

## АНАЛИЗ КОЛЛИЗИЙ ТРЕХ ПЛАНАРНЫХ ПОЗИЦИОНЕРОВ НА ОДНОМ СТАТОРЕ

С.Е. КАРПОВИЧ, В.В. ПОЛЯКОВСКИЙ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
ул. П. Бровки, 6, г. Минск, 220013, Республика Беларусь  
mmts@bsuir.by*

Проблема повышения производительности технологического оборудования при сохранении точности перемещений решается различными способами. В докладе предложен подход к реализации бесколлизийной работы многокоординатных систем в составе трех планарных позиционеров на одном статоре, обеспечивающий одновременное перемещение всех подвижных модулей. На основании анализа требований предложена геометрическая модель и алгоритм учета возможных коллизий.

*Ключевые слова:* коллизия, подвижный модуль, многокоординатная система перемещений.

Для широкого класса прецизионного оборудования, включая тестеры печатных плат, автоматизированные сборочные комплексы БИС и СБИС, роботизированные участки, реализующие планарные технологии микроэлектроники, характерно одновременное перемещение нескольких планарных позиционеров на одном статоре. Учет возможных коллизий при этом потребовал аналитического решения траекторных задач для разработки алгоритмов управления позиционерами.

При этом в части математического моделирования и алгоритмизации случай с тремя планарными позиционерами на одном статоре является наиболее общим для систем перемещений автоматизированного оборудования микро- и наноэлектроники. Разработанный базовый алгоритм имеет модульную структуру, позволяющую добавлять или исключать планарные модули в рабочем пространстве статора.

Геометрическая модель системы перемещений, построенной на трех планарных ЛШД, в дальнейшем называемых координатными позиционерами КП1, КП2 и КП3, показана на рис. 1.

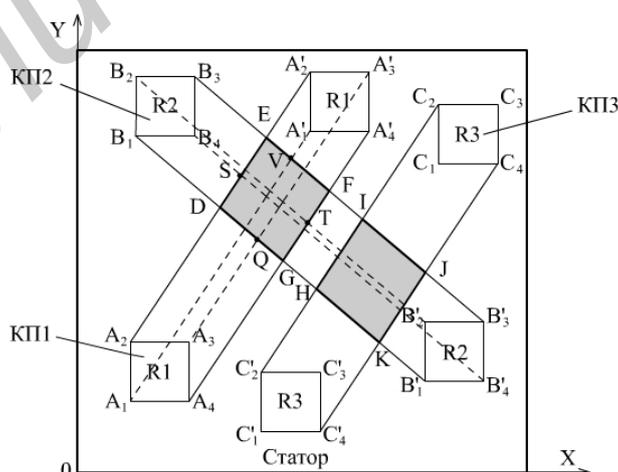


Рис. 1. Геометрическая модель анализа коллизий трех планарных позиционеров на одном статоре

Внешний прямоугольный контур на рис. 1 определяет рабочую зону на статоре, выход за границы которой в процессе перемещения позиционеров невозможен. Прямоугольники  $A_1A_2A_3A_4$ ,  $B_1B_2B_3B_4$  и  $C_1C_2C_3C_4$  определяют область или площадь, которую в данный момент времени занимают соответственно КП1, КП2 и КП3. Квадратные, а в общем случае – прямоугольные области позиционеров – это, по сути дела, их проекции на рабочую плоскость статора, соответствующие конструкции планарного модуля движения. Прямоугольники  $A'_1A'_2A'_3A'_4$ ,  $B'_1B'_2B'_3B'_4$  и  $C'_1C'_2C'_3C'_4$  определяют геометрическое место конечного положения соответственно КП1, КП2 и КП3. Предполагается, что проекции механических звеньев, установленных соответственно на КП1, КП2 и КП3, не выходят за контуры площади позиционера.

Рассмотрим геометро-кинематический анализ движения трех планарных позиционеров на одном статоре при их позиционном перемещении типа точка–точка по прямой с постоянной скоростью.

Геометрически зоны перемещения каждого позиционера описываются так называемым шлейфом, который представляет собой геометрическую область, в которой осуществляется движение позиционера при переходе из начальной позиции в конечную. Так, для позиционера КП1, в соответствии с рис. 1, шлейфом является фигура в виде шестиугольника  $A_1A'_1A'_2A'_3A'_4A_4$ .

Геометрическая область, образованная пересечением шлейфов разных позиционеров, является зоной, в которой возможно их столкновение (общая зона). Так, для КП1 и КП2 общей зоной является четырехугольник  $DEFG$ . Аналогично определяются общие зоны для оставшихся пар позиционеров.

Из анализа геометрической модели следует, что при совместном движении координатных позиционеров КП1, КП2 и КП3 возможны следующие ситуации:

- коллизии при одновременном движении позиционеров полностью отсутствуют, когда все три шлейфа движения, построенные по начальным и конечным положениям позиционеров, не пересекаются;

- коллизии в движении позиционеров возможны, если хотя бы два шлейфа из трех пересекаются. В этом случае для бесколлизийного движения позиционеров необходимо формировать и обеспечивать при движении необходимые условия, построенные на правиле приоритетов, устанавливающем очередность вхождения позиционеров КП1, КП2 и КП3 для каждой пары позиционеров в их общую зону;

- особые случаи коллизий, которые включают критические зоны, возникающие при некоторых частных конфигурациях, при которых полное движение позиционеров от начальной до конечной точки невозможно или возможно только при особых условиях.

Разработанный алгоритм решения задачи коллизии для трех позиционеров на одном статоре при их равномерном движении основан на том, что каждый позиционер представляется его проекцией на плоскость статора в виде геометрического места, ограниченного подвижным четырехугольником.

Не нарушая общности решения поставленной задачи по предотвращению коллизий, разработан и реализован алгоритм анализа коллизий трех планарных позиционеров КП1, КП2 и КП3, имеющих форму квадрата с длиной стороны  $L$ , при их прямолинейном движении между начальными и конечными положениями.