslomierza hallotronowego przedstawiono na rys. 2, który pokazuje zależność wartości indukcji magnetycznej na osi zwojnicy od odległości od jej środka.

Na rys. 3 przedstawiono zależność wartości składowej wektora indukcji magnetycznej, prostopadłej do największej ścianki magnesu sztabkowego (prostopadłościan), przy czym płaszczyzna czujnika była równoległa do największej ścianki magnesu, a hallotron był przesuwany wzdłuż niej w odległości 0,9 cm.

PODSUMOWANIE

Własności produkowanych czujników hallotronowych umożliwiają budowę prostego i łatwego w obsłudze teslomierza z natychmiastowym odczytem wartości indukcji magnetycznej w szerokim zakresie. Pozwala to na jego wszechstronne zastosowania w przemyśle, a także w pracy laboratoryjnej w szkołach średnich, uczelniach i ośrodkach badawczych.

Wpłynęło do Redakcji 30 września 1985r.

Literatura

- [1] Kajtoch Cz., Kuś Cz., Suchanicz J., Śmiga W., Wprowadzenie w szkole średniej pojęcia pola magnetyczne z wykorzystaniem hallotronu, oddane do druku w "Fizyka w Szkole", 1985.
- [2] Kotwiniuk N.F., Końcewój I.A., Badanie materiałów półprzewodnikowych, PWN, 1976.

- [3] Kobus A., Problemy optymalizacji konstrukcji hallotronów, PWN, Warszawa 1974.
- [4] Łapiński M., Miernictwo elektryczne t.4, WKŁ, Warszawa 1972.

J. Chmura, Cz. Kajtoch, Cz. Kuś, B. Sobas, W. Śmiga

Digital Hall - effect teslometer

ABSTRACT

The block diagram of the digital Hall - effect teslometer intended to the fast determination of magnetic induction is presented and its functioning is described.

Its possible application and some characteristics $B(x)$ are presented.

Я.Хмура, Ч.Кайтох, Ч.Кузь, Б.Собас, В.Сьмига

Цифровой использующий эффект Холла теслометр

РЕЗЮМЕ

В статье представлена блок-схема и описан принцип действия цифрового теслометра использующего эффект Холла и предназначенного для быстрого измерения значения магнитной индукции. Авторы описывают также возможности использования прибора и приводят основные его характеристики $B(x)$.