

Кинематика кисти промышленных роботов

Канд. техн. наук И. И. ПАВЛЕНКО

Кисть роботов является исполнительным механизмом, осуществляющим ориентирующие и другие операционные движения схвата. В существующих конструкциях роботов кисть бывает с одной, двумя и тремя степенями свободы. Выбор количества степеней свободы движения кисти, их вид и последовательность зависят от назначения робота и той кинематики руки (степеней свободы, обеспечивающих пространственные перемещения схвата) и кинематики основания (степеней свободы, обеспечивающих транспортные перемещения всего робота), которые ей предшествуют [1, 2]. Кинематика кисти оказывает существенное влияние не только на возможность осуществления тех или иных ориентирующих движений схвата, но и на общие интегральные оценки кинематики робота [3].

Положение схвата в пространстве удобно определять ориентацией оси O и плоскости Π схвата. Под последней следует понимать плоскость, нормальную к силам зажима. На рис. 1 приведены примеры вертикального и горизонтального расположения плоскостей схвата для типовых конструкций.

Роботы с одной степенью свободы движения кисти (рис. 2) осуществляют ориентирующие движения, изменяя наклон оси или плоскости схвата. Поворот схвата вокруг собственной оси (рис. 2, а) изменяет положение плоскости схвата при неизменной осевой ориентации. При вращении схвата вокруг перпендикулярной оси (рис. 2, б, в) изменяется осевая ориентация схвата, а следовательно, пространственное положение его центра. Роботы с одной степенью свободы кинематики кисти имеют ограниченные возможности движений схвата и поэтому

применяются для работы с предварительно ориентированными деталями, выполняя загрузочно-разгрузочные, транспортно-складские, сборочные и другие подобные операции.

Роботы с двумя степенями свободы движения кисти (рис. 3, а, б) изменяют осевую ориентацию схвата относительно одной оси и ориентируют плоскость схвата вокруг собственной оси. Из этих схем особый интерес представляет кисть (рис. 3, а), обеспечивающая горизонтальную и вертикальную ориентацию оси схвата с различным расположением его плоскости, что важно для обслуживания большинства оборудования. Практически такая кисть использована в роботах Универсал-50, Юнимейт и др.

Произвольную пространственную ориентацию оси схвата осуществляет кисть с вращательными движениями вокруг двух перпендикулярных осей (рис. 3, в, г). Невозможность выполнения независимой ориентации плоскости схвата является основным недостатком этих схем.

Кинематические схемы кисти, приведенные на рис. 3, д, е перемещают центр схвата по сферической поверхности, ориентируя его ось нормально к ней. Возникающие при этом пространственные смещения схвата зависят от длины и углов поворота конечного звена кисти, что упрощает определение и компенсацию этих смещений. Ориентация плоскости схвата возможна только при «выпрямленной» кисти. Во всех остальных положениях схвата его плоскость может быть ориентирована вполне определенно. Такая кисть используется в роботах УМ-1, Версагран и др.

Роботы с двумя степенями свободы движения кисти обладают значительно большей кинематической подвижностью, что позволяет использовать их для выполнения, например, сложных загрузочных и сборочных операций, окраски, электродуговой сварки пространственных поверхностей.

