

dr inż. Marek JASKUŁA, mgr inż. Andrzej Biedka

Katedra Inżynierii Systemów, Sygnałów i Elektroniki, Wydział Elektryczny,
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie,
Marek.Jaskula@zut.edu.pl
Andrzej.Biedka@zut.edu.pl

Wykorzystanie czujnika obrazu do bezdotykowego pomiaru małych przesunięć Image sensor application to contactless small displacement measurement

Streszczenie

W pomiarach mechanicznych często występuje konieczność pomiaru przesunięć. Dodatkowym wymogiem może być stosowanie metod bezdotykowych gwarantujących nieobciążanie badanego układu siłami niezbędnymi do przemieszczania elementu pomiarowego. W artykule omówiono zastosowanie czujnika obrazu ADNS-2610 stosowanego między innymi w optycznych myszkach komputerowych.

Jako przykład obiektu pomiaru przesunięcia wybrano pomiar współczynnika przetwarzania elektromechanicznego głośnika magnetoelektrycznego BL, wiążącego zależność wychylenia membrany wynikającego z przyłożonego prądu cewki. Przy realizacji dydaktycznego stanowiska pomiarowego przyjęto założenie osiągnięcia stosunkowo dokładnego pomiaru położenia w sposób cyfrowy oraz automatyzację wymuszenia prądu i pomiaru położenia oraz prądu. Zastosowany czujnik rejestruje położenie membrany głośnika z dokładnością 400dpi.

Abstract

The measurement of a BL coefficient with a static method require the membrane displacement measurement – its deflection as the result of the current applied to the loudspeaker coil. There are many well known method, both contact and contactless, to displacement measurement. For the didactic measuring position of the BL coefficient we wanted to use the displacement sensor, which should be inexpensive, relatively precise, digital with simple digital interface and the system should be based on a microcontroller with an A/C and D/C converters and serial interface to PC. As we present in the paper, the use of the mouse image sensor ADN-2610 (400dpi) enabled measuring the displacement with 0.0635mm resolution, using PAW3101DB increase the resolution to 0.0254mm.

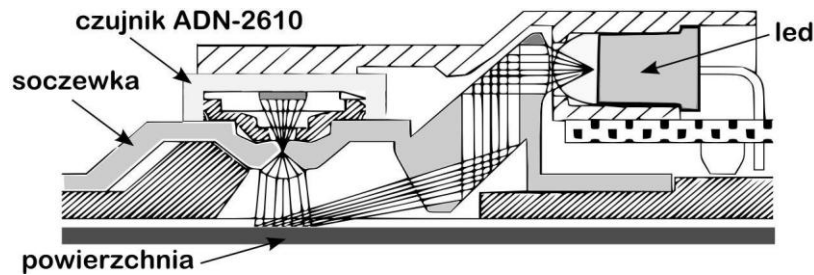
słowa kluczowe: czujnik obrazu, pomiary przesunięć, pomiary parametrów głośników

keywords: Optical mouse sensor, displacement measurement, loudspeaker parameters measurement

1. Wprowadzenie

Do pomiaru przesunięcia wybrane zostały czujniki ADNS-2610 (400dpi) oraz PAW3101DB (800dpi). W obu przypadkach układ zawiera kompletny czujnik ruchu 2D z procesorem obrazu wyliczającym przesunięcie i jego kierunek z wykrytej różnicy obrazów. Dostępne są rejestry zawierające dane X i Y wykonanego przesunięcia, przy czym odczytanie wartości rejestrów kasuje ich zawartość. Jest to więc czujnik przyrostowy.

