

Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники, Минск, Беларусь
Белостокская Политехника (Технический университет), Белосток, Польша

ИНТЕРАКТИВНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ НА ПЛОСКОСТИ ДВУХ ПЛАНАРНЫХ ПОЗИЦИОНЕРОВ

Карпович С.Е., Голдын Л., Поляковский В.В., Дайняк И.В.

The collision problem in the technological equipment with two and more planar positioners on the same stator is described. A geometric interpretation of problem is given, and the algorithm for analysis and excepting of collisions is proposed. The multimedia page for the modelling of two planar positioners' motions on the same stator is presented.

Введение

Достижения микроэлектроники и связанные с ними успехи микропроцессорной управляющей техники открыли возможность широкого внедрения достаточно совершенных и оперативных методов проектирования и управления на всех уровнях и приблизили технику управления непосредственно к объекту производства. Это обеспечило создание интегрированных электромагнитных устройств – координатных позиционеров для систем перемещения. Электромагнитные модули движения, komponуемые в линейные шаговые двигатели (ЛШД) для координатных позиционеров, и соответствующие цифровые системы управления позволяют обеспечить реализацию сложных многокоординатных и точно согласованных перемещений с широким варьированием параметров [1].

В спецтехнологическом автоматизированном оборудовании особую роль играют двухкоординатные планарные позиционеры. Для повышения эффективности функционирования автоматизированного оборудования используют совместную работу двух и более позиционеров на одном статоре [1]. При этом огромное значение имеет задача предотвращения столкновения этих позиционеров.

В работе рассмотрен один из алгоритмов анализа и предотвращения коллизий для двух планарных ЛШД на одном статоре.

1. Геометрическая интерпретация алгоритма предотвращения коллизий для двух планарных ЛШД на одном статоре

Алгоритм посвящен наиболее часто встречающемуся случаю – анализу столкновений двух координатных позиционеров в 2-D пространстве.

Декартова геометрия данного алгоритма может быть понята из рассмотрения рис. 1. Мы считаем априори, что инструмент не может выходить за границы площади основания координатного позиционера. Это допущение необходимо для того, чтобы быть уверенным в том, что при исключении столкновений координатных позиционеров мы также гарантируем, что не столкнутся и установленные на них инструменты. Малая площадь основания инструмента достигнута за счет освобождения координатного позиционера (и, как следствие, установленного на нем инструмента) от жестких кинематических связей, из-за того, что индуктор перемещается по статору, и присоединен к каркасу только через гибкий воздушный кабель. Никакой фиксированной связи не существует между перемещающейся частью инструмента и "мировой системой координат". Таким образом, только координатный позиционер может сталкиваться с другими координатными позиционерами. На рис. 1, показано, что декартовы координаты координатного позиционера с инструментом (роботом) R1 по пути его движения от позиции А до позиции В устанавливают область, в которую координатный позиционер R2 не должен входить, чтобы избежать столкновения.

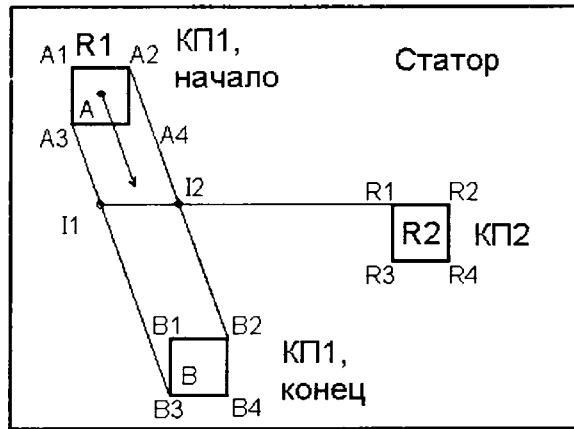


Рис. 1. Геометрическая модель коллизии двух планарных позиционеров

Использование координатных позиционеров значительно упрощает проблему анализа столкновений по сравнению с обычными робототехническими системами, в которых эта проблема является объемной, трехмерной. При использовании координатных позиционеров, 3-D проблема объемного перекрытия делится на проблему наложения 2-D областей, и на возможную 1-D проблему наложения высоты. На рис. 1 показано, что если проекция координатного позиционера R1 и координатного позиционера R2 на поверхность статора, начиная с области, определенной точками A1, A3, B3, B4, B2, A2, A1 не пересекается с областью, определенной точками R1-R4 КП2, то инструменты не будут сталкиваться и в трехмерном пространстве. Также допустимо и движение КП R1 от точки A к точке B. Зоны перекрытия, таким образом, легко рассчитываются решением уравнений пересечения прямых, формирующих границы областей и определения, если такие пересечения происходят в пределах конечных точек, определенных перемещенными областями.