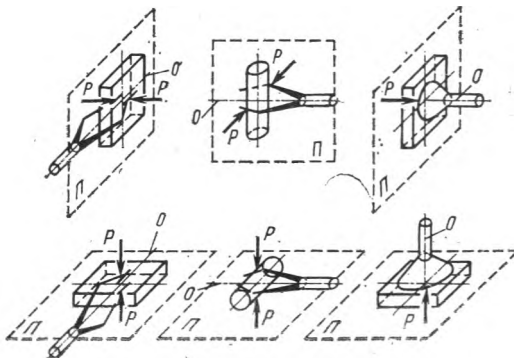


Рис. 1. Расположение плоскостей схвата

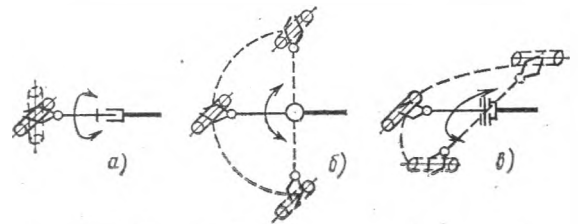


Рис. 2. Кинематика кисти роботов с одной степенью свободы

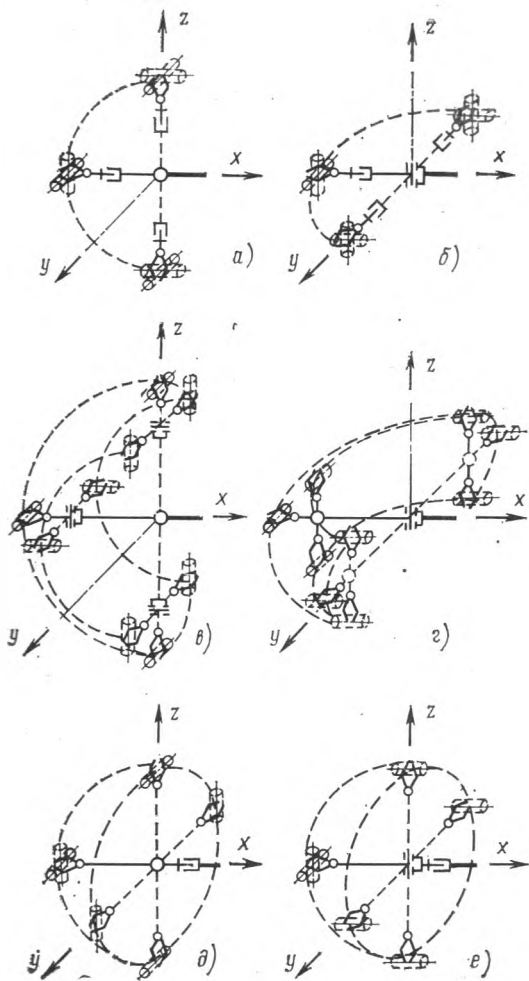


Рис. 3. Кинематика кисти роботов с двумя степенями свободы

Кинематические схемы кисти с тремя степенями свободы движения обеспечивают более полную пространственную ориентацию схвата, что необходимо при работе робота с неориентированными деталями. Наиболее приемлемыми следует считать кинематические схемы (рис. 4, а, б), в которых независимо ориентированы ось и плоскость схвата в пространстве. Разнообразную осевую ориентацию обеспечивают кинематические схемы кисти, приведенные на рис. 4, в, г. Ориентация плоскости схвата в этих схемах возможна только при выпрямленном расположении двух последних звеньев кисти. Это накладывает существенные ограничения на условия захвата определенным образом ориентированных деталей. Две остальные кинематические схемы кисти с тремя степенями свободы движения (рис. 4, д, е), осуществляя произвольную осевую ориентацию схвата, имеют еще более ограниченные воз-

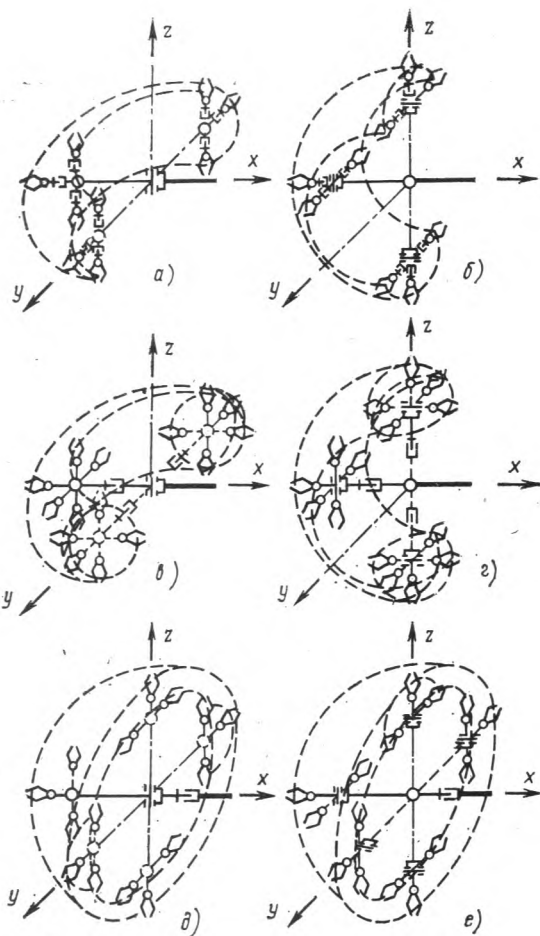


Рис. 4. Кинематика кисти роботов с тремя степенями свободы

можности выполнения независимых ориентирующих движений плоскости схвата.

