



Zachodniopomorski
Uniwersytet Technologiczny
w Szczecinie



Wydział
Inżynierii Mechanicznej
i Mechatroniki

Instytut Technologii Mechanicznej

Techniki symulacji w budowie maszyn

Ćwiczenie laboratoryjne nr 3: **Modelowanie dynamiki napędu elektrycznego**

Opracowanie:
Karol Miądlicki, mgr inż.

Część wprowadzająca

1. Zasada działania silnika prądu stałego z magnesem trwałym

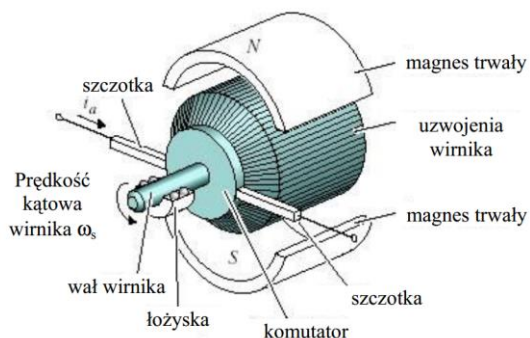
Silniki elektryczne prądu stałego są bardzo często stosowanymi elementami wykonawczymi w układach regulacji. Podstawowymi zaletami tych silników są:

- Duży moment obrotowy
- Dobra sprawność
- Małe wymiary

Wadami są natomiast:

- Iskrzenie (zakłócenia przemysłowe)
- Zużywanie się szczotek komutatora.

W ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat wprowadzono na rynek szereg silników o specjalnej konstrukcji, charakteryzujących się bardzo dobrymi właściwościami dynamicznymi. Schematycznie budowę silnika prądu stałego z magnesem trwałym przedstawiono na rysunku 1. Moment obrotowy silnikach elektrycznych powstaje na skutek oddziaływania między zewnętrznym polem magnetycznym, a polem magnetycznym powstającym wokół przewodnika, przez który płynie prąd.

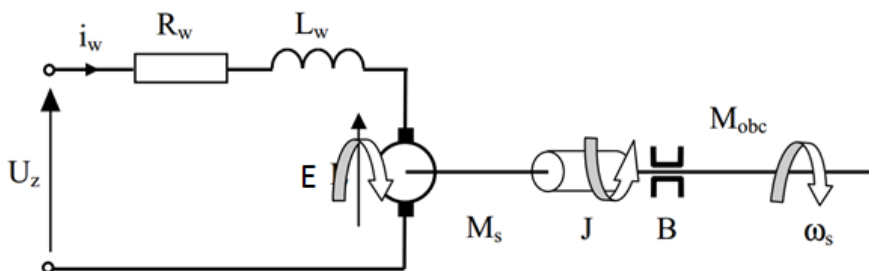


Rysunek 1: Budowa silnika prądu stałego z magnesem trwałym

W silnikach prądu stałego małej mocy zewnętrzne pole magnetyczne wytwarzane jest zazwyczaj przez magnesy trwałe, umieszczone w nieruchomej obudowie silnika zwanej stojanem. Znajdujący się w polu magnetycznym stojana wirnik zawiera uzwojenia składające się z wielu ramek przewodów połączonych z komutatorem. Zazwyczaj uzwojenia te nawinięte są na rdzeniu z materiału ferromagnetycznego. W wyniku współdziałania strumienia stojana i prądu przepływającego w uzwojeniach wirnika powstaje wspomniany wcześniej moment obrotowy. Aby moment obrotowy działający na wirnik był maksymalny, wektory strumienia magnetycznego stojana i wirnika powinny być względem siebie prostopadłe. Zapewnia to komutator, który przelacza kolejne ramki uzwojenia wirnika, powodując odpowiednie zmiany kierunku przepływającego prądu. Napięcie zasilające komutator doprowadzane jest przez szczotki, wykonane ze specjalnie spreparowanego węgla. W silnikach tego typu obwodem sterowania jest zawsze obwód wirnika. Zmiany napięcia zasilającego obwód sterowania wywołują zmiany momentu obrotowego a tym samym, przy określonym momencie obciążenia wirnika, zmianę prędkości kątowej wirnika.

