

<p style="text-align: center;">Akademia Górniczo-Hutnicza im. S. Staszica w Krakowie LABORATORIUM MASZYN I NAPĘDU ELEKTRYCZNEGO <i>Napędy Elektryczne</i></p>		
<p style="text-align: center;">Ćwiczenie - EA7B Silniki skokowe i ich sterowanie</p>		
Wydz. EAiiB kier. AiR rok II	Grupa ćwic: B	Grupa laborat: 4b
Imię i nazwisko 1. Aleksandra Stachniak 2. Julita Wójcik 3. Martyna Wolny 4. Tomisław Tarnawski 5. Piotr Stosik 6. Jakub Szczypek	Ocena	Data zaliczenia

Cel zajęć

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z własnościami ruchowymi silników skokowych oraz metodami konstrukcji i realizacji trajektorii ruchu silników wykonawczych (tutaj: silnika skokowego) w aplikacjach typu serwonapędowego.

Informacje dotyczące silnika

Zastosowany w ćwiczeniu silnik jest typowym, 2-pasmowym silnikiem skokowym hybrydowym, tzn. takim, którego moment elektromagnetyczny jest generowany dzięki magnesom trwałym na wirniku i asymetrii magnetycznej (uzębieniu) wirnika i stojana.

Dane znamionowe silnika:

Typ: 23LM-C358-01 (prod. Minibea Co. Ltd.)

$I_N = 0.69\text{ A}$, $U_N = 8\text{ V}$, $R_{\text{pasma}} = 2.5\Omega$, $L_{\text{pasma}} = 6\text{ mH}$, $\text{skok } 1.8^\circ$, $J = 5.5 \cdot 10^{-6}\text{ kgm}^2$

Informacje dotyczące sterownika SIC184

SIC184 jest programowalnym sterownikiem silników krokowych o prądzie sterowania do 4A. Oprócz końcówki mocy posiada także indeksy i generator trajektorii, który pozwala na precyzyjne określenie pozycji, prędkości i przyspieszenia ruchu silnika. Zaprogramowany sterownik może wykonywać program składający się z 300 komend ruchu. Ponadto sterownik może współpracować z enkoderem inkrementalnym, co pozwala na jeszcze większą kontrolę pozycji silnika krokowego.

Oprócz wejść uruchamiających/zatrzymujących program SIC184 posiada także uniwersalne 2 wejścia, 2 wyjścia oraz dedykowane wejścia bazujące pozycję silnika. Pozwala to na zupełne wyeliminowanie sterownika PLC w niektórych zastosowaniach.