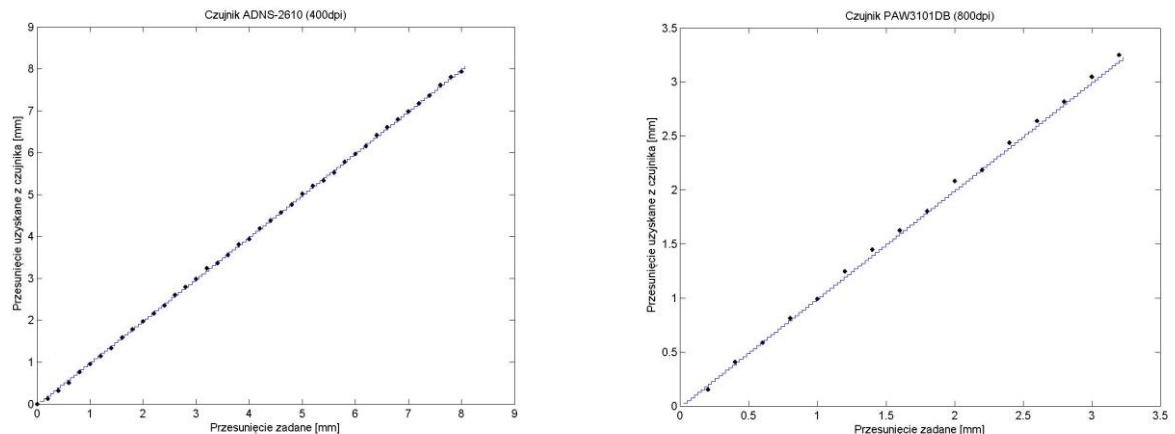
Zastosowany czujnik obrazu (ADNS-2610, z zespołem soczewek) umożliwia 8 bitowy, cyfrowy pomiar wychylenia z dokładnością 400dpi, co daje zmianę bitu LSB co 0,0635mm. Przy zakresie +/-7bitów otrzymujemy zakres +/- 8 mm skoku, który zostanie poprawnie zarejestrowany.



Rys. 2 Komponenty systemu czujnika ADN-2610

Fig. 2 Components of the optical sensor system ADN-2610

W pierwszym etapie prac zrealizowano komunikację z czujnikiem i zestawiono stanowisko dydaktyczne do pomiaru czujnika przesunięcia. Wykorzystano czujnik ADNS-2610, zespół soczewki HDNS-2100 oraz mikrokontroler do komunikacji z czujnikiem. Całość została zamontowana na stoliku mikroskopowym o dokładności pozycjonowania 0,01mm w każdej z dwóch osi (X,Y). Materiał (czarny plastik) został umieszczony w miejsce głowicy mikroskopu. Wykonano serię pomiarów o zadanym przesunięciu (co 0,2 mm w dodatnim zakresie przesunięcia – do 8mm w jednym cyklu przesunięcia) w celu sprawdzenia dokładności przetwarzania. Korzystając ze wspomnianego czujnika 800dpi wykonano pomiar ograniczając zakres zadawanej odległości do 3mm w jednym cyklu przesunięcia. Wynika to ze zwiększonej rozdzielczości przetwornika optycznego przy tej samej ilości bitów w rejestrze wynikowym.



Rys. 3 Charakterystyka mierzonego przesunięcia w funkcji zadanego skoku dla czujnika 400 i 800 dpi

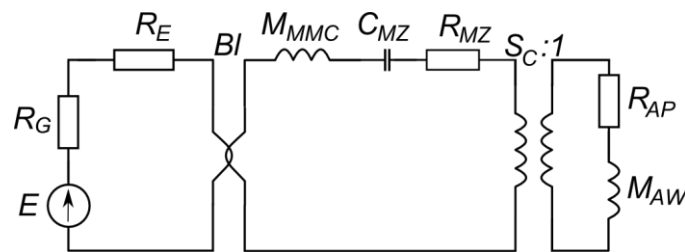
Fig. 3 The distance versus given displacement characteristics for 400 and 800 dpi image sensor

W przypadku czujnika 400dpi uzyskany zakres pomiaru wynosił 8mm, przy błędzie przetwarzania +/- 1 LSB. Uzyskiwana rozdzielczość wynosi 0,0635mm. Korzystając z przetwornika PAW3101DB uzyskaliśmy mniejszy zakres pomiarowy – 3mm maksymalnego skoku wartości przy rozdzielczości 0,0254 mm. W zakresie 1mm skoku błędy nie przekraczały 1 LSB, powyżej sięgały 4 LSB. Oznacza to, że chcąc uzyskać wysoką rozdzielczość i dokładność pomiaru należy pracować przy małych przesunięciach (5-6 bitów). Do dalszego etapu wybrano czujnik ADN-2610.

