Akademia Górniczo-Hutnicza
im. Stanisława Staszica w Krakowie

Laboratorium problemowe

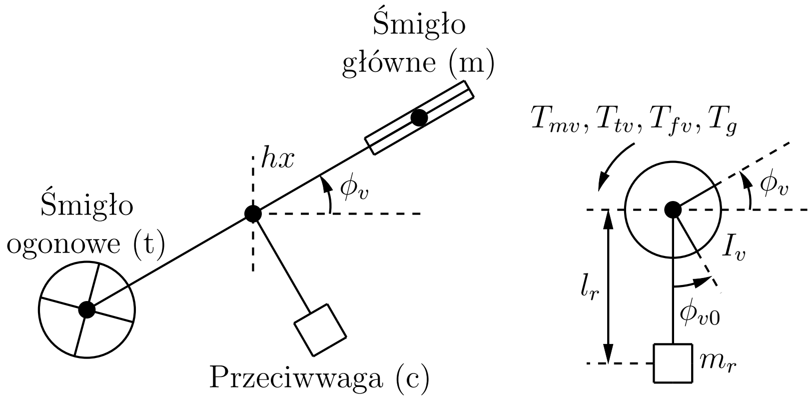
TRAS

Autorzy:
Konrad Adasiewicz
Filip Kubicz

Plan działania:

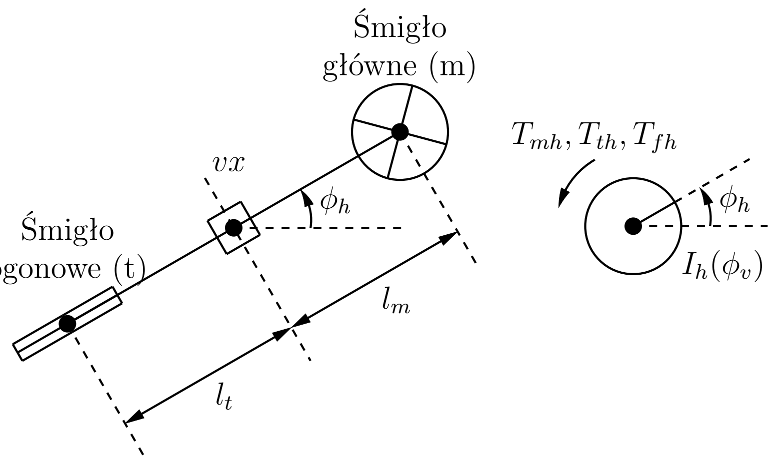
1. Obsługa enkoderów.
2. Obsługa tachoprądnicy.
3. Sterowanie silników.
4. Obliczenie analityczne parametrów I_h, I_v.
5. Identyfikacja parametrów oraz zależności:
   - tarcie (wahadła) k_m, k_v
   - charakterystyki $F_m, F_t, \omega_m, \omega_t$
6. Synteza regulatorów.
7. Badania symulacyjne.
8. Weryfikacja modelu – zamiana modelu na sprzęt.
9. Realizacja zadania stabilizacji statycznej lub dynamicznej.
10. Ocena jakości regulacji i dyskusja nad użytymi regulatorami.

1 Model matematyczny obiektu TRAS



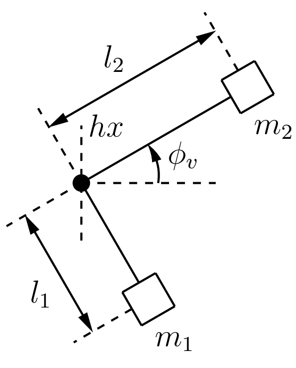
(a) Urządzenie (widok z boku) (b) Model

Rysunek 1: Schemat systemu TRAS w płaszczyźnie pionowej



(a) Urządzenie (widok z góry) (b) Model

Rysunek 2: Schemat systemu TRAS w płaszczyźnie poziomej



Rysunek 3: Model układu mas dla momentu bezwładności $I_h(\phi_v)$

Momenty działające na helikopter w płaszczyźnie pionowej:

$$\begin{cases} T_{mv} & = l_m F_m(\omega_m) \\ T_{tv} & = a_{tv}\omega_t \\ T_{fv} & = -f_v\dot{\phi}_v \\ T_g & = -l_r m_r g \sin(\phi_v - \phi_{v0}) \end{cases} \tag{1}$$

