

МЕТОД АНАЛОГОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЛОСКИХ ШАРНИРНЫХ МЕХАНИЗМОВ (С ПОВОРОТОМ ВЕДОМОГО ЗВЕНА НА 360°)

И. Г. ВИНТИЗЕНКО, А. Г. КОКИН

(Представлена научным семинаром вычислительной лаборатории)

В настоящее время достигнуты значительные успехи в анализе и синтезе механизмов, точки звеньев которых описывают различные траектории. Исследование этих вопросов имеет важное прикладное значение, так как в практике конструирования машин весьма часто ставится требование о движении отдельных точек исполнительных механизмов по заданным траекториям.

Для проектирования и расчета плоских механизмов в последнее время применяются аналоговые вычислительные машины (АВМ). Большой интерес представляет моделирование четырехзвенных механизмов с углом поворота ведомого звена на 360° в связи с тем, что такой механизм является основой для проектирования сколь угодно сложных шарнирных механизмов. Имеется несколько работ, посвященных моделированию кинематики таких механизмов [2], [4], [5].

В работе [5] был использован метод прямого решения трансцендентных уравнений, полученных при проектировании механизма на координатные оси. Однако, как было показано в работе Быховского [3], решение на АВМ трансцендентных уравнений, описывающих устойчивые системы, часто бывает неустойчивым. Поэтому и в более поздней работе [4], использующей те же методы, что и в работе [5], устойчивое моделирование ведомого звена четырехзвенного механизма наблюдалось лишь в пределах $0-180^\circ$. Были предложены различные методы устранения неустойчивости. В работе Быховского [3] предлагался метод реализации ультраустойчивой структуры; однако в связи с тем, что неустойчивость возникает до подхода системы к точке переключения, этот метод оказывается не совсем удобным. Для устранения неустойчивости системы предлагалось (подобно [3]) применять переключатели в линиях обратной связи, которые изменяли бы условия устойчивости [4], но такой способ не дает при переходе границ устойчивости точной картины вращения ведомого звена, и поэтому точный анализ и расчет механизмов невозможен. Авторами настоящей статьи предлагался метод устранения неустойчивости введением в систему голономных связей [4]. При этом проблема устойчивости в диапазоне $0-360^\circ$ была решена. Однако возникала неопределенность, связанная с введением дополнительной степени свободы, заключающаяся в том, что одной и той же сумме проекций звеньев механизма на координатные оси отвечало большое число четырехзвенников, поэтому модель легко переходит

ла от воспроизведения траекторий точек одного механизма к траекториям точек другого механизма, хотя на начальной части первого оборота начальные условия определяли поведение механизма правильно.

Предлагается новый метод моделирования четырехзвенных механизмов с углом поворота ведомого звена на 360° . Суть его заключается в том, что механизм сколь угодно сложный можно разбить на четырехзвенные механизмы типа кулисного с вращающейся кулисой, для получения углов и координат любых точек которых достаточно решать треугольник с переменными длинами сторон. Особенностью модели, еще не использованной достаточно широко, является возможность относительно просто моделировать шарнирные механизмы с изменяющимися длинами связей.

Рассмотрим применение метода к четырехзвенному механизму АВСД (рис. 1). Такой механизм сводится к четырехзвенному механизму с вращающейся кулисой АВД (рис. 1), если к кулисному механизму добавить треугольник со сторонами ВС и СД (соединение шарнирное в точках В, С и Д) с изменяющейся стороной ВД. Ее длина l определяется в треугольнике АВД из соотношения

$$e^2 = a^2 + d^2 - 2ad \cdot \sin \varphi,$$

$$-e^2 + a^2 + d^2 - 2ad \cdot \sin \varphi = -\frac{e}{\mu}, \mu > 10^6, \varphi = 0$$

Из треугольника АВД и его проекций на координатные оси получим

$$a \cos \varphi = e \cos \psi,$$

$$a \sin \varphi - d = -e \sin \psi.$$

Из треугольника ВСД следует, что

$$c^2 = e^2 + b^2 - 2eb \cdot \cos \gamma,$$

$$-c^2 + e^2 + b^2 - 2eb \cdot \cos \gamma = -\frac{\gamma}{\mu}, \mu > 10^6.$$

Координаты точек, расположенных на шатуне и тягах, связанных с ним жестко и направленных под прямым углом к шатуну, определяются

$$Y_K = e \cos \psi + b[\sin \psi \cdot \sin \gamma - \cos \psi \cdot \cos \gamma] -$$

$$- k[\cos \psi \cdot \sin \gamma + \sin \psi \cdot \cos \gamma],$$

$$X_K = -e \sin \psi + b[\cos \psi \cdot \sin \gamma + \sin \psi \cdot \cos \gamma] +$$

$$+ k[\sin \psi \cdot \sin \gamma - \cos \psi \cdot \cos \gamma].$$

Схема моделирования приведена на рис. 2. Она включает схему моделирования ведущего звена, контуров для образования методом неявных функций $\sin \psi$, $\cos \psi$; переменной длины e , а также $\sin \gamma$, $\cos \gamma$. В схеме применено 8 блоков перемножения, 2 функциональных блока, 4 следящих усилителя. Моделирование производилось на аналоговой

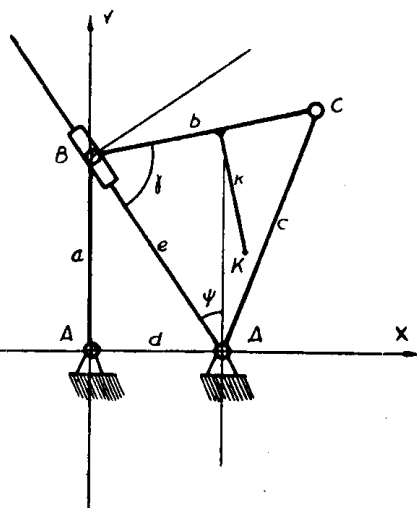


Рис. 1. Схема преобразования плоского четырехзвенного механизма

вычислительной машине ЭМУ-10 с использованием нелинейных блоков секций СБН и СБПД АВМ МН-14.

