

СХЕМНОЕ РЕШЕНИЕ МЕХАНИЗМА ШЕСТИКООРДИНАТНОГО МАНИПУЛЯТОРА

Бекбосын Ж.С. – магистрант, Костанайский государственный университет имени А.Байтұрсынова.

В статье предложено схемное решение механизма манипулятора с шестью степенями подвижности. Также автором отражена актуальность задачи поиска схемного решения пространственного манипулятора общего вида с независимыми парциальными движениями, включая независимость последовательности их исполнения с целью упрощения системы управления исполнительным движением. Раскрыта особенность схемного решения. Показаны элементы кинематики приводов поступательного перемещения предложенного механизма. Дана расчетная схема изменяемого треугольника механизма. Использован пакет программы MathCAD 15. Приведены зависимости выражений угла поворота и угловой скорости платформы от времени. Анализированы графики, в зависимости от параметра. При унификации одно поступательное движение достигается сложением двух встречных вращений. Найдены кинематические соотношения унифицированного привода. Сделаны выводы о предлагаемом схемном решении механизма пространственного манипулятора. А именно:

- как при постоянной скорости перемещения штоков гидродвигателей изменяется во времени угол поворота рабочего стола, в рабочем диапазоне;
- какую независимость обеспечивает предлагаемое схемное решение;
- за счет чего предлагаемое схемное решение механизма пространственного манипулятора расширяет функциональные возможности устройства манипулирования в пространстве.

Ключевые слова: манипулятор, подвижность, приводы парциальных движений, угол поворота, угловая скорость.

АЛТЫ КООРДИНАТАЛЫ МАНИПУЛЯТОР МЕХАНИЗМІНІҢ СХЕМАЛЫҚ ШЕШІМІ

Бекбосын Ж.С. – магистрант, А.Байтұрсынов атындағы Қостанай мемлекеттік университеті.

Мақалада алтыкоординаталы манипулятор механизмнің схемалық шешімі ұсынған. Сонымен бірге автормен атқарушы қозғалысымен басқару жүйесін жеңілдету мақсатымен, және олардың тізбектесіп орындалуының тәуелсіздігімен қоса, тәуелсіз парциалды қозғалыстағы, жалпы түрді кеңістікті манипулятордың схемалық шешімнің маңыздылығы бейнеленген. Ұсынылған механизмнің ерекшелігі айтылған. Және осы механизмда ілгерілемелі орын ауыстыру жетектің кинематика элементтері көрсетілген. Ауыспалы үшбұрышты механизмнің есептеу үлгісі берілген. MathCAD 15 программа пакеті қолданылған. Платформаның уақытқа қатысты бұрылу бұрышы және бұрыштық жылдамдық өрнектерінің тәуелділіктері көрсетілген. Сәйкестендіру кезінде, бір ілгерілемелі қозғалыс екі қарсы айнауды қосу арқылы жеткізіледі. Сәйкестендірілген жетектің кинематикалық байланыстары табылған. Ұсынылып отырған кеңістікті манипулятор механизмнің схемалық шешімі бойынша қорытындылар шығарылған. Атап айтқанда:

- гидроқозғалтқыштардың соташықтары тұрақты ауысу жылдамдығы кезінде қалай өзгереді;
- ұсынылып отырған схемалық шешім қандай тәуелсіздікті қамтамасыз етеді;
- не арқылы ұсынылған кеңістікті манипулятор механизмнің схемалық шешімі, құрылғыны кеңістікте басқаруға, функционалды мүмкіншіліктерді кеңейтеді.

Негізгі ұғымдар: манипулятор, қозғалмалылық, парциалды қозғалыс жетектері, бұрылу бұрышы, бұрыштық жылдамдық.

SCHEMATIC OF THE MECHANISM MANIPULATOR OF SIX-DEGREE OF FREEDOM

Bekbossyn Z.S. – undergraduate, Kostanay state university A.Baitursynov.