Упомянутый подход к избеганию конфликтов является "статическим" в том смысле, что столкновения определены просмотром полной области перемещения в течение предложенного движения. Однако такой алгоритм может вызвать тупиковые ситуации, например, когда четыре координатных позиционера, размещаемые в четырех углах рабочей области, имеющей квадратную форму, желают двигаться по часовой стрелке в угол друг друга. "Статический" алгоритм "сделает вывод", что все планируемые движения заставляют координатные позиционеры сталкиваться и запретит их, не приняв во внимание тот факт, что одновременное движение всех четырех координатных позиционеров не приведет ни к каким столкновениям. Модификации алгоритма, который решает эту проблему, должна позволить анализировать возможность столкновения в процессе движения индукторов.

2. Вычислительный алгоритм анализа и предотвращения коллизий на двух планарных ЛШД на одном статоре

Разработанный алгоритм основан на том, что каждый позиционер представляется его проекцией на плоскость статора в виде геометрического места, ограниченного подвижным многоугольником. В частном случае геометрическое место представляет собой четырехугольник.

Для иллюстрации разработанного алгоритма анализа коллизий рассмотрим совместную работу двух планарных позиционеров R1 и R2, имеющих форму квадрата с длиной ребра L при их движении между начальными и конечными положениями в соответствии с рис. 2.

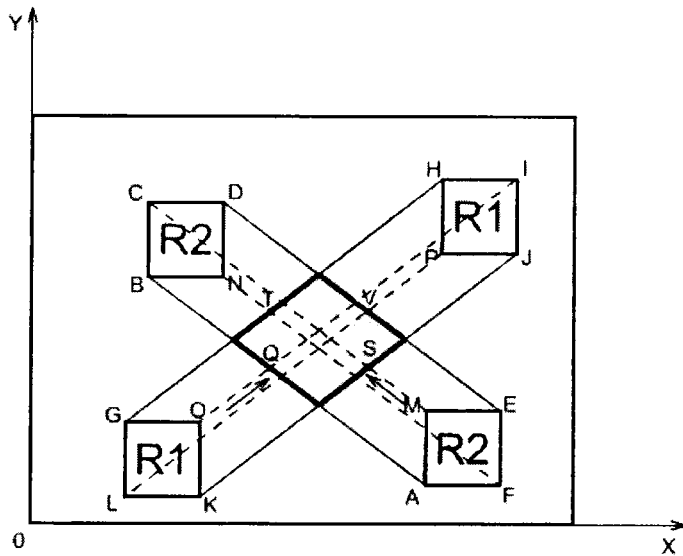


Рис. 2. Геометрическая модель анализа коллизий двух планарных позиционеров на одном статоре

Опасным участком, в котором возможно столкновение позиционеров является геометрическое место пересечения шестиугольников ABCDEF и GHIJKL (на рис. 2. этот участок показан серым цветом). При движении позиционеров производится анализ их местоположения относительно этого участка. При этом алгоритм построен таким образом, что при нахождении одного из позиционеров в этой зоне другому вход в нее запрещен.

Предположим, позиционер R2 первым входит в закрашенную область. Точкой входа будет являться точка пересечения прямых MC и KJ (точка S), а точкой выхода – точка пересечения прямых FN и GH (точка T). Координаты этих точек определяются по следующим формулам:

$$\begin{cases} X_S = \frac{b_{CM} - b_{KJ}}{k_1 - k_2}, \\ Y_S = \frac{b_{CM} - b_{KJ}}{k_1 - k_2} \cdot k_1 + b_{KJ}. \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} X_T = \frac{b_{FN} - b_{GH}}{k_1 - k_2}, \\ Y_T = \frac{b_{FN} - b_{GH}}{k_1 - k_2} \cdot k_1 + b_{GH}. \end{cases} \quad (2)$$

где X_S, Y_S – координаты точки S; X_T, Y_T – координаты точки T; $b_{CM}, b_{KJ}, b_{FN}, b_{GH}$ – начальная ордината прямых CM, KJ, FN, GH соответственно; k_1, k_2 – коэффициент угла наклона траектории позиционеров R1 и R2 соответственно.