Momenty działające na helikopter w płaszczyźnie poziomej:

$$\begin{cases} T_{mh} & = a_{mh}\omega_m \cos\phi_v \\ T_{th} & = l_t F_t(\omega_t)\cos\phi_v \\ T_{fh} & = -f_h\dot{\phi}_h \end{cases} \tag{2}$$

Równania dynamiki modelu:

$$\begin{cases} \ddot{\phi}_v I_v & = T_{mv} + T_{tv} + T_{fv} + T_g \\ \ddot{\phi}_h I_h(\phi_v) & = T_{mh} + T_{th} + T_{fh} \end{cases} \tag{3}$$

Równania dynamiki silników:

$$\begin{cases} \dot{\omega}_m a_m & = u_m - H_m^{-1}(\omega_m) \\ \dot{\omega}_t a_t & = u_t - H_t^{-1}(\omega_t) \end{cases} \tag{4}$$

Dokonując pewnych przekształceń, dostajemy układ równań dynamiki kompletnego systemu:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 & = x_2 \\ \dot{x}_2 I_v & = l_m F_m(x_5) + a_{tv}x_6 - f_v x_2 - l_r m_r g \sin(x_1 - \phi_{v0}) \\ \dot{x}_3 & = x_4 \\ \dot{x}_4 I_h(x_1) & = (a_{mh}x_5 + l_t F_t(x_6))\cos x_1 - f_h x_4 \\ \dot{x}_5 a_m & = u_m - H_m^{-1}(x_5) \\ \dot{x}_6 a_t & = u_t - H_t^{-1}(x_6) \end{cases} \tag{5}$$

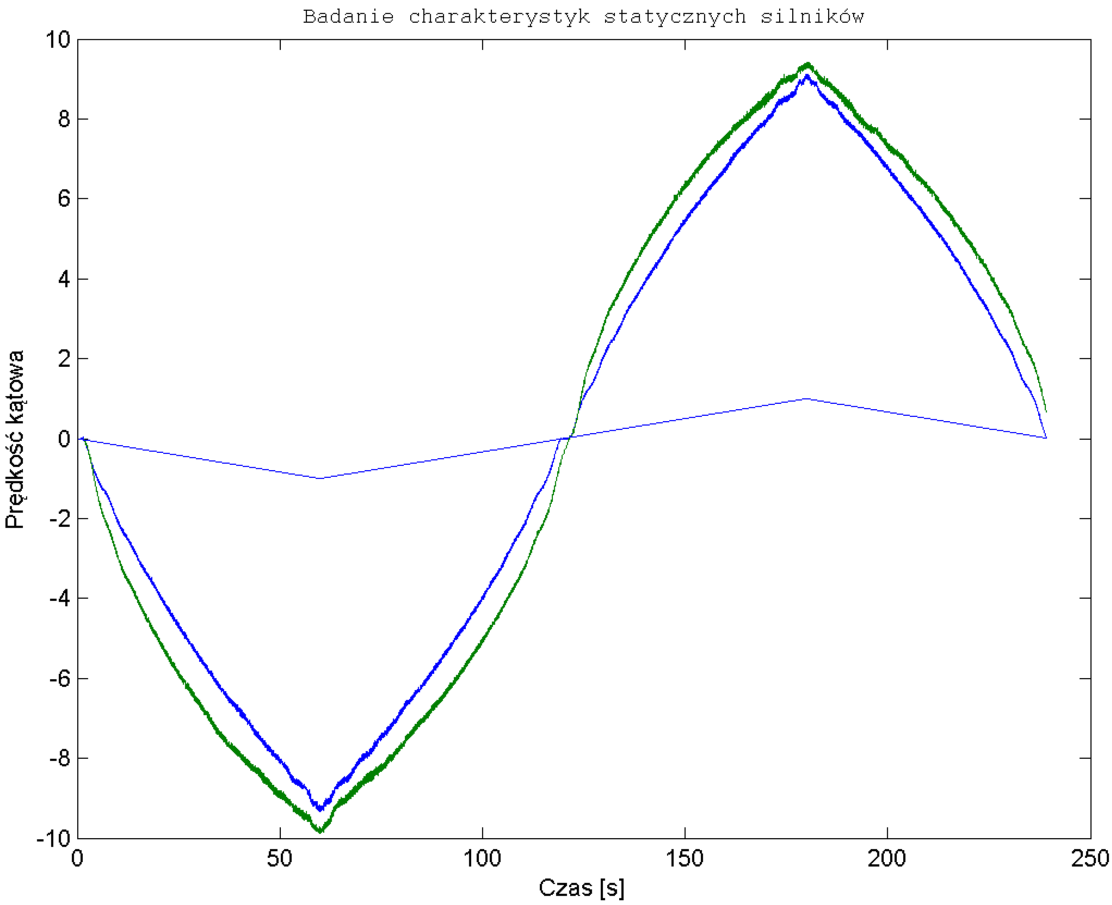
2 Identyfikacja charakterystyk statycznych

