



**Katedra Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn  
POLITECHNIKA OPOLSKA**

---

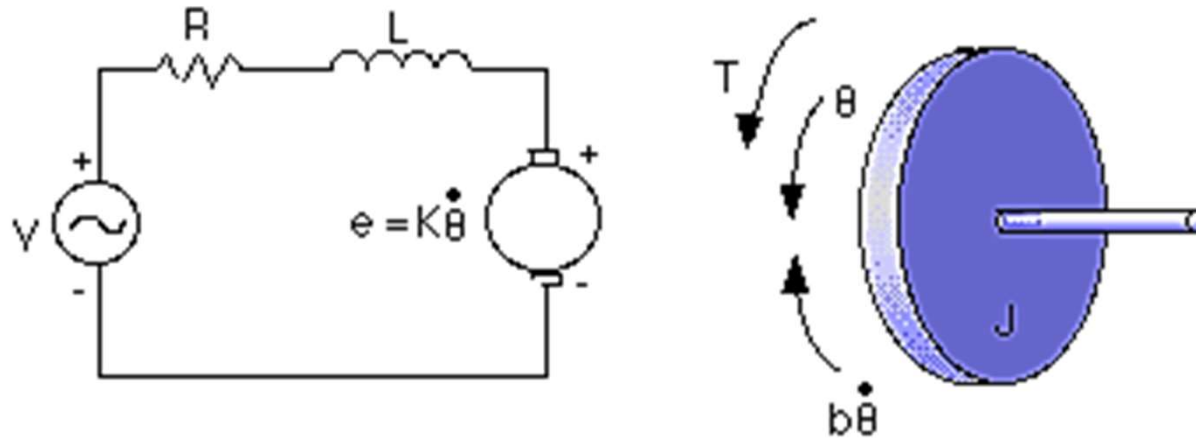
# ***Symulacja systemów mechtronicznych***

**Model silnika prądu stałego**

***dr hab. inż. Roland PAWLICZEK***

## Uproszczony model silnika prądu stałego

Obwód elektryczny twornika i model wirnika:



Moment obrotowy  $T$  jest związany z natężeniem prądu  $i$  w obwodzie za pomocą współczynnika proporcjonalności  $K$ , zaś indukowane napięcie  $e$  jest zależne od prędkości kątowej wirnika według następujących równań

$$T = Ki$$

$$e = K\omega = K \frac{d\theta}{dt}$$

## **Uproszczony model silnika prądu stałego**

Wykorzystując prawo Kirchoffa dla obwodu elektrycznego oraz równanie dynamiki ruchu obrotowego wirnika można zapisać

$$L \frac{di}{dt} + Ri = V - K \frac{d\theta}{dt}$$

$$J \frac{d^2\theta}{dt^2} + b \frac{d\theta}{dt} = Ki$$

Aby wyznaczyć przebieg prądu w obwodzie elektrycznym i zmianę obrotów wirnika należy wykonać całkowania:

$$\int \frac{di}{dt} = i$$

$$\int \frac{d^2\theta}{dt^2} = \frac{d\theta}{dt}$$

## **Uproszczony model silnika prądu stałego**

*Należy przekształcić układ równań do postaci:*

$$\frac{di}{dt} = \frac{1}{L} \left( -Ri + V - K \frac{d\theta}{dt} \right)$$

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + = \frac{1}{J} \left( Ki - b \frac{d\theta}{dt} \right)$$

*i wykorzystując metodę ogólną rozwiązywania równań wykonać obliczenia symulacyjne.*

## Uproszczony model silnika prądu stałego

Parametry silnika:

Parametr	Nazwa	Wartość	Jednostka
R	opór elektryczny	3,3	$\Omega$
K	stała mechaniczna silnika	0,028	Nm/A
L	indukcyjność	2,75	$\mu\text{H}$
$J_w$	moment bezwładności wirnika	$9,64 \cdot 10^{-6}$	$\frac{\text{kg m}^2}{\text{s}^2}$
b	wsp. tłumienia mechanicznego	0,000001	Nms
m	masa tarczy	0,033	kg
r	promień bezwładności tarczy	0,0242	m
$J_o$	moment bezwładności tarczy*	$9,66 \cdot 10^{-6}$	$\frac{\text{kg m}^2}{\text{s}^2}$
U	napięcie zasilania	24	V

\* dla tarczy:  $J_o = \frac{1}{2}mr^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,033 \cdot 0,0242^2 = 9,66 \cdot 10^{-6} \quad \frac{\text{kg m}^2}{\text{s}^2}$

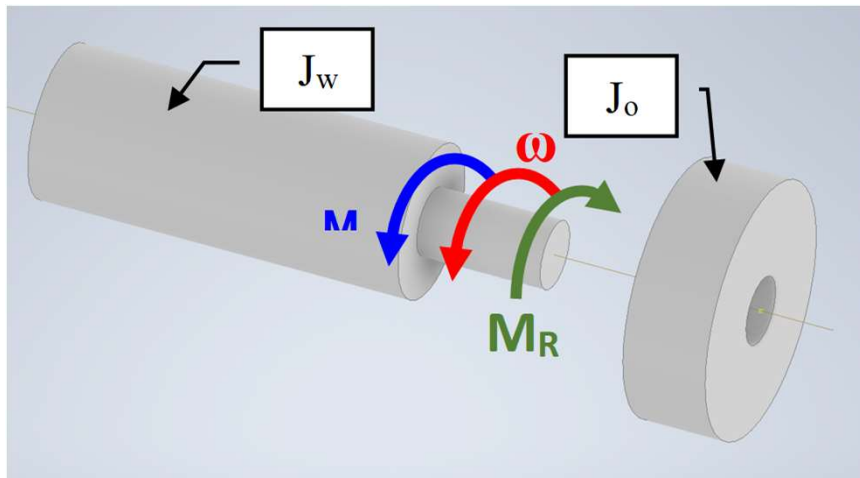
Prędkość obrotową silnika  $n$  wyrażoną w obr/min wyznacza się z zależności:

$$\omega = \frac{\pi n}{30} \rightarrow n = \frac{30\omega}{\pi} \approx 9,55\omega \quad [\text{obr} / \text{min}]$$

## Uproszczony model silnika prądu stałego

Zadania: zbudować model numeryczny i wykonać symulację uruchomienia silnika. W oparciu o wykresy odpowiedzieć na pytania:

1. Jaką prędkość obrotową na biegu wolnym osiągnie silnik?
2. Po jakim czasie silnik osiągnie tę prędkość obrotową?
3. Jakie jest maksymalne natężenie prądu w uzwojeniach wirnika?
4. Jak zmieni się faza rozruchowa silnika, jeżeli zostanie on obciążony dodatkowym kołem na wirniku? (uwaga:  $J = J_w + J_o$ )



5. Jak zmieni się praca silnika na biegu jałowym jeżeli na skutek awarii łożyskowania opory zwiększą się 10 razy?