

К задаче о синтезе гексапода параллельной структуры с круговой направляющей и единственным приводом

А.С. Фомин,
доц. каф. механ. и машиностр., к.т.н., alexey-nvkz@mail.ru,
СибГИУ, г. Новокузнецк,
В.А. Глазунов,
дир., д.т.н., д.ф.н., проф., vaglznv@mail.ru,
ИМАШ РАН, г. Москва

Проведённое исследование посвящено синтезу гексапода параллельной структуры с круговой направляющей и единственным приводом. Разработанный механизм включает в свой состав шесть кинематических цепей, соединяющих выходное звено со стойкой, выполненной в виде замкнутой круговой направляющей. Внутри направляющей установлен одноподвижный плоский рычажный механизм, звенья которого соединены с каждой из кареток, перемещающихся по круговой направляющей. При этом каждая каретка соединена с кинематической цепью, ориентирующей выходное звено в пространстве. При движении механизма выходное звено имеет шесть степеней свободы, оно может беспрепятственно поворачиваться и смещаться относительно трех осей декартовых координат. При этом входное движение задается единственному звену, расположенному внутри круговой направляющей.

The presented research is dedicated to the synthesis of a parallel structure hexapod with a circular guide and a single drive. The developed mechanism includes six kinematic chains that connect the end-effector and fixed link, made in the form of a closed circular guide. There is a single-degree of freedom planar mechanism inside of the circular guide. The links of this mechanism are connected to six carriages moving along the circular guide. Each of the carriages is connected with a kinematic chain that orients the end-effector in space. The end-effector of the mechanism has six degrees of freedom, it can freely rotate and move relatively to the three axes of the Cartesian coordinates. The input motion is given by a single link located inside the circular guide.

Для выполнения технологических операций, требующих повышенную точность, жесткость и быстродействие достаточно эффективными являются механизмы параллельной структуры, в которых выходное звено соединяется со стойкой несколькими кинематическими цепями [1-5]. Достаточно широкое применение в технике находят механизмы параллельной структуры с круговой направляющей [6-10]. Настоящее исследование посвящено разработке новой кинематической схемы гексапода с круговой направляющей, где движение выходного звена контролируется единственным приводом. На рис. 1 приведена трехмерная модель такого механизма. В нем пространственная кинематическая цепь параллельной структуры (рис. 2) установлена на одноподвижный плоский механизм (рис.3), размещенный внутри круговой направляющей, установленной на неподвижном звене - стойке.

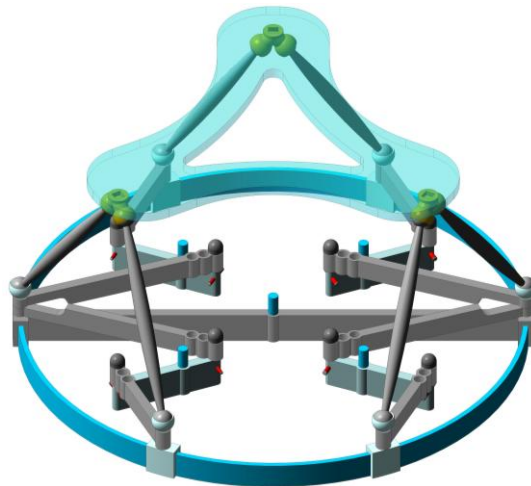


рис. 1 Кинематическая схема гексапода параллельной структуры с круговой направляющей и единственным приводом

Обратимся к структурному анализу данного механизма. Показанная на рис. 2 пространственная кинематическая цепь включает семь звеньев ($n=7$), соединенных двенадцатью сферическими кинематическими парами ($p_3=12$). Число степеней свободы такой цепи может быть определена по формуле Малышева А.П., имеющей вид [11, 12]

$$W = 6n - 5p_5 - 4p_4 - 3p_3 - 2p_2 - p_1, \quad (1)$$

где n - число подвижных звеньев, p_5 , p_4 , p_3 , p_2 , p_1 - числа одно-, двух-, трех-, четырех- и пятиподвижных кинематических пар. Таким образом, получим $W=6$, что свидетельствует о наличии шести пассивных подвижностей, возникающих вследствие поворота каждого из звеньев, оканчивающихся сферическими парами, вокруг их продольных осей.