W zakresie niskich i średnich częstotliwości głośnik magnetoelektryczny cewkowy można opisać za pomocą kilku podsystemów: elektryczny, przetwórczy, mechaniczny i na końcu

akustyczny. Analizując właściwości pod względem elektrycznym elementy głośnika modelujemy w schemacie zastępczym jako odpowiednie impedancje.

Częścią elektryczną głośnika jest drgająca w polu magnetycznym cewka o indukcyjności L_E i rezystancji R_E . W przypadku analizy pracy głośnika niskotonowego, który z zasady pracuje w zakresie niskich częstotliwości paśmie można w dalszej analizie pominąć indukcyjność i pozostawić jedynie rezystancję R_E . Układ przetwórczy głośnika charakteryzuje współczynnik Bl nazywany współczynnikiem przetwarzania elektromechanicznego. Decyduje on o jakości przetwarzania sygnałów. Pozostałe podsystemy to układ mechaniczny opisany za pomocą elementów: masy membrany i cewki M_{MMC} , podatności zawieszonych membrany C_{MZ} i cewki C_{MZC} , rezystancję mechaniczną strat R_{MZ} . Podsystem akustyczny zawiera rezystancję promieniowania R_{AP} oraz masę akustyczną współdrżającego ośrodka M_{AW} . Sprzężenie pomiędzy układem mechanicznym a akustycznym opisuje parametr S_C (przekładnia $S_C:1$) – powierzchnia czynna części promieniujących falę akustyczną. Prowadzi to do schematu zastępczego przedstawionego na rys. 1.



Rys. 1 Model głośnika dla niskich i średnich częstotliwości
Fig. 1 Loudspeaker model for low and middle frequency band

2. Cel

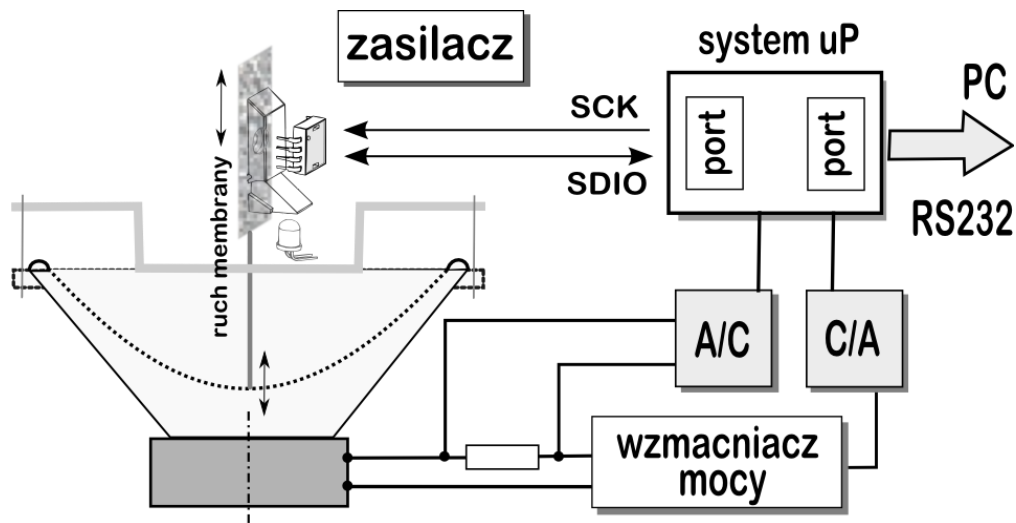
Zasadniczym celem prac było wykonanie stanowiska dydaktycznego do laboratorium z elektroakustyki umożliwiającego automatyczny, cyfrowy pomiar charakterystyki zmian współczynnika przetwarzania elektromechanicznego w funkcji przesunięcia membrany $Bl=f(x_i)$. Charakterystyka umożliwia ocenę nieliniowości zmian tego parametru w miarę wysuwania się karkasu cewki ze szczeliny, co daje informację o jakości przetwarzania sygnału przez głośnik.

Stacyczny (po ustaniu stanu nieustalonego) pomiar przesunięcia membrany głośnika powinien być wykonany z dokładnością do kilku setnych części milimetra. Naszym celem było wykonanie taniego, cyfrowego czujnika przesunięcia o takiej dokładności z łatwym interfejsem cyfrowym.

