электронный журнал
МОЛОДЕЖНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК
Издатель ФГБОУ ВПО "МГТУ им. Н.Э. Баумана". Эл No. ФС77-51038.

УДК 621.865:004.021

Управление податливым движением робота Kawasaki FS20N при захвате объекта с помощью центрирующего схвата

***Мамедов Т.А.**, студент*
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Специальная робототехника и мехатроника»

Научный руководитель: Лесков А.Г., д.т.н., профессор
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана
kafsm7@sm.bmstu.ru

В настоящее время актуальной задачей в робототехнике является задача раздеталирования объектов. Одной из операций раздеталирования является выкручивание одного объекта из другого, например откручивание крышки от бутылки.

Для того чтобы выкрутить один объект из другого, необходимо сориентировать захватное устройство манипулятора (ЗУМ) так, чтобы ось вращения тела совпала с осью вращения захватного устройства. Для точного позиционирования ЗУМ в условиях, когда этого нельзя достичь иными способами, можно применить алгоритмы податливого движения манипулятора.

Задача робота в данном случае состоит в том, чтобы перейти к такому положению, в котором момент от действия пары сил захвата объекта будет равен нулю. Если захват не уравновешен, то возникает момент M=±Fl. Момент равен нулю в случае, если силы уравновешиваются, что возможно, если они расположены точно по диаметру (рис. 1).

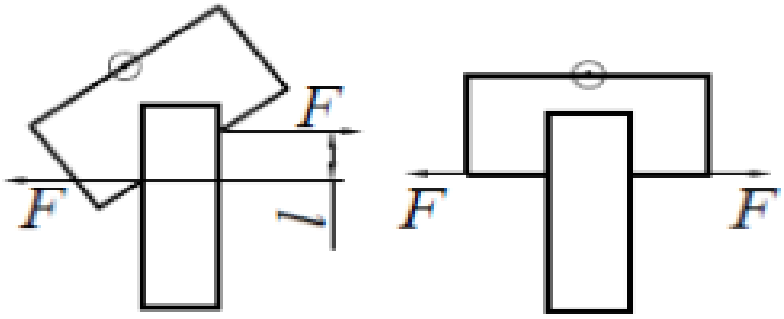


Рис. 1. Начальное и конечное положение схвата манипулятора

Для перехода к такому положению схват манипулятора должен двигаться так, чтобы декартовы скорости движения схвата были пропорциональны силам и моментам,

возникающим на схвате робота. Такая задача управления реализуется в виде следящей системы, структура которой показана на рис. 2.