Aby wykorzystać zaproponowany w rozdziale 1 model, trzeba wiedzieć jak zależą prędkości śmigieł od napięć sterujących oraz jak siła ciągu śmigieł zależy od ich prędkości obrotu. W tym celu należy wyznaczyć charakterystyki statyczne $\omega_m(U_m), \omega_t(U_t), F_m(\omega_m)$ i $F_t(\omega_t)$

2.1 Zależność prędkości śmigieł od napięcia

Zbadanie zależności $\omega_m(U_m)$ i $\omega_t(U_t)$ polegało na przeprowadzeniu eksperymentu przedstawionego na wykresie 4. Podczas trwającego 240 sekund doświadczenia liniowo zmieniano napięcie zasilające silniki przy śmigłach i mierzono prędkość wyjściową z użyciem tachoprądnicy. Powoli zmieniające się sterowanie pozwalało na obserwację prędkości silników w przybliżeniu "ustalonej"po każdej niewielkiej zmianie.

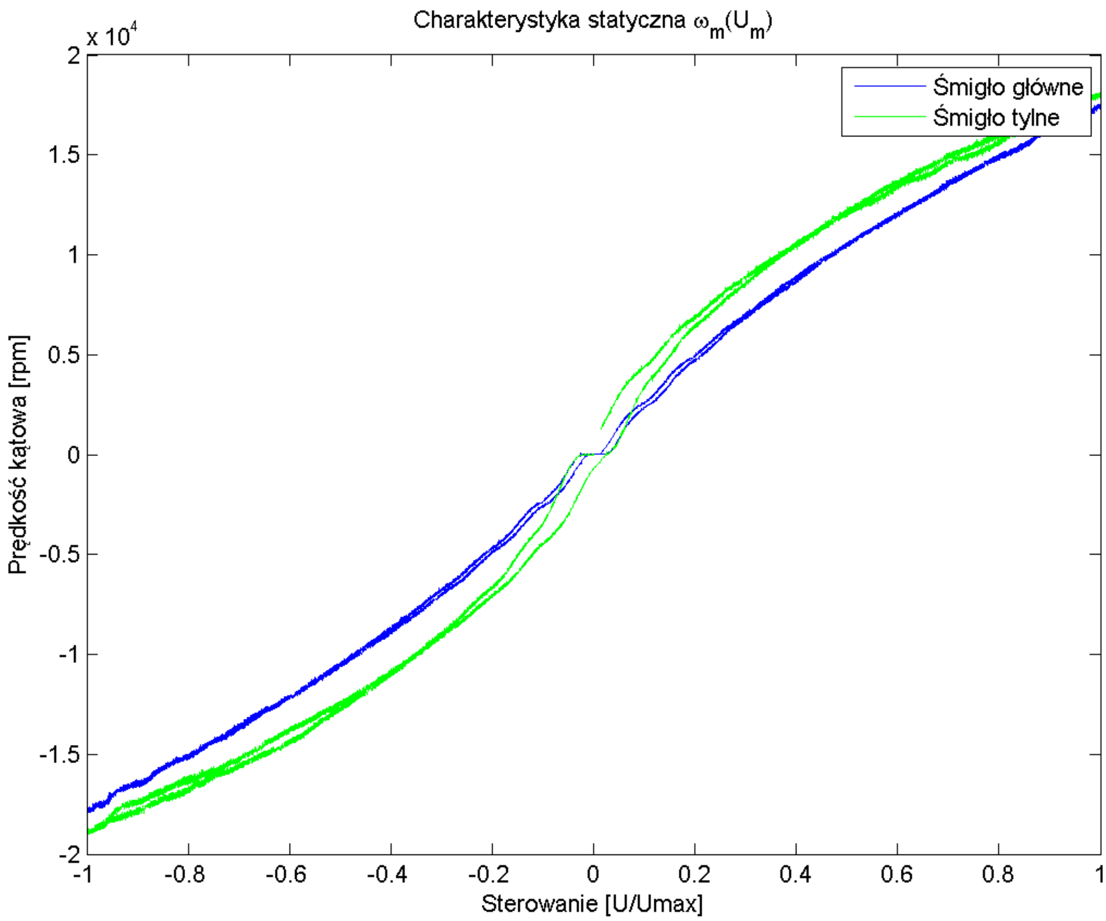
Założono, że tachoprądnica wskazuje zmianę napięcia o 0.52V na każde 1000 rpm zmiany prędkości obrotowej, zgodnie z dokumentacją.



