

# Stanowisko laboratoryjne z modułem liniowym o napędzie serwokrokowym do badania metod pomiaru prędkości przepływu powietrza

MACIEJ BUJALSKI

*Instytut Mechaniki Górotworu PAN; ul. Reymonta 27, 30-059 Kraków*

## Streszczenie

W artykule przedstawiono stanowisko badawcze składające się z modułu z prowadnicą liniową, sterowanego napędem serwokrokowym Ezi-SERVO PlusR, które służy do testowania i rozwijania termooanemometrycznych metod pomiarowych wykonanych w Instytucie Mechaniki Górotworu PAN. Scharakteryzowano zastosowany napęd oraz sposób parametryzacji i kontroli jego pracy.

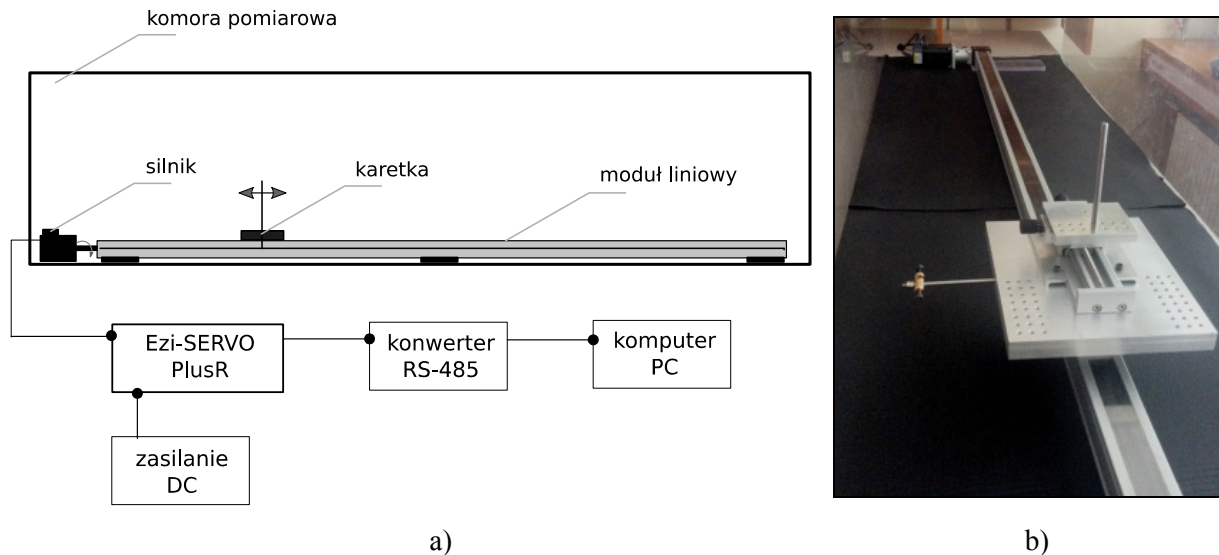
**Słowa kluczowe:** Napęd serwokrokowy, metrologia przepływu powietrza

## 1. Wprowadzenie

Pomiar prędkości przepływu jest podstawowym badaniem w różnorodnych aplikacjach technologicznych. Jednocześnie stanowi to złożone zagadnienie metrologiczne, zwłaszcza w zakresie powolnych przepływów. W Instytucie Mechaniki Górotworu PAN projektowane i konstruowane są termooanemometryczne metody do pomiaru prędkości przepływu powietrza [1]. Szczególnym osiągnięciem jest opracowanie metody wykorzystującej zjawisko propagacji fal temperaturowych w płynącym gazie do pomiaru przepływów w zakresie bardzo małych prędkości, poniżej 1 m/s [2]. Przyrządy pomiarowe i założenia teoretyczne wymagają odpowiedniego stanowiska doświadczalnego w celu ich weryfikacji. W ramach realizacji projektu badawczego Narodowego Centrum Nauki OPUS nr 2012/07/B/ST8/03041, zrealizowano budowę stanowiska laboratoryjnego, służącego do rozwijania, testowania i weryfikacji technik pomiarowych w zakresie metrologii powolnych przepływów powietrza.