Погрешность моделирования механизмов будет определяться в основном погрешностями функциональных и множительных блоков. Она

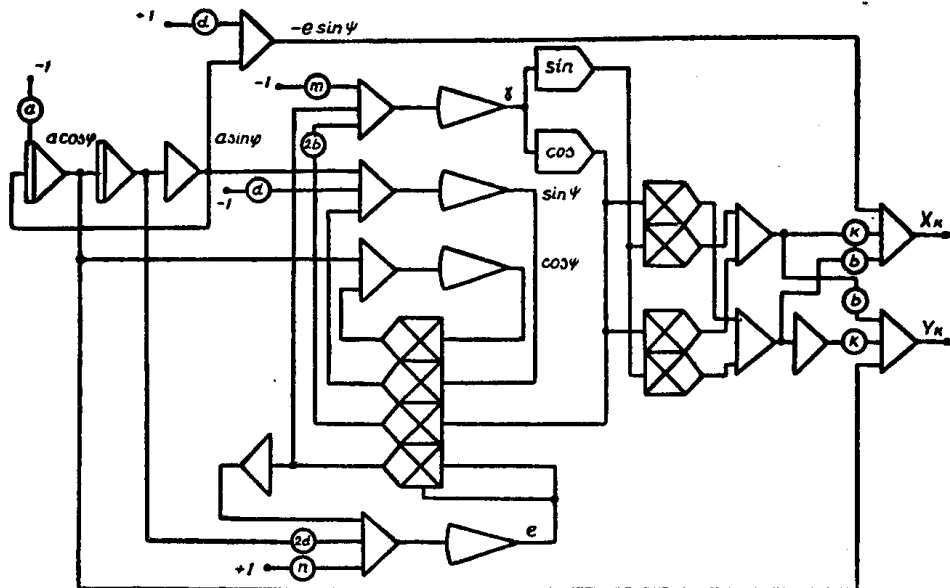


Рис. 2. Блок-схема моделирования плоского четырехзвенного механизма с углом поворота ведомого звена на 360 градусов

составляет примерно 1,2%. Траектории точек механизма записывались на двухкоординатных регистрирующих приборах (ДРП) и цифровых вольтметрах. На рис. 3 приведены полученные на машине траектории точек механизма.

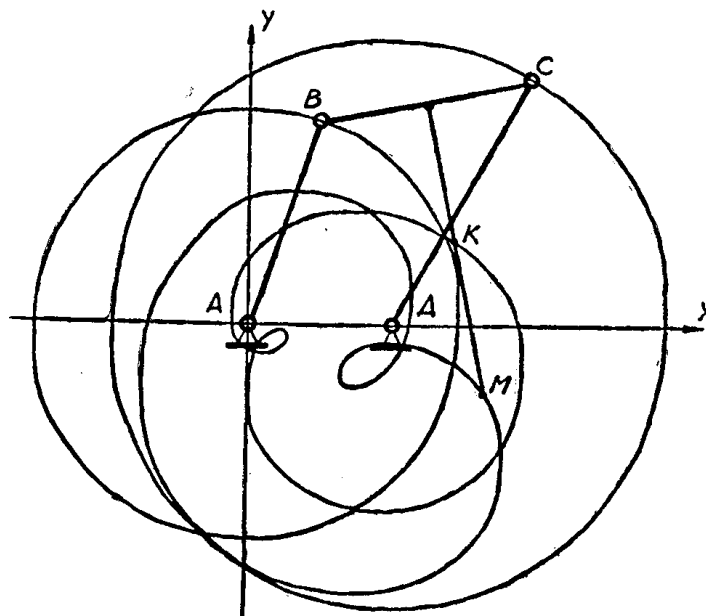


Рис. 3. Траектории отдельных точек четырехзвенного механизма, полученные на АВМ ЭМУ-10

Таким образом, переход от моделирования трапецеидальных контуров с четырьмя постоянными длинами связей к треугольным контурам с переменными длинами связей позволяет непрерывно и устойчиво моделировать во всех четырех квадрантах кинематику сложных шарнирных механизмов.

ЛИТЕРАТУРА

1. И. И. Артоболовский. Синтез плоских механизмов. Физматгиз, 1959.
 2. Crossley F. R. Nachbildung eines mechanischen Kurbelgetriebes mittels eines elektronischen Analogrechners. Feinwerk Technik (FWT) früher „Feinmechanik und Präzision“, 67 I. H. 4. 1963.
 3. М. Л. Быховский. Ультраустойчивость в электронных вычислительных устройствах при реализации нелинейных уравнений в неявном виде. Труды I международного конгресса IFAC. Статистические методы исследования. Теория структур, моделирование, терминология, образование. Изд-во АН СССР. М., 1961.
 4. А. Г. Кокин, И. Г. Винтизенко. Синтез плоских механизмов на аналоговых вычислительных машинах. Сборник тезисов и аннотаций докладов II Всесоюзной конференции по АВТ. М., 1966.
 5. И. Г. Винтизенко, Ю. А. Ковылин. Моделирование плоских шарнирных механизмов на АВМ. Доклад на II Всесоюзном совещании по теории механизмов и машин. М., 1960.
-