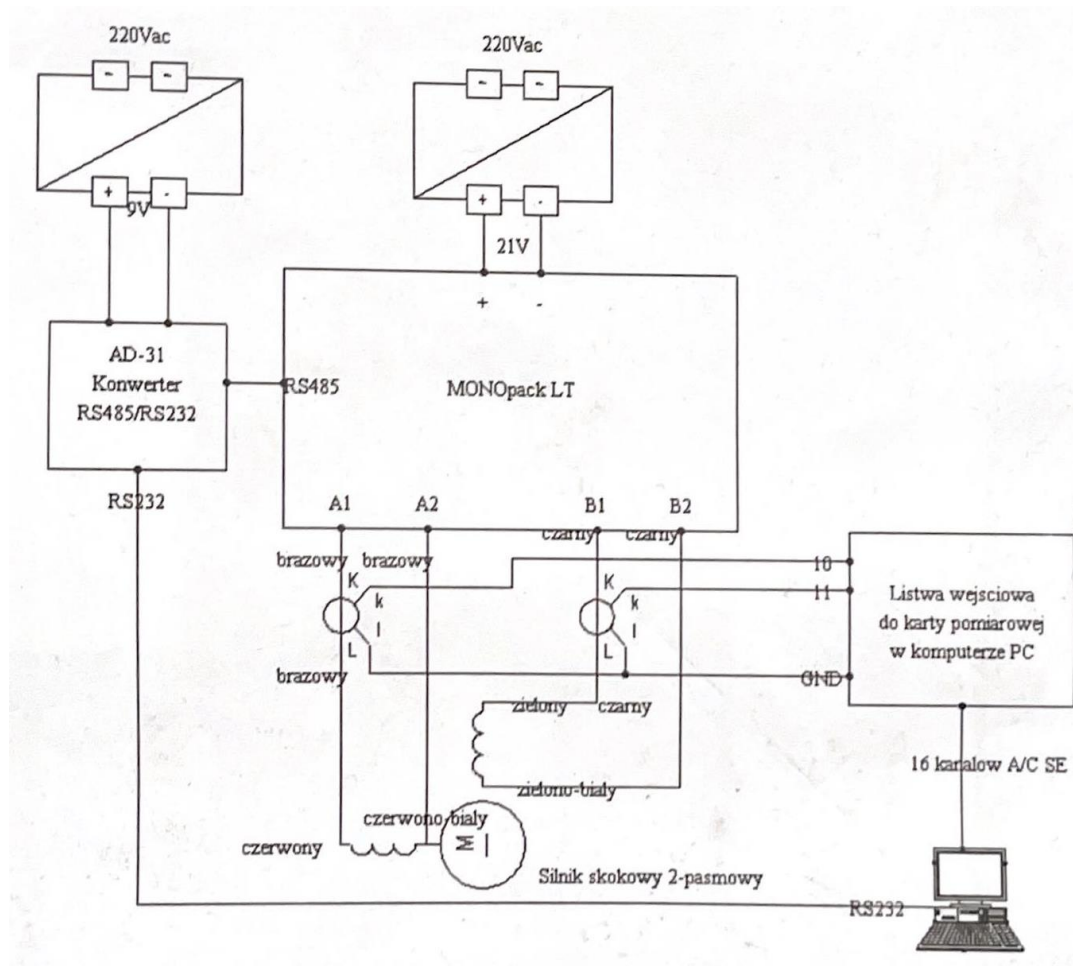
Właściwości:

- Napięcie zasilania 12-40V DC.
- Zintegrowany stopień mocy do 4A i podział kroku do 1/64.
- Możliwość płynnej regulacji prądu silnika i redukcji prądu w przypadku bezczynności.

- Programowalny generator trajektorii ruchu (pozycja, prędkość, przyspieszenie) z indekserem (możliwość zaprogramowania do 300 komend ruchu), z częstotliwością wyjściową do 38000imp/sek.
- Możliwość współpracy z dowolnym enkoderem inkrementalnym.
- Uniwersalne 2 wejścia (3-24V) i 2 wyjścia tranzystorowe 1A/30VDC.
- Interfejs USB do konfigurowania, programowania i diagnozowania sterownika + intuicyjne oprogramowanie konfiguracyjne (SIC184-KONFIGURATOR).
- Interfejs RS485 MODBUS-RTU do komunikacji między sterownikami lub sterowania z nadrzędnego kontrolera, np. sterownika PLC/panelu HMI.
- Możliwość równoległej pracy do 16 modułów (interfejs RS485).
- Intuicyjne oprogramowanie w języku polskim do programowania ruchów modułu.

Schemat układu ćwiczeniowego

Na rysunku 1. Przedstawiono schemat układu ćwiczeniowego



Rysunek 1. Schemat układu ćwiczeniowego z silnikiem skokowym hybrydowym

Przebieg laboratorium

1. Wyznaczenie wartości obu maksymalnych częstotliwości skoków silnika.

Skonfigurowano pracę sterownika wykorzystując firmowy program SIC184.EXE. Ustawiono parametry zgodnie z instrukcją (m. in. prąd maksymalny pasma silnika, znamionowy skok silnika, podział kroku, prędkości minimalną i maksymalną, przyspieszenie maksymalne).

W celu znalezienia wartości prędkości, przy której silnik nie rusza podnoszono wartość prędkości maksymalnej co 1 obr/s, obserwując pracę silnika.

Określono:

$$V_{max1} = 4.7 \frac{obr}{s}$$

Zgodnie z zależnością:

$$f = \frac{n}{t} \quad (1)$$

gdzie:

$$\begin{aligned} n & - \text{liczba obrotów} \\ t & - \text{czas [s]} \end{aligned}$$

obliczono:

$$f_1 = 4.7 \text{ Hz}$$

Wyznaczenie maksymalnej częstotliwości pracy wykonano poprzez zadanie stałego napędu na tyle małego, żeby jego moment bezwładności nie miał wpływu na wartość tej częstotliwości. Określono parametry zgodnie z instrukcją. Ponownie dokonano obserwacji wartości prędkości, przy której silnik zacznie gubić kroki.

