

Wykonał: Mateusz Markieffa

UKŁADY POMIAROWE W TECHNOLOGII MEMS

Jednym z wielu pomiarów wykonywanych w celu zapewnienia odpowiedniej kontroli w systemach sterowania jest pomiar aktualnego kąta nachylenia urządzenia. Dzięki monitorowaniu kątów nachylenia bądź wychylenia, w każdej chwili można znacząco poprawić bezpieczeństwo pracy poruszającej się maszyny, zwiększyć efektywność jej pracy lub nawet ją przyspieszyć. Najczęściej wykorzystywanym do tego urządzeniem są inklinometry dynamiczne. Znajdują one zastosowanie w różnorodnych systemach sterowania:

- w samochodach specjalnych sygnalizujących za duży kąt nachylenia na zakręcie, który może spowodować przewrócenie się wozu,
- w dźwigach lub wózkach jezdniowych podnośnikowych monitorujących ich nachylenie w trakcie przenoszenia materiałów o znacznej masie,
- w odnawialnych źródłach energii np. farmach fotowoltaicznych, gdzie system automatycznie ustawia panele pod odpowiednim kątem w stosunku do słońca,
- w medycynie przy tomografii komputerowej.

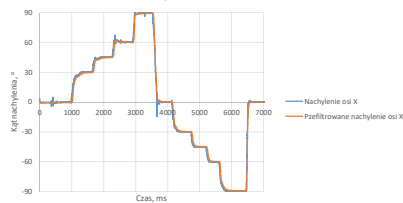
W dzisiejszych czasach spotykamy się z bardzo dużą dostępnością czujników oferowanych przez wielu producentów, które często wydają się na pierwszy rzut oka takie same. Należy jednak dokładnie zapoznać się ze specyfikacją, aby zdecydować, czy dany czujnik będzie spełniał nasze wymagania. Kolejnym aspektem przy wyborze czujnika jest jego cena. Oczywiście jeżeli dany czujnik jest niezbędny do realizacji założonego celu to jest to koszt, z którym projektant musi się liczyć. Jednak zawsze pozostaje pytanie czy nie udałoby się tego zrobić taniej.

W artykule zostały porównane dwa inklinometry wykonane w technologii MEMS pod kątem parametrów mechanicznych, elektrycznych, wydajnościowych, a także prostoty obsługi.

Pomiar odczytów nachylenia układów pomiarowych został wykonany poprzez ustawianie czujnika w konkretnych położeniach kątowych tj. 0°, 30°, 45°, 60°, 90°, 0°, -30°, -45°, -60°, -90° dla osi X i Y. Pomiar odczytów z żyroskopu dla osi Z, polegał na zapisie wartości z czujnika w czasie jego bezruchu. Oba czujniki zostały ustawione na taką samą wartość zakresów pomiarowych tj. przyspieszenie ± 8 g, wskaźnik obrotów ± 250 °/s.

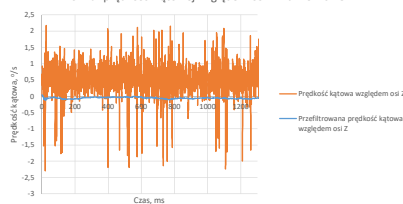
W przypadku układu AltIMU-10 V5, odczyty akcelerometru należało odpowiednimi obliczeniami zamienić na wartości kątowe. Uzyskana dokładność to 0,01°. Pomiar prędkości kątowej z żyroskopu tego układu, wymagał określenia offsetu kalibracyjnego. W trakcie pomiaru były zauważalne szумы, dlatego oprócz wbudowanych filtrów aktywnych, zastosowano także filtr Kalmana.

Pomiar nachylenia dla osi X AltIMU-10 V5



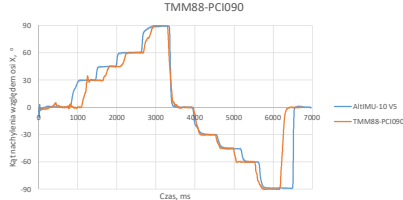
Rys. 4 Pomiar nachylenia dla osi X

Pomiar prędkości kątowej względem osi Z AltIMU-10 V5



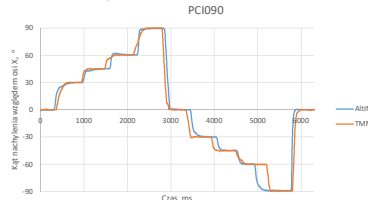
Rys. 5 Pomiar odczytów z żyroskopu względem osi Z w czasie bezruchu czujnika

