



Maciej TROJNACKI, mtrójnacki@piap.pl, Przemysław DĄBEK, pdabek@piap.pl
Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów PIAP, Warszawa



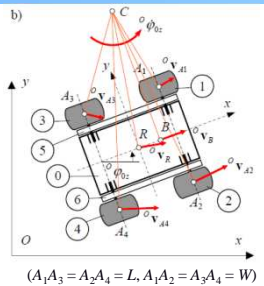
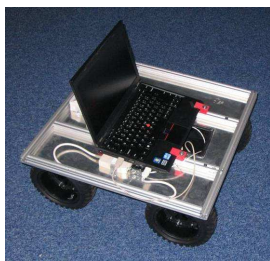
Badania symulacyjne i doświadczalne ruchu robota kołowego SCOUT podczas manewru zakręcenia

1. Cel i zakres pracy

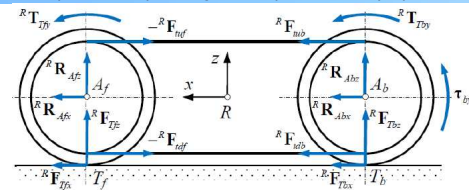
- badania symulacyjne i doświadcz. ruchu robota podczas zakręcenia;
- sposób napędzania robota:
 - hybrydowy układ jezdny kołowo-gąsienicowy;
- analizowany ruch:
 - manewr zakręcenia w prawo
- analizowane rodzaje podłoża:
 - wykładzina dywanowa,
 - wykładzina PVC.

2. Robot SCOUT i jego model dynamiki

- Konstrukcja i struktura kinematyczna robota



- Wymiary: $L = 0,35$ m, $W = 0,386$ m, $r_j = 0,0965$ m.
- Masy: $m_0 = 15,02$ kg, $m_i = 0,66$ kg.
- Model przekładni pasowej wraz z przednimi i tylnymi kołami jezdnymi



- Kolejność obliczeń:
 - określenie współczynników przyczepności i oporu toczenia;
 - obliczenie deformacji promieniowej opony;
 - wyznaczenie składowych normalnych sił reakcji działających na koła jezdne od podłoża:

$${}^T F_z = k_f \Delta r_i + c_f \operatorname{sgn}(\Delta r_i) \Delta \dot{r}_i$$

- obliczenie wartości poślizgu wzdłużnego dla kół jezdnych:

$$\lambda_i^* = \begin{cases} -1 & \text{dla } \tau_{xy} \geq 0, \dot{\theta}_i^* \neq 0, \dot{\theta}_i = 0, \\ (\dot{\theta}_i - \dot{\theta}_i^*) / \dot{\theta}_i^* & \text{dla } \tau_{xy} < 0, \dot{\theta}_i^* \neq 0, \\ 0 & \text{dla } \dot{\theta}_i^* = 0, \dot{\theta}_i = 0, \\ (\dot{\theta}_i - \dot{\theta}_i^*) / \dot{\theta}_i & \text{dla } \tau_{xy} \geq 0, \dot{\theta}_i \neq 0, \\ 1 & \text{dla } \tau_{xy} < 0, \dot{\theta}_i^* = 0, \dot{\theta}_i \neq 0, \end{cases}$$

- wyznaczenie wartości składowych sił i momentów sił reakcji ${}^T F_x, {}^T F_y, {}^T T_z$ w miejscach kontaktu kół jezdnych z podłożem z modelu opony na bazie tzw. zależności „Magic Formula” H.B. Pacejki [2];
- obliczenie momentu oporów toczenia:

$${}^T T_z = -\sum_i F_z r_i f_{r,i} \operatorname{sgn}(\dot{\theta}_i)$$

- obliczenie sił i momentów sił pochodzących od paszków zębatych:

$${}^R \mathbf{F}_{Ai} = {}^R \mathbf{F}_{Ai} + {}^R \mathbf{F}_{Ai} \quad {}^R \mathbf{T}_{Ai} = {}^R \mathbf{T}_{Ai} + {}^R \mathbf{T}_{Ai} + {}^R \mathbf{T}_{Ai} \times {}^R \mathbf{F}_{Ai}$$

$${}^R \mathbf{F}_{Ai} = -{}^R \mathbf{F}_{Aj} = [F_{cs}, 0, 0]^T \quad F_{cs} = k_f \Delta l_{cs} \quad \Delta l_{cs} = \max(\Delta l_0 \pm (\theta_j - \theta_i) r_j, 0)$$