Określono:

$$V_{max2} = 5.3 \frac{obr}{s}$$

Ponownie wykorzystując zależność (1) obliczono:

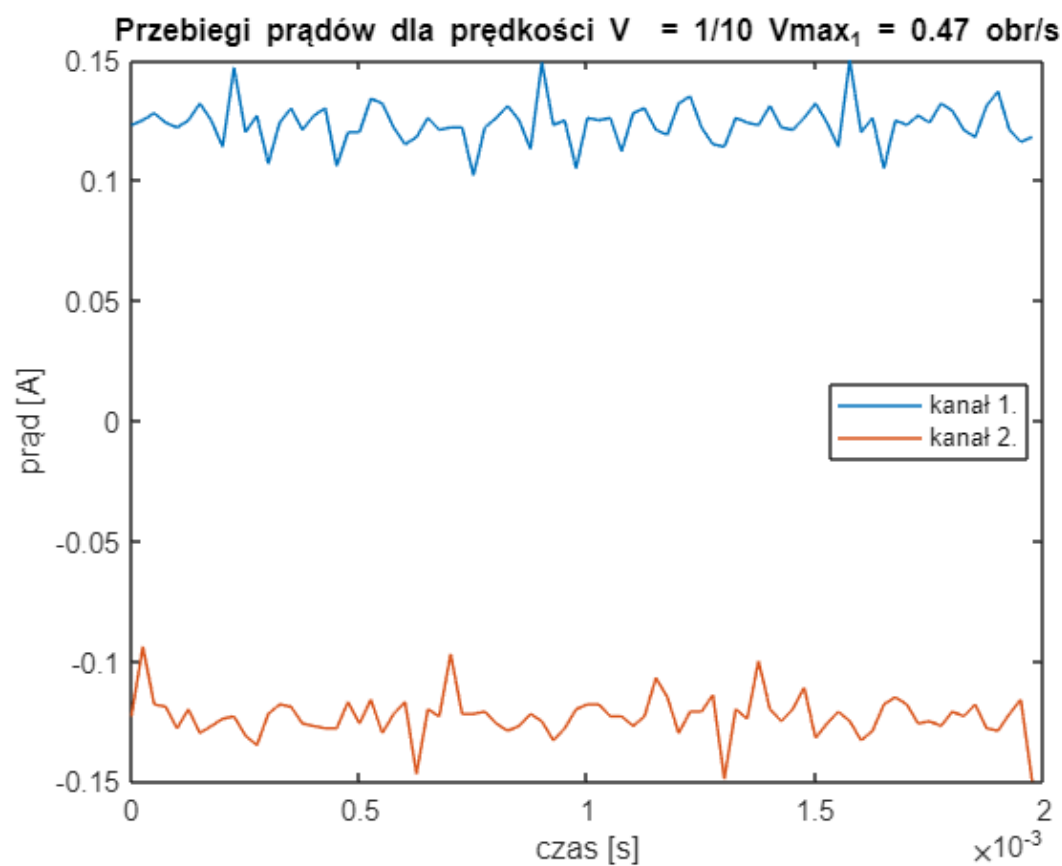
$$f_2 = 5.3 \text{ Hz}$$

2. Przebiegi prądów zarejestrowanych dla wybranych wartości prędkości

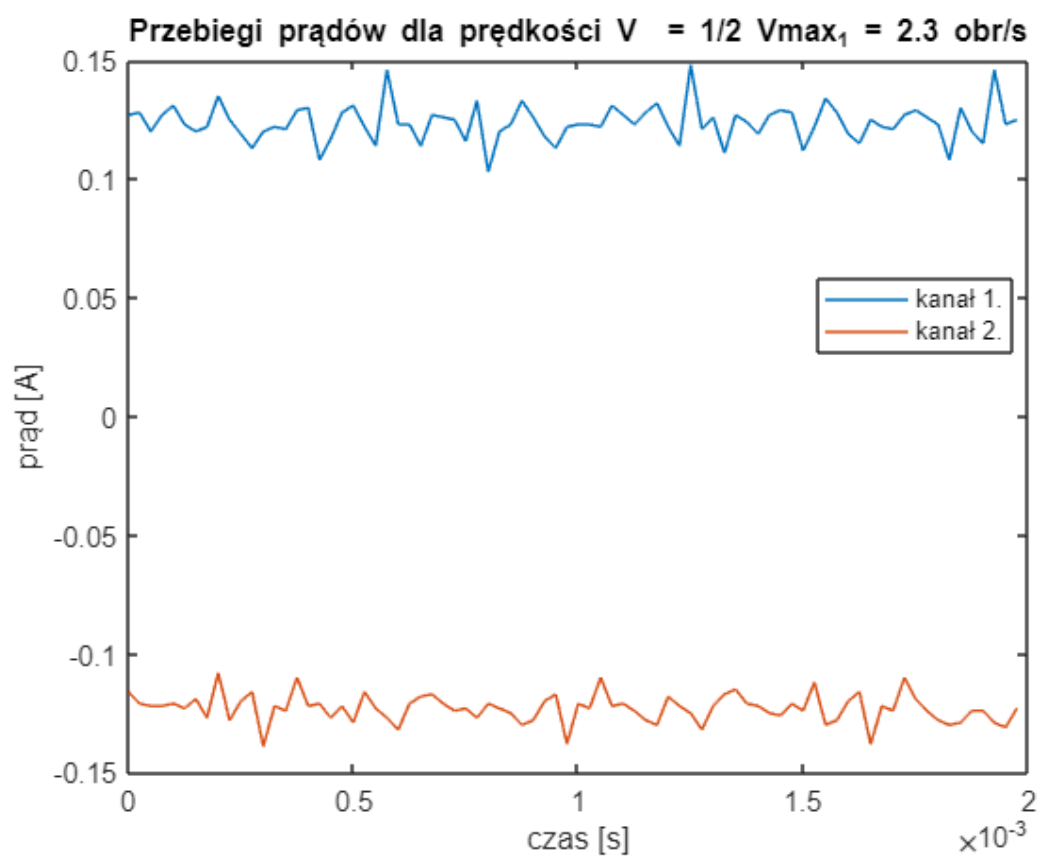
W celu rejestracji przebiegów prądów silnika uruchomiono panel pomiarowy *hybrid.dsb* w środowisku *DasyLab*. Załączono w nim zapis przebiegów prądów do zbioru i wystartowano napęd przy 3 wartościach nastawy prędkości maksymalnej:

1. 10 % wartości V_{max1} - $\frac{1}{10} V_{max1} = 0.47 \frac{obr}{s}$
2. połowy wartości V_{max1} - $\frac{1}{2} V_{max1} \approx 2.3 \frac{obr}{s}$
3. zbliżonej do $V_{max1} = 4.7 \frac{obr}{s}$,