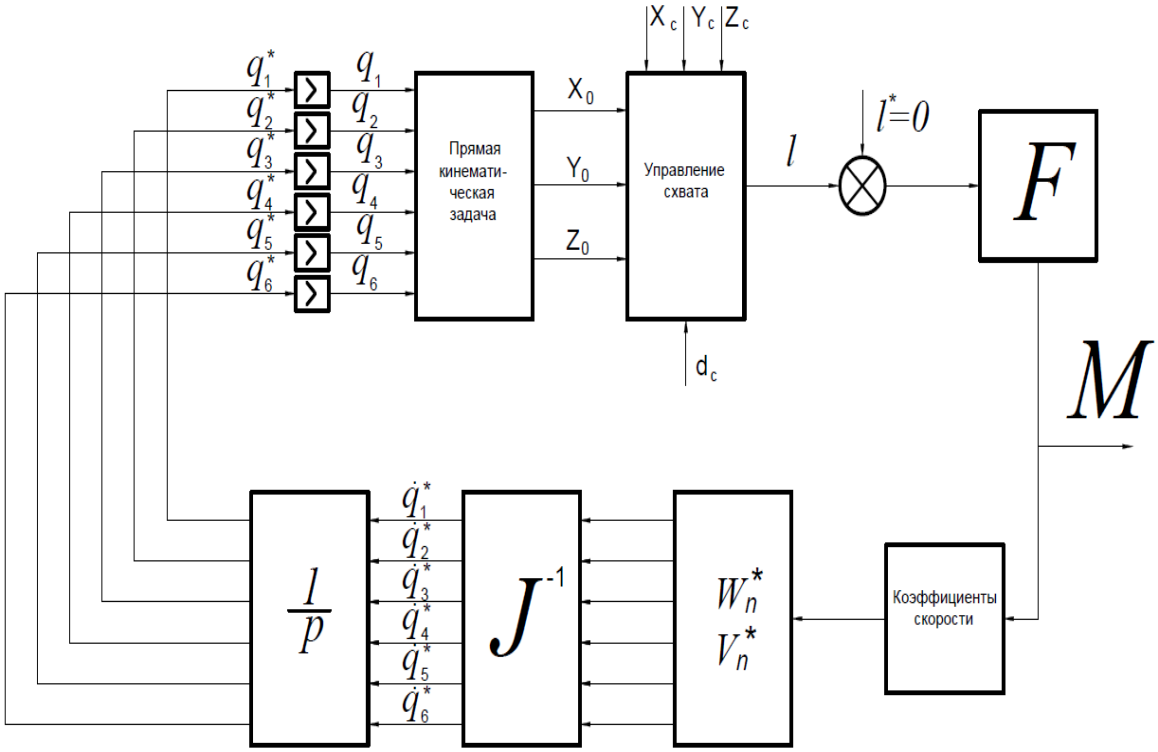


Рис. 2. Структура системы управления манипулятором Kawasaki

Обобщенные координаты положений звеньев манипулятора (q_1, q_2, q_3, q_4, q_5, q_6), представляющие собой углы поворота звеньев манипулятора относительно предыдущего звена, снимаются в момент захвата объекта схватом, и по ним решается прямая кинематическая задача.

Далее вычисляются координаты схвата манипулятора:

$$t_{0(0)}^{(6)} = \tau_{01} l_1 + \tau_{02} l_2 + \tau_{03} l_3 + \tau_{04} l_4 + \tau_{05} l_5 + \tau_{06} l_6,$$ где

$t_{0(0)}^{(6)}$ - вектор, состоящий из координат схвата манипулятора, τ_{0i} - матрица поворота из *i*-й системы координат в нулевую, l_i - длина i-го звена.

В блоке «Управление схватом» сравниваются координаты схвата и объекта управления и в результате получаем расстояние *l* между силами, действующими на объект захвата.

Умножая *l* на силу, получаем момент, действующий на объект захвата. В зависимости от величины момента формируются коэффициенты скорости. Декартовы линейные и угловые скорости (V_n^*, ω_n^*) движения схвата манипулятора рассчитываются по формуле:

$$V_n^* = k_F * F_n,$$

$$\omega_n^* = k_M * M_n,$$

Где k_F и k_M – коэффициенты чувствительности СМД.

Теперь для управления манипулятором необходимо получить желаемые координаты шарниров.

В этих целях рассчитаем, а затем обернем якобиан:

$$J = \left[\frac{C_1^{(0)} | C_2^{(0)} | C_3^{(0)} | C_4^{(0)} | C_5^{(0)} | C_6^{(0)}}{D_{61}^{(0)} | D_{62}^{(0)} | D_{63}^{(0)} | D_{64}^{(0)} | D_{65}^{(0)} | D_{66}^{(0)}} \right],$$

где вектор $C_i^{(0)}$ - вектор проекции орта $z_{j-1}^{(0)}$ на оси базовой системы координат,

а вектор $D_{ij}^{(0)}$ - векторное произведение орта z оси z_{j-1} и вектора, связывающего начало системы координат *j-1* с точкой на звене *i*. Вектор $D_{ij}^{(0)}$ ищется по формуле:

$D_{ij}^{(0)} = \lambda(C_j^{(0)}) R_{ij}^{(0)}$, где $\lambda(C_j^{(0)})$ - матрица(3x3) векторного произведения, которая находится в следующем виде:

$$\lambda(C) = \begin{pmatrix} 0 & -C_z & C_y \\ C_z & 0 & -C_x \\ -C_y & C_x & 0 \end{pmatrix}.$$

$R_{ij}^{(0)}$ - вектор, связывающий начало координат *j-1* с точкой на звене с номером *i*.