## 2. Stanowisko badawcze

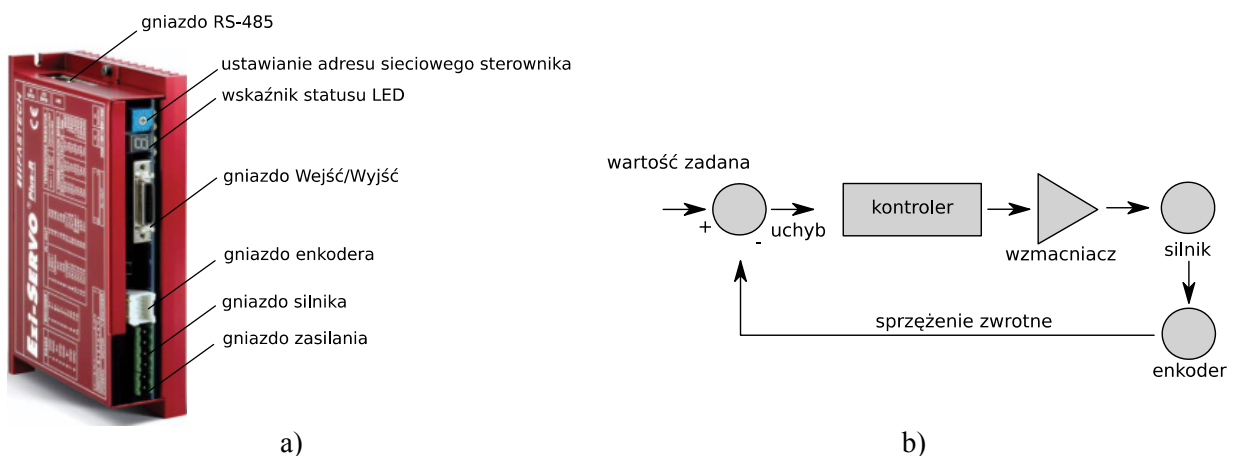
Schemat ideowy stanowiska badawczego przedstawiono na rys. 1a. Jego głównym elementem jest moduł z prowadnicą liniową, który jest sterowany za pośrednictwem napędu serwokrokowego Ezi-SERVO PlusR [3]. Moduł ten zabudowany jest w komorze pomiarowej (rys. 1b), której ścianki wykonane są z przezroczystego poliwęglanu. Przekrój poprzeczny komory ma kształt kwadratu o długości boku 0.50 m, zaś jej całkowita długość wynosi 3.25 m. Na karetkce modułu, która wykonuje zadany ruch zainstalowano układ do precyzyjnego pozycjonowania sond pomiarowych. Zintegrowany enkoder w sterowniku Ezi-SERVO PlusR charakteryzuje się wysoką rozdzielczością czasową i umożliwia monitorowanie położenia wału silnika napędzającego moduł. Informacja o jego pozycji aktualizowana jest co 25 mikrosekund [4]. Zastosowany sterownik napędu serwokrokowego wykorzystuje metodę regulacji w trybie zamkniętej pętli sprzężenia zwrotnego, której schemat przedstawiono na rys. 2. Korzyścią takiego rozwiązania jest zabezpieczenie przed utratą synchronizacji i eliminacja możliwości zagubienia kroku, nawet podczas nagłej zmiany obciążenia, co jest typowe dla konwencjonalnych silników krokowych. Ponadto, wał silnika utrzymywany jest w cał-