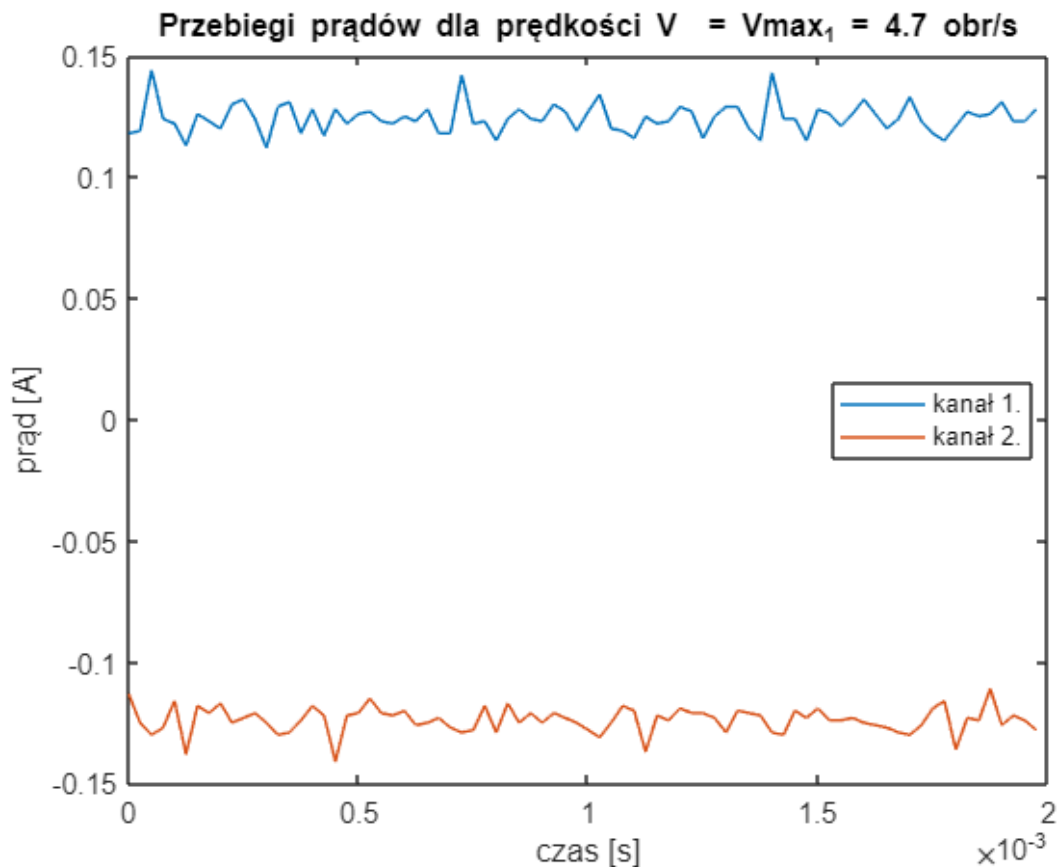
Przebiegi dla danych prędkości przedstawiono kolejno na Wykresie 1., Wykresie 2., Wykresie 3.



Wykres 1. Przebiegi prądu dla prędkości $V = \frac{1}{10} V_{max1}$



Wykres 2. Przebiegi prądu dla prędkości $V = \frac{1}{2} V_{max1}$



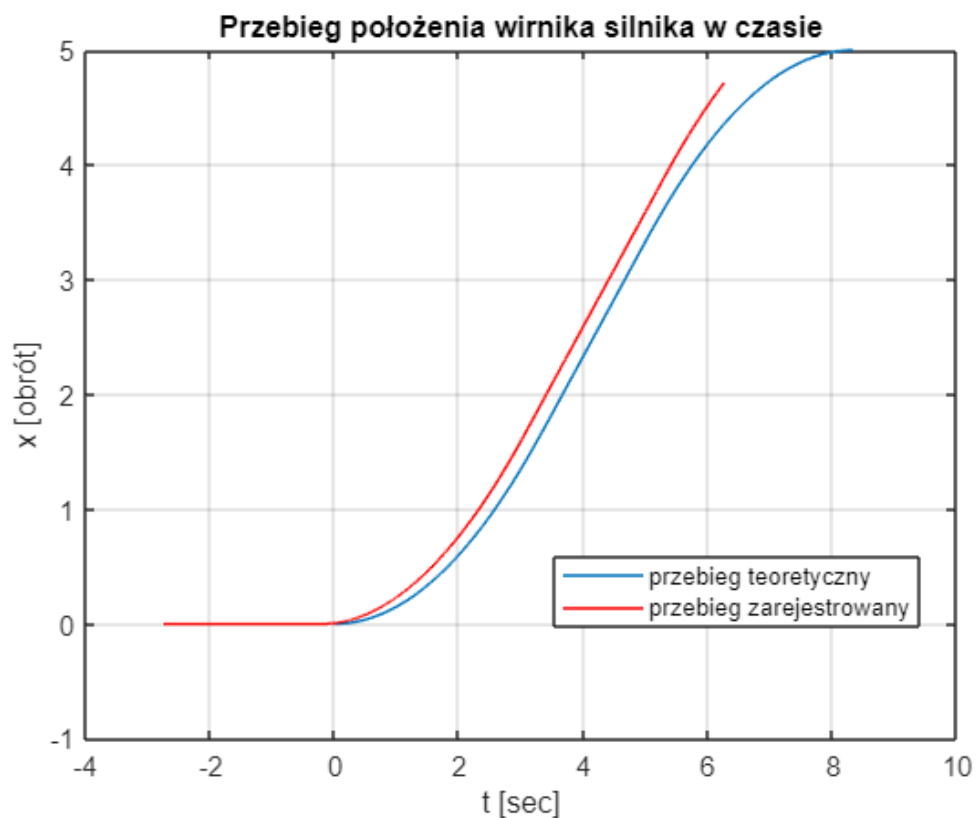
Wykres 3. Przebiegi prądu dla prędkości $V = V_{max1} = 4.7 \frac{\text{obr}}{\text{s}}$

