

## ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ ВОЗМУЩЕНИЯ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ МНОГОЗВЕННОГО РОБОТА

**Опейко О.Ф.**

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

Возможен синтез управления положением и скоростью промышленного робота, как нелинейного объекта, нелинейными методами, решая обратную задачу динамики [1, 2]. Промышленный робот, как объект управления, характеризуется параметрической неопределенностью, в частности, из-за изменения массы манипулируемых предметов. Линеаризованная модель динамических режимов промышленного робота позволяет решать задачу робастного синтеза линейных регуляторов положения и скорости, относя нелинейность к внутренним возмущениям объекта управления.

Манипуляционный робот со степенями подвижности вращения, работающий в сферической системе координат имеет, в соответствии с классификацией [1], кинематическую схему вида  $B^1B^1/B$ , нашедшую применение во многих промышленных роботах. Предполагаются известными главные моменты инерции  $J_{0xi}, J_{0yi}, J_{0zi}$  и массы звеньев.

Целью работы является определение пределов изменения моментов инерции, приведенных к каждой из трех осей вращения механизма, в процессе относительного движения звеньев робота.

Промышленный робот имеет одну вертикальную ось вращения  $Z$  и две параллельные горизонтальные оси (рисунок 1), которые приводятся в движение идентичными электроприводами с векторным частотным

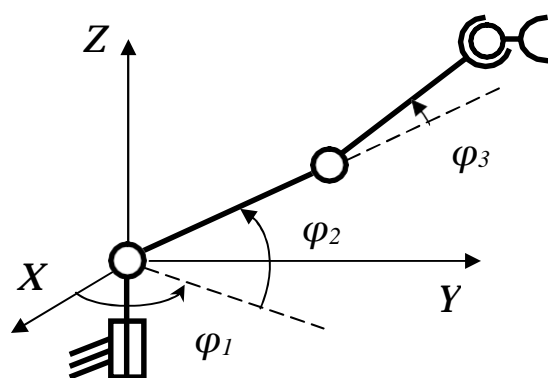


Рисунок 1 – Кинематическая схема промышленного робота

управлением с синхронными двигателями с постоянными магнитами (СДПМ). Целесообразно единое решение задачи синтеза системы управления для каждого из трех электроприводов звеньев поворота.

Синтез управления для трех объектов, отличающихся приведенными к валу двигателя моментами инерции, изменяющимися в процессе движения в различных пределах, возможен при адаптивном, а также при неадаптивном робастном управлении [2,3]. В обоих случаях необходим интервал

изменений параметра, а именно, момента инерции. Если известны главные моменты инерции  $i$ -го звена ( $i=1,2,3$ ), то момент инерции  $J_{ij}$  при движении вокруг произвольной  $j$ -й оси, параллельной одной из осей звена, определяется выражением  $J_{ij} = r_{ij}^2(t)m_i + J_{0i}$ . Здесь  $r_{ij}$  - расстояние от центра инерции звена до оси вращения,

Первое звено вращается вокруг вертикальной оси и имеет момент инерции  $J_1$  относительно этой оси. Второе и третье звенья участвуют в двух и трех вращательных движениях соответственно. Таким образом, приведенные к каждой из трех осей вращения моменты инерции определяются выражениями:

$$J_{\Sigma 1} = J_{01Z} + J_{02Z} + J_{03Z} + m_2 a_{02}^2 \cos^2 \varphi_2 + m_3 r_{13}^2, \\ J_{\Sigma 2} = J_{02X} + J_{03X} + m_2 a_{02}^2 + m_3 r_{23}^2, \quad J_{\Sigma 3} = J_{03X} + m_3 a_{03}^2.$$

Здесь  $\varphi_2, \varphi_3$  - углы поворота второго звена относительно горизонтальной плоскости и третьего звена относительно второго соответственно,  $\gamma = \arccos(a_2 \cos \varphi_2 + a_{03} \cos(\varphi_2 + \varphi_3)) / r_{23} - \varphi_2$ ,  $a_2$  - длина второго звена,  $a_{02}, a_{03}$  - расстояния от осей вращения до центров масс звеньев. Квадраты расстояний от центров масс до осей вращения равны:  $r_{13}^2 = r_{23}^2 \cos^2(\varphi_2 + \gamma)$ ,  $r_{23}^2 = (a_2^2 + a_{03}^2 + 2a_2 a_{03} \cos \varphi)$ . Учитывая, что косинус изменяется по модулю от 0 до 1, моменты инерции  $J_{\Sigma 1}$ ,  $J_{\Sigma 2}$  изменяются в пределах

$$J_{\Sigma 1} \in [J_{\Sigma 1}, \bar{J}_{\Sigma 1}] = [J_{01Z} + J_{02Z} + J_{03Z}; J_{01Z} + J_{02Z} + J_{03Z} + m_2 a_{02}^2 + m_3 (a_2 + a_{03})^2], \\ J_{\Sigma 2} \in [J_{02X} + J_{03X} + m_2 a_{02}^2; J_{02X} + J_{03X} + m_2 a_{02}^2 + m_3 (a_2 + a_{03})^2],$$

а  $J_{\Sigma 3} = J_{03X} + m_3 a_{03}^2$  является наименьшим из моментов инерции, и остается постоянным. Единое решение задачи синтеза управления для каждого из трех электроприводов звеньев поворота требует для робастного синтеза формирования общего интервала изменения момента инерции

$$J_{\Sigma} \in [J_{\Sigma 3}; \bar{J}_{\Sigma 1}] = [J_{03X} + m_3 a_{03}^2; J_{01Z} + J_{02Z} + J_{03Z} + m_2 a_{02}^2 + m_3 (a_2 + a_{03})^2].$$

По известному интервалу изменения параметров возможен синтез робастного управления приводами звеньев [3].

1. Механика промышленных роботов: учеб. пособие для вузов: В 3 кн./ Под ред. К.В. Фролова, Е.И. Воробьева. Кн. 1: Кинематика и динамика / Е.И. Воробьев, С.А. Попов, Г.И. Шевелева. – М.: Высш. шк., 1988. – 304 с.

2. Галиуллин, А. С. Аналитическая динамика / А. С. Галиуллин // Учеб. Пособие для ун-тов и втузов. – М.: Высш. Шк., 1989. – 264с.

3. Системы автоматического управления объектами с переменными параметрами. Инженерные методы анализа и синтеза. / Б. Н. Петров, Н.И. Соколов, А. В. Липатов и др.. М.: Машиностр., 1986. -256 с.