

В результате работы получено:

- 1) Алгоритм генерации любого заполненного поля судоку из множества всех возможных полей.
- 2) Алгоритм генерации всех возможных масок (с нумерацией).
- 3) Алгоритм генерации судоку с заданным количеством изначально указанных чисел.
- 4) Среднее количество всех возможных незаполненных судоку.

Список использованных источников:

1. J. Loughry, J.I. van Hemert, L. Schoofs. Efficiently Enumerating the Subsets of a Set. - (<http://www.applied-math.org/subset.pdf>)
2. E. Russell, F. Jarvis. Sudoku enumeration: the symmetry group. (<http://www.afjarvis.staff.shef.ac.uk/sudoku/sudgroup.html>)

ИМИТАТОР ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ НА ОСНОВЕ МЕХАНИЗМА ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ КИНЕМАТИКИ С ТРЕМЯ СТЕПЕНЯМИ СВОБОДЫ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь*

Кекиш Н. И.

Карпович С. Е. – д-р техн. наук, профессор

Рассмотрен разработанный имитатор пространственных перемещений, который представляет собой механо-аппаратно-программный комплекс на трех независимо управляемых параллельных кинематических группах подвижных звеньев с компьютерным управлением.

Имитаторы пространственных перемещений, как правило, базируются на механизмах параллельной кинематики, приводящих в движение исполнительную платформу, на которой реализуются программируемые движения в трехмерном пространстве. Наряду с имитаторами, обеспечивающими сложные движения с шестью степенями свободы [1], которые требуют шести управляемых параллельных кинематических цепей с шестью сервоприводами, в спецтехнологическом оборудовании производства изделий электронной техники во многих случаях вполне достаточно программируемых перемещений с тремя степенями свободы: одним поступательным перемещением вдоль фиксированной оси и двух ограниченных поворотов во взаимно перпендикулярных плоскостях.

На основе анализа возможных схем реализации трехстепенных имитаторов движения была предложена кинематическая схема, по которой разработан механизм параллельной кинематики, выбраны и обособлены двигатели и система их управления, создано программное обеспечение. На механо-аппаратно-программном уровне разработанный имитатор пространственных перемещений структурно состоит из механизма параллельной кинематики, трех исполнительных двигателей, контроллера системы управления.

Контроллер системы управления перемещениями платформы представляет собой функциональный блок на базе контроллера FX3U-48 фирмы Mitsubishi с установленным программным обеспечением. Он взаимодействует через последовательный интерфейс RS-232C с управляющим компьютером, выполняет полученные команды управления движением и сообщает об ошибках, происходящих во время их выполнения. Контроллер управляет трехфазными асинхронными двигателями через инвертор FR-A700 фирмы Mitsubishi. Инвертор имеет специальные настройки для задания режимов функционирования систем, содержащих трехфазные асинхронные двигатели в составе приводов позиционирования. Преимущества такой схемы «контроллер – инвертор – двигатель» заключается в функциональной и информационной согласованности на всех уровнях: электрическом уровне сигналов; уровне управления на основе специализированных команд контроллера; уровне внешних интерфейсов и среды разработки управляющего программного обеспечения. В случае использования платформы в качестве манипулятора в технологическом процессе программа управления является именно той частью системы, с которой оператор работает наибольшее количество времени. В управляющем программном обеспечении также предусмотрены процедуры отслеживания возможных критических ситуаций и реагирования на них.

Для реализации программных движений платформы имитатора пространственных перемещений в системе управления исполнительными двигателями в управляющее программное обеспечение заложен алгоритм решения обратной задачи кинематики. Для рассматриваемого параллельного механизма обратная задача кинематики формулируется в постановке нахождения угловых координат подвижных элементов (валов) трех управляющих двигателей, которые обеспечивают заданные позицию и ориентацию подвижной платформы в пространстве [1]. Непосредственное решение может быть получено как частный случай решения обратной задачи кинематики для подобного параллельного механизма с шестью степенями свободы, рассмотренного в работе [2]. Кроме того, на основе алгоритма решения обратной задачи кинематики рассчитана граничная рабочая область параллельного механизма, которая представляет собой диапазон всевозможных положений исполнительной платформы имитатора для заданных входных значений поворотных координат трех двигателей. Граничная рабочая область в виде файлов, содержащих упорядоченный набор рассчитанных значений, была использована в аппаратно-программном комплексе системы управления для проверки допустимых положений параллельного

механизма.

