

Вывод

Предлагаемая схема торможения позволяет значительно расширить диапазон использования пневмоприводов в автоматических манипуляторах в сторону больших инерционных нагрузок. Методика расчета с помощью графиков $\tau(B)$ и $\xi_r(B)$ не отличается от общепринятого подхода при расчете пневмоприводов без торможения [1] и позволяет оперативно по исходным конструктивным параметрам определить время срабатывания такого привода и координату начала торможения.

Список литературы

1. Герц Е. В., Крейнин Г. В. Расчет пневмоприводов. М.: Машиностроение, 1975. 272 с.

2. Парой А. А. К расчету координаты начала торможения поршня пневмопривода промышленного робота. — Вестник машиностроения, 1981, № 7, с. 7—10.

3. Пневматические системы управления станками, прессами и другими машинами. Альбом схем. М.: НИИМАШ, 1971. 215 с.

4. Дроздецкий Н. А., Королев В. А., Майоров И. Д. Точность остановки пневматического исполнительного механизма робота при торможении методом противодавления. — В кн.: Пневматика и гидравлика. М.: Машиностроение, 1975, вып. 6, с. 25—30.

5. Проектирование пневматических цикловых схем программного управления автоматических манипуляторов. Методические рекомендации. М.: НИИМАШ, 1980. 57 с.

УДК 621.865.8

Показатели двигательных возможностей двуруких роботов

Канд. техн. наук И. И. ПАВЛЕНКО

Двурукое исполнение роботов позволяет значительно расширить область их применения и повысить эффективность эксплуатации. Создание таких роботов требует обоснованного определения их кинематических и геометрических параметров исходя из обеспечения необходимых перемещений и переориентирований транспортируемых объектов, а также выполнения других движений с учетом различных условий и ограничений.

Наиболее общим показателем, оценивающим возможности робота по осуществлению перемещения и переориентирования захватов, является коэффициент двигательных возможностей¹ $K_n = K_n C$, где K_n — коэффициент перемещений; C — общий сервис.

Эти показатели при независимых движениях рук деляют так же, как и для одноруких роботов. Перемещения рук при согласованном их движении оценивают при совместных и относительных перемещениях захватов по линиям, плоскостям и объемам. Все эти движения рассматривают при различных расстояниях между захватами рук и различных направлениях движений.

Достаточно полную оценку согласованных перемещений получают при совмещении (совпадении) центров захватов рук, т. е. в тех случаях, когда расстояние между центрами захватов равно нулю или когда захваты перемещаются по одной общей траектории.

Так, при совместных перемещениях захватов рук по линии (рис. 1, а) $K_{пл} = l_c / L_c$, где $K_{пл}$ — коэффициент совместных перемещений захватов рук по линии; l_c и L_c — реализуемое и теоретически возможное совместные перемещения захватов рук.

При перемещениях одной руки относительно другой по линии (см. рис. 1, б) $K'_{пл} = l_0 / L_0$, где $K'_{пл}$ — коэффициент относительных перемещений захватов рук по линии; l_0 и L_0 — реализуемое и теоретически возможное перемещения захвата одной руки относительно неподвижной другой.

Аналогично оценивают перемещения и по любым другим линиям.

При совместных перемещениях захватов рук по плоскости (см. рис. 1, в) $K_{п.п} = f_c / F_c$, где $K_{п.п}$ — коэффициент совместных перемещений захватов рук по плоскости; f_c — площадь зоны, в пределах которой могут совместно перемещаться совпадающие захваты рук робота; F_c — площадь зоны, занимаемой звеньями рук робота при этих перемещениях.

При перемещениях одной руки относительно другой в плоскости (см. рис. 1, г) $K'_{п.п} = f_0 / F_0$, где $K'_{п.п}$ — коэффициент относительных перемещений захватов рук по плоскости; f_0 — площадь зоны, в пределах которой может перемещаться одна рука относительно другой (например, вдоль выпрямленной правой руки при последовательном изменении ее положения в исследуемой области); F_0 — площадь зоны, описываемой звеньями рук робота при этих перемещениях.