2. Model matematyczny silnika – równania różniczkowe

Tworząc model silnika należy, zatem zwrócić uwagę na znalezienie zależności pomiędzy napięciem zasilającym silnik (U_z) a prędkością kątową silnika (ω_s). Schemat zastępczy silnika prądu stałego, sprowadzonego do obwodu wirnika, pokazano na rysunku 2. Rozważając osobno elektryczne i mechaniczne parametry obwodu wirnika można napisać dwa równania modelujące jego działanie.



Rysunek 2: Schemat zastępczy obwodu wirnika silnika prądu stałego

2.1 Część elektryczna

Zmienne:

- U_z – napięcie zasilające wirnik
- i_w – prąd płynący w uzwojeniach wirnika
- R_w – rezystancja zastępcza uzwojeń wirnika
- L_w – indukcyjność zastępcza uzwojeń wirnika
- E – siła elektromotoryczna indukcji
- ω_s – prędkość kątowa wirnika

Na podstawie schematu zastępczego oraz II-go prawa Kirchhoffa można napisać równanie elektryczne silnika:

$$U_z = U_{R_w} + U_{L_w} + E$$

Napięcie na rezystancji uzwojeń wirnika jest proporcjonalne do prądu przez niego płynącego:

$$U_{R_w} = R_w i_w$$

Napięcie odniesione do indukcyjności wirnika jest proporcjonalne do zmian prądu przez nią płynącego (straty w obwodzie magnetycznym zostały tutaj pominięte)

$$U_{L_w} = L_w \frac{di_w}{dt}$$

Gdy wirnik wykonuje ruch obrotowy, w jego uzwojeniach indukowana jest siła elektromotoryczna indukcji (SEM), której wartość jest proporcjonalna do prędkości kątowej wirnika

$$E = k_e \omega_s$$

Podstawiając wszystkie składowe do pierwszego równia otrzymujemy:

$$U_z = R_w i_w + L_w \frac{di_w}{dt} + k_e \omega_s$$

Commented [KM1]: Stała elektryczna, zależna m.in. od strumienia magnetycznego stojana oraz liczby zwojów w uzwojeniach wirnika

Commented [KM2]: Stała elektryczna, zależna m.in. od strumienia magnetycznego stojana oraz liczby zwojów w uzwojeniach wirnika

2.2 Część mechaniczna

Zmienne:

- M_s – moment obrotowy wirnika
- B – współczynnik tłumienia zredukowany do wału wirnika
- J – moment bezwładności zredukowany do wału wirnika
- i_w – prąd płynący w uzwojeniach wirnika
- M_{obc} – stały moment obciążenia silnika
- ω_s – prędkość kątowa wirnika

Moment obrotowy wirnika, wykorzystywany do pokonania momentów przeciwstawiających się jego ruchowi można zapisać, jako:

$$M_s = M_a + M_v + M_{obc}$$

Zakładając, że strumień magnetyczny stojana ma wartość stałą, moment obrotowy wirnika, proporcjonalny do prądu płynącego przez wirnik, możemy zapisać, jako:

$$M_s = k_m i_w$$

Moment związany z przyspieszeniem kątowym wirnika można zapisać, jako:

$$M_a = J \frac{d\omega_s}{dt}$$

Moment związany z oporami ruchu wirnika można zapisać, jako:

$$M_v = B\omega_s$$

Podstawiając wszystkie składowe do pierwszego równia otrzymujemy:

$$k_m i_w = J \frac{d\omega_s}{dt} + B\omega_s + M_{obc}$$

Przekształcając końcowe równania elektryczne oraz mechaniczne otrzymujemy układ równań różniczkowych będący modelem silnika:

$$\begin{cases} U_z = R_w i_w + L_w \frac{di_w}{dt} + k_e \omega_s \\ k_m i_w = J \frac{d\omega_s}{dt} + B\omega_s + M_{obc} \end{cases}$$

Commented [KM3]: Stała elektryczna, zależna m.in. od strumienia magnetycznego stojana oraz liczby zwojów w uzwojeniach wirnika

ZADANIA

1. Przekształcić równania tak, aby można było je zaimplementować w środowisku simulink
2. Odpowiedz skokowa
3. Odpowiedz na sygnały prostokątne