

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

**Napędy elektromechaniczne urządzeń mechatronicznych
- projekt**

Ćwiczenie 4

**Dobór silnika skokowego
do pracy w obszarze rozruchowym**

Temat 23

Wykonał: Paweł Trześniewski

Prowadzący: mgr inż. Karol Bagiński, mgr inż. Wojciech Credo

2023/2024

1. Wstęp

Celem ćwiczenia było zapoznanie się z algorytmem oraz przeprowadzenie doboru dwóch silników skokowych, które będą służyły jako napędy układu pozycjonującego – stolika obrotowego. Jeden z nich ma pracować jako napęd bezpośredni, drugi zaś z wykorzystaniem przekładni z paskiem zębatym.

2. Dane indywidualne

Parametry określające napędzany obiekt:

- Masowy moment bezwładności stolika $J_{mech} = 4000 \text{ gcm}^2$
- Liczba gniazd stolika $N = 10$
- Czas cyklu pozycjonowania $T_p = 120 \text{ ms}$
- Moment tarcia $M_{mech} = 1500 \text{ mNm}$

3. Dobór silnika jako napędu bezpośredniego

Jako pierwszy parametr należało wyznaczyć częstotliwość taktowania silnika f_t . W tym celu określone zostało przemieszczenie kątowe wirnika $\Delta\gamma$, które ze względu na napęd bezpośredni jest równe co do wartości przemieszczeniu kątowemu stolika $\Delta\gamma_{mec}$. Otrzymano w ten sposób

$$\Delta\gamma = \Delta\gamma_{mech} = \frac{360^\circ}{N} = \frac{360^\circ}{10} = 36^\circ. \quad (1)$$

Znając potrzebne przemieszczenie kątowe, obliczona została f_t z wykorzystaniem wzoru

$$f_t = \frac{\Delta\gamma}{\theta} \frac{1}{T_p} = \frac{36^\circ}{1,8^\circ} \frac{1}{120 \text{ ms}} = 167 \text{ Hz}, \quad (2)$$

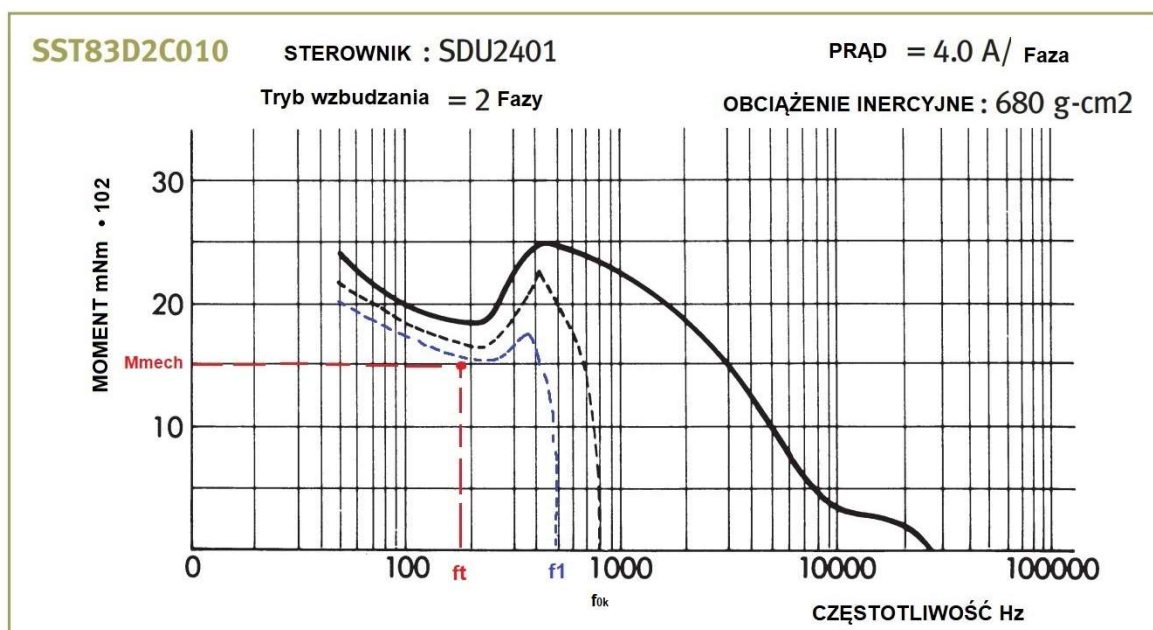
przy czym θ oznacza kąt skoku silnika. Do obliczeń przyjęto wartość $1,8^\circ$ ze względu na częste występowanie w katalogach.