3. Zarejestrowane przebiegi czasowe położenia wirnika silnika na tle odpowiednich przebiegów przy zmianie wartości mikroskoków/skok

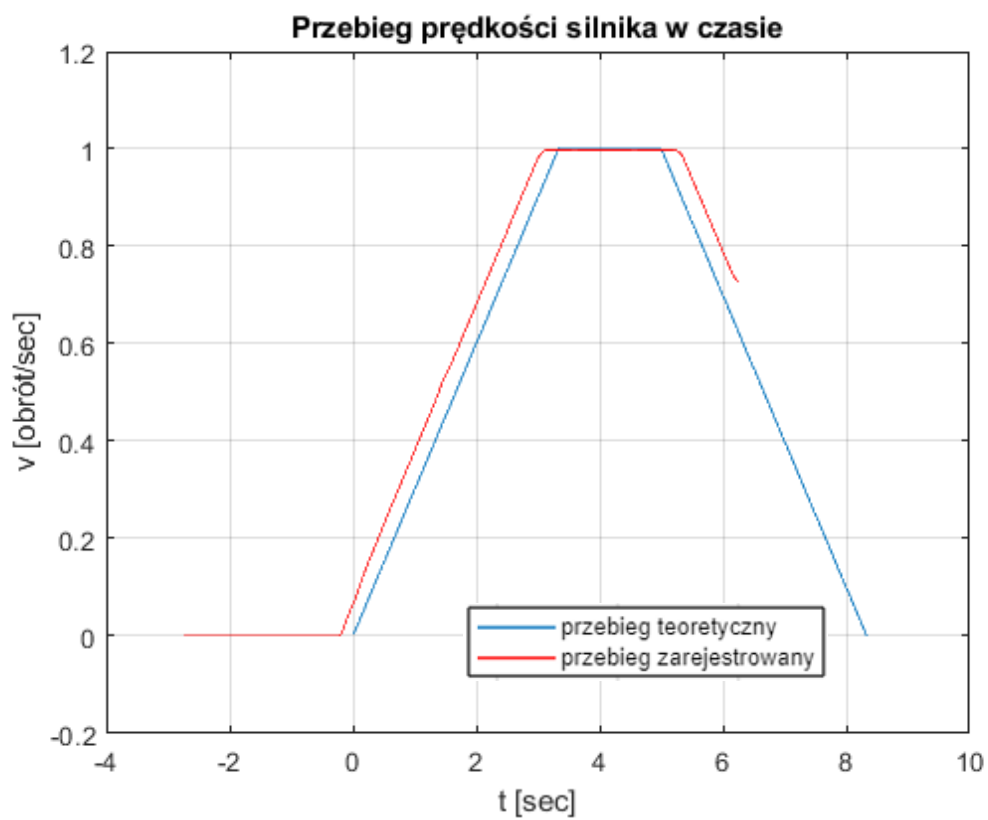
Rejestracje wykonano dwukrotnie dla ustawionych 2 mikroskoków na skok i dla 8 mikroskoków/skok. Przyjęto parametry zgodnie z instrukcją, pamiętając o tym, aby częstotliwości próbkowania prądów ustawić na 5 kHz dla 2 mikroskoków/skok i 10 kHz dla 8 mikroskoków/skok. Do wyliczenia zmiany położenia wirnika silnika podczas pracy na zadanej rampie na podstawie rejestracji prądów, posłużono się skryptem MATLAB-a - skok2.m, dla rejestracji dokonanych przy podziale skoku na 2 mikroskoki i analogicznym skryptem skok3.m, dla rejestracji przy podziale skoku na 8 mikroskoków. Uzyskane przebiegi zostały nałożone na przebiegi zadane, pochodzące z pliku skok1.m.

