

## Analiza parametrów pracy wybranych czujników pola magnetycznego

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono badania parametrów pracy wybranych przetworników pola magnetycznego. Przetworniki tego typu mogą służyć do pomiarów różnorodnych wielkości nieelektrycznych takich jak np. pomiary grubości warstw wierzchnich, pomiary defektoskopowe, pomiary odległości, przesunięcia czy prędkości obrotowej. Opisane przetworniki posłużyły do badania wartości indukcji pola magnetycznego. Badania przeprowadzono dla zmiennej odległości od źródła pola magnetycznego, sprawdzono odpowiedzi czujników przy zmianie częstotliwości sygnału pomiarowego oraz charakterystykę sygnału wyjściowego przy zmianie wartości badanej indukcji magnetycznej. (*Analysis of selected operating parameters of the magnetic field sensors*)

**Abstract:** Article presents a study on parameters of selected magnetic field transducers. Converters of this type can be used for a variety of non-electrical measurements such as measurements of thickness of outer layers, flaw detection measurements, distance measurements, or shift speed. Described transducers were used to study magnetic field. The study was conducted for a variable distance from source of magnetic field, sensor response was checked when changing measurement frequency and characteristics of output signal when changing value of magnetic induction test.

**Słowa kluczowe:** przetworniki pola magnetycznego, parametry pracy, badanie pola magnetycznego

**Keywords:** magnetic field transducers, operating parameters, magnetic field investigation

doi:10.12915/pe.2014.12.69

### Wstęp

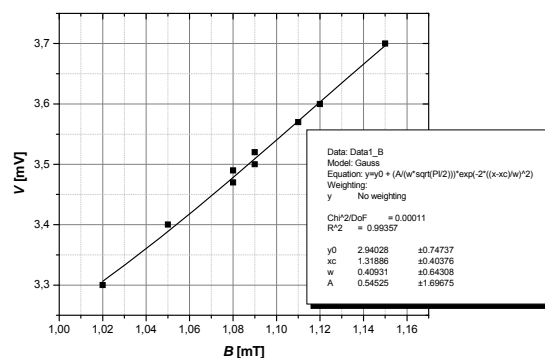
Przetworniki pola magnetycznego wykorzystywane są prawie w każdej gałęzi przemysłu. Posiadają szereg zalet wśród których można wymienić niewielkie rozmiary fizyczne, stosunkowo duża czułość i odporność na zakłócenia czynników zewnętrznych oraz łatwość aplikacji w układach elektronicznych [1,2]. Zwykle nie wymagają skomplikowanych układów zasilających ani wzmacniających sygnał pomiarowy. Nie wszystkie sensory magnetyczne wykorzystywane są jako czujniki pola magnetycznego. Znajdują zastosowanie w szeregu pomiarów wielkości nieelektrycznych takich jak pomiary grubości warstw wierzchnich, pomiary defektoskopowe [3], pomiary odległości, przesunięcia czy prędkości obrotowej [4,5,6]. Jeżeli chodzi o pomiary parametrów pola magnetycznego najpopularniejszym przetwornikiem jest czujnik którego zasada działania oparta jest o zjawisko Halla. Przetworniki takie używane są od wielu lat i również obecnie w zmodyfikowanej i usprawnionej wersji używane są w dniu dzisiejszym [7,8]. Charakteryzują się dużą czułością i posiadają niewielkie rozmiary fizyczne co ułatwia ich aplikację w praktycznych zastosowaniach [9,10]. W budowie Hallotronów stosuje się związki chemiczne charakteryzujące się dużą ruchliwością nośników energii takie jak antymonek indu InSb, arsenek gallu indu InGaAs, krzem Si czy arsenek galu GaAs. Typowa czułość Hallotronów jest rzędu od 0,1 do 1 V/T co powoduje, że najszersze zastosowanie mają one przy pomiarach pola magnetycznego powyżej 1 mT. Szumy i temperaturowe pełzanie zera ograniczają w naturalny sposób rozdzielczość przetworników Hallotronowych. Pomiary pola magnetycznego o wartości mniejszej niż 10  $\mu$ T wymaga już użycia skomplikowanych metod pomiarowych [11,12]. Praktyczną zaletą hallotronów jest łatwość ich integracji z różnymi elementami elektronicznymi w jednym obwodzie scalonym. Innymi sensorami pola magnetycznego są czujniki magnetorezystancyjne. Sensory te wykorzystują magnetorezystywny efekt cienkiej folii (stop żelaza z niklem, silnie namagnesowany, lecz nietrwale), polegający na zmianie oporności materiału, z którego wykonany jest czujnik, w obecności zewnętrznego pola magnetycznego. Jego właściwości umożliwiają stosowanie go w szerokim zakresie: do pomiaru natężenia prądu elektrycznego, pola magnetycznego, obrotomierzy, tachometrów, pomiaru położenia kąтового lub liniowego czujników zbliżeniowych.