**Rys. 1.** (a) Schemat ideowy stanowiska badawczego (b) Widok fragmentu modułu liniowego w komorze pomiarowej. Na karetkę zainstalowano układ do pozycjonowania sond pomiarowych

kowitym bezruchu, po osiągnięciu zadanej pozycji karetki. Jednostka sygnału określającej pozycję może być w sposób precyzyjny dzielona, aż do osiągnięcia maksymalnej wartości 10000 impulsów na obrót [5]. Omawiany sterownik wyposażony jest w 18 programowalnych połączeń cyfrowych (9 wejść i 9 wyjść). Poprzez ciągłą kontrolę wektora prądu oraz algorytmom filtracji realizowanym przez procesor sygnałowy sterownika uzyskiwane są płynne obroty wału silnika. Dzięki zastosowanej metodzie optymalizacji fazy prądu przepływającego przez silnik w odniesieniu do prędkości obrotowej sterownik utrzymuje wysoki moment (maksymalnie 1 Nm) przy dużej prędkości. Sterownik posiada możliwość regulacji prędkości bez utraty synchronizacji w zakresie do 100% wartości obciążenia wynikającego z charakterystyki momentu silnika [5].

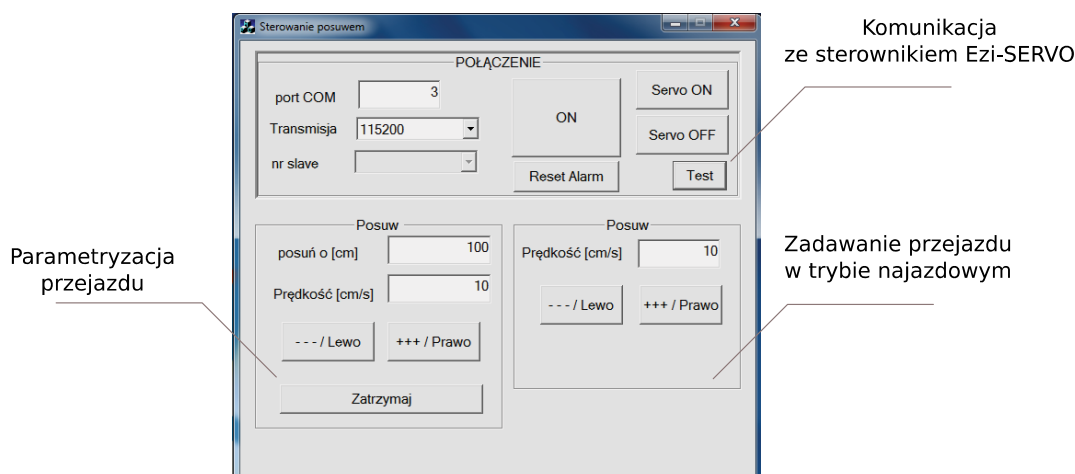
Sterownik Ezi-SERVO jest połączony z komputerem PC za pośrednictwem szeregowego portu RS-485. Z systemu nadrzędnego PC przesyłane są rozkazy w postaci znaków ASCII, które zapisywane są w pamięci Flash ROM. Ramka tabeli ASCII składa się z elementów stałych, takich jak nagłówek i koniec ramki oraz części zmiennej zawierającej adres napędu, typ rozkazu wraz z parametrami oraz sumę kontrolną.



**Rys. 2.** (a) Sterownik Ezi-SERVO PlusR (b) Zasada działania metody regulacji serwonapędu w trybie zamkniętej pętli sprzężenia zwrotnego [5]

