

4. Hashin Z., Shtrikman S. On some variational principles in anisotropic and nonhomogeneous elasticity // J. Mech. Phys. Solids. - 1962. - 10, N 4. - 335 p.
5. Jeh R.H.T. Variational bounds of unidirectional fiberreinforces composites // J. Appl. Phys. - 1973. - 44, N 2. - 662 p.
6. Hill R. Theory of mechanical properties of fibre-strengthened materials I. elastic behaviour // J. Mech. Phys. Solids. - 1964. - 12, N 4. - 199 p.

ГИУА

24.05.1996

Изв. НАН и ГИУ Армении (сер. ТН), т. XLIX, № 2, 1996, с. 63- 66.

УДК 621.9.06.012

МАШИНОСТРОЕНИЕ

З.А. МАНВЕЛЯН

РАСЧЕТ ДИНАМИКИ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА АВТОМАТИЧЕСКОГО МАНИПУЛЯТОРА

Մանիպուլյատորի մախագծման ուղղագծային հարմարադասման փուլում նոր ստեղծվող կառուցվածքը վերջնականորեն կարելի է գնահատել միայն դինամիկական հաշվարկի հիման վրա. որտեղ հաշվի են առնվում արագության փոփոխությունը և շարժվող զանգվածների իներտությունը: Ստացված բանձները հնարավորություն են ընձեռում մախագծման փուլում հիմնավորված ընտրելու մանիպուլյատորի շարժաբերի պարամետրերը, քանի որ կարելի է հաշվարկել այն ճիգերն ու մոմենտները որոնք զարգացնում է մանիպուլյատորի շարժաբերը:

На стадии эскизного проектирования создаваемый вариант конструкции манипулятора окончательно можно оценить лишь на основе динамических расчетов, при которых учитываются изменение скорости в процессе движения и инертность движущихся масс. Полученные формулы позволяют на стадии проектирования обоснованно выбирать параметры приводов механизмов манипулятора, так как можно рассчитать моменты и усилия, развиваемые приводами.

Ил. 1. Библиогр.: 4 назв.

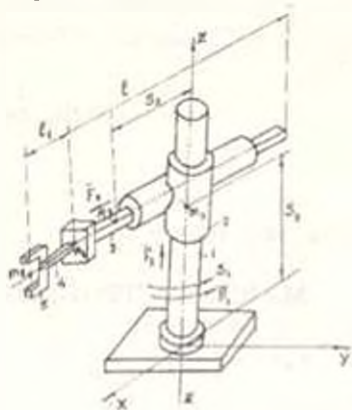
In sketch design stage this manipulator construction can definitively be estimated only on the basis of dynamic calculations and the change of the speed in motion process and inertia of moving masses are taken into account. The obtained formulas permitted to select the parameters of the manipulator mechanism drives on the stage of designing, as it is possible to calculate the moment and force developed by the drives.

Ил 1. Ref. 4.

Исполнительные механизмы манипуляторов являются механическими системами со сложным динамическим поведением, определяющими взаимодействие отдельных степеней подвижности и нелинейные эффекты, обусловленные кориолисовыми и центробежными силами.

Возросшие требования к качеству функционирования роботов, увеличение скоростей их движения и требуемой точности приводят к необходимости учета динамических характеристик манипуляторов при построении систем управления и конструкции манипулятора. Еще на стадии эскизного проектирования создаваемый вариант конструкции манипулятора

окончательно можно оценить лишь на основе динамических расчетов, при которых учитываются как изменение скорости в процессе движения, так и инертность движущихся масс.



Рис

манипулятора, работающего в цилиндрической системе координат (рис.). На основе использования этой схемы построены манипуляторы многих отечественных и зарубежных роботов [1 - 4]. В составе такого манипулятора, обладающего четырьмя и более степенями подвижности, имеются механизмы: поворота траверсы 1, подъема каретки 2, выдвижения штанги руки 3 и непосредственно захвата 4, предназначенного для взятия и удержания рабочего груза 5. Региональные движения захвата, связанные с перемещениями груза в рабочей зоне, осуществляются с помощью первых трех механизмов.

Составим уравнения движения механизмов манипулятора. Для этого воспользуемся системой уравнений второго рода, которая в случае идеальных связей при числе степеней подвижности, равном трем, запишется в следующем виде:

$$\begin{cases} \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial W}{\partial \dot{S}_1} \right) - \frac{\partial W}{\partial S_1} = T_1, \\ \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial W}{\partial \dot{S}_2} \right) - \frac{\partial W}{\partial S_2} = T_2, \\ \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial W}{\partial \dot{S}_3} \right) - \frac{\partial W}{\partial S_3} = T_3, \end{cases} \quad (1)$$

где S_1 — угловое перемещение траверсы манипулятора относительно основания; S_2 , S_3 — линейные перемещения каретки относительно траверсы и штанги руки при ее выдвижении относительно каретки подъема; T_1 , T_2 , T_3 — обобщенные силы; W — кинематическая энергия рассматриваемой системы манипулятора, равная

$$W = W_1 + W_2 + W_3. \quad (2)$$

При этом

$$W_1 = \frac{1}{2} J_{1z} \dot{S}_1^2. \quad (3)$$

$$W_2 = \frac{1}{2} J_{2z} \dot{S}_1^2 + \frac{1}{2} m_2 \dot{S}_2^2, \quad (4)$$

где J_{1z} , J_{2z} — моменты инерции звена 1 и каретки относительно оси z ; S_1 , S_2 — скорости поворота траверсы и подъема каретки; m_2 — масса каретки.

Для определения кинетической энергии звена, жестко связанного с захватом и рабочим грузом, воспользуемся теоремой Штейнера

$$J_{iz} = J_i + m_i d^2, \quad (5)$$

где d — расстояние между параллельными осями, проходящими через центры масс звеньев 3 и 5 параллельно оси вращения z .

