

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ МАНИПУЛЯТОРА С ПОЗИЦИОННЫМИ СЕРВОПРИВОДАМИ, ПОЗВОЛЯЮЩАЯ ПОЛУЧАТЬ ОЦЕНКУ ВНЕШНИХ СИЛ

Злобин Дмитрий Васильевич

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: dimz94@mail.ru

В системах управления роботов для решения задач силового взаимодействия, детектирования ударов и безопасного взаимодействия с человеком требуется измерять внешние силы, действующие на систему. Внешняя сила может быть измерена при помощи датчиков, однако такой подход приводит к усложнению конструкции и увеличивает стоимость робота. Другим способом является использование специальных алгоритмов для расчета оценки внешней силы по данным с датчиков позиции.

Данная работа посвящена задаче оценки внешних сил, действующих на манипулятор. За основу была взята система управления робота NimbRo-OP [1]. В ней задающее воздействие $q_r^{(i)}$ для i -ого звена манипулятора формируется как выход обращенной модели сервопривода:

$$q_r^{(i)} = \frac{1}{U_{\text{bat}}k} (\bar{a}_1^{(i)} \dot{q}^{(i)} + \bar{a}_2^{(i)} \text{sign}(\dot{q}^{(i)}) + \bar{a}_3^{(i)} \text{sign}(\dot{q}^{(i)}) e^{-|\frac{\dot{q}^{(i)}}{q_0}|^\delta} + \bar{a}_4^{(i)} \tau_0^{(i)}) + q^{(i)}, \quad (1)$$

где $q_r^{(i)}$ — сигнал, подаваемый на вход i -ого сервопривода, $q^{(i)}$ — угол поворота i -ого сервопривода, $\tau_0^{(i)}$ — момент сил, создаваемый i -ым сервоприводом, k — коэффициент пропорционального регулятора сервоприводов, U_{bat} — напряжение питания двигателей, $q_0 = 0.3$ и $\delta = 1$ — параметры модели силы трения Штрибека, выбранные вручную, $\bar{a}_j^{(i)}$, $j = \overline{1, 4}$ — коэффициенты модели i -ого сервопривода. Оценки коэффициентов $\bar{a}_j^{(i)}$, $j = \overline{1, 4}$ модели могут быть получены в результате процедуры идентификации, например при помощи метода наименьших квадратов [2].

Особенностью такой системы управления является использование в сервоприводах пропорционального регулятора с малым коэффициентом обратной связи. Во-первых, это обеспечивает «упругое» поведение манипулятора, что необходимо в ряде задач. Во-вторых, при внешнем силовом воздействии манипулятор отклоняется от же-

лаемого положения на некоторую величину, что может быть использовано для косвенного измерения внешних сил. Именно это свойство используется в данной работе.

Динамика манипулятора может быть описана следующим образом [3]:

$$\tau = M(q)\ddot{q} + N(q, \dot{q}) + \tau_g, \quad (2)$$

где τ — усилия, которые должны быть созданы на приводах для компенсации взаимного влияния звеньев, $q = (q^{(1)}, \dots, q^{(n)})$ — углы поворота сервоприводов, n — число звеньев манипулятора, τ_g — сила тяжести, $M(q)$ и $N(q, \dot{q})$ — функции, определяемые конструкцией манипулятора.

При помощи модели (1), зная текущее состояние манипулятора и задающее воздействие, можно рассчитать $\tau^0 = (\tau_0^{(1)}, \dots, \tau_0^{(n)})$ — моменты сил, возникающие в сочленениях манипулятора. Далее, по динамической модели манипулятора (2) рассчитываются τ . Оценка моментов внешних сил получается как $\tau_{\text{ext}} = -(\tau_0 - \tau)$.

Система управления была реализована на языке C++ с использованием систем промежуточного программного обеспечения OROCOS и ROS. Она была развернута на плоском трехзвенном манипуляторе, собранном на основе сервоприводов Herkulex DRS-0101/0201. Были проведены серии экспериментов с одним сервоприводом и с манипулятором. Использовались различные дополнительные массы и пространственные расположения установок. Собранные данные позволили осуществить идентификацию и верификацию модели привода. Разработанная система управления продемонстрировала способность детектировать касания в реальном времени.

Литература

1. Schwarz M., Behnke S. Compliant robot behavior using servo actuator models identified by iterative learning control // In Proceedings of the 17th RoboCup international symposium, Eindhoven, Netherlands, 2013, P. 207–218.
2. Льюнг Л. Идентификация систем. Теория для пользователя. М.: Наука, 1991.
3. Siciliano B., Khatib O. Springer handbook of robotics. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2016.