3. Metoda pomiarowa

Ruch membrany jest monitorowany za pomocą optycznego czujnika wraz z zespołem soczewka+dioda umocowanego do kosza głośnika. Na membranie umieszczony został pręt mocujący płaszczyznę obserwowaną (pomiarową) przez przetwornik obrazu. Konieczne jest zachowanie zalecanej przez producenta przetwornika odległości ok. 2,5mm między płaszczyzną pomiarową a powierzchnią zespołu soczewki. Obciążenie membrany siłą wynikającą z masy pręta i płaszczyzny pomiarowej jest znikome i nie wnosi istotnego błędu. Metoda nie wykazuje również histerezy związanej z tarciem występującym w innych przetwornikach przesunięcia. Całość pomiaru zarządzana jest przez mikroprocesor rejestrujący wartości prądu (spadek napięcia na precyzyjnym rezystorze) za pomocą

przetwornika analogowo-cyfrowego oraz sterującego przetwornikiem cyfrowo-analogowym w celu wymuszenia wartości prądu w obwodzie cewki głośnika. Napięcie zadane z przetwornika steruje wzmacniaczem mocy przenoszącym również składową stałą. Schemat pomiarowy przedstawia rysunek 2.



Rys. 4. Schemat blokowy stanowiska dydaktycznego do pomiaru współczynnika BI
Fig. 4. Block Diagram of didactic measuring station of BI coefficient.

Chcąc wykonać automatycznie pomiar potrzebujemy zmierzyć prąd przy zadanym przesunięciu membrany. W praktyce przydatniejszym rozwiązaniem jest wykonanie pomiaru przesunięcia przy zadanym prądzie dla dwóch różnych mas.

Siły statyczne działające na cewkę głośnika możemy zapisać: $mg - Bi - kx$ przy czym: m - masa dodatkowego obciążenia membrany, i - prąd płynący przez cewkę głośnika, x - wychylenie membrany, g - przyspieszenie ziemskie, k - sztywność zawiesznień głośnika. Możemy wyeliminować wartość kx poprzez zastosowanie w pomiarach dwóch różnych mas, otrzymujemy wówczas równanie, za pomocą którego zmierzymy wartość Bi wykonując pomiary wychyleń membrany:

$$Bi = \frac{m_1 g - m_2 g}{i_1 - i_2} \quad (1)$$

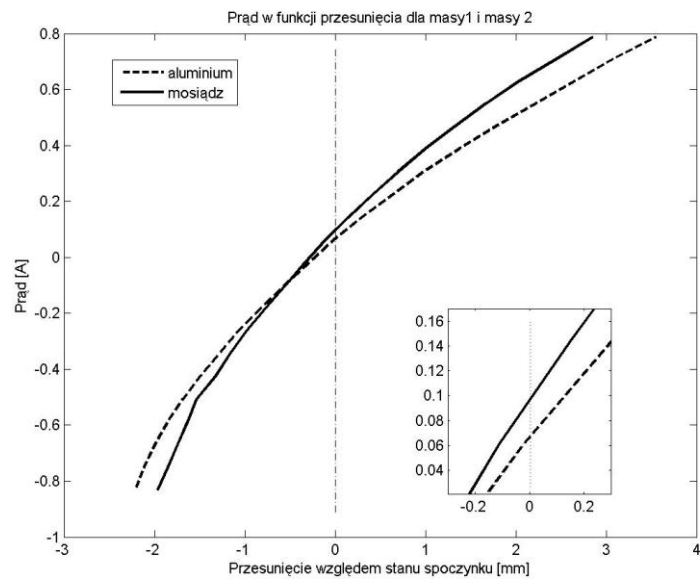
gdzie: i_1 - prąd płynący przez cewkę przy obciążeniu masą m_1 , i_2 - prąd płynący przez cewkę przy obciążeniu masą m_2 .

Wyniki pomiarów (dwie serie danych o charakterze nieliniowym) wysyłane są poprzez port szeregowy do komputera, gdzie podlegają przetwarzaniu i analizie w programie Matlab. Wartości zadanego prądu mogą się nieco różnić wobec czego konieczne jest wykonanie interpolacji w celu ustalenia wspólnych punktów osi X. Mając znaleziony wielomian interpolacyjny, obliczamy dla obu mas prądy przy zadanym przesunięciu.