Przebiegi położenia wirnika silnika w czasie i prędkości silnika w czasie dla ustawionych 2 mikroskoków na skok i dla 8 mikroskoków/skok zostały odpowiednio przedstawione na Wykresie 4., Wykresie 5., Wykresie 6., Wykresie 7.

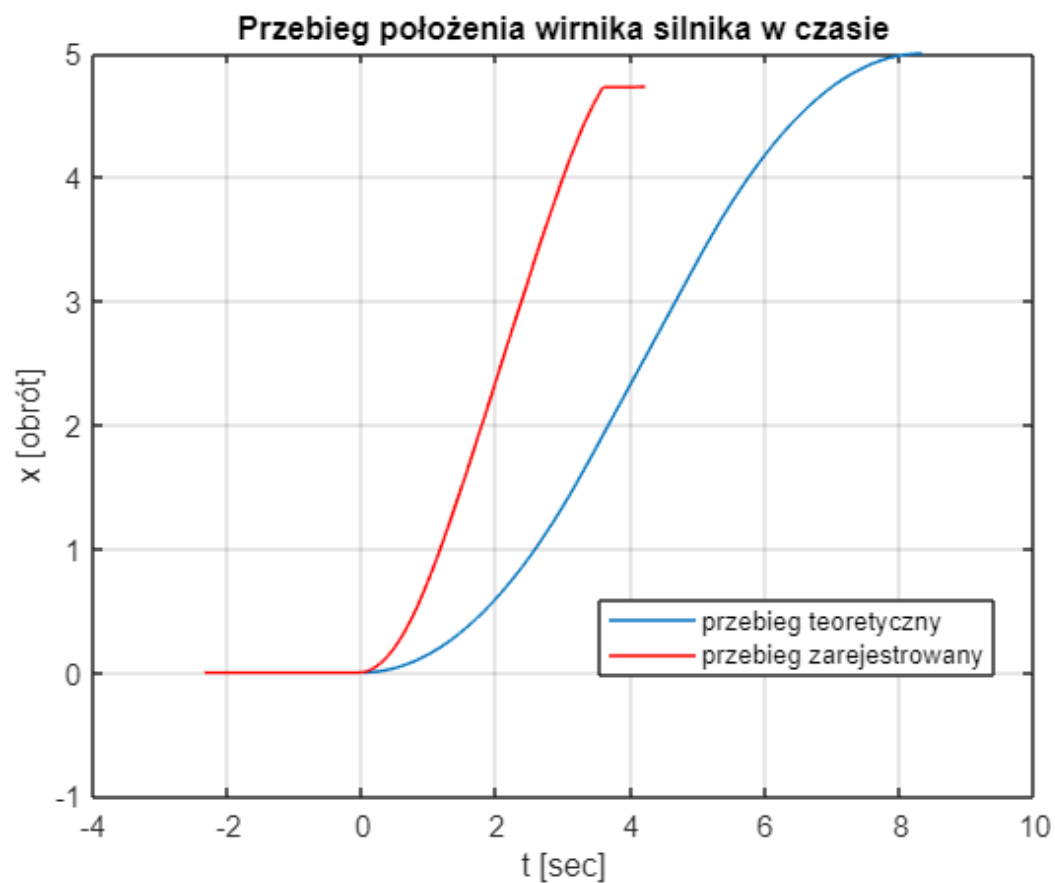
Obliczeniowy czas trwania ruchu silnika wynosi 8.33 sekund