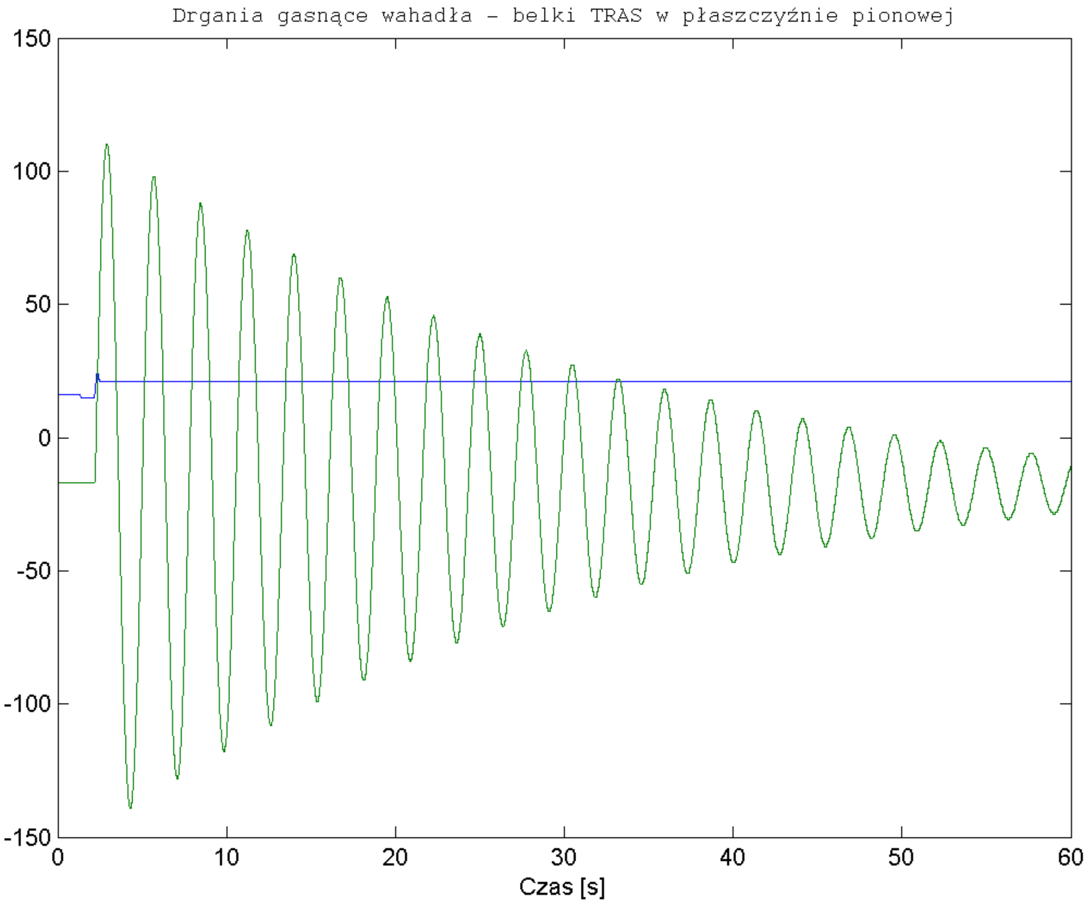
Rysunek 4: Eksperyment wyznaczenia charakterystyk prędkości od napięcia przy zablokowanych osiach

Charakterystyki prędkości w funkcji sterowania przedstawia wykres 5. Na wykresie widoczna jest histereza, większa w przypadku śmigła tylnego. Oznacza to, że śmigło ma inną prędkość dla tego samego napięcia zależnie od tego, czy właśnie się rozpędza, czy zwalnia.

2.2 Oszacowanie wpływu tarcia na układ



Rysunek 5: Eksperyment wyznaczenia charakterystyk prędkości od napięcia przy zablokowanych osiach



Rysunek 6: Identyfikacja oporów tarcia belki w płaszczyźnie pionowej