In the article suggested the schematic of the proposed mechanism of the robot arm with six degrees of freedom. The author also reflects the urgency of the problem search space manipulator circuitry general form independent partial movements, including the independence of the sequence of their execution in order to facilitate the movement of the executive management. Feature of the circuit decision is opened. Showing items kinematics drive translation of the proposed mechanism. The calculation scheme of a changeable triangle of the mechanism is given. Used software package MathCAD 15. Dependences of expressions of an angle of rotation and angular speed of a platform on time are given. Schedules, depending on parameter are analyzed. When unification one forward motion is achieved by adding the two counter-rotating. Found

kinematic relations standardized the drive. Conclusions are drawn on the proposed circuit solution of the mechanism of the spatial manipulator. Namely:

- how at a constant speed of movement of rods of hydraulic engines the desktop angle of rotation, in the working range changes in time;
- what independence is provided by the proposed circuit solution;
- at the expense of what the proposed circuit solution of the mechanism of the spatial manipulator expands functionality of the device of a manipulation in space.

Keywords: manipulator, mobility, driving the partial movements, rotation angle, angular rate.

1. Актуальность задачи. Как известно [1–3] для автоматизации отдельных технологических операций, расширению возможностей технологического оборудования, для создания тренажеров и др. широко используют механизмы пространственных манипуляторов с развитой системой приводов, совокупное действие которых позволяет реализовать любое пространственное движение исполнительного органа в пространственной зоне обслуживания. В последнее время подобные манипуляторы имеют цифровую систему управления исполнительным движением, что позволяет получить любой вид движения и изменять его характеристики. Однако сложность системы управления в значительной мере зависит от схемного решения манипулятора, поскольку парциальные движения от отдельных приводов являются связанными.

В этой связи задача поиска схемного решения пространственного манипулятора общего вида с независимыми парциальными движениями, включая независимость последовательности их исполнения с целью упрощения системы управления исполнительным движением, является актуальной.

2. Пространственный механизм. Предлагается схемное решение механизма в виде шестикоординатного манипулятора (рис. 1). Позиции на рис. 1.: 1-установочное звено (рабочий стол); 2-опорно-поворотное устройство; 3-наклонная платформа; 4, 12, 13- приводы поступательного перемещения, как правило, гидро- и электромеханические двигатели (шарики-винтовая пара); 5, 10, 11- электромеханические двигатели поступательных движений и вращения поворотного стола 6; 7- поперечная каретка; 8-продольная каретка; 9-станина (основание). Подвижность механизма определим по формуле Сомова-Малышева [4]:

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

где n – число подвижных звеньев,

p_i – число кинематических соответственно i -го класса.

Из рис.1 видно, что $n = 6$, $p_5 = 6$, $p_4 = p_3 = p_2 = p_1 = 0$. Тогда подвижность механизма по формуле (1) будет:

$$W = 6 \cdot 6 - 5 \cdot 6 = 6$$

Установочное звено 1 способно иметь шесть независимых движений: три поступательных вдоль осей X, Y, Z и три вращения вокруг этих осей.

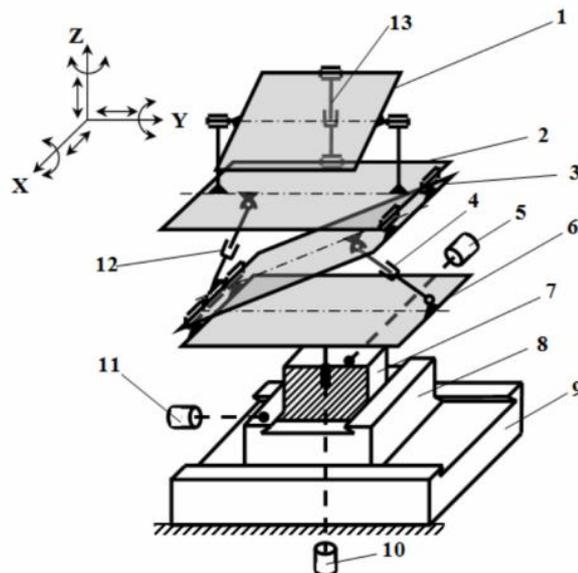


Рисунок 1. Шестикоординатный манипулятор

Особенностью схемного решения является достижение поступательного движения по оси Z путем сложения двух встречных вращений звеньев 2 и 3 [5] тогда как раздельное угловое движение этих звеньев приводит к вращению исполнительного органа вокруг оси X.

