Воронин Юрий Юрьевич

ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МАНИПУЛЯЦИОННЫМ РОБОТОМ С ЛОКАЛЬНЫМИ РЕГУЛЯТОРАМИ

Манипуляционный робот представляет собой сложную многомерную систему. В работе предлагается новый подход к построению линейного управления манипулятором за счет применения локальных регуляторов. Это дает возможность получить простое, но достаточно эффективное управление роботом. Используются преимущества линейного управления, анализируется устойчивость.

Источник

Альманах современной науки и образования

Тамбов: Грамота, 2014. № 3 (82). C. 50-52. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: www.gramota.net/editions/1.html

Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/1/2014/3/

ON ISSUE OF CALCULATIONS OF LIQUID-GAS OBSTRUCTION STRUCTURES PASSING FREQUENCY IN FIELD PIPELINES

Vasil'ev Dmitrii Sergeevich
Kuban State Technological University
dim-vas@mail.ru

Owing to the great influence of hydrocarbon streams structures transported through pipes on the safe operation of field oil and gas pipelines, dependences and formulas, which are based on the results of conducted experiments and allow calculating obstruction mode parameters that are interesting for engineers, are developed. In this article the methods of the calculation of liquid-gas obstruction structures passing frequency in the pipeline, which give satisfactory results in relation to accuracy, are shown.

Key words and phrases: pipeline; liquid-gas mixture; obstruction structure; passing frequency; calculation formulas.

УДК 007.5
Технические науки

Манипуляционный робот представляет собой сложную многомерную систему. В работе предлагается новый подход к построению линейного управления манипулятором за счет применения локальных регуляторов. Это дает возможность получить простое, но достаточно эффективное управление роботом. Используются преимущества линейного управления, анализируется устойчивость.

Ключевые слова и фразы: механизм; манипулятор; система; управление; матрица.

Воронин Юрий Юрьевич, к.т.н.
Университет машиностроения (МАМИ), г. Москва
uru_v_2012@mail.ru

ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МАНИПУЛЯЦИОННЫМ РОБОТОМ С ЛОКАЛЬНЫМИ РЕГУЛЯТОРАМИ©

К роботам при использовании на производстве предъявляются высокие требования к качеству управления. Необходимо отметить, что сам манипуляционный робот с приводами степеней подвижности представляет собой сложный многомерный объект управления. Предлагается подход к построению системы управления манипулятором, основанный на применении локальных линейных регуляторов. Система отличается простотой и обеспечивает хорошее качество управления роботом.

Рассмотрим модель манипуляционного робота с приводами. Исполнительный механизм в матричной форме [2]:

$$A(q)\ddot{q}+B(q,\dot{q})+G(q)=\mu,$$

где $q=(q_1,q_2,...q_n)^T$ – обобщенные координаты (углы в сочленениях робота);

$\mu=(\mu_1,\mu_2,...\mu_n)^T$ – моменты нагрузки приводов степеней подвижности;

$A(q)$ – матрица инерции *nxn*;

$G(q)$ – моменты гравитационных сил;

$B(q,\dot{q})$ – моменты скоростных сил.

Уравнения приводов имеют вид [1]:

$$J_i\ddot{q}_i+\mu_i=S_iu_i(t)+N_i\dot{q}_i, \; i=1,2,...,n,$$

где $J_i=(k_P^2J_\partial)_i$ – собственные приведенные моменты инерции приводов. Здесь k_P – передаточное число редуктора, J_∂ – момент инерции ротора двигателя (имеются в виду двигатели постоянного тока с независимым возбуждением);

$S_i=(\frac{k_Pc_M}{R})_i$. Здесь c_M – моментный коэффициент двигателя, R – сопротивление обмотки ротора двигателя;

$N_i=(\frac{c_ec_M k_P}{R})_i$ – скоростные коэффициенты приводов. Здесь c_e – коэффициент противоэдс двигателя привода;

u_i – управляющие напряжения приводов.

Из этих уравнений получается уравнение манипуляционного робота

$$A'(q)\ddot{q}+B(q,\dot{q})+N\dot{q}+G(q)=S\,u(t)\,, \tag{1}$$

где $A'(q)=A(q)+J$, $J=diag\{J_i\}$, $N=diag(N_i)$, $S=diag\{S_i\}$.

Рассмотрим систему управления, в которой имеются обратные связи по положению и скорости. Пусть в контуре обратной связи по положению установлен локальный регулятор

$$v_d=Q(q_d,q)\,,$$

где v_d – выходной векторный сигнал регулятора;

q_d – входной сигнал системы.

Из уравнения (1) получим линейную модель манипуляционного робота

$$A_0\ddot{q}+N\dot{q}=Su(t)\,. \tag{2}$$

Здесь моментами скоростных сил $B(q,\dot{q})$ и моментами сил тяжести $G(q)$ пренебрегаем, относим их к возмущающим воздействиям. Постоянная матрица рассчитывается по формуле $A_0=A'(q)$. Выбирается по матрице инерции в номинальном состоянии (среднем положении).

Построим управление для линейной модели (2) робота. Считаем, что сигнал регулятора v_d – входной при построении управления.

Возьмем желаемую модель системы

$$\ddot{q}=k_v(v_d-\dot{q}) \tag{3}$$

с одним параметром настройки k_v. Подставим выражение (3) в уравнение (2) и получим

$$A_0k_v(v_d-\dot{q})+N\dot{q}=Su(t)\,.$$

Отсюда

$$u=k_vD(v_d-\dot{q})+N_0\dot{q}\,, \tag{4}$$

где $D=S^{-1}A_0$, $N_0=S^{-1}N$ – матрицы управления.