Разработанный на основе вышеизложенных подходов имитатор пространственных перемещений TVR-4D-3DOF-6S предназначен для реализации заданного закона движения исполнительной платформы в трехмерном пространстве с помощью параллельного манипулятора с тремя степенями свободы.

Список использованных источников:

1. Моделирование механизмов параллельной кинематики в среде MATLAB/Simulink : моногр. / С. Е. Карпович, В. В. Жарский, И. В. Дайняк, Е. А. Литвинов. – Минск : Бестпринт, 2013. – 153 с.
2. Системы многокоординатных перемещений и исполнительные механизмы для прецизионного технологического оборудования : моногр. / В. В. Жарский, С. Е. Карпович, И. В. Дайняк [и др.] ; под ред. д-ра техн. наук, проф. С. Е. Карповича. – Минск : Бестпринт, 2013. – 208 с.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЯМОЙ И ОБРАТНОЙ ЗАДАЧ КИНЕМАТИКИ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА С ШЕСТЬЮ СТЕПЕНЯМИ СВОБОДЫ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Нестеренко В. Н.

Дайняк И. В. – канд. техн. наук, доцент

Рассмотрено компьютерное моделирование исполнительного механизма с шестью степенями свободы по разработанной программой в среде MATLAB.

Для компьютерного моделирования прямой и обратной задач кинематики исполнительного механизма с шестью степенями свободы на основании ранее предложенной математической модели [1] разработаны программы в среде MATLAB с удобным пользовательским интерфейсом.

Решение прямой задачи кинематики основано на математическом описании положения всех звеньев исполнительного механизма параллельной кинематики в виде параметрических функций от обобщенных координат, реализуемых многокоординатным приводом. Алгоритм решения построен на многокоординатном условии замкнутости, выраженном через геометрические параметры конкретного механизма [1]. Компьютерное моделирование прямой задачи кинематики было проведено при подготовке учебно-методического пособия «Прикладные задачи по высшей математике» [2]. Для решения обратной задачи кинематики исполнительного механизма в трехмерном пространстве и его компьютерного моделирования были использованы подход и аналитические представления, которые позволяют в явном аналитическом виде получать обобщенные координаты многокоординатного привода $\sigma_1, \dots, \sigma_6$ в зависимости от координат $x, y, z, \varphi, \theta, \psi$ положения и ориентации платформы. Интерфейс разработанной программы решения обратной задачи кинематики представлен на рисунке 1.

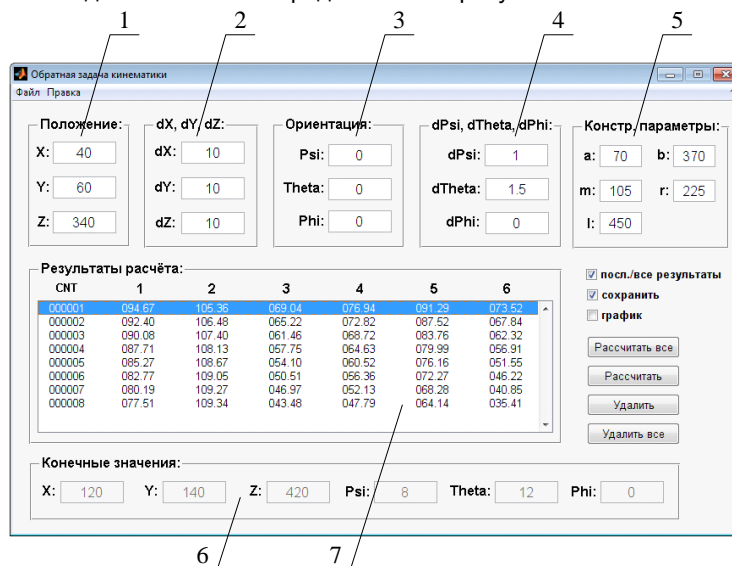


Рис. 1 – Интерфейс разработанной программы моделирования решения обратной задачи кинематики: 1 – координаты положения платформы; 2 – инкрементные приращения по x, y, z ; 3 – ориентация платформы; 4 – инкрементные приращения по φ, θ, ψ ; 5 – конструктивные параметры механизма; 6 – конечная ориентация и положение платформы; 7 – рассчитанные значения $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_6$ обобщенных угловых координат