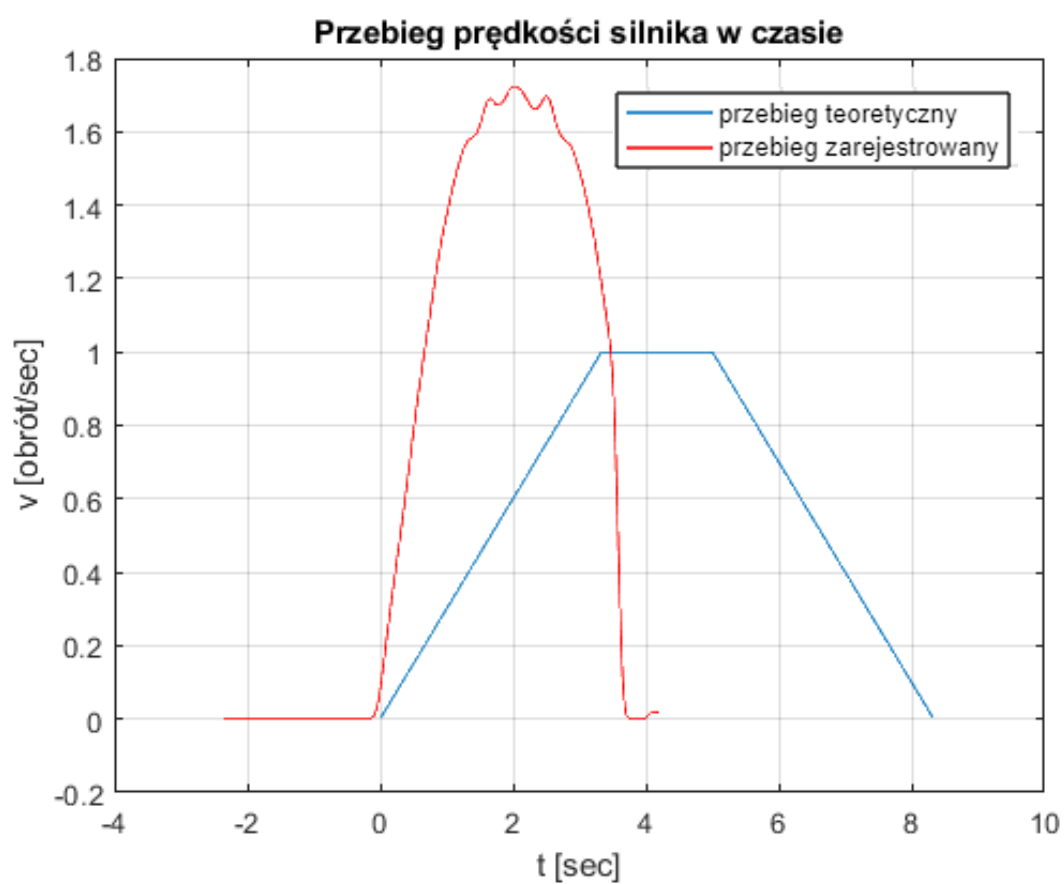
Wykres 4. Przebieg położenia wirnika silnika w czasie dla 2 mikroskoków/skok



Wykres 5. Przebieg prędkości silnika w czasie dla 2 mikroskoków/skok



Wykres 6. Przebieg położenia wirnika silnika w czasie dla 8 mikroskoków/skok



Wykres 7. Przebieg prędkości silnika w czasie dla 8 mikroskoków/skok

Wnioski

Silnik skokowy przekształca ciąg impulsów elektrycznych na przesunięcia wirnika o dany kąt. Droga ta jest proporcjonalna do liczby podawanych impulsów, a prędkość poruszania się proporcjonalna jest do częstotliwości tych impulsów. Im szybciej będą podawane impulsy tym szybciej poruszać się będzie silnik. Częstotliwość rozruchowa jest funkcją parametrów silnika, momentu bezwładności układu i momentu obciążenia. Częstotliwość maksymalna rozruchu zwiększa się ze wzrostem momentu synchronizującego, ze zmniejszeniem kąta skoku, a także ze zmniejszeniem momentu bezwładności i obciążenia. Częstotliwość pracy silnika równa liczbie impulsów na sekundę. Jednak w przypadku podawania na uzwojenia zbyt dużej liczby impulsów np. w ciągu sekundy, silnik może nie nadążać za układem sterowania, co jest zjawiskiem wysoce niepożądanym, zwłaszcza w zastosowaniach profesjonalnych – ograniczeniem jest wówczas mechanika części ruchomych

Zmierzone przebiegi położenia wirnika silnika i prędkości silnika w czasie dla 2 mikroskoków/skok są zbliżone do wartości teoretycznych, natomiast dla 8 mikroskoków/skok p widzimy różnice - zmierzony przebieg położenia wirnika jest bardziej pochylony, natomiast wartość maksymalna prędkości jest prawie 2 razy większa i następuje w 2 razy mniejszym czasie, dodatkowo „na szczycie” widzimy oscylacje.