4. Wyniki i wnioski

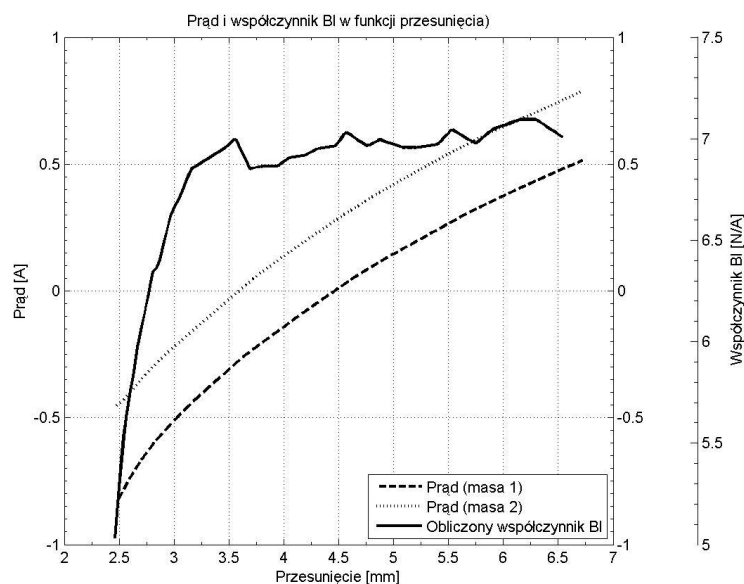
Pomiary dokonywane były dla masy pierwszej (walec z aluminium o masie 93g) i drugiej (walec z mosiądzu o wadze 288g) umieszczonych kolejno na membranie głośnika i rejestrowane w komputerze. Zaczynając pomiar od wartości ujemnych prądu obserwujemy różnej wielkości obniżenie początkowe membrany - większe dla masy większej. Do wykreślenia charakterystyk prądu w funkcji przesunięcia zmiany te zostały skorygowane.

Widzimy, że wartości prądu dla położenia $x=0$ są niezerowe. Wynika to z oczywistego faktu, że aby membrana mogła wrócić do położenia pierwotnego potrzebne jest zwiększenie prądu, który zrównoważy masę (wartość ta jest różna dla każdego obciążenia). Sytuację obrazuje rysunek 5.



Rys. 5. Charakterystyki prądu w funkcji przesunięcia dla masy 1 i 2.
Fig. 5. Current vs given displacement characteristics (mass 1 and 2)

Aby wykreślić charakterystykę współczynnika przetwarzania elektromechanicznego w funkcji przesunięcia membrany $BI=f(x_i)$, korzystamy z nieskorygowanych wartości (przedstawionych liniami przerywanymi na rysunku poniżej).



Rys. 6 Charakterystyka $BI=f(x_i)$
Fig 6. $BI=f(x_i)$ characteristic

Charakterystyka prądowa w funkcji przesunięcia zawiera obszary silnie nieliniowe. Oznacza to, że w tym zakresie zmian funkcji zmiana wychylenia membrany o ustaloną

wielkość wymaga większego prądu niż w zakresie liniowym. Dla słuchacza oznacza to zniekształcenie nieliniowe dźwięku – wytwarzane przez głośnik ciśnienie akustyczne nie odzwierciedla sygnału elektrycznego. Uzyskana charakterystyka współczynnika przetwarzania elektromechanicznego w funkcji przesunięcia membrany (bez uwzględniania stanu początkowego) jest prawidłowa i zgodna z literaturą.

5. Podsumowanie

Wykonane stanowisko pomiarowe potwierdziło przydatność czujnika obrazu do pomiarów położenia membrany głośnika. Koszt czujnika wraz z soczewką nie przekracza kilku euro, co w połączeniu z tanim mikrokontrolerem stanowi dobrą alternatywę dla innych cyfrowych czujników przesunięcia.

Literatura

- [1] A. Dobrucki, Przetworniki elektroakustyczne, WNT, Warszawa 2007
- [2] Z. Żyszkowski, Miernictwo akustyczne, WNT, Warszawa 1987
- [3] Z. Żyszkowski, Podstawy elektroakustyki, WNT, Warszawa 1984
- [4] ADN-2610, Avago Technologies, nota katalogowa, 2008