

РЕШЕНИЕ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ КИНЕМАТИКИ МАНИПУЛЯТОРА

к.т.н. Анципорович П.П., к.т.н. Акулич В.К., к.т.н. Дубовская Е.М.

Белорусский национальный технический университет, Минск

Обратная задача кинематики манипулятора состоит в определении таких законов изменения его обобщенных координат и их производных по времени, которые обеспечивают заданные кинематические параметры захватного устройства, в частности получение требуемой траектории схвата.

Положение захватного устройства может быть задано с помощью шести величин. Три из них – это координаты центра схвата, а остальные три определяют ориентацию схвата в пространстве. В качестве таких параметров можно принять два направляющих косинуса одной из координатных осей схвата и один направляющий косинус другой координатной оси, поскольку, как известно, из девяти элементов матрицы направляющих косинусов независимыми являются только три. В результате получается система из шести трансцендентных уравнений с n неизвестными, где n – число степеней свободы манипулятора, причём это число может быть меньше или больше шести, так что система уравнений может быть неопределенной или вообще не иметь решения. В этом случае приходится использовать дополнительные уравнения или уменьшать число уравнений, например, если отказаться от требования заданной ориентации рабочего органа.

В работе авторов [1] рассмотрено решение задачи кинематического анализа манипулятора $B \parallel \Pi \perp \Pi \perp B$ с 4 степенями свободы. На рис. 1 показана схема манипулятора, системы координат, связанные с каждым звеном манипулятора, и обобщенные координаты: φ_{10} – угол поворота звена 1 относительно звена 0 вокруг оси z_0 ; S_{21} – линейное перемещение звена 2 относительно звена 1 вдоль оси z_1 ; S_{32} – линейное перемещение звена 3 относительно звена 2 вдоль оси x_3 ; φ_{43} – угол поворота звена 4 относительно звена 3 вокруг оси y_3 .

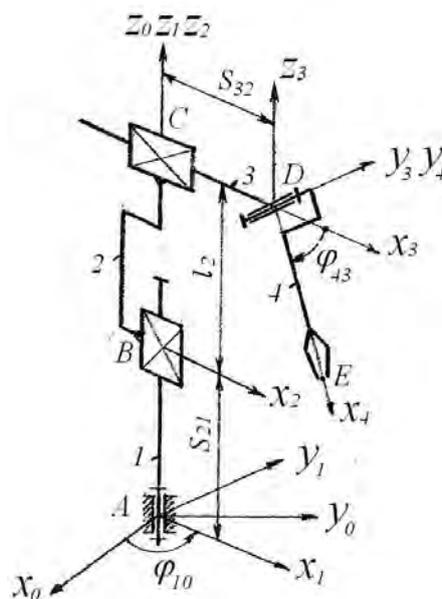


Рис. 1. Кинематическая схема манипулятора с 4 степенями свободы

Используя полученную матрицу перехода M_{04} от системы $x_4 y_4 z_4$ и системы $x_0 y_0 z_0$, можно решить обратную задачу кинематики данного манипулятора

$$M_{04} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

где $a_{11} = \cos(x_0, x_4) = \cos \varphi_{10} \cos \varphi_{43}$,

$$a_{12} = \cos(x_0, y_4) = -\sin \varphi_{10},$$

$$a_{13} = \cos(x_0, z_4) = \cos \varphi_{10} \sin \varphi_{43},$$

$$a_{21} = \cos(y_0, x_4) = \sin \varphi_{10} \cos \varphi_{43},$$

$$a_{22} = \cos(y_0, y_4) = \cos \varphi_{10},$$

$$a_{23} = \cos(y_0, z_4) = \sin \varphi_{10} \sin \varphi_{43},$$

$$a_{31} = \cos(z_0, x_4) = -\sin \varphi_{43},$$

$$a_{32} = \cos(z_0, y_4) = 0,$$

$$a_{33} = \cos(z_0, z_4) = \cos \varphi_{43},$$

$$a_{14} = x_E^{(0)} = (S_{32} + l_4 \cos \varphi_{43}) \cos \varphi_{10}, \quad (1)$$

$$a_{24} = y_E^{(0)} = (S_{32} + l_4 \cos \varphi_{43}) \sin \varphi_{10}, \quad (2)$$

$$a_{34} = z_E^{(0)} = S_{21} + l_2 - l_4 \sin \varphi_{43}. \quad (3)$$

Путем решения системы уравнений (1)-(3) могут быть получены значения обобщенных координат. Если задана траектория центра схвата $E_O E_K$, то решение этой системы повторяется многократно для каждого положения $E_i(x_{Ei}^{(0)}, y_{Ei}^{(0)}, z_{Ei}^{(0)})$. Часто задаются только начальное и конечное положения схвата (задача позиционирования). В этом случае решение системы уравнений выполняется только для этих положений, а закон изменения обобщенных координат принимается, например, в виде

$$\varphi = \varphi_0 + (\varphi_K - \varphi_0) f(k),$$

где φ_0 и φ_K - начальное и конечное значения обобщенной координаты φ , $k = \frac{t}{\tau}$ - по-

зиционный коэффициент (относительное время) ($0 \leq k \leq 1$), τ - время позиционирования. Вид функции $f(k)$ зависит от конкретного принятого закона. Например, для синусоидального закона $f(k) = k - \frac{1}{2\pi} \sin 2\pi k$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анципорович П.П. Кинематический анализ манипулятора с 4 степенями свободы / П.П. Анципорович, В.К. Акулич, Е.М. Дубовская // Теоретическая и прикладная механика. – Минск, 2012. – Вып. 27. – с. 358-361.
2. Механика машин / И.И. Вульфсон [и др.]; под ред. Г.А. Смирнова. – М.: Высш. шк., 1996. – 511 с.
3. Коловский, М.З. Основы динамики промышленных роботов / М.З. Коловский, А.В. Слоущ. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – 240 с.

E-mail: tmm@bntu.by

Поступила в редакцию 21.10.2016