

AKADEMIA GÓRNICZO - HUTNICZA

WYDZIAŁ ELEKTROTECHNIKI, AUTOMATYKI,
INFORMATYKI I INŻYNIERII BIOMEDYCZNEJ

UKŁADY STEROWANIA INTELIGENTNEGO

TBD

Laboratorium przeprowadzili:

Magdalena KACZMARCZYK

Krzysztof KLIMEK

Jakub PORĘBSKI

Prowadzący:

DR HAB. INŻ. ADAM PIŁAT

18 października 2017



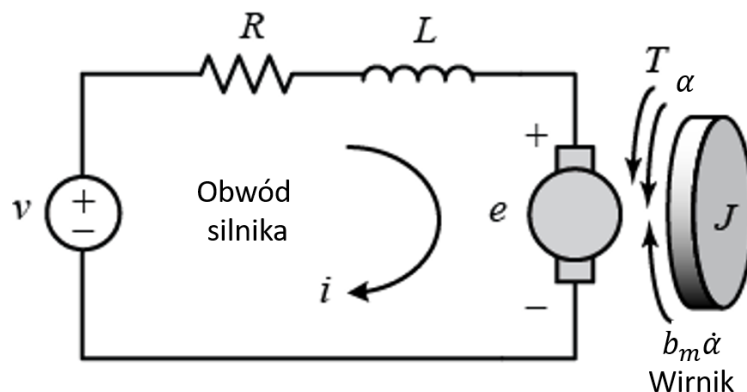
Spis treści

1. Model matematyczny obiektu	2
1.1. Ograniczenia	3
1.2. Model obiektu	3
2. Symulacje	4
3. Ocena jakości sterowania	4

1. Model matematyczny obiektu

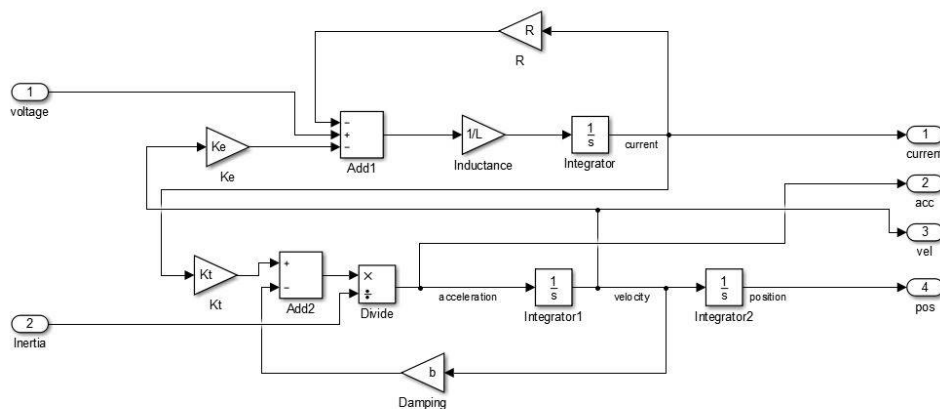
Obiekt stanowi silnik DC, który porusza ramieniem zakończonym chwytakiem ze szklanką. Parametry modelu:

- α – kąt,
- $\dot{\alpha}$ – prędkość kątowna,
- $\ddot{\alpha}$ – przyspieszenie kątowne rad/s^2 ,



Rys. 1: Schematyczny rysunek silnika prądu stałego. <http://ctms.engin.umich.edu/>.

Źródło:



Rys. 2: Schematyczny rysunek silnika prądu stałego.

Równania obiektu:

$$L \frac{di}{dt} = -Ri + V - e \quad (1)$$

$$J \frac{d^2\theta}{dt^2} = T - b \frac{d\theta}{dt} \quad (2)$$

$$e = K_e \frac{d\theta}{dt}, \quad T = K_t i \quad (3)$$

Co daje:

$$\frac{di}{dt} = \frac{1}{L} \left(-Ri + V - K_e \frac{d\theta}{dt} \right) \quad (4)$$

$$J \frac{d^2\theta}{dt^2} = \frac{1}{J} \left(K_t i - b \frac{d\theta}{dt} \right) \quad (5)$$

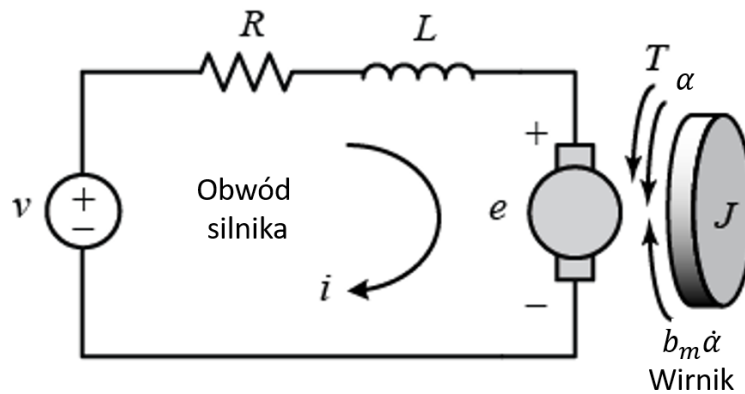
1.1. Ograniczenia

Zadaniem robota jest transport szklanki z cieczą z jednego punktu do drugiego, tak aby nie rozlać jej zawartości. Ograniczenie zostało nałożone na przyspieszenia ramienia, a jej maksymalna wartość wyraża się następującym wzorem:

$$\ddot{x}_{2max} = \frac{\Delta h_{glass} * g_{9.81}}{d_{glass} * r_{arm}} \quad (6)$$

1.2. Model obiektu

Silnik prądu stałego może zostać przybliżony poprzez połączenie szeregowo opornika o oporze R , cewki o indukcyjności L oraz źródła siły elektromotorycznej SEM (Rysunek 3).



