

ОСОБЕННОСТИ АЛОГИТМИЗАЦИИ БЕСКОЛИЗИОННЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ТРЁХ ПЛАНАРНЫХ ПОЗИЦИОНЕРОВ

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

Кузнецов В. В.

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

Рассмотрена математическая модель и алгоритмизация анализа коллизий при одновременном перемещении нескольких планарных позиционеров на одном статоре. Получены условия бесколлизийных перемещений в виде систем неравенств. На основании предложенного алгоритма разработана программа в среде MATLAB с удобным пользовательским интерфейсом.

В связи с тем, что большинство систем перемещений, разрабатываемых на механизмах параллельной кинематики [1] базируется на гибридном планарном приводе, конфигурируемых из трёх планарных позиционеров на одном статоре, проблема бесколлизийных перемещений последних является актуальным. Это и определило задачу, поставленную в настоящей работе, как задачу аналитического анализа и учёта коллизий, возникающих при движении трёх планарных позиционеров в составе системы перемещений с шестью степенями свободы, представленной на рис. 1.

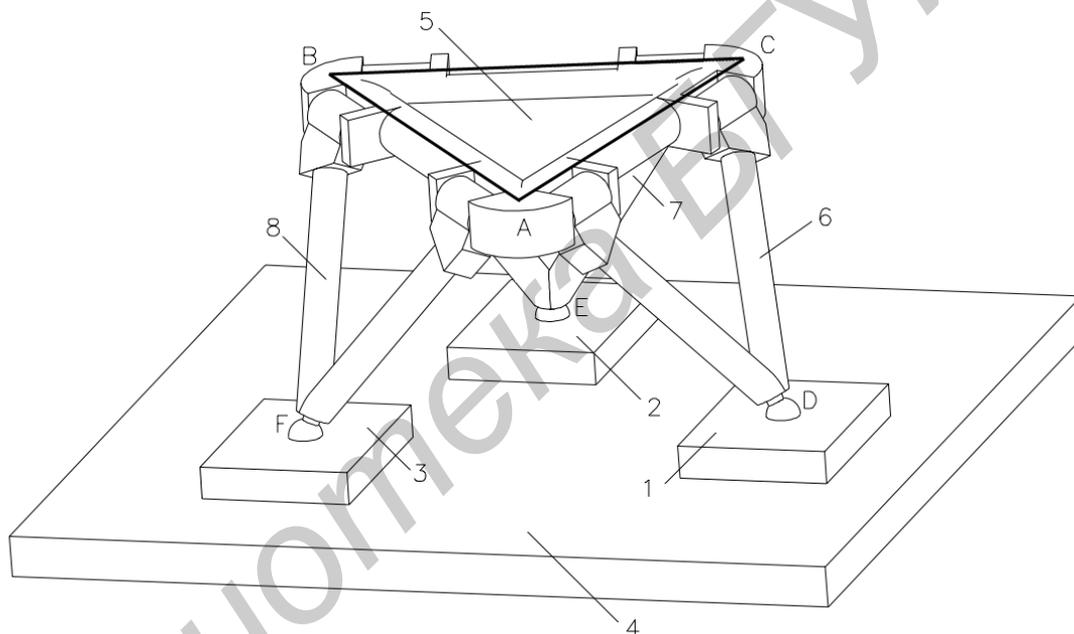


Рис. 1 – Система перемещений с шестью степенями свободы

Система перемещений состоит из группы Ассур третьего класса (звенья 5, 6, 7, 8) и шестикоординатного привода в виде трёх управляемых планарных позиционеров 1, 2, 3, перемещающихся на одном общем для них статоре 4. Такая конструктивная особенность системы перемещений накладывает специфические требования, которые необходимо учитывать при разработке алгоритмов программируемых движений исполнительного элемента, в данном случае платформы ABC. На возможность реализации программируемых движений, в первую очередь, влияют параллельные размеры позиционеров, описывающие их геометрию в плоскости движения. Очевидно, что эти размеры будут влиять на ограничения их взаимных перемещений, которые как возможные столкновения (коллизии) необходимо учитывать и программно предотвращать путём разработки математических моделей одновременного бесколлизийного перемещения всех планарных позиционеров на одном статоре.

Расчётная схема для учёта коллизий приведена на рис. 2, из которой видно, что планарные позиционеры 1, 2, 3 перемещаются автономно по взаимноортогональным направлениям по одной общей плоскости, рабочей поверхности неподвижного статора. Статор имеет ортогональную зубцовую нарезку, впадины которой параллельны осям x и y системы координат статора xOy по всей его рабочей поверхности (рис. 2). С зубцовой структурой статора взаимодействуют магнитные потоки разных электромагнитных модулей, ортогонально расположенных в окнах планарных позиционеров. Модули имеют в общем рабочем зазоре зубцовую структуру того же шага что и у зубцовой структуры статора [1].