Помимо рассмотренных кинематических схем кисти, могут быть и другие схемы, в которых некоторые степени свободы по виду движения повторяются, или несколько пар V класса заменяются одной парой IV или III класса.

Использование схем с повторяющимися вращательными движениями относительно осей, перпендикулярных оси схвата, наряду с ограничением общих ориентирующих возможностей кисти увеличивает их маневренность по «обходу» препятствий, что важно для захвата деталей или выполнения некоторых операций с «обратной» стороны. Из схем с повторяющимися движениями, соосными с схватом, интерес представляют только те, в которых между указанными движениями находится вращательная пара с перпендикулярной осью. Такие схемы, сохраняя преимущества, отмеченные для кистей (см.

рис. 3, д, е), исключают их недостатки, так как помимо произвольной осевой ориентации схвата они обеспечивают и независимую ориентацию его плоскости.

Использование в кисти кинематических пар IV и III классов уменьшает количество последовательно соединенных звеньев, что упрощает определение пространственных смещений центра схвата при его ориентирующих движениях. Конструктивная реализация этих схем обычно сложнее, а маневренность — меньше.

Практический выбор той или другой кинематической схемы зависит от ее ориентирующих возможностей. Оценку ориентирующих возможностей кисти целесообразно определять по аналогии с манипуляторами величиной угла обслуживания или коэффициентом «сервиса» [4]. При определении коэффициента сервиса кисти необходимо учитывать не только возможность выполнения осевой ориентации схвата (C_o — коэффициент осевого сервиса схвата), но и ориентацию его плоскости (C_{π} — коэффициент сервиса плоскости схвата). Для определения и сравнения ориентирующих возможностей кистей с различным числом степеней свободы их коэффициент сервиса необходимо определять в трех основных положениях:

1. Ориентирующие возможности кисти в исходном положении (без изменения пространственного положения схвата).

2. Ориентирующие возможности кисти в базовых (вертикальной и горизонтальной) плоскостях перемещения схвата.

3. Общие ориентирующие возможности кисти при перемещении схвата в пространстве.

В исходном положении кисти схват не изменяет своего пространственного положения, поэтому его осевая ориентация остается постоянной, $C_o=0$. Коэффициент сервиса плоскости схвата в этом положении

$$C_{\pi} = \frac{\varphi}{360},$$

где φ — максимальный угол изменения ориентации плоскости схвата в исходном положении.

В базовых плоскостях коэффициент осевого сервиса

$$C_o = \frac{\alpha}{360},$$

где α — максимальный угол изменения осевой ориентации схвата в вертикальной или горизонтальной плоскостях.

Ориентирующие возможности плоскости схвата в этих положениях

$$C_{\pi} = \frac{\alpha}{360} \frac{\varphi}{360}.$$

Общий осевой коэффициент сервиса кисти при пространственных движениях схвата

$$C_o = \frac{\psi}{4\pi},$$

где ψ — телесный угол, внутри которого можно изменять осевую ориентацию схвата.

Общий коэффициент сервиса плоскости схвата

$$C_{\pi} = \frac{\psi}{4\pi} \frac{\varphi}{360}.$$

Величина коэффициента сервиса в каждом из рассмотренных положений кисти может изменяться от 0 до 1. Нулевое значение сервиса указывает на отсутствие ориентирующих движений в данном положении, а единица — на возможность расположения оси или плоскости схвата под любым углом.

Приведенные формулы определения сервиса различных схем и выполненный их анализ позволяют более обоснованно решать вопрос выбора кинематики кисти промышленных роботов.

Список литературы

1. Камышный Н. И., Павленко И. И. Кинематика промышленных роботов. — «Вестник машиностроения», 1975, № 1, с. 63—65.
2. Павленко И. И. Кинематическая структура промышленных роботов. — «Изв. вузов. Машиностроение», 1977, № 9, с. 25—28.
3. Кобринский А. Е., Степаненко Ю. А. Некоторые проблемы теории манипуляторов. — В сб.: Механика машин, вып. 7—8, М., Наука, 1967, с. 4—23.
4. Виноградов И. Б., Кобринский А. Е., Степаненко Ю. А. и др. Метод объемов и «сервис» манипуляторов. — «Машиноведение», 1969, № 3, с. 17—19.