Реализация других парциальных движений не имеет особенностей и ясна из рис. 1. Отметим, что электромеханические приводы 4, 12, 13 могут иметь различное конструктивное исполнение и преобразование движения в них целиком определяется кинематической схемой привода.

3. Элементы кинематики приводов поступательного перемещения предложенного механизма. При унификации всех приводов поступательного перемещения, расчетная схема кинематических характеристик преобразования движения сводится к моделированию соотношений в изменяемом «треугольнике», одна сторона которого изменяет свой размер и конструктивно исполнена, например, гидроцилиндром со штоком (рис. 2). Интерес представляют две характеристики движения, а именно:

1) Изменение α и $\dot{\alpha}$ при $l = \text{var}$, причем $\frac{dl}{dt} = \text{const}$;

2) Изменение z и \dot{z} при сложении двух встречных вращений при $\frac{dl}{dt} = \text{const}$, где α и $\dot{\alpha}$ – соответственно угол поворота, и скорость изменения этого угла во времени рабочего стола 1, l – длина штока 10, z и \dot{z} – соответственно вертикальная координата точки К платформы b и скорость изменения этой точки.

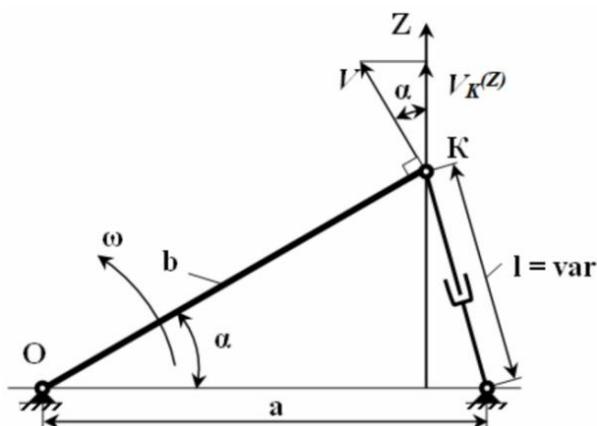


Рисунок 2. Расчетная схема изменяемого треугольника механизма при $l = \text{var}$

Из рис. 2 по известной теореме имеем:

$$l^2 = a^2 + b^2 - 2a \cdot b \cdot \cos \alpha,$$

откуда

$$\alpha = \arccos \left(\frac{a^2 + b^2 - l^2}{2ab} \right), \quad (2)$$

при этом $a = \text{const}, b = \text{const}$.

Полагая, что $l = V \cdot t$, т.е. изменение суммарной длины l штока с гидроцилиндром происходит с постоянной скоростью, т.е. $V = \text{const}$, выражение (2) запишется:

$$\alpha = \arccos \left(\frac{a^2 + b^2 - l^2}{2ab} \right) = \arccos \left(\frac{a}{2b} + \frac{b}{2a} - \frac{V^2}{2ab} \cdot t^2 \right),$$

или в обобщенной форме

$$\alpha = \arccos(m - n \cdot t^2), \quad (3)$$

где

$$m = \left(\frac{a}{2b} + \frac{b}{2a} \right) \text{ и } n = \frac{V^2}{2ab}.$$

Выбирая конструктивно параметры так, что $a = b$ выражение (3) преобразуется:

$$\alpha(n, t) = \arccos(1 - n \cdot t^2) \quad (4)$$

Обозначим $\omega = \frac{d\alpha}{dt}$ – угловая скорость движения рабочего стола 1 (рис. 1 или ОК на рис. 2). Тогда $V_K = \omega \cdot OK = \omega \cdot b$ – линейная скорость точки К платформы 1 и $V_K^{(2)} = \omega \cdot b \cdot \cos \alpha$ вертикальная скорость поступательного движения исполнительного звена 1 при одновременном вращении опорно-поворотного устройства 2 и наклонной платформы 3, имеющих совпадающие линейные размеры и одинаковые режимы работ гидродвигателей 4 и 12.