Условие нахождения позиционера R2 в опасной зоне, в которой возможно столкновение позиционеров, является выполнение следующей системы неравенств:

$$\begin{cases} X_T - \frac{L}{2} \leq X_{R2} \leq X_S + \frac{L}{2}, \\ Y_S - \frac{L}{2} \leq Y_{R2} \leq Y_T + \frac{L}{2}. \end{cases} \quad (3)$$

где X_{R2}, Y_{R2} – координаты центра позиционера R2; L – длина ребра позиционера.

В соответствии с рис. 2, точкой входа позиционера R1 в запрещенную зону является точка Q. Условие входа позиционера R1 в запрещенную зону можно представить в виде следующего неравенства:

$$\begin{cases} X_{R1} + V_{x_{R1}} \cdot \Delta t \geq X_Q + \frac{L}{2}, \\ Y_{R1} + V_{y_{R1}} \cdot \Delta t \geq Y_Q + \frac{L}{2}. \end{cases} \quad (4)$$

где X_{R1} , Y_{R1} – координаты центра позиционера R1; X_Q , Y_Q – координаты точки Q; $V_{x_{R1}}$, $V_{y_{R1}}$ – проекции скорости движения позиционера R1 на оси X и Y соответственно; Δt – промежуток времени, через который производится анализ.

При одновременном выполнении неравенств (3) и (4) позиционер R1 должен остановиться. Продолжить свое движение он сможет только после выхода позиционера R2 из запрещенной зоны.

На практике позиционеры могут двигаться не только равномерно, но и с ускорением. В этом случае закон движения позиционера можно представить в следующем виде:

$$\begin{cases} X = X_0 + V_x \cdot t + a_x \cdot \frac{t^2}{2}, \\ Y = Y_0 + V_y \cdot t + a_y \cdot \frac{t^2}{2}. \end{cases} \quad (5)$$

где X , Y – текущие координаты центра позиционера; X_0 , Y_0 – начальные координаты центра позиционера; V_x , V_y – проекции скорости движения позиционера на оси X, Y соответственно; a_x , a_y – проекции ускорения позиционера на оси X, Y соответственно.

С учетом (5) на линейной траектории может быть реализован в общем случае любой закон движения. При этом при анализе коллизий видоизменится только неравенство, определяющее условие входа позиционера в запрещенную зону. Так, для позиционера R1, неравенство (4) примет вид:

$$\begin{cases} X_{R1} + V_{x_{R1}} \cdot \Delta t + a_{x_{R1}} \cdot \frac{\Delta t^2}{2} + \Delta X_{Ocm.} \geq X_Q + \frac{L}{2}, \\ Y_{R1} + V_{y_{R1}} \cdot \Delta t + a_{y_{R1}} \cdot \frac{\Delta t^2}{2} + \Delta Y_{Ocm.} \geq Y_Q + \frac{L}{2}. \end{cases} \quad (6)$$

где $a_{x_{R1}}$, $a_{y_{R1}}$ – проекции ускорения позиционера R1 на оси X, Y соответственно; $S_{Ocm.} = \sqrt{\Delta X_{Ocm.} + \Delta Y_{Ocm.}}$ – расстояние, которое необходимо пройти позиционеру до полной остановки.

Таким образом, рассчитав точки входа и выхода в опасную зону для каждого из координатных позиционеров и анализируя местоположение их относительно этих точек, мы можем избегать возможности столкновения.

3. Мультимедийная страница моделирования движения двух планарных ЛШД на одном статоре

На основе вышеизложенного алгоритма в среде Macromedia Flash [2, 3] разработана мультимедийная страница, моделирующая движения двух планарных ЛШД на одном статоре. На рис. 3 представлен интерфейс разработанной мультимедийной страницы.

В качестве самих позиционеров в мультимедийной странице выступают два закрашенных квадрата А и В. Менее ярко тем же цветом и буквой обозначены начальная и конечная точки движения соответствующего позиционера. Данные точки можно располагать в любом

месте в пределах статора. В качестве параметров движения можно задавать максимальную скорость движения для каждого из позиционеров, ускорение разгона и торможения.