При пространственных перемещениях захватов рук в объеме пространстве (в объеме) $K_{п.о} = v_c / V_c$, где $K_{п.о}$ — коэффициент совместных перемещений захватов рук в объеме; v_c — объем, в пределах которого могут

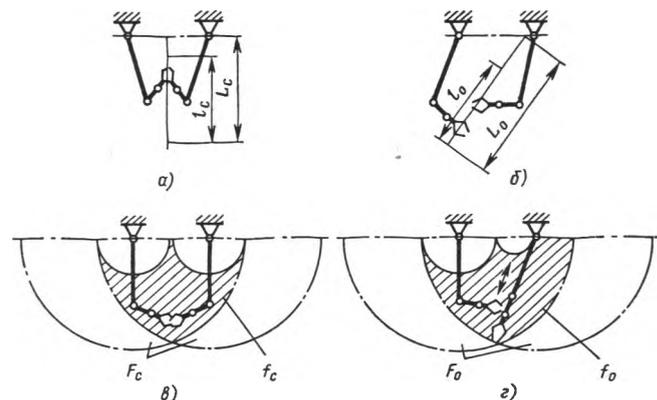


Рис. 1. Перемещения захватов рук по линиям и в плоскости «ВЕСТНИК МАШИНОСТРОЕНИЯ», 1984, № 9

¹ Павленко И. И. Основные показатели двигательных возможностей роботов. — Вестник машиностроения, 1980, № 4, с. 9—11.

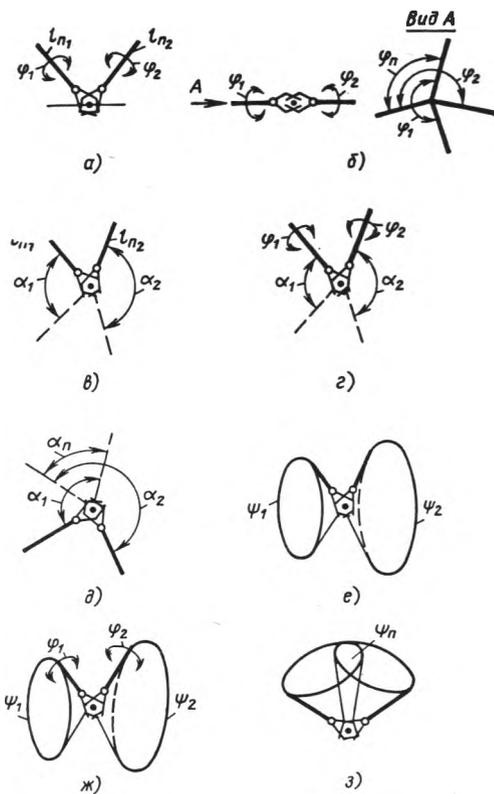


Рис. 2. Ориентирующие возможности робота в точке при совпадении центров захватов рук

совместно перемещаться захваты рук робота; V_c — объем, описываемый звеньями робота при этих движениях.

При перемещениях одной руки относительно другой в объеме $K'_{n.o} = v_0/V_0$, где $K'_{n.o}$ — коэффициент относительных перемещений захватов рук в объеме; v_0 — объем, в пределах которого одна рука может перемещаться относительно другой; V_0 — объем, описываемый звеньями рук робота при этих перемещениях.

Для оценки возможностей робота по осуществлению перемещений на плоскости или в объеме важным может быть также показатель, представляющий собой отношение соответственно площади или объема зоны, в пределах которой совместно и независимо перемещаются обе руки, к площади или объему зоны, занимаемой руками при выполнении данных движений. В ряде случаев целесообразно сравнивать величины аналогичных зон между собой при различных геометрических или кинематических параметрах рук робота, например изменение величин зон совместных перемещений центров захватов от расстояния между руками или изменение зон в проекции на занимаемую производственную площадь и т. п.