Дифференцируя выражение (4) по времени t найдём:

$$\frac{d\alpha}{dt} = \omega(n, t) = \frac{2n}{\sqrt{2n - n^2 \cdot t^2}} \quad (5)$$

Используя пакет программы MathCAD 15, приводим зависимости выражений (4) и (5), которые представлены на рис. 3 и рис. 4.

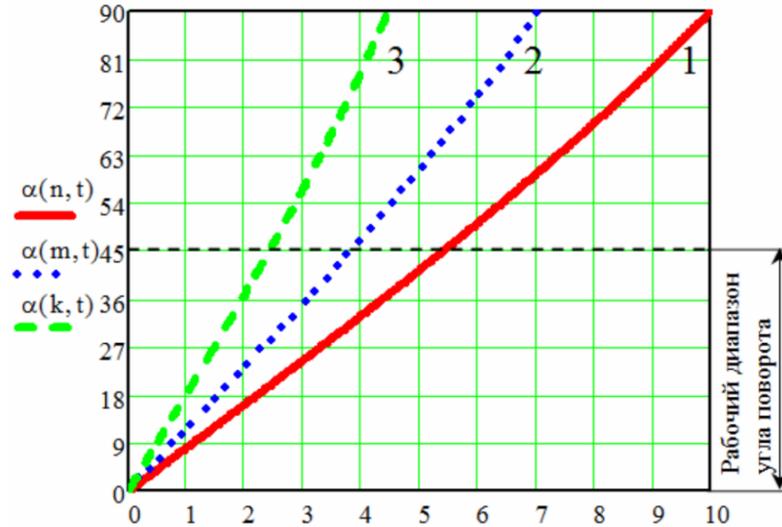


Рисунок 3. Зависимость угла поворота платформы от времени: кривая 1 при $n = 0.01 \text{ сек}^{-2}$, кривая 2 при $n = 0.02 \text{ сек}^{-2}$, кривая 3 при $n = 0.05 \text{ сек}^{-2}$.

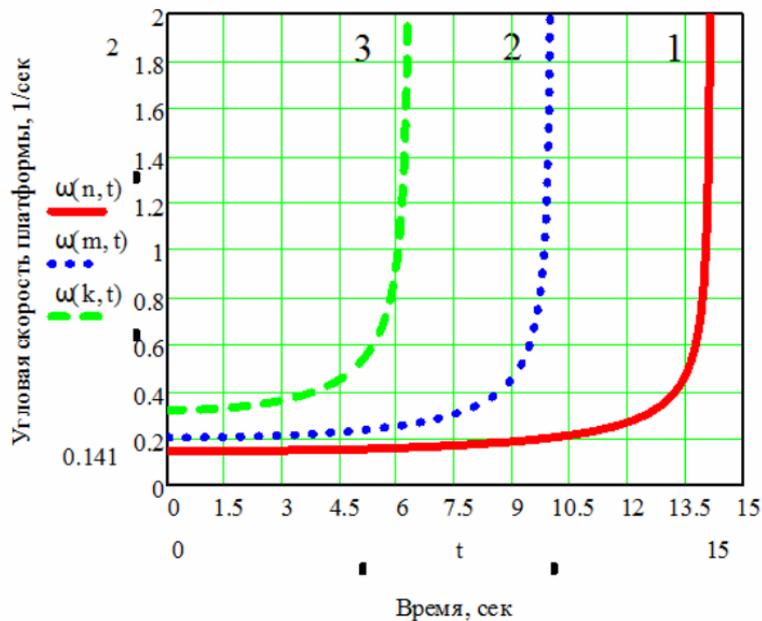


Рисунок 4. Зависимость угловой скорости платформы от времени: кривая 1 при $n = 0.01 \text{ сек}^{-2}$, кривая 2 при $n = 0.02 \text{ сек}^{-2}$, кривая 3 при $n = 0.05 \text{ сек}^{-2}$.