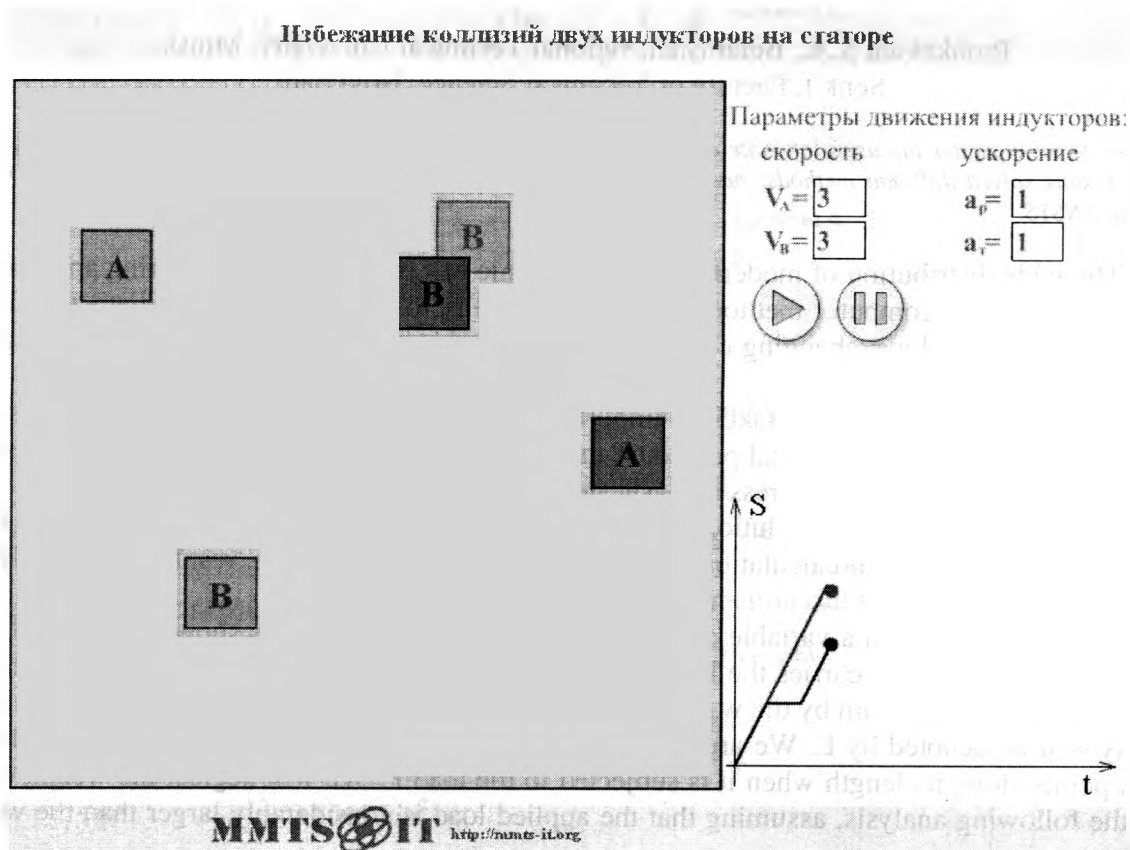


Рис. 3. Интерфейс мультимедийной страницы для моделирования движения двух планарных ЛШД на одном статоре

После нажатия на кнопку Play виртуальные позиционеры начинают циклическое движение от начальной точки к конечной. Одновременно с движением производится построение зависимости перемещения от времени.

Разработанная мультимедийная страница моделирования движения двух планарных ЛШД на одном статоре может быть использована не только в качестве демонстрации алгоритмов избежания коллизий, но также и как орган управления движением реальных ЛШД.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карпович С.Е., Яковлюк А., Чех М., Семеняко Ф., Ляшук Ю.Ф. Аналитическая механика и мехатронные системы перемещений. – Мн.: Технопринт, 2004. – 187 с.
2. Рейнхардт Р., Ленц Д. Flash 5. Библия пользователя. – М.: Изд. дом "Вильямс", 2001. – 1164 с.
3. Macromedia Flash MX 2004 ActionScript 2.0. Справочник разработчика. – М.: Изд. дом "Вильямс", 2005. – 896 с.