### Badanie parametrów pracy

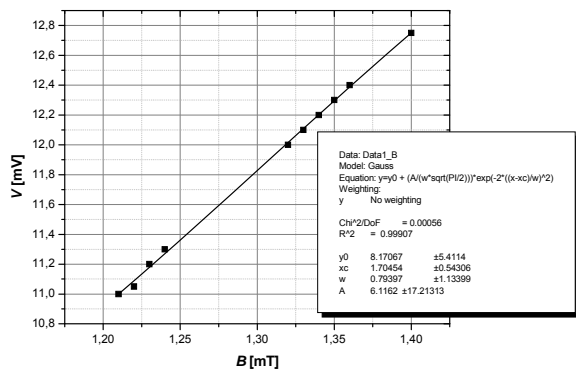
Do pomiarów wybrano dwa łatwo dostępne i popularne przetworniki Hallotronowe produkcji firmy Infineon TLE 4905 L oraz firmy Allegro MicroSystems A1104LUA, które mają szerokie zastosowanie i nie wymagają znacznych nakładów finansowych przy stosunkowo dobrych parametrach użytkowych. Niewielka obudowa czujników posiada trzy wyprowadzenia: jedno do zasilania napięciem od -40 do 32 V, drugie do wyprowadzenia sygnału pomiarowego rzędu 32 V przy maksymalnym prądzie wyjściowym 100 mA oraz trzecie wyprowadzenie wspólnej masy. Temperatura pracy czujnika zawiera się przedziale od -40 do 150 °C. Badania przeprowadzono dla pola magnetycznego wytwarzanego przez cewkę zasilaną napięciem sinusoidalnym o częstotliwości od 100 do 1000 Hz i stałej amplitudzie sygnału.

Badania przeprowadzono także dla popularnego czujnika magnetorezystancyjnego KMZ10B firmy Philips. Czujnik umieszczono w niewielkiej obudowie o czterech wyprowadzeniach, z których dwa służą do zasilania czujnika napięciem stałym o wartości od 5 do 12V. Dwa pozostałe wyprowadzenia wykorzystywane są do pomiaru napięcia wyjściowego, którego wartość jest proporcjonalna do badanej wartości indukcji pola magnetycznego w zakresie od -2 do +2 kA/m. Czułość sensora magnetorezystancyjnego wynosi około 4 mV/V÷kA/m.

W pierwszej kolejności sprawdzono wartość napięcia wyjściowego z obu przetworników Hallotronowych dla rosnącej wartości indukcji pola magnetycznego o wartości powyżej 1mT. Wyniki pomiarów zaprezentowano na rysunkach 1 i 2.