Оценку перемещений можно определять по отношению к абсолютно идеальной схеме робота, под которой следует понимать схему с бесконечным числом степеней свободы, обеспечивающих произвольную пространственную конфигурацию рук со способностью изменения

их длин от максимума (при вытянутом положении) до нуля (при «стянутом» в точку положении) без каких-либо ограничений на их перемещение. Тогда приведенные коэффициенты следует рассматривать как отношение реально достигаемых перемещений рук к тем, которые могли бы обеспечить идеальные руки робота такой же длины при полной свободе их движений.

Ориентирующие движения рук, оцениваемые осевым сервисом C_0 , сервисом плоскости захвата C_n и общим сервисом $C = C_0 C_n$, определяют для различных точек рабочей зоны как отдельно по каждой руке, так и совместно для двух рук. В последнем случае сервис оценивают при совпадении и несовпадении центров захвата рук робота. В свою очередь, ориентирующие возможности определяют по средним суммарным значениям сервиса обеих рук в рассматриваемых положениях; по величине перекрываемого сервиса, т. е. величине сервиса, в пределах которой каждая из рук имеет возможность занимать различное положение оси или плоскости захвата и т. п.

Рассмотрим ориентирующие движения робота при совпадении центров захватов рук, которые по аналогии можно распространить и на примеры с несовпадающими центрами захватов.

Если принять условие, что звенья рук робота не имеют возможности изменять пространственное положение, то осевой сервис каждой из рук равен нулю, а средний сервис плоскостей захватов рук (рис. 2, а) в рассматриваемой точке

$$C_n = \frac{1}{2} (C_{n_1} + C_{n_2}) = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{4\pi},$$

где C_{n_1} и C_{n_2} — значения сервисов плоскостей захватов первой и второй рук; φ_1 и φ_2 — углы поворота плоскостей захватов.

Перекрытие сервиса плоскостей захватов при принятых ограничениях будет, если оси захватов совпадают (рис. 2, б); тогда

$$\bar{C}_n = \varphi_n / 2\pi,$$

где φ_n — угол, в пределах которого можно изменять ориентацию плоскостей захватов обеих рук.

При снятии ограничений на возможность перемещения звеньев рук робота осевой сервис для точки можно определять при перемещении последних звеньев рук l_n в плоскостях (совпадающих и несовпадающих по каждой руке) и в объеме. Для случая, когда звенья перемещаются в плоскостях (см. рис. 2, в), средний суммарный осевой сервис

$$\bar{C}_0 = \frac{1}{2} (C_{0_1} + C_{0_2}) = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{4\pi},$$

где C_{0_1} и C_{0_2} — осевые сервисы для первой и второй рук; α_1 и α_2 — углы поворота осей захватов относительно рассматриваемой точки.

Среднее значение суммарного сервиса плоскостей захватов при перемещении звеньев l_n в плоскостях относительно точки (см. рис. 2, г)

$$\bar{C}_n = \frac{1}{2} \left(\int_{\alpha_1} C_{n_1} d\alpha_1 + \int_{\alpha_2} C_{n_2} d\alpha_2 \right),$$

где C_{n_1} и C_{n_2} — сервисы плоскостей захватов рук в пределах изменения их осевой ориентации.

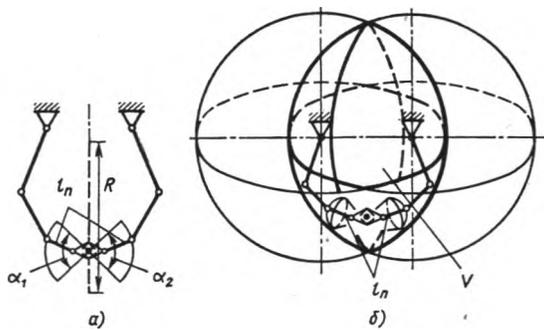


Рис. 3. Ориентирующие возможности робота при совместном перемещении захватов рук по линии и в объеме

При таких условиях общий сервис

$$\bar{C} = \bar{C}_0 \bar{C}_n.$$

Если ориентация плоскостей захватов постоянна в пределах углов поворота α_1 и α_2 , то $\bar{C}_n = (\varphi_1 + \varphi_2) / 4\pi$, и тогда

$$\bar{C} = \frac{(\alpha_1 + \alpha_2)(\varphi_1 + \varphi_2)}{16\pi^2}.$$

Величина перекрытия осевого сервиса при перемещении звеньев l_n в одной плоскости относительно точки (см. рис. 2, д)

$$\bar{C}_0 = \alpha_n / 2\pi,$$

где α_n — угол, в пределах которого можно изменять осевую ориентацию захватов обеих рук.