- zredukowanie sił i momentów sił reakcji działających na koła jezdne do początków układów odniesienia tych kół;
- obliczenie z dynamicznych równań ruchu parametrów kątowych obrotu kół jezdnych i reakcji osi tych kół:

$$m_i {}^R \mathbf{a}_i^O = {}^R \mathbf{F}_{Ai} + {}^R \mathbf{F}_{Bi} + {}^R \mathbf{R}^{(i)} + m_i {}^R \mathbf{g}$$

$$\mathbf{I}_i ({}^R \ddot{\theta}_i + {}^R \dot{\theta}_i \dot{\phi}_i^O) + ({}^R \ddot{\theta}_i + {}^R \dot{\theta}_i \dot{\phi}_i^O) \times \mathbf{I}_i ({}^R \dot{\theta}_i + {}^R \dot{\theta}_i \dot{\phi}_i^O) = {}^R \mathbf{T}_{Ai} + {}^R \mathbf{T}_{Bi} + {}^R \mathbf{M}_{Ai}^{(i)} + {}^R \mathbf{M}_{Bi}^{(i)}$$

- wyznaczenie parametrów ruchu platformy mobilnej z równań:

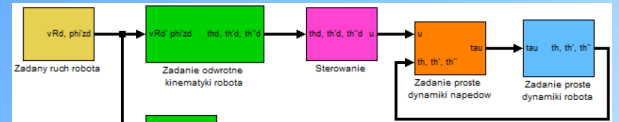
$$m_r {}^R \mathbf{a}_{CM}^O = \sum_i {}^R \mathbf{F}_{Ai} + m_r {}^R \mathbf{g} \quad \mathbf{I}_R ({}^R \ddot{\phi}^O + {}^R \dot{\phi}^O \times \mathbf{I}_R {}^R \dot{\phi}^O) = \sum_i ({}^R \mathbf{T}_{Ai} + ({}^R \mathbf{r}_{Ai} - {}^R \mathbf{r}_{CM}) \times {}^R \mathbf{F}_{Ai})$$

Literatura

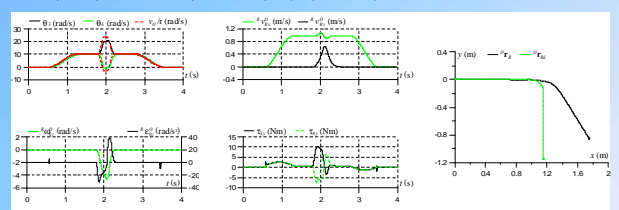
1. Andrzejewski R.: *Dynamika pneumatycznego koła jezdnego*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne Sp. z o.o., Warszawa, 2010.
2. Pacejka H.B.: *Tire and Vehicle Dynamics*. 2nd Edition, SAE International and Elsevier, 2005.
3. Wong J.Y.: *Theory of Ground Vehicles*. 3rd Edition ed, 2001, Wiley-Interscience.

3. Badania symulacyjne

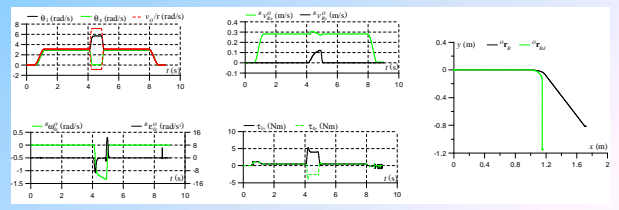
Schemat modelu robota SCOUT w środowisku Matlab/Simulink



Ruch po wykładzinie dywanowej z prędkością 1 m/s

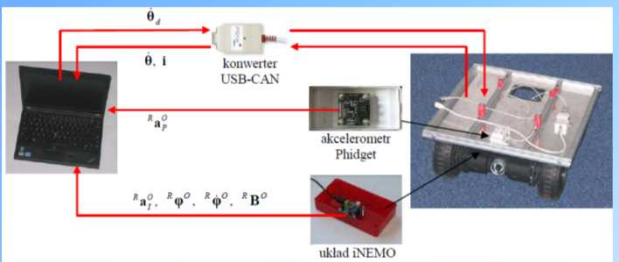


Ruch po wykładzinie PVC z prędkością 0,3 m/s

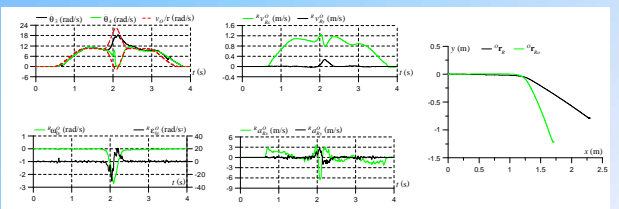


4. Badania doświadczalne

Środowisko badawcze



Ruch po wykładzinie dywanowej z prędkością 1 m/s



Ruch po wykładzinie PVC z prędkością 0,3 m/s

