

## АЛГОРИТМИЗАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ МЕХАНИЗМОМ

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

Зубов Г. А., Салманзадех Г. Й.

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

Представлена разработанная динамическая модель управления параллельным механизмом, которая позволяет проводить компьютерные исследования в среде MATLAB различных функций управления, осуществлять подбор коэффициентов в зависимости от требуемых законов движений исполнительного объекта.

Для моделирования движения платформы параллельного механизма [1] нами предложена имитационная динамическая модель управления со структурной схемой, представленной на рис. 1.

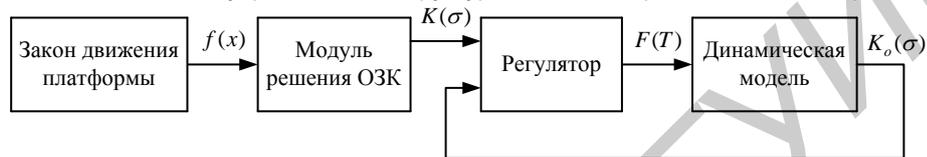


Рис. 1 - Структурная схема имитационной динамической модели управления параллельным механизмом

На рис. 1 в схеме имитационной динамической модели управления обозначены:  $f(x)$  – задаваемый закон движения платформы;  $K(\sigma)$  – функция изменения обобщенных угловых координат входных кривошипов механизма;  $F(T)$  – функция изменения вращающих моментов на входных кривошипах;  $K_o(\sigma)$  – текущие угловые координаты входных кривошипов. Модуль решения обратной задачи кинематики (ОЗК) осуществляет вычисление обобщенных угловых координат кривошипов для заданных положения и ориентации платформы параллельного механизма.

Регулирование в модели осуществляется с помощью шести независимых регуляторов, каждый из которых, в свою очередь, построен на основе ПИД-регулятора, реализующего функцию управления вращающим моментом следующего вида:

$$F(t) = K_p E_\sigma + K_i \int_0^t E_\sigma dt + K_d \left( \frac{dE_\sigma}{dt} \right), \quad (1)$$

где  $K_p$  – пропорциональный коэффициент;  $K_i$  – интегральный коэффициент;  $K_d$  – дифференциальный коэффициент;  $E_\sigma$  – ошибка по положению, определяемая как разность между текущими и заданными обобщенными угловыми координатами кривошипа.

Структурная схема регулятора имитационной динамической модели управления параллельным механизмом представлена на рис. 2.

На входы регулятора в каждый момент времени подаются значения текущих и заданных обобщенных угловых координат входных кривошипов, а на выходе в соответствии с функцией управления (1) формируется вращающий момент, ограниченный с помощью функционального элемента  $L_p$  до заданного максимального уровня, зависящего от технических параметров используемых двигателей.

Следует отметить, что регулятор имитационной динамической модели управления исполнительным механизмом обеспечивает высокое качество регулирования при его оптимальной настройке, включающей определение наиболее подходящих значений пропорционального, интегрального и дифференциального коэффициентов [2]. Выбор соответствующих коэффициентов для ПИД-регулирования в данном случае зависит от технологических операций, реализуемых исполнительным механизмом, а также от технических характеристик используемых двигателей.

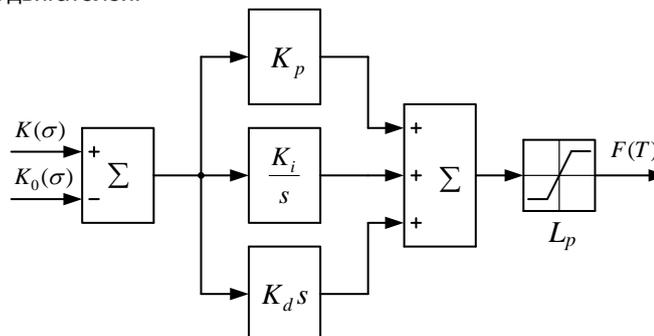


Рис. 2 - Структурная схема регулятора имитационной динамической модели управления параллельным механизмом

Непосредственная реализация имитационной динамической модели управления параллельным механизмом в среде MATLAB/Simulink представлена на рис. 3.