Сервис плоскостей захватов, а также общий сервис в пределах угла перекрытия α_n в данном и последующих таких же случаях, определяют аналогично предыдущему с учетом только подстановки в формулы пределов изменения углов перекрытия сервиса.

При перемещении звеньев l_n в объеме относительно точки среднее значение осевого сервиса (см. рис. 2, е)

$$C_0 = \frac{\psi_1 + \psi_2}{8\pi},$$

где ψ_1 и ψ_2 — телесные углы, в пределах которых изменяется осевая ориентация захватов соответственно первой и второй рук.

Среднее значение сервиса плоскостей захватов в пределах телесных углов ψ_1 и ψ_2 (см. рис. 2, ж)

$$\bar{C}_n = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\psi_1} \int_{(\psi_1)} C_{n1} d\psi_1 + \frac{1}{\psi_2} \int_{(\psi_2)} C_{n2} d\psi_2 \right).$$

Если ориентирующие движения плоскостей захватов рук постоянны в пределах телесных углов, то общий сервис рук

$$\bar{C} = \frac{(\psi_1 + \psi_2)(\varphi_1 + \varphi_2)}{32\pi^2}.$$

Перекрыаемый осевой сервис при перемещении последних звеньев рук робота в объеме (см. рис. 2, з)

$$C_0 = \psi_n / 4\pi,$$

где ψ_n — телесный угол, в пределах которого изменяется осевая ориентация захватов обеих рук.

Подобным образом определяют ориентирующие возможности двуруких роботов при перемещении их захватов по линиям и плоскостям.

Так, в случае совместного перемещения центров захватов по линии R (рис. 3, а) и вращения звеньев l_n в плоскостях относительно точек этой линии суммарный средний осевой сервис

$$\bar{C}_0 = \frac{1}{2R} \left(\int_{(R)} C_{01} dR + \int_{(R)} C_{02} dR \right).$$

Итоговую оценку ориентирующих возможностей робота осуществляют при перемещении их захватов и звеньев l_n в объеме V (см. рис. 3, б):

$$C_0 = \frac{1}{2V} \left(\int_{(V)} C_{01} dV + \int_{(V)} C_{02} dV \right);$$

$$\bar{C}_n = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\Omega_1(V)} \int_{(\psi_1)} dV \int_{(\psi_1)} C_{n1} d\psi_1 + \frac{1}{\Omega_2(V)} \int_{(\psi_2)} dV \int_{(\psi_2)} C_{n2} d\psi_2 \right),$$

где Ω — мера исследуемой области.

Наиболее обобщающим показателем, определяющим возможности робота по осуществлению разнообразных перемещений и ориентирований захватов, является коэффициент двигательных возможностей K_d ; он позволяет оценить, как используется занимаемая роботом область (зона) и каковы ориентирующие возможности робота в пределах этой области.

Двигательные возможности робота необходимо рассчитывать при одинаковых условиях определения K_d и C , т. е. при перемещениях захватов по линиям, плоскостям или в объемах.

Рассмотренные показатели распространяются и на выполнение других операций, причем оценку осуществляют не только по движениям захвата и последнего звена робота, несущего захват, но и другим звеньям с учетом различных ограничений и условий (например, движения предпоследнего звена при неподвижном положении последнего звена). По аналогии это применимо не только к двуруким роботам, но и к многоруким.

Использование предложенных показателей позволит более обосновано решать вопросы выбора оптимальных схем роботов с наиболее приемлемыми геометрическими и кинематическими параметрами.