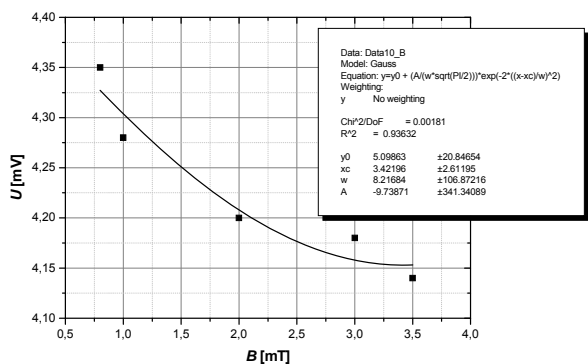


Rys. 1. Charakterystyka pracy czujnika TLE 4905 L firmy Infineon



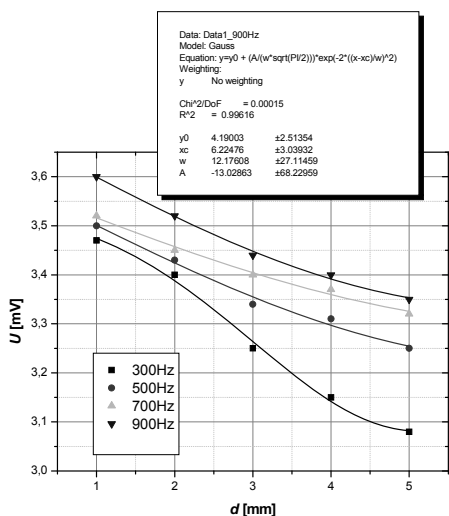
Rys. 2. Charakterystyka pracy czujnika A1104LUA firmy Allegro MicroSystems

Dla sensora magnetorezystancyjnego również zbadano wartość napięcia wyjściowego dla rosnącej wartości indukcji pola magnetycznego o wartości powyżej 1mT. Wyniki pomiarów dla sensora magnetorezystancyjnego KMZ10B firmy Philips pokazano na rysunku 3.

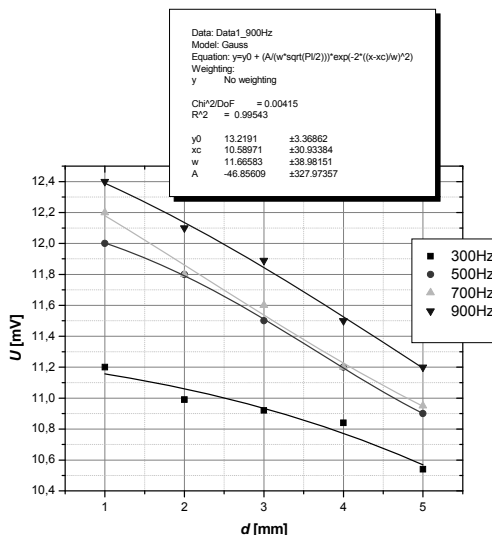


Rys. 3. Charakterystyka pracy czujnika KMZ10B firmy Philips

Jak można zaobserwować charakterystyki pracy wszystkich badanych elementów dla badanego zakresu pola magnetycznego powyżej 1mT do wartości około 1,5 mT mają charakter liniowy. Następnie zbadano wartość napięcia wyjściowego z obu czujników Hallotronowych dla wzrastającej odległości od źródła pola magnetycznego przy stałej częstotliwości zasilania cewki. Rezultaty pomiarów pokazano na rysunkach 4 i 5.

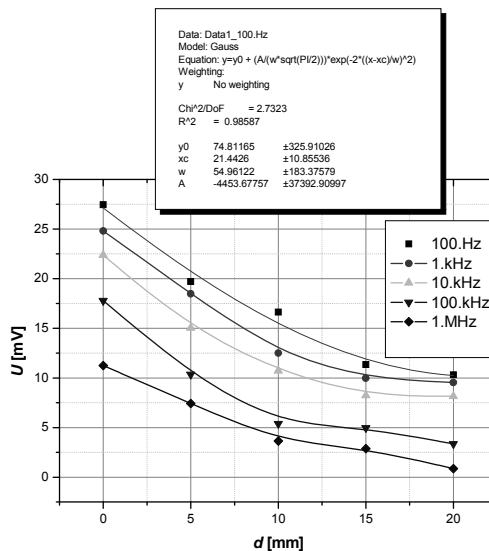


Rys. 4. Przebieg zmian wartości sygnału wyjściowego przetwornika TLE 4905 L przy zmianie odległości od źródła pola magnetycznego



Rys. 5. Przebieg zmian wartości sygnału wyjściowego przetwornika A1104LUA przy zmianie odległości od źródła pola magnetycznego

Podobne badania przeprowadzono także dla czujnika magnetorezystancyjnego firmy Philips. Na rysunku 6 przedstawiono wartości napięć wyjściowych dla sensora KMZ10B przy zwiększaniu odległości od źródła pola magnetycznego. W trakcie pomiarów częstotliwość pola magnetycznego była stała.