Вектор $R_{ij}^{(0)}$ можно найти по формуле:

$$R_{ij}^{(0)} = \sum_{k=j}^{i} \tau_{0k} l_k.$$

Вектор скоростей шарниров вычисляется путем умножения вектора декартовых скоростей на обращенный якобиан:

$$\begin{pmatrix} q_1' \\ q_2' \\ q_3' \\ q_4' \\ q_5' \\ q_6' \end{pmatrix} = J^{-1} \begin{pmatrix} \omega_x \\ \omega_y \\ \omega_z \\ V_x \\ V_y \\ V_z \end{pmatrix}.$$

Интегрируя вычисленные скорости, получим желаемые углы шарниров, при которых моменты реакции объекта будут снижаться. В результате ЗУМ займет положение, при котором моменты реакции будут стремиться к нулю.

Данное исследование проводилось на базе Дмитровского филиала МГТУ им. Н.Э. Баумана в лаборатории Ц-8.

Лабораторный стенд состоит из робота Kawasaki FS20N, управляющего компьютера, силомоментного датчика и стойки управления Kawasaki(рис. 3).

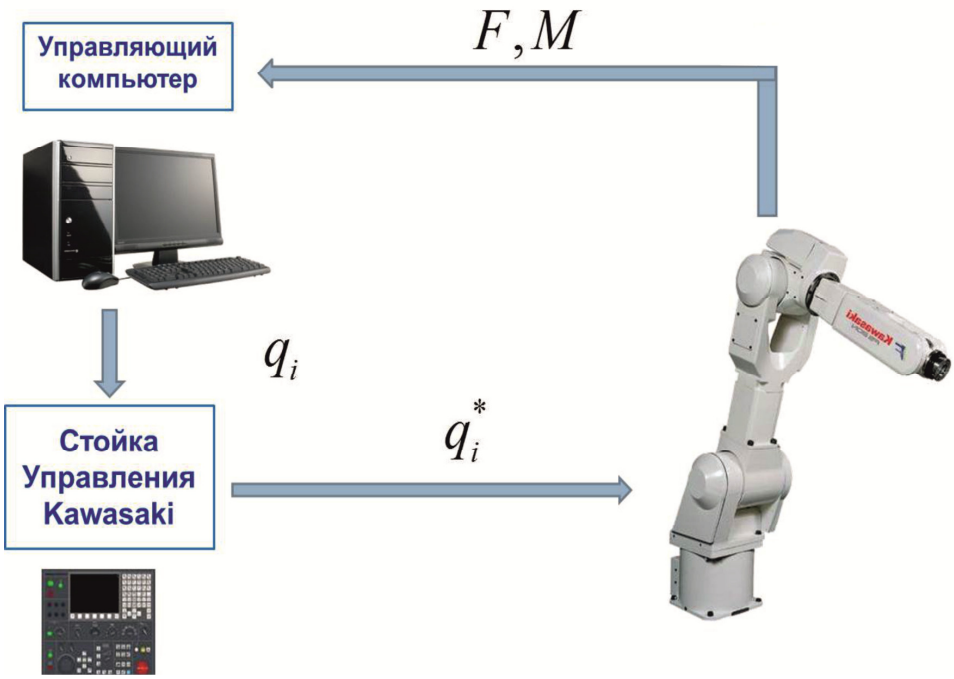


Рис. 3. Лабораторный стенд

Силы и моменты регистрируются с силомоментным датчиком, размещенным на схвате манипулятора, и передаются на управляющий компьютер, где в соответствии с программой управления формируются обобщенные координаты. Обобщенные координаты передаются на стойку управления, через которую команды идут непосредственно на сам манипулятор.

По заданному алгоритму была сделана программа на языке программирования C#, интерфейс которой представлен на рис.4.

