Katedra Mechaniki Stosowanej i Robotyki
Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa, Politechnika Rzeszowska

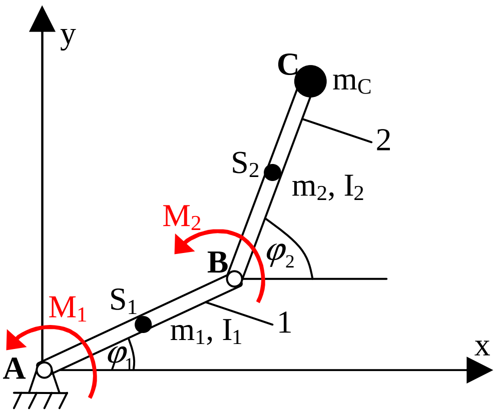
Laboratorium Sterowania Robotów

Laboratorium nr 04

Temat: Zadanie proste i odwrotne dynamiki manipulatora dwuczłonowego

Wprowadzenie

Dany jest manipulator dwuczłonowy z parami obrotowymi pokazany na rys.1.



$AB=l_1$
$BC=l_2$
$AS_1=l_{c1}$
$BS_2=l_{c2}$
S_1, S_2 to środki mas członów 1 i 2
m_1, m_2, m_C, to masy członów 1, 2 oraz chwytaka
I_1, I_2 to masowe momenty bezwładności członów 1 i 2 określone względem ich środków mas

Rys. 1. Manipulator 2-członowy z parami obrotowymi

Dynamiczne równania ruchu manipulatora ze sztywnymi członami mają następującą postać

$$\mathbf{M}(\mathbf{q})\ddot{\mathbf{q}}+\mathbf{C}(\mathbf{q},\dot{\mathbf{q}})\dot{\mathbf{q}}+\mathbf{F}(\dot{\mathbf{q}})+\mathbf{G}(\mathbf{q})=\mathbf{u}, \tag{1}$$

gdzie: $\mathbf{q}$ - wektor współrzędnych uogólnionych, $\mathbf{u}$ - wektor sterowań, $\mathbf{M}(\mathbf{q})$ - macierz bezwładności, $\mathbf{C}(\mathbf{q},\dot{\mathbf{q}})\dot{\mathbf{q}}$ - wektor momentów pochodzących od sił odśrodkowych i Coriolisa, $\mathbf{F}(\dot{\mathbf{q}})$ - wektor oporów ruchu, $\mathbf{G}(\mathbf{q})$ - wektor sił grawitacji.
Wektory i macierze mają następującą formę

$$\mathbf{q}=\begin{bmatrix} q_1 \\ q_2 \end{bmatrix}, \qquad \mathbf{u}=\begin{bmatrix} M_1 \\ M_2 \end{bmatrix}, \qquad \mathbf{M}(\mathbf{q})=\begin{bmatrix} a_1 & a_2\cos(q_2-q_1) \\ a_2\cos(q_2-q_1) & a_3 \end{bmatrix},$$
$$\mathbf{C}(\mathbf{q},\dot{\mathbf{q}})=\begin{bmatrix} 0 & -a_2\sin(q_2-q_1)\dot{q}_2 \\ a_2\sin(q_2-q_1)\dot{q}_1 & 0 \end{bmatrix}, \tag{2}$$
$$\mathbf{F}(\mathbf{q})=\begin{bmatrix} a_4\dot{q}_1 \\ a_5\dot{q}_2 \end{bmatrix}, \qquad \mathbf{G}(\mathbf{q})=\begin{bmatrix} a_6\cos q_1 \\ a_7\cos q_2 \end{bmatrix},$$

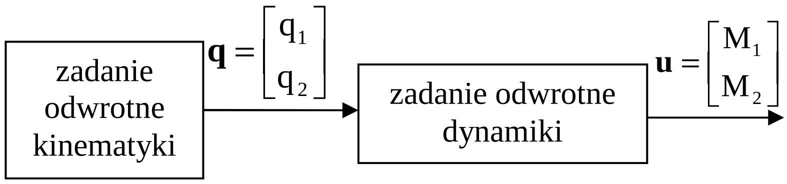
gdzie

$$a_1=m_1l_{c1}^2+(m_2+m_C)l_1^2+I_1, \qquad a_2=(m_2l_{c2}+m_Cl_2)l_1, \qquad a_3=m_2l_{c2}^2+m_Cl_2^2+I_2,$$
$$a_4=f_1, \qquad a_5=f_2, \qquad a_6=(m_1l_{c1}+m_2l_1+m_cl_1)g, \qquad a_7=(m_2l_{c2}+m_cl_2)g. \tag{3}$$

Wielkości f_1 i f_2 to współczynniki oporów ruchu.