Rys. 3: Schematyczny rysunek silnika prądu stałego. Źródło: <http://ctms.engin.umich.edu/>.

Wejściem układu jest napięcie zasilające siłownik silnika V , podczas gdy wyjściem jest kątowe położenie wału α .

Przyjęto następujące parametry fizyczne silnika:

- $b = 3,5077e-6 \text{ Nm/s}$ – stała cyrkulacyjna silnika,
- $K_e = 0,0274 \text{ V/rad/s}$ – stała siła elektromotoryczna,
- $K_t = 0,027 \text{ 4Nm/A}$ – stała momentu obrotowego silnika,
- $R = 4 \text{ ohm}$ – rezystancja elektryczna,
- $L = 2,75e-6 \text{ H}$ – indukcyjność elektryczna,
- I – zmienny moment bezwładności.

Moment bezwładności wyliczany jest z uwzględnieniem wymiarów fizycznych ramienia na podstawie twierdzenie Steinera.

Moment bezwładności ramienia z pustą szklanką

$$I_{empty} = 1/3 * glass_arm_mass * arm_length^2$$

oraz z napełnioną

$$I_{full} = I_{empty} + water_mass * arm_length^2$$

gdzie:

- $glass_arm_mass$ – masa ramienia,
- arm_length – długość ramienia.
- $water_mass$ – masa wody.

Przyjęte następujące wartości parametrów związanych z wymiarami szklani i znajdującą się w niej cieczy:

- $arm_length = 0,5\ m$ – długość ramienia,
- $glass_arm_mass = 2\ kg$ – masa ramienia,
- $glass_diameter = 0,07\ m$ – średnica szklanki,
- $glass_height = 0.1\ m$ – wysokość szklanki,
- $water_level = 0.07\ m$ – poziom cieczy,
- $water_density = 1000\ kg/m^3$ – gęstość cieczy.

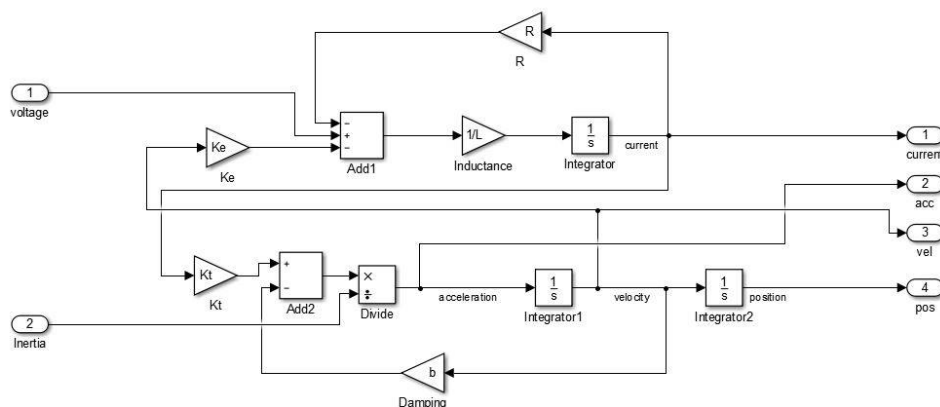
Moment obrotowy silnika jest proporcjonalny do prądu, a stała proporcjonalności jest K_t , jak pokazano poniżej:

$$T = K_t i$$

Siła elektromotoryczna jest proporcjonalna do prędkości kątowej wału przez stały współczynnik K_b .

$$e = K_e \dot{\alpha}$$

Zamodelowanie powyższych równań w Simulinku pozwoliło na symulacje pracy silnika i obserwacje położenia, prędkości oraz przyspieszenia układu na zadane sterowanie. Dodatkowo w układzie zastosowano regulator proporcjonalny, o wzmacnieniu $K=2$.



Rys. 4: Model silnika prądu stałego.

2. Symulacje

Przy użyciu zbudowanego modelu przeprowadzono symulację zmieniając zadane położenie ramienia robota. Najpierw robot przenosi pełną szklankę, a potem tą samą drogą wraca do położenia początkowego z opróżnionym naczyniem.

3. Ocena jakości sterowania

Do oceny jakości sterowania zastosowano trzy wskaźniki jakości biorąc pod uwagę :

- uchyb regulacji

- czas sterowania
- zużycie energii.

Poniżej przedstawiono uzyskane wyniki.

Przyjęto, że dopuszczalny uchyb regulacji to 0.01 m, więc uzyskany wynik..

Zużycie energii liczone było ze wzoru $U * I * t$