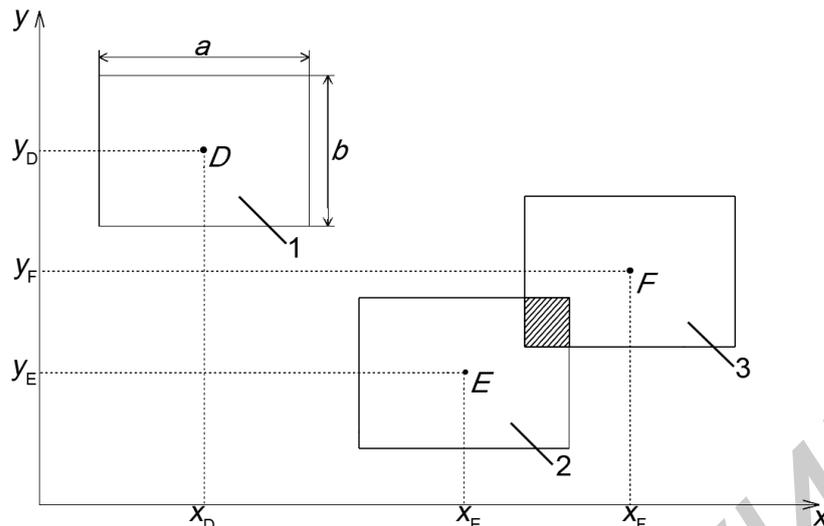


Рис. 2 – Расчётная геометрическая модель анализа коллизий трёх планарных позиционеров

В результате последовательного перемагничивания полюсов разных модулей при неподвижном статоре получаем по два независимых ортогональных x, y перемещения для каждого позиционера. Учитывая независимость управления перемещениями одного позиционера по x, y , получим, что планарный привод на трёх планарных позиционерах позволяет реализовать шесть входных управляемых обобщённых координат, из которых три вдоль x и три вдоль y . Так как плоскопараллельные движения позиционеров осуществляется только сочетанием ортогональных координат, то вполне достаточно одной любой точки на каждом позиционере для однозначного описания конкретного положения и движения позиционеров. В рассматриваемом случае в качестве таких точек приняты точки D, E, F , находящиеся на пересечении соответствующих диагоналей верхних прямоугольников позиционеров. Законы перемещения позиционеров и их текущие положения на статоре рассчитываются путём решения обратной задачи кинематики [1 - 2] по требуемому закону перемещения и ориентации выходного звена, в данном случае треугольной платформы ABC . При это расчётные положения проекций позиционеров 1, 2, 3 на плоскости статора (рис. 2) могут оказаться геометрически пересекающимися (позиционеры 2, 3) или геометрически непересекающимися (позиционеры 1, 2 и 1, 3). Таким образом, коллизии нами рассматриваются как результат пересечения контуров позиционеров, получаемых при моделировании обратной задачи кинематики. Наличие коллизии недопустимо в работающей системе перемещений, так как это приведет к столкновению позиционеров и невозможности выполнения программированных движений.

Для получения алгоритмов бесколлизионных перемещений проанализируем расчётную схему (рис. 2) возможных взаимных положений трёх планарных позиционеров. Проекции контуров позиционеров приняты одинаковыми, в виде прямоугольников со сторонами a и b . Возможные пересечения прямоугольников 2, 3 может быть описано в виде системы неравенств через координаты точек E и F :

$$\begin{cases} |x_F - x_E| < a; \\ |y_F - y_E| < b. \end{cases} \quad (1)$$

Такая же коллизионная ситуация возможна и между позиционерами 1 и 2, 1 и 3. Для позиционеров 1 и 2 расчётное условие коллизий имеет вид:

$$\begin{cases} |x_E - x_D| < a; \\ |y_E - y_D| < b, \end{cases} \quad (2)$$

а для позиционеров 1 и 3 аналогичное условие коллизии будет иметь следующий вид:

$$\begin{cases} |x_F - x_D| < a; \\ |y_F - y_D| < b. \end{cases} \quad (3)$$

Координатное задание положение позиционеров позволяет рассчитать области взаимного пересечения соответствующих прямоугольных проекций позиционеров на плоскости статора. Для позиционеров 1 и 3 при условии выполнения (1), расчётные области коллизии по координатам x и y будет определяться по выражениям:

$$\Delta x_{FE} = a - |x_F - x_E|; \quad \Delta y_{FE} = a - |y_F - y_E|. \quad (4)$$

Для позиционеров 1 и 2 область коллизии, при выполнении условия (2), определится по выражениям:

$$\Delta x_{ED} = a - |x_E - x_D|; \quad \Delta y_{ED} = a - |y_E - y_D|. \quad (5)$$

Аналогично для позиционеров 1 и 3 получим:

$$\Delta x_{FD} = a - |x_F - x_D|; \quad \Delta y_{FD} = a - |y_F - y_D|. \quad (6)$$

Из анализа выражений (1)–(6) получим условия в виде неравенств, характеризующих бесколлизийные перемещения трёх планарных позиционеров на одном статоре:

$$\begin{aligned} |x_E - x_F| &\geq a \text{ или } |y_E - y_F| \geq b, \\ |x_E - x_D| &\geq a \text{ или } |y_E - y_D| \geq b, \\ |x_F - x_D| &\geq a \text{ или } |y_F - y_D| \geq b. \end{aligned} \quad (7)$$

Последовательная проверка условий (7) для координат точек D , E , F , рассчитанных по алгоритму решения обратной задачи [4] позволяет проанализировать программируемые перемещения рабочей платформы ABC из условия бесколлизийных перемещений трёх планарных позиционеров на общем статоре.