Zadania do wykonania

1. Wykorzystać zbudowany model zadania odwrotnego kinematyki manipulatora dwuczłonowego.
2. Na podstawie zależności (1) zbudować z wykorzystaniem pakietu Matlab/Simulink model realizujący zadanie odwrotne dynamiki robota w następującym układzie:

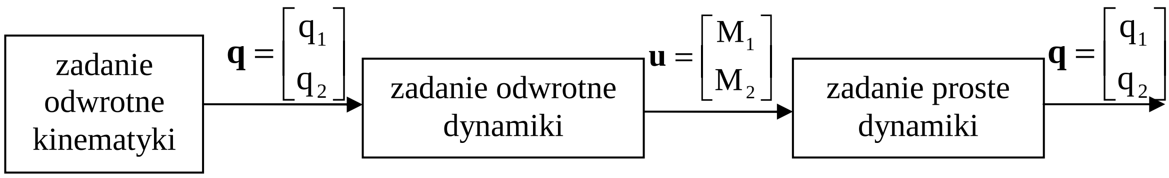


Rys. 2. Schemat zadania.

3. W oparciu o równanie (1) wyznaczyć:

$$\ddot{\mathbf{q}} = \mathbf{M}^{-1}(\mathbf{q})[\mathbf{u} - \mathbf{C}(\mathbf{q},\dot{\mathbf{q}})\dot{\mathbf{q}} - \mathbf{F}(\dot{\mathbf{q}}) - \mathbf{G}(\mathbf{q})]. \tag{4}$$

4. Na podstawie zależności (4) zbudować z wykorzystaniem pakietu Matlab/Simulink model realizujący zadanie proste dynamiki w układzie podanym na rys. 3. Uwzględnić warunki początkowe.



Rys. 3. Schemat zadania.

5. Przedstawić na wykresach przebiegi $q_1(t)$, $q_2(t)$, $\dot{q}_1(t)$, $\dot{q}_2(t)$, $\ddot{q}_1(t)$ i $\ddot{q}_2(t)$ uzyskane z rozwiązania zadania odwrotnego kinematyki, przebiegi momentów napędzających $M_1(t)$ i $M_2(t)$ otrzymane w wyniku rozwiązania zadania odwrotnego dynamiki, przebiegi $q_1(t)$, $q_2(t)$, $\dot{q}_1(t)$, $\dot{q}_2(t)$, $\ddot{q}_1(t)$ i $\ddot{q}_2(t)$ otrzymane w wyniku rozwiązania zadania prostego dynamiki.

Sprawozdanie powinno zawierać opracowanie powyższych punktów i wnioski.

Dane do symulacji:

	A	B	C	D	E	F	G	H
a	$\begin{bmatrix} 0.03 \\ 0.0001 \\ 0.04 \\ 0.5 \\ 0.5 \\ 0.04 \\ 0.02 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0.05 \\ 0.0002 \\ 0.03 \\ 0.6 \\ 0.4 \\ 0.05 \\ 0.03 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0.05 \\ 0.0002 \\ 0.03 \\ 0.3 \\ 0.3 \\ 0.04 \\ 0.03 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0.07 \\ 0.001 \\ 0.06 \\ 0.4 \\ 0.4 \\ 0.07 \\ 0.05 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0.08 \\ 0.0006 \\ 0.08 \\ 0.2 \\ 0.2 \\ 0.09 \\ 0.09 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0.05 \\ 0.0006 \\ 0.03 \\ 0.8 \\ 0.8 \\ 0.03 \\ 0.02 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0.02 \\ 0.001 \\ 0.03 \\ 0.4 \\ 0.6 \\ 0.03 \\ 0.02 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0.04 \\ 0.0003 \\ 0.07 \\ 0.3 \\ 0.2 \\ 0.05 \\ 0.02 \end{bmatrix}$