


Politechnika Poznańska Wydział Automatyki, Robotyki i Elektrotechniki Instytut Robotyki i Inteligencji Maszynowej		
Dz>AiR>Sem5	Napędy przekształtnikowe (NP)	2025/26 (s.zim.)
<b>Skład osobowy:</b> Zuzanna Andrzejak 159522 Jan Andrzejewski 000000 Mateusz Banaszak 000000 Piotr Bednarek 000000	<b>Silnik elektryczny i jego model obwodowy. Siły: Lorentz'a, elektrodynamiczna, elektromotoryczna. Zbieżność modelu.</b>	Data wyk.: 20.11.2025
Grupa 1	Ćwiczenie 1	Zajęcia 1

## Spis treści

<b>1 Wprowadzenie</b>	<b>2</b>
<b>2 Wstęp teoretyczny</b>	<b>2</b>
2.1 Siła Lorentz'a . . . . .	2
2.2 Siła elektrodynamiczna . . . . .	2
2.3 Moment elektromagnetyczny . . . . .	3
2.4 Siła elektromotoryczna . . . . .	3
<b>3 Realizacja modelu w środowisku symulacyjnym</b>	<b>3</b>
<b>4 Analiza rozruchu modelu do prędkości biegu jałowego</b>	<b>3</b>
<b>5 Analiza porównawcza stanu biegu jałowego</b>	<b>3</b>
<b>6 Porównanie stanu dynamicznego rozruchu</b>	<b>3</b>
<b>7 Przykładowa aplikacja silnika</b>	<b>3</b>
<b>8 Zbieżność modelu z danymi znamionowymi</b>	<b>4</b>
<b>9 Literatura</b>	<b>4</b>

# 1 Wprowadzenie

Ćwiczenie laboratoryjne miało na celu analizę modelu obwodowego silnika obcowzbudnego komutatorowego prądu stałego. Model zastosowany podczas ćwiczenia był modelem zidealizowanym i nie stanowił dokładnego odwzorowania rzeczywistego układu napędowego.

Ćwiczenie przeprowadzono w sali C3 w budynku A22b, wyposażonej w zestawy laboratoryjne napędowe, panele sterowania oraz przyrządy pomiarowe. W trakcie zajęć wykorzystano również środowisko symulacyjne MATLAB wraz z Simulink.

## 2 Wstęp teoretyczny

Model zrealizowany podczas ćwiczenia można w przybliżeniu opisać z wykorzystaniem podstawowych zjawisk fizycznych. Obejmują one przede wszystkim zjawiska elektromagnetyczne, elektromotoryczne oraz elektrodynamiczne, które określają zależności między przepływem prądu, strumieniem magnetycznym a momentem elektromagnetycznym oraz momentami wynikającymi z dynamiki ruchomych części silnika.

### 2.1 Siła Lorentz'a

Za generowanie siły w silniku prądu stałego odpowiada siła Lorentz'a, która określa oddziaływanie pola elektrycznego i magnetycznego na poruszający się ładunek. Jest określana równaniem:

$$\vec{F}_l = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) \quad (1)$$

gdzie:  $\vec{F}$  to wektor siły Lorentz'a (N),  $q$  to ładunek elektryczny cząstki (C),  $\vec{E}$  to wektor natężenia pola elektrycznego (V/m),  $\vec{v}$  to wektor prędkości cząstki (m/s),  $\vec{B}$  to pseudowektor indukcji magnetycznej (T).

### 2.2 Siła elektrodynamiczna

W rozważaniach dotyczących pracy silnika prądu stałego można pominąć wpływ wektora natężenia pola elektrycznego, gdyż jest ono praktycznie jednorodne. Przewodnik z prądem, umieszczony w polu magnetycznym, doświadcza siły, której kierunek i wartość zależą od ustawienia przewodnika względem pola. Maksymalna wartość siły występuje, gdy przewodnik jest ustawiony prostopadle do pola magnetycznego, co zapewnia konstrukcja **komutatora**.

W tych warunkach siła Lorentza przyjmuje postać:

$$F_l = qvB \quad (2)$$

Dla przewodnika o określonej długości, w którym przepływają ładunki tworzące prąd, siła Lorentza przyjmuje postać **siły elektrodynamicznej**:

$$\vec{F}_{ed} = I \vec{l} \times \vec{B} \quad (3)$$

gdzie:  $I$  to natężenie prądu,  $\vec{l}$  to wektor długości przewodnika.

## 2.3 Moment elektromagnetyczny

Moment elektromagnetyczny w silniku prądu stałego jest generowany w wyniku działania sił elektrodynamicznych (3) na uzwojenia twornika i wyraża się wzorem:

$$T_e = \vec{r} \times \vec{F}_{ed} = I \left[ \vec{r} \times (\vec{l} \times \vec{B}) \right] \quad (4)$$

gdzie:  $I$  to natężenie prądu (A),  $\vec{l}$  to długość uzwojenia (m),  $\vec{B}$  to wektor indukcji magnetycznej (T),  $\vec{r}$  to ramię siły (m).

Dla uproszczonego modelu silnika prądu stałego można wyróżnić tzw. **stałą momentową**  $k_\Phi$ , która zależy od parametrów konstrukcyjnych silnika. Wtedy moment elektromagnetyczny wyraża się zależnością:

$$T_e = i_a k_\Phi \quad (5)$$

gdzie:  $T_e$  to moment elektromagnetyczny (Nm),  $i_a$  to prąd twornika (A),  $k_\Phi$  to stała momentowa (Nm/A).

## 2.4 Siła elektromotoryczna

Siła elektromotoryczna (SEM) powstaje wskutek ruchu przewodnika w polu magnetycznym. Przewodniki wirnika przecinają linie pola, co indukuje napięcie i powoduje powstanie siły przeciwdziałającej ruchowi elektronów, równoważącej działanie sił Lorentza (1). Dzięki temu moment elektromagnetyczny nie prowadzi do nieskończonego przyspieszenia wirnika.

Wartość SEM zależy liniowo od prędkości obrotowej wirnika i parametrów konstrukcyjnych:

$$\varepsilon = k_\Phi \omega_r, \quad (6)$$

gdzie:  $\varepsilon$  to siła elektromotoryczna (V),  $\omega_r$  to prędkość obrotowa wirnika (rad/s),  $k_\Phi$  to stała napięciowa silnika (V · s/rad).

## 3 Realizacja modelu w środowisku symulacyjnym

## 4 Analiza rozruchu modelu do prędkości biegu jałowego

## 5 Analiza porównawcza stanu biegu jałowego

## 6 Porównanie stanu dynamicznego rozruchu

## 7 Przykładowa aplikacja silnika

Wybór silnika zależy od koncepcji całego układu napędowego. Proces ten można jednak sprowadzić do kilku podstawowych kryteriów:

- a) napięcie i rodzaj prądu: DC lub AC

b) moc i prędkość obrotowa (kątowna)

c) rodzaj pracy znamionowej

Zatem, rozważając przykładowe zastosowanie silnika analizowanego podczas ćwiczenia, zwrócono szczególną uwagę na powyższe kryteria.

## 8 Zbieżność modelu z danymi znamionowymi

## 9 Literatura

### Literatura

- [1] Materiały do ćwiczenia laboratoryjnego dostępne na platformie eKursy, Politechnika Poznańska, <https://ekursy.put.poznan.pl/mod/folder/view.php?id=3022724>
- [2] K. Zawirski, J. Deskur, T. Kaczmarek, *Automatyka napędu elektrycznego*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, 2012