На основании программы решения обратной задачи кинематики разработанной нами ранее [4] и предложенного в настоящей работе алгоритма анализа коллизий, была разработана программа в среде MATLAB уточнения границ рабочей области системы перемещений (рис. 1), интерфейс которой представлен на рис. 3.

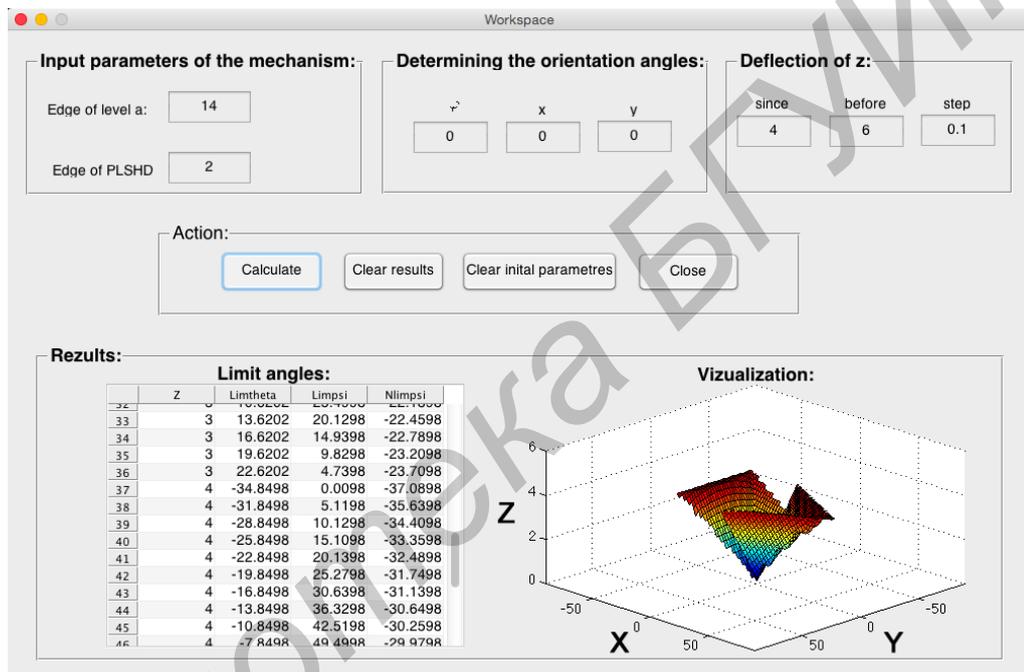


Рис. 3 – Интерфейс программы моделирования бесколлизийной рабочей области

Таким образом нами на основании предложенного алгоритма бесколлизийных перемещений трёх планарных позиционеров на одном статоре была разработана в среде MATLAB программа имитационного моделирования кинематики реконфигурируемых механизмов, использующих гибридный привод из трёх планарных позиционеров. Разработанная программа позволит проводить исследование системы перемещений с интерактивной визуализацией результатов.

Список использованных источников:

1. Системы многокоординатных перемещений и исполнительные механизмы для прецизионного технологического оборудования / В.В. Жарский [и др.]; под ред. д-ра техн. наук, проф. С.Е. Карповича. – Минск: Бестпринт, 2013. – 208 с.
 2. Карпович, С.Е. Алгоритм генерации опорных точек на пространственной траектории для линейной и сплайновой интерполяции / С.Е. Карпович, В.В. Кузнецов, А.Ю. Войтов // Информационные технологии и системы 2015: материалы Междунар. науч. конф. – Минск, 2015. – С. 54–55.
 3. Карпович, С.Е. Формирование аналитических функций обобщенных координат пространственной системы перемещений с шестью степенями свободы / С.Е. Карпович, В.В. Кузнецов, В.В. Поляковский // Материалы Юбилейной науч.-практ. конф., посвященной 85-летию Гомельского гос. ун-та им. Ф. Скорины. – Гомель, 2015. – Ч. 4. – С. 118–121.
- Кинематика системы перемещений с шестью степенями свободы / А.Ю. Войтов, В.В. Кузнецов / Научно-практический журнал «Аспирант». 2016. №1. – Ростов-Дон