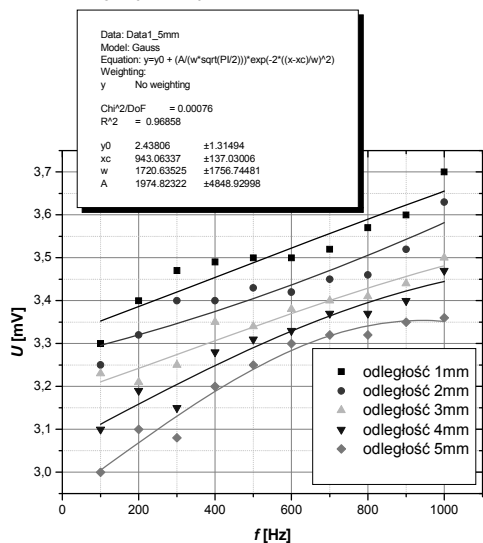


Rys. 6. Przebieg zmian wartości sygnału wyjściowego przetwornika magnetorezystancyjnego KMZ10B przy zmianie odległości od źródła pola magnetycznego

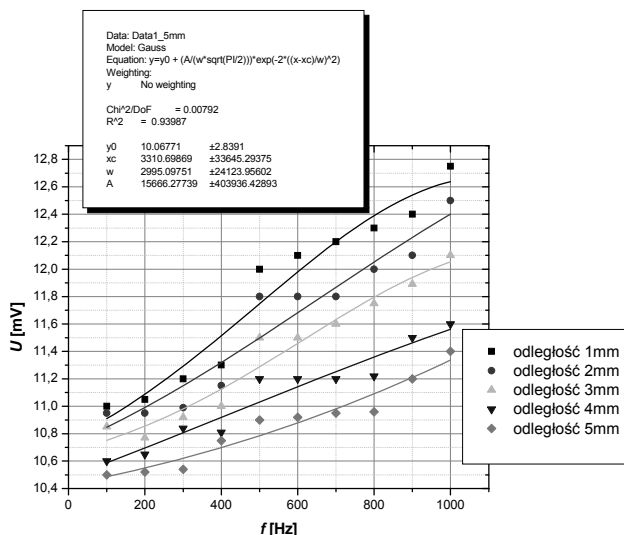
Dla wszystkich wykonanych badań aproksymacji danych pomiarowych dokonano za pomocą funkcji wykładniczej modelem Gaussa odpowiednio dla poszczególnych krzywych. Dla przetworników hallotronowych dla wyższej częstotliwości pola magnetycznego zanotowano większą wartość napięcia na wyjściu. Zmiana odległości od źródła pola magnetycznego powoduje proporcjonalne zmiany dla poszczególnych częstotliwości pola magnetycznego. W przypadku czujnika magnetorezystancyjnego zwiększanie częstotliwości pola magnetycznego powoduje zmniejszanie się wartości napięcia wyjściowego proporcjonalnie do zmian odległości przetwornika od źródła pola magnetycznego.

W celu sprawdzenia odpowiedzi przetwornika na zmianę częstotliwości sygnału zasilającego cewkę wykonano pomiary napięcia wyjściowego Hallotronu dla stałej amplitudy przy regulacji częstotliwości w zakresie od

100 Hz do 1000 Hz. Wyniki pomiarów zaprezentowano na wykresach 7 i 8. Wyniki pomiarów poddano aproksymacji za pomocą funkcji wykładniczej modelem Gaussa tak samo jak dla wcześniejszych wykresów.