Уравнение задает закон формирования управления для манипуляционного робота.

Здесь не приняли во внимание переменность матрицы инерции $A'(q)$ в зависимости от положения робота. Однако нужно учесть, что приведенные моменты приводов J_i содержат k_P^2 (см. выражение перед формулой (1)). Важно, что можно пренебречь за счет больших J_i недиагональными членами матрицы инерции $A'(q)$ и считать ее диагональной при рассмотрении управления. Тогда в уравнении (4) $D=diag\{D_{ii}\}$ (диагональная матрица) управление будет с разными коэффициентами

D_{ii} и N_{0i}, $i=1,2,...,n$.

Коэффициент k_v в скоростном контуре можно выбрать достаточно большой [Там же], так, чтобы k_vD_{ii} была величиной до 200. Это важно для компенсации переменности матрицы $A'(q)$. Так как считаем ее диагональной, получим из (1) и (4) с учетом сделанных допущений

$$A_{ii}\ddot{q}+N_i\dot{q}_i=k_vS_iD_{ii}(v_d-\dot{q})+S_iN_{0i}\dot{q}_i\,.$$

Так как $D=S^{-1}A_0, N_0=S^{-1}N$, имеем

$$A'_{ii}\ddot{q}_i=k_vA_{0ii}(v_d-\dot{q}) \tag{5}$$

или

$$T_i\ddot{q}_i+\dot{q}_i=v_{di} \tag{6}$$

Модель системы (6) имеет вид апериодического звена по каждой степени подвижности с постоянными времени

$$T_i=\frac{1}{k_v}A'_{ii}(q)\frac{1}{A_{0ii}}\,.$$

Можно считать эти постоянные времени T_i меньше определенной величины T_0.

Теперь рассмотрим локальные пропорционально-интегральные регуляторы (ПИ-регуляторы) в контуре положения (Рис. 1)

$$v_d=\frac{k}{T_up}(1+T_up)\,, \tag{7}$$

где k – коэффициент усиления регулятора, T_u – постоянная времени интегрирования, p – оператор Лапласа. Определим условия устойчивости для системы (6) с самой большой $T_0 \geq T_u$.

Из уравнений (6) и (7) определяем передаточную функцию разомкнутой системы

$$W_{раз}(p) = \frac{k(1+T_u p)}{T_u p^2 (T_0 p + 1)}. \quad (8)$$

Характеристическое уравнение получим суммированием знаменателя и числителя [3]:

$$T_u p^2 (T_0 p + 1) + k(1 + T_u p) = 0$$
$$T_u T_0 p^3 + T_u p^2 + k T_u p + k = 0 .$$

Произведение средних членов уравнения должно для устойчивости превышать произведение крайних членов уравнения (по критерию Гурвица):

$$T_u k T_u > T_u T_0 k$$
$$T_u > T_0 . \quad (9)$$

Получили условие устойчивости.

Нужно отметить, что реальные T_i в уравнении системы (6) будут меньше T_0 и для каждой степени подвижности устойчивости с ПИ-регулятором будут выполнены.

По передаточной функции $W_{раз}(p)$ (8) можно асимптотически построить логарифмическую амплитудную частотную характеристику (ЛАЧХ) системы. В среднечастотной области, считая T_u большой, а T_0 – малой постоянной времени, получаем уравнение для среднечастотной части характеристики $Lm(\omega) = 20\lg\frac{k}{\omega}$.

Отсюда определяем частоту среза

$$\frac{k}{\omega_{cp}} = 1, \ \omega_{cp} = k .$$

Для хорошего качества переходного процесса важно получить наклон -1 на частоте среза $\omega = \omega_{cp}$. Тогда

$$\omega_{cp} \leq \frac{1}{T_0}, \text{ откуда } k \leq \frac{1}{T_0} . \quad (10)$$

Получили ограничение на коэффициент усиления регулятора. Выражения (9) и (10) дают условие устойчивости системы и хорошее качество управления.

Регулятор (7) дает астатизм системе по возмущениям, которые не были учтены при анализе устойчивости и сохраняет работоспособность системы.

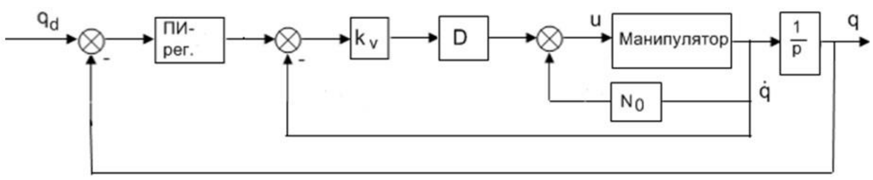

Рис. 1. *Структурная схема системы управления манипуляционным роботом*

Список литературы

1. **Воронин Ю. Ю.** Самонастраивающаяся система с эталонной моделью для управления манипуляционным роботом // Приборостроение. 1989. № 8.
2. **Динамика управления роботами** / под ред. Е. И. Юревича. М.: Наука, 1984.
3. **Сазонов Г. Г.** Основы автоматического управления. ТАУ (для неспециалистов). М.: МГОУ, 1997.

CONSTRUCTION OF MANIPULATION ROBOT CONTROL SYSTEM WITH LOCAL REGULATORS

Voronin Yurii Yur'evich, Ph. D. in Technical Sciences
Moscow State University of Mechanical Engineering (MAMI)
uru_v_2012@mail.ru

The manipulation robot is a complex many-dimensional system. In the article the author suggests a new approach to the construction of the manipulator linear control at the expense of local regulators use. This enables to obtain simple, but quite efficient robot control. The advantages of linear control are used, stability is analyzed.

Key words and phrases: mechanism; manipulator; system; control; matrix.