W oparciu o wymagany moment rozwijany przez silnik oraz jego częstotliwość taktowania dokonano wstępnego doboru modelu **SST83D2C010**. W oparciu o wymagany moment rozwijany przez silnik oraz jego częstotliwość taktowania dokonano wstępnego doboru modelu **SST83D2C010**. Wykorzystując dane od producenta wyznaczono graniczną częstotliwość rozruchową f_1 dla silnika obciążonego masowym momentem bezwładności J_{mech}

$$f_1 = f_{0k} \sqrt{\frac{J_s + J_{pom}}{J_s + J_{mech}}} = 800 \text{ Hz} \cdot \sqrt{\frac{1100 \text{ gcm}^2 + 680 \text{ gcm}^2}{1100 \text{ gcm}^2 + 4000 \text{ gcm}^2}} = 473 \text{ Hz}, \quad (3)$$

gdzie: f_{0k} – graniczna częstotliwość pracy rozruchowej silnika przy obciążeniu momentem bezwładności J_{pom} podanym przez producenta, J_{pom} – moment bezwładności obciążający silnik przy wyznaczaniu charakterystyk, J_s – masowy moment bezwładności wirnika.

Po otrzymaniu częstotliwości f_1 , sporządzono nową, przybliżoną charakterystykę częstotliwościową dla silnika (rys. 1) oraz zaznaczono na niej punkt pracy.



Rysunek 1. Punkt pracy na wyznaczonej charakterystyce, na podstawie [2].

Ponieważ punkt pracy mieści się pod charakterystyką, silnik został uznany jako dobrany poprawnie.

4. Dobór silnika do pracy z przekładnią

Zastosowanie przekładni powoduje zmniejszenie momentu obciążającego silnik, co za tym idzie pozwala zastosować mniejszy model. Metodą eksperymentalną, porównując parametry i charakterystyki częstotliwościowe kilku modeli wybrany został **SST59D5150**.

Na początku wyznaczono wstępne przełożenie i_{pobl} , realizowane przez pasek zębany, wynikające ze stosunku masowych momentów bezwładności stolika oraz silnika zgodnie z zależnością

$$i_{pobl} = \sqrt{\frac{J_{mech}}{J_s}} = \sqrt{\frac{4000 \text{ gcm}^2}{470 \text{ gcm}^2}} = 2,9. \quad (4)$$

Następnie określone zostało przemieszczenie kątowe wirnika, odpowiadające pożądanemu przemieszczeniu stolika uwzględniając i_{pobl}

$$\Delta\gamma = \Delta\gamma_{mech} \cdot i_{pobl} = 36^\circ \cdot 2,9 = 104,4^\circ. \quad (5)$$

Ponieważ przemieszczenie wirnika musi być wielokrotnością jego kąta skoku, należało sprawdzić warunek

$$\frac{\Delta\gamma}{\theta} = Z, \quad (6)$$

przy czym Z oznacza liczbę całkowitą. Po podstawieniu wartości otrzymano

$$\frac{\Delta\gamma}{\theta} = \frac{104,4^\circ}{1,8^\circ} = 58,$$

zatem warunek jest spełniony. Przyjęto więc poprawność wstępnego przełożenia

$$i_p = i_{pobl},$$

gdzie i_p to ostateczna wartość.