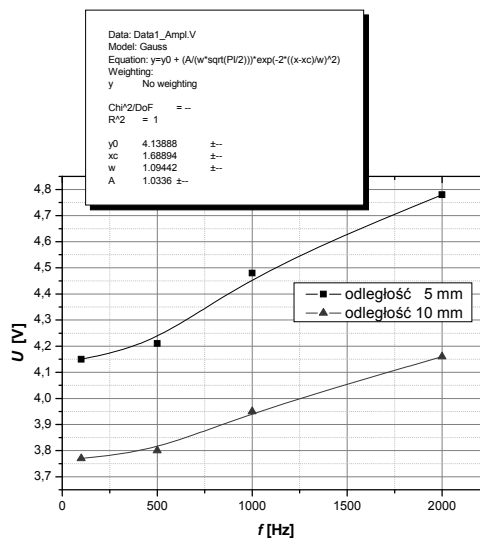


Rys. 7. Charakterystyka zmian wartości sygnału wyjściowego przetwornika TLE 4905 L przy zwiększaniu częstotliwości sygnału pomiarowego



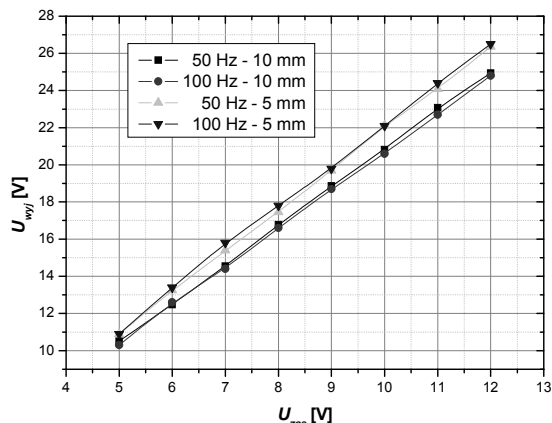
Rys. 8. Charakterystyka zmian wartości sygnału wyjściowego przetwornika A1104LUA przy zwiększaniu częstotliwości sygnału pomiarowego

Na rysunku 9 pokazano wykres wartości napięć wyjściowych z przetwornika magneto rezystancyjnego KMZ10B przy zmianie częstotliwości sygnału zasilającego cewkę. Amplituda sygnału zasilającego cewkę była stała a częstotliwość sygnału pomiarowego zmieniano w zakresie od 100 Hz do 1000 Hz. Jak można zaobserwować na wykresach wartość napięcia wyjściowego rośnie szybciej dla czujnika hallotronowego A1104LUA znajdującego się bliżej źródła pola magnetycznego przy zwiększaniu się częstotliwości sygnału pomiarowego. Dla sensorów: hallotronowego TLE 4905 L oraz magneto rezystancyjnego KMZ10B wzrost wartości napięcia wyjściowego ma charakter bardziej równomierny przy różnej odległości od źródła pola magnetycznego wytwarzanego przez cewkę indukcyjną zasilaną sygnałem sinusoidalnym o częstotliwości w zakresie od 100 Hz do 1000 Hz.



Rys. 9. Charakterystyka zmian wartości sygnału wyjściowego przetwornika KMZ10B przy zwiększaniu częstotliwości sygnału pomiarowego

Dla czujnika magneto rezystancyjnego zbadano także wpływ zmiany napięcia zasilającego czujnika na wartość napięcia wyjściowego dla stałej częstotliwości 50 Hz i 100 Hz sygnału zasilającego cewkę oraz odległości sensora 5mm i 10 mm od źródła pola magnetycznego. Wyniki pomiarów pokazano na rysunku 10.



Rys. 10. Wartość napięcia wyjściowego z czujnika przy zmianie napięcia zasilania czujnika KMZ10B dla stałej częstotliwości 50 Hz i 100 Hz oraz odległości 5mm i 10 mm

Jak można zaobserwować wzrost napięcia zasilającego czujnik powoduje proporcjonalny wzrost napięcia wyjściowego o charakterze liniowym. Konieczne jest zatem precyzyjne ustalenie wartości napięcia zasilającego czujnik magneto rezystancyjny i wywzorcowanie sygnału wyjściowego do badanej wartości indukcji pola magnetycznego przy założonych warunkach zasilania przetwornika pomiarowego.

### Podsumowanie

Na podstawie otrzymanych wyników badań dwóch rodzajów przetworników Hallotronowych tj. TLE 4905 L firmy Infineon oraz A1104LUA firmy Allegro MicroSystems można wyprowadzić następujące sformułowania:

– Oba przetworniki Hallotronowe oraz przetwornik magneto rezystancyjny wykazują liniowy charakter rosnącego napięcia wyjściowego proporcjonalnie do rosnącej wartości badanej indukcji magnetycznej, dla zakładanego zakresu pomiarowego.