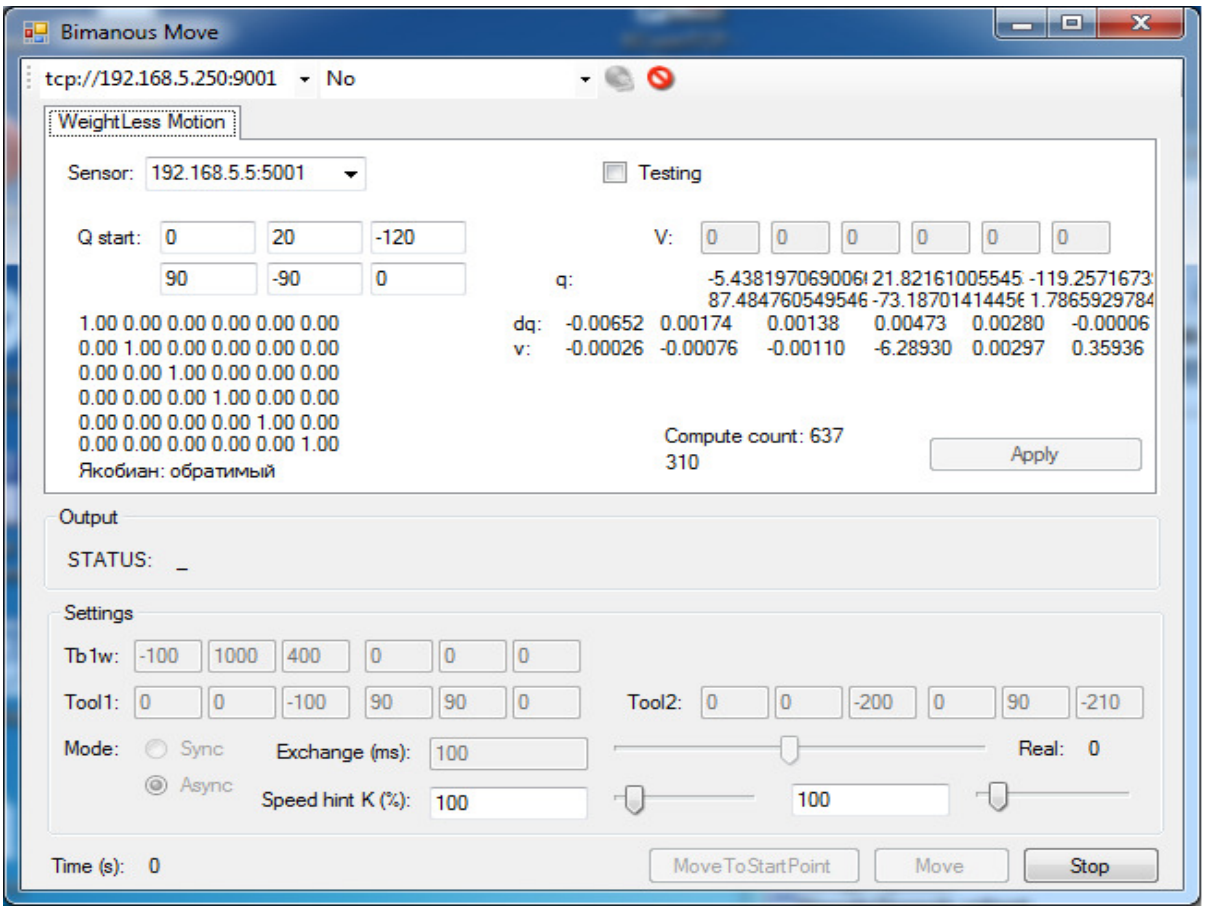


Рис. 4. Интерфейс программы

Выводы

В статье предложен метод податливого движения манипуляционного робота при захвате объектов. Особенностью метода является минимизация сил и моментов реакции, возникающих при захвате. Лабораторные исследования показали работоспособность предложенного алгоритма управления, но также выявили и недостатки, основным из которых является потеря устойчивости следящей системы при увеличении коэффициентов чувствительности выше определенного уровня.

Список литературы

1. Медведев В.С., Лесков А.Г., Ющенко А.С. Системы управления манипуляционных роботов. М.: Наука, 1978. 416с.
2. Казмиренко В.Ф., Лесков А.Г., Введенский В.А. Системы следящих приводов. М.: Энергоатомиздат, 1973. 320 с.
3. Лесков А.Г., Морошкин С.Д. Исследование динамики системы управления манипуляционными роботами двустороннего действия // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение. № 2. 2013. С. 66–78.

4. Лесков А.Г., Калеватых И.А. Экспериментальные исследования алгоритмов управления связанным движением двурукого манипуляционного робота // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение. № 4. 2012. С. 33–43.