Pomiar nachylenia osi Y dla układów AltIMU-10 V5 oraz TMM88-PCI090



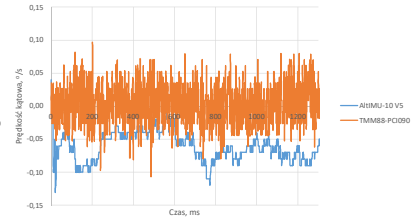
Rys. 6 Pomiar nachylenia dla osi Y – zestawienie dwóch układów pomiarowych

Pomiar nachylenia osi X dla układów AltIMU-10 V5 oraz TMM88-PCI090



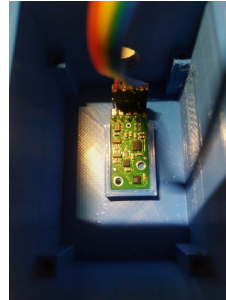
Rys. 7 Pomiar nachylenia dla osi X – zestawienie dwóch układów pomiarowych

Pomiar prędkości kątowej względem osi Z układów AltIMU-10 V5 oraz TMM88-PCI090

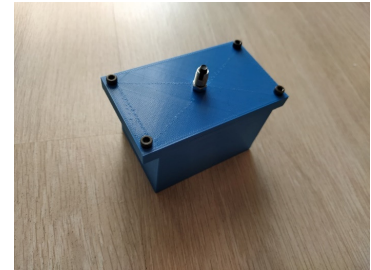


Rys. 8 Pomiar prędkości kątowej względem osi Z – zestawienie dwóch układów pomiarowych

Obydwa układy działają w oparciu o czujniki typu MEMS i powstały w celu pomiaru nachylenia kątowego. Zasadnicza różnica jest taka, że czujnik TMM88-PCI090 jest gotowym produktem, niewymagającym specjalistycznej wiedzy, aby z niego korzystać. Układ AltIMU-10 V5 wymaga umiejętności programowania, przekształceń matematycznych, ręcznego zabezpieczenia układu np. przed wilgocią. Różnica ta odzwierciedlona jest w cenie tych układów. W obu przypadkach, błąd stabilności pomiaru wynosił ok. 0,02°. Czas ustalania sygnału inklinometru następował w czasie rzeczywistym, układ AltIMU-10 miał kilku milisekundowe opóźnienie z uwagi na zastosowanie filtru Kalmana. Przy odczytach prędkości kątowej z żyroskopu względem osi Z, w obu przypadkach występowały zakłócenia sięgające do 0,1 °/s.



Rys. 1 Widok układu AltIMU-10 wewnątrz wydrukowanej obudowy



Rys. 2 Widok obudowy autorskiego układu pomiarowego



Rys. 3 Inklinometr dynamiczny oraz programator PGT-12-Pro

Parametry mechaniczne:

- Układ AltIMU-10 V5 ma wymiary 25 mm x 13 mm x 3mm. Masa czujnika bez złączy to 0,8 g. Umożliwia to wbudowanie go w dowolnie zaprojektowaną obudowę, którą można dopasować do określonego zadania. Czujnik ten nie ma żadnego zabezpieczenia przed wodą i pyłem zapewnionego przez producenta.
- Inklinometr dynamiczny umieszczony jest w obudowie z wyprowadzonym gniazdem M12 na 5-cio pinową wtyczkę. Wymiary obudowy to 66 mm x 90 mm x 36 mm. Obudowa posiada cztery otwory o średnicy 5,5 mm do przymocowania czujnika. Waga całego czujnika to 200g. Obudowa ta ma klasę szczelności IP67.

Parametry elektryczne:

- AltIMU-10 zasilany jest napięciem 2,5-5,5 VDC. Dostępna magistrala komunikacyjna I²C. Prędkość przesyłania danych dla tego protokołu to maksymalnie 3,4 Mb/s. Zasięg kilka metrów.
- TMM88-PCI090 zasilanie jest napięciem 8-36 VDC. Dostępny protokół komunikacyjny CANopen lub J1939. Prędkość przesyłania danych dla tego układu to maksymalnie 1 Mb/s. Zasięg przy odpowiednio zbudowanej sieci nawet do 1000 m.

Parametry wydajnościowe:

- Rozdzielczość obu czujników wynosi 0,01°. Oba czujniki mają wbudowane filtry 8 rzędu, w celu tłumienia zakłóceń pomiarów.
- Układ AltIMU-10 V5 ma konfigurowalne zakresy pomiarowe dla akcelerometru (± 2 , ± 4 , ± 8 , ± 16 g) oraz dla żyroskopu (± 125 , ± 245 , ± 500 , ± 1000 , ± 2000 °/s).
- Inklinometr dynamiczny TMM88-PCI090 ma na sztywno zdefiniowany zakres dla akcelerometru ± 8 g, a dla żyroskopu ± 250 °/s.