– Zwiększanie odległości przetwornika od źródła pola magnetycznego powoduje zmniejszanie się wartości napięcia wyjściowego przetwornika. Charakter tych zmian różni się w zależności od częstotliwości sygnału zasilającego cewkę i ma bardziej liniowy przebieg dla częstotliwości powyżej 500 Hz.

– Zwiększenie częstotliwości sygnału zasilającego cewkę powoduje wzrost napięcia wyjściowego przetworników Hallotronowych lecz wartość tego wzrostu ma charakter bardziej liniowy dla mniejszych odległości od źródła pola magnetycznego dla przetwornika TLE 4905 L a dla przetwornika A1104LUA oraz KMZ10B ma charakter bardziej liniowy dla większych odległości od źródła pola magnetycznego.

– Napięcie wyjściowe dla przetwornika KMZ10B firmy Philips zmienia się w szerszym zakresie niż dla przetworników A1104LUA firmy Allegro MicroSystems oraz TLE 4905 L firmy Infineon przy podobnych wartościach zmian odległości od źródła pola magnetycznego, zmian częstotliwości zasilającej cewkę czy zmian wartości badanej indukcji magnetycznej. Dlatego pomiary przy zastosowaniu przetwornika A1104LUA umożliwiają dokładniejsze określenie wartości badanego pola magnetycznego.

#### LITERATURA

- [1] Tumański S. – *Czujniki pola magnetycznego – stan obecny i kierunki rozwoju*, Przegląd Elektrotechniczny, 2004 nr 2, s. 74- 80
- [2] Tumański S. – *Czujniki pola magnetycznego*, Przegląd Elektrotechniczny, 2013 nr 10, s. 1- 11
- [3] Ptak P., Borowik L. – *Diagnostyka zabezpieczeń antykorozyjnych na potrzeby elektroenergetyki*, Przegląd Elektrotechniczny, 2012 nr 9a, s. 142-145

- [4] Olesiak K. – *Selected Problems of the Asynchronous Drive Control with the Three-phase Soft-start System*. Solid State Phenomena, Vol. 210 (2014) s. 245-251
- [5] Ptak P., Prauzner T. – *Badanie czujników detekcji zagrożeń w systemach alarmowych*, Przegląd Elektrotechniczny, Nr 10 2013, s. 274-276
- [6] Prauzner T. – *Zakłócenia elektromagnetyczne w elektronicznych systemach alarmowych*, Przegląd Elektrotechniczny, 2012 nr 12b, s. 205-208
- [7] Ludwinek K. – *Pomiar wartości chwilowych prądu przy wykorzystaniu liniowych czujników Halla*, Przegląd Elektrotechniczny, 2009 nr 10, s. 182- 187
- [8] Popovic R.S. – *Hall effect devices*, IOP publ., 2004
- [9] Olesiak K., *Application of the Fuzzy Controller in the Speed Control System of an Induction Motor*. Przegląd Elektrotechniczny, R.89 nr 12, 2013, s.336-339
- [10] Jakubiec B., *Model elektrycznego układu napędowego małego systemu mobilnego*. Przegląd Elektrotechniczny, 12/2013, str. 173
- [11] Boero G., de Mierre M., Besse P.A., Popovic R.S. – *Micro Hall devices: performance, technologies and applications*. Sens. Act. A106 (2003), 314-320
- [12] Vasserman, I. B.; Strelnikov, N. O.; Xu, J. Z. – *Some aspects of achieving an ultimate accuracy during insertion device magnetic measurements by a Hall probe*, Review of Scientific Instruments 2013, Volume 84, Issue 2

**Autorzy:** dr Tomasz Prauzner, Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie, Aleja Armii Krajowej 13/15, 42-218 Częstochowa, e-mail: [matompra@poczta.onet.pl](mailto:matompra@poczta.onet.pl); dr Paweł Ptak, Politechnika Częstochowska, Instytut Telekomunikacji i Kompatybilności Elektromagnetycznej, Al. Armii Krajowej 17, 42-200 Częstochowa, e-mail: [p.ptak@o2.pl](mailto:p.ptak@o2.pl)