### 3. Oprogramowanie do sterowania stanowiskiem

Do parametryzacji serwonapędu i kontroli jego pracy napisano dedykowaną aplikację w języku C++, wyposażoną w graficzny interfejs użytkownika GUI (rys. 3). Potrzebne do tego celu biblioteki DLL dostarczone zostały przez producenta wraz z urządzeniem. Oprogramowanie przystosowane jest do pracy w środowisku Windows. Za jego pomocą możliwe jest przypisanie odpowiednich funkcji wejściom i wyjściom cyfrowych sterownika. Po uruchomieniu aplikacji nawiązywane jest połączenie z jednostką napędową, po uprzednim podaniu numeru portu COM oraz wybraniu szybkości transmisji (domyślna prędkość wynosi 115200 bps). Następnie dokonano parametryzacji pracy napędu, poprzez zadanie kierunku przejazdu i jego prędkości wraz z odległością o jaką ma się przesunąć karetką. Ponadto, program umożliwia zadawanie ruchu karetki w trybie najazdu ręcznego. Utrzymanie wciśniętego klawisza myszy komputerowej na przycisku wywołującego przejazd powoduje ruch z zadaną prędkością, zaś zwolnienie klawisza skutkuje zatrzymaniem jazdy. Funkcja ta jest szczególnie przydatna, gdy nie jest znana precyzyjnie odległość dojazdu. Aplikacja wyświetla i obsługuje zaistniałe alarmy podczas pracy urządzenia. Ponadto, program kontroluje, aby karetką nie przekroczyła punktów krańcowych modułu liniowego.



Rys. 3. Graficzny interfejs użytkownika aplikacji do parametryzacji i sterowania pracą napędu serwokrokowego

### 4. Podsumowanie

Przedstawione w artykule stanowisko badawcze wraz z oprogramowaniem sterującym stanowi narzędzie, na którym prowadzone będą badania eksperymentalne zmierzające do testowania i rozwijania metod do pomiaru powolnych prędkości przepływu powietrza. Zadawanie w sposób precyzyjny prędkości ruchu karetki modułu liniowego umożliwia kalibrację oraz weryfikację założeń teoretycznych i modelowych opisujących działanie termooanemometrycznych metod pomiarowych. Ma to szczególne znaczenie w przypadku metody fal temperaturowych, która przy spełnieniu określonych warunków może być metodą absolutną i nie wymagającą wzorcowania.

Projekt został sfinansowany ze środków Narodowego Centrum Nauki przyznanych na podstawie decyzji numer DEC-2012/07/B/ST8/03041: „Badania przestrzennej propagacji oraz optymalizacja metod generacji, detekcji i analizy fal temperaturowych w aspekcie bezwzględnej pomiaru prędkości przepływu i dyfuzyjności cieplnej gazów”

## Literatura

- [1] Poleszczyk E. (2002): *Termoanemometryczna metoda wyznaczania wektora prędkości przepływu gazu*, Prace Instytutu Mechaniki Górotworu PAN, Kraków, seria: Rozprawy, Monografie Nr 1.
- [2] Gawor M., Rachalski A. (2005): *Implementacja i badania parametrów metrologicznych różnicowego anemometru z falą cieplną w adaptacyjnym komputerowym systemie termoanemometrycznym*, Prace Instytutu Mechaniki Górotworu PAN, Kraków, Tom 7, nr 1-2, s. 87-89
- [3] *Dokumentacja techniczna sterownika Ezi-SERVO PlusR – materiały firmy Fastech*: [http://www.fastech.pl/pliki\\_do\\_pobrania/UserManual\(EziSERVO%20PlusR\)\\_Text%20\(Eng\).pdf](http://www.fastech.pl/pliki_do_pobrania/UserManual(EziSERVO%20PlusR)_Text%20(Eng).pdf)
- [4] Haliniak T. (2009): *Ezi-SERVO Plus R – dwa w jednym Napęd serwokrokowy z wbudowanym pozycjonerem*. Napędy i sterowanie, nr 6.
- [5] Haliniak T., Kantor J. (2012): *Napęd Ezi-SERVO Plus-R jako system autonomiczny*. Elektronika Praktyczna, nr 6, s. 130-132.

### **Experimental system with linear unit supplied by stepping servo motor dedicated to test air flow velocity measurement methods**

#### **Abstract**

In this paper experimental system that consist of linear motor unit supplied by closed loop stepping motor Ezi-SERVO PlusR was described. The system is dedicated to verifying and developing method to measure air flow velocity in Strata Mechanics of the Polish Academy of Sciences. Technical parameters of stepping motor and software to control experimental stand was presented.

**Keywords:** stepper motor servodrive, airflow metrology