Анализируя эти графики, в зависимости от параметра n видно, что:

1. с увеличением n , α , следовательно, с увеличением скорости V поворот платформы осуществляется быстрее;
2. зависимость $\alpha(n, t) = \arccos(1 - n \cdot t^2)$ при $n = 0,01 - 0,05 \text{ сек}^{-2}$ и $t \leq 5 \text{ сек}$, практически линейна;
3. в рабочем диапазоне $\alpha = 0^0 - 45^0$ изменение угла движения рабочего стола 1 изменяется незначительно.

Выводы:

- 1) Предлагаемое схемное решение механизма пространственного манипулятора расширяет функциональные возможности устройства манипулирования в пространстве, за счет обеспечения степени подвижности по шести координатам на базе кинематической развязки;
- 2) Схемное решение обеспечивает независимость исполнительных движений, в том числе независимость последовательности исполнительных парциальных движений.
- 3) При постоянной скорости перемещения штоков гидродвигателей угол поворота рабочего стола, в рабочем диапазоне, изменяется во времени практически линейно, т.е. угловая скорость рабочего стола практически постоянна.

Литература:

1. Манипуляционные системы роботов / А.И.Корендясев [и др.]; под общ. ред. А.И.Корендясева. – М.: Машиностроение, 1989. – С. 472.
2. Глазунов, В.А. Пространственные механизмы параллельной структуры / В.А.Глазунов, А.Ш.Колискор, А.Ф.Крайнев. – М.: Наука, 1991. – С.95.
3. Альван, Х.М. Об управлении движением пространственной платформы с несколькими степенями подвижности / Х.М.Альван, А.В.Слоущ // Теория механизмов и машин. – СПб.: Изд. СПбГУ. 2003. – № 1. – С. 63–69.
4. Артоболевский, И.И. Теория механизмов и машин / И.И.Артоболевский. – М.: Наука, 1975. – С. 638.
5. Люкшин, В.С. Теория винтовых поверхностей в проектировании режущих инструментов / В.С.Люкшин. – М.: Машиностроение, 1967. – С. 372.

References:

1. Manipulyacionnye sistemy robotov / A.I.Korendyasev [i dr.]; pod obw. red. A.I.Korendyaseva. – М.: Mashinostroenie, 1989. – S. 472.
2. Glazunov, V.A. Prostranstvennye mexanizmy parallel'noj struktury / V.A.Glazunov, A.Sh.Koliskor, A.F.Krajnev. – М.: Nauka, 1991. – S.95.
3. Al'van, X.M. Ob upravlenii dvizheniem prostranstvennoj platformy s neskol'kimi stepenyami podvizhnosti / X.M.Al'van, A.V.Slow // Teoriya mexanizmov i mashin. – SPb.: Izd. SPbGU. 2003. – # 1. – S. 63–69.
4. Artobolevskij, I.I. Teoriya mexanizmov i mashin / I.I.Artobolevskij. – М.: Nauka, 1975. – S. 638.
5. Lyukshin, V.S. Teoriya vintovykh poverxnostej v proektirovanii rezhuwix instrumentov/ V.S.Lyukshin.– М.: Mashinostroenie, 1967. – S. 372.

Сведения об авторе

Бекбосын Жандос Серикжанұлы – магистрант инженерно - технического факультета Костанайского государственного университета имени А.Байтұрсынова. г. Костанай, e-mail: bekbossyn@bk.ru

Бекбосын Жандос Серікжанұлы - А.Байтұрсынов атындағы Қостанай мемлекеттік университеті инженерлі - техникалық факультетінің магистранты. Қостанай қ. e-mail: bekbossyn@bk.ru

Bekbossyn Zhandos Serikzhanuly - undergraduate of technical faculty of Kostanay state university A.Baitursynov. Kostanay. e-mail: bekbossyn@bk.ru