рис. 2 Пространственная кинематическая цепь параллельной структуры

Внутри круговой направляющей установлен плоский рычажный механизм, изображенный на рис. 2. В нем ведущим звеном является диаметрально расположенный рычаг, на который последовательно наслаиваются диады ВВВ, образованные вращательными парами с вертикальными осями. Подвижность этого механизма с учетом семнадцати подвижных звеньев ($n=17$) и двадцати пяти вращательных кинематических пар ($p_5=25$) может быть найдена по формуле Чебышева П.Л. [11, 12]

$$W = 3n - 2p_5 - p_5 \quad (2)$$

и равна $W=1$. Такой результат гарантирует определенность движения всех звеньев этого механизма при задании движения ведущему рычагу.

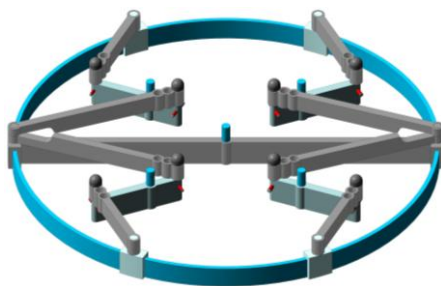


рис. 3 Одноподвижный плоский механизм

Для изменения траекторий движения выходного звена в механизме шатуны механизма выполнены с одной стороны с ячеистыми пазами, позволяющими изменять положения крайних вращательных, тем самым изменяя длины шатунов для получения разных смещений кареток относительно круговой направляющей.

Таким образом, разработанный механизм обладает одной степенью подвижности и движение в нем задается единственному звену - рычагу, расположенному диаметрально в основании. Применение разработанного механизма целесообразно для задания пространственной ориентации и перемещения объектов, а также для выполнения операций, требующих движение по заданным траекториям.

Работа выполнена при поддержке Стипендии Президента Российской Федерации (код проекта СП-3755.2016.1)

Литература

1. Kong X., Gosselin C.M. Type Synthesis of Parallel Mechanisms. Springer Berlin Heidelberg, 2007, 272 p.
2. Хейло С.В., Глазунов В.А., Палочкин С.В. Манипуляционные механизмы параллельной структуры. Структурный синтез, кинематический и силовой анализ. М.: МГТУ имени А.Н. Косыгина, 2011, 153 с.
3. Glazunov V.A., Chunichin A.Yu. Development of Mechanisms of Parallel Structure. Journal of Machinery manufacture and Reliability, 2014. Vol. 3, p. 37-43.
4. Rashoyan G.V., Lastochkin A.B., Glazunov V.A. Kinematic Analysis of a Spatial Parallel Structure Mechanism with a Circular Guide. Journal of Machinery Manufacture and Reliability, 2015. Vol. 44, N 7, p. 54-60.
5. Хейло С.В., Глазунов В.А., Ширинкин М.А., Календарев А.В. Возможные применения механизмов параллельной структуры. Проблемы машиностроения и надежности машин, 2013. № 5. С. 19-24.
6. Coulombe J., Bonev I.A. A New Rotary Hex-apod for Micropositioning. Proceedings of the ICRA, Karlsruhe, 2013. p. 877-880.
7. Shchokin B, Janabi-Sharifi F. Design and kinematic analysis of a rotary positioner. Robotica. 2007, Vol. 25, pp. 75-85.
8. Bonev I.A., Yu A., Zsombor-Murray P. XY-Theta Positioning Table with Parallel Kinematics and Unlimited Theta Rotation. Proceedings of the IEEE ISIE, Montreal, Québec, Canada. 2006, pp. 3113-3117.
9. Herrera F.J., Acuna H.G., Lengerke O., Dutra M.S. Conceptual Design and Kinematic Analysis of a Parallel Rotational Robot. Proceedings of ICIRA. 2012, Vol. III, pp. 52-61.
10. Алешин А.К., Глазунов В.А., Оффер Ш., Рашоян Г.В., Скворцов С.А., Ласточкин А.Б. Анализ элементарных перемещений манипулятора параллельной структуры с круговой направляющей на основе дифференцирования уравнений связей. Проблемы машиностроения и надежности машин, 2016, № 5. с. 17-21.
11. Dvornikov L., Fomin A. Development of the Basic Conditions for Division of Mechanisms into Subfamilies. Procedia Engineering, 2016, Vol. 150, pp. 882-888.
12. Fomin A., Dvornikov L., Paik J. Calculation of the general number of imposed constraints of kinematic chains. Procedia Engineering, 2017, Vol. 206, pp. 1309-1315.