Тогда

$$W_3 = \frac{1}{2} \left[\sum_3^5 J_i + m_3 S_3^2 + m_4 \left(S_3 + \frac{\ell}{2} \right)^2 + m_5 \left(S_3 + \frac{\ell}{2} + \ell_1 \right)^2 \right] \dot{S}_1^2 + \frac{1}{2} m_{\Sigma r} (\dot{S}_2^2 + \dot{S}_3^2), \quad (6)$$

где J_i , $i = 3, 4, 5$ — момент инерции соответственно штанги руки, захвата и рабочего груза относительно осей, проходящих через центры масс этих тел и

параллельных оси вращения z ; m_i , $m_{\Sigma r} = \sum_3^5 m_i$ — массы штанги руки,

захвата, рабочего груза и горизонтально перемещаемых деталей; ℓ — длина штанги руки; ℓ_1 — расстояние между центрами масс захвата и рабочего груза.

Обозначим

$$J_{1z} + J_{2z} + \sum_3^5 J_i + m_4 \frac{\ell^2}{4} + m_5 \left(\frac{\ell}{2} + \ell_1 \right)^2 = J. \quad (7)$$

Тогда кинетическая энергия W запишется в виде

$$W = \frac{1}{2} \{ J + m_{\Sigma r} S_3^2 + [m_4 \ell + m_5 (\ell + 2\ell_1)] S_3 \} \dot{S}_1^2 + \frac{1}{2} (m_{\Sigma v} \dot{S}_2^2 + m_{\Sigma r} \dot{S}_3^2), \quad (8)$$

где $m_{\Sigma v} = \sum_2^5 m_i$ — массы вертикально перемещаемых деталей манипулятора.

Разделив и умножив левую и правую части выражения (8) на $m_{\Sigma r}$, получим

$$W = \frac{1}{2} (J + m_{\Sigma r} S_3^2 + m_{\Sigma r} S_3 \ell^1) \dot{S}_1^2 + \frac{1}{2} (m_{\Sigma v} \dot{S}_2^2 + m_{\Sigma r} \dot{S}_3^2), \quad (9)$$

где величина

$$\ell^1 = \frac{1}{m_{\Sigma\Gamma}} [m_4 \ell + m_5 (\ell + 2\ell_1)] \quad (10)$$

является постоянной для данной кинематической схемы манипулятора.

Производные от W , входящие в уравнения Лагранжа, имеют вид

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial W}{\partial S_1} &= 0, \quad \frac{\partial W}{\partial S_2} = 0, \quad \frac{\partial W}{\partial S_3} = \frac{m_{\Sigma\Gamma}}{2} (2S_3 + \ell^1) \dot{S}_1^2, \\ \frac{\partial W}{\partial \dot{S}_1} &= (J + m_{\Sigma\Gamma} S_3^2 + m_{\Sigma\Gamma} S_1 \ell^1) \dot{S}_1; \quad \frac{\partial W}{\partial \dot{S}_2} = m_{\Sigma\Gamma} \dot{S}_2; \quad \frac{\partial W}{\partial \dot{S}_3} = m_{\Sigma\Gamma} \dot{S}_3, \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial W}{\partial \dot{S}_1} \right) &= m_{\Sigma\Gamma} (2S_3 + \ell^1) \dot{S}_1 \dot{S}_3 + (J + m_{\Sigma\Gamma} S_3^2 + m_{\Sigma\Gamma} S_1 \ell^1) \ddot{S}_1, \\ \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial W}{\partial \dot{S}_2} \right) &= m_{\Sigma\Gamma} \ddot{S}_2, \quad \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial W}{\partial \dot{S}_3} \right) = m_{\Sigma\Gamma} \ddot{S}_3. \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

Обобщенные силы представим в виде

$$T_1 = F_1, \quad T_2 = F_2 - m_{\Sigma\Gamma} g, \quad T_3 = F_3,$$

где F_1 , F_2 , F_3 — усилия (моменты) приводов механизмов поворота, подъема и выдвижения; g — ускорение центра тяжести.

Применяя оператор Лагранжа, получим решение уравнений динамики региональных движений

$$\left\{ \begin{aligned} F_1 &= J \ddot{S}_1 + m_{\Sigma\Gamma} [S_3 (S_3 + \ell^1) \ddot{S}_1 + (2S_3 + \ell^1) \dot{S}_1 \dot{S}_3], \\ F_2 &= m_{\Sigma\Gamma} (\ddot{S}_2 + g), \\ F_3 &= m_{\Sigma\Gamma} \left[\ddot{S}_3 - \left(S_1 - \frac{\ell^1}{2} \right) \dot{S}_1^2 \right] \end{aligned} \right. \quad (13)$$

Полученные уравнения (13) позволяют на стадии проектирования обоснованно выбирать параметры приводов механизмов региональных движений манипулятора, так как можно рассчитать моменты и усилия, развиваемые приводами, и обеспечить заданный закон движения в определенный момент времени t в наиболее неблагоприятных, с точки зрения динамики, положениях звеньев механизмов манипуляторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Устройство промышленных роботов / Е. И. Юревич, Б. Г. Аветиков, О. Б. Корытко и др. - Л.: Машиностроение, 1980. - 333 с.
2. Белянин П. Н. Промышленные роботы. - М.: Машиностроение, 1975. - 400 с.
3. Воицкий Е. А. Расчет и конструирование механизмов приборов и систем. - М.: Высшая школа, 1980. - 463 с.
4. Элементы приборных устройств: Курсовое проектирование / Под ред. О. Ф. Тищенко. - М.: Высшая школа, 1978; Ч. 1. - 328 с.; Ч. 2. - 232 с.