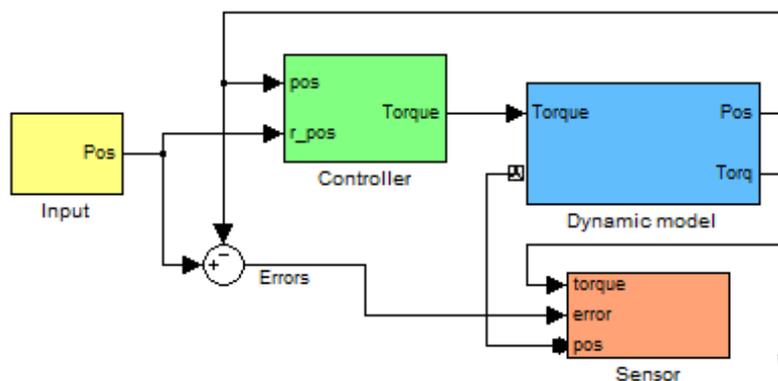


Рис. 3 -Имитационная динамическая модель управления параллельным механизмом в среде MATLAB/Simulink

В соответствии с рис. 3 функциональный блок *Input* задает закон движения платформы и осуществляет расчет обобщенных угловых координат входных кривошипов механизма путем решения обратной задачи кинематики, блок *Controller* выполняет функцию регулятора, *Dynamicmodel* – динамическая модель параллельного механизма, *Sensor* обеспечивает получение и вывод характеристик динамической модели.

Разработанная имитационная динамическая модель позволяет проводить моделирование заданного закона движения платформы параллельного механизма и получать такие оцениваемые характеристики, как положение, скорость, ускорение платформы, изменение вращающих моментов на входных кривошипах, реакционные силовые взаимодействия кинематических узлов механизма.

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. Дискретный электропривод с шаговыми двигателями / под общ. ред. М.Г. Чиликина. – М. : Энергия, 1971. – 562 с.

## КОМПЬЮТЕРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ МАНИПУЛЯТОРА ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ КИНЕМАТИКИ НА ТРЁХ ПЛАНАРНЫХ ПОЗИЦИОНЕРАХ

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

Манин А. С., Кузнецов В. В.

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

Предложена имитационная модель динамики механизма параллельной кинематики на трёх планарных позиционерах по разработанной математической модели расчёта функций положения управляемых позиционеров в зависимости от положения и ориентации в трёхмерном пространстве рабочей платформы в виде блочно-модульного описания механической его структуры, которые инструментами пакета Simscape Multibody среды MATLAB преобразуются во внутреннюю эквивалентную модель на уравнениях Ньютона-Эйлера. Динамическое состояние системы анализируется по трёхмерной компьютерной модели.

Алгоритмизация обратной задачи кинематики уже была выполнена автором в работах [1, 2] для пространственной системы перемещений с шестью степенями свободы, сконфигурированной из многокоординатного привода прямого действия на трёх планарных позиционерах [3] и механизма параллельной кинематики в виде подвижного раскрывающегося тетраэдра, который состоит из группы Ассура [4] третьего класса и шестикоординатного привода в виде трёх управляемых планарных позиционеров, перемещающихся на одном общем для них статоре. Такая конструктивная особенность системы перемещений накладывает специфические требования, которые необходимо учитывать при разработке алгоритмов для имитационного моделирования её кинематики.

Динамический анализ механических систем выполнялся в среде MATLAB/Simulink в соответствии с концепцией моделирования пакета SimscapeMultibody. Этот пакет позволяет осуществлять моделирование поступательного и вращательного движения различной сложности в трех плоскостях, содержит набор инструментов для задания параметров звеньев (масса, координаты центра масс, моменты инерции,