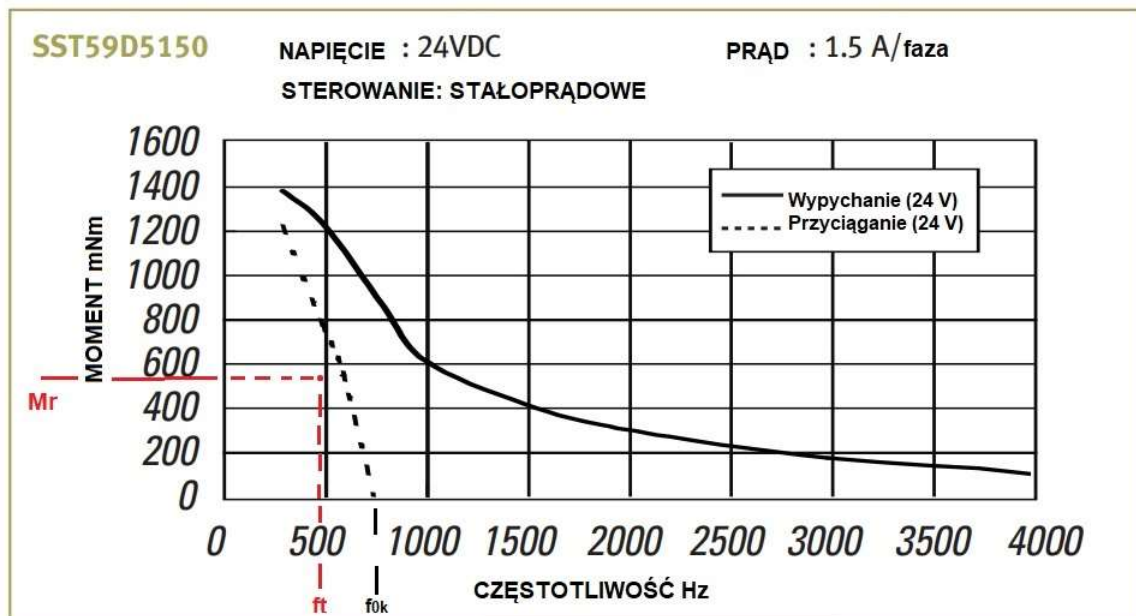
Posiadając i_p , a co za tym idzie definitywne $\Delta\gamma$, określono częstotliwość taktowania silnika zgodnie z wzorem (2)

$$f_t = \frac{\Delta\gamma}{\theta} \frac{1}{T_p} = \frac{104,4^\circ}{1,8^\circ} \frac{1}{120 \text{ ms}} = 483 \text{ Hz},$$

a następnie zredukowany moment obciążający M_r ,

$$M_r = \frac{M_{mech}}{\eta_p \cdot i_p} = \frac{1500 \text{ mNm}}{0,95 \cdot 2,9} = 541 \text{ mNm}, \quad (7)$$

gdzie η_p – sprawność przekładni z paskiem zębatym. Na podstawie obliczonych wartości naniesiono punkt pracy na charakterystykę silnika (rys. 2).



Rysunek 2. Punkt pracy silnika wykorzystującego przekładnię, na podstawie [2].

Wyznaczony punkt znajduje się pod charakterystyką rozruchową, zatem został uznany za dobrany poprawnie.

5. Wnioski

Wyznaczona charakterystyka częstotliwościowa jest obarczona dużym błędem. W celu poprawy dokładności korzystne byłyby dodatkowe charakterystyki dla różnych obciążeń dostarczone przez producenta.

Zastosowanie przekładni pozwala na zastosowanie mniejszego, lżejszego urządzenia, natomiast wstępny dobór odbywa się intuicyjnie i jest duża szansa na niepowodzenie.

6. Literatura

1. Wierciak J. – *Dobór silnika skokowego do pracy w obszarze rozruchowym – Instrukcja*, Warszawa 2012
2. Katalog SHINANO KENSHI – Stepper Motors

7. Załączniki

- Karta katalogowa silnika SST59D
- Karta katalogowa silnika SST83D