

УДК 691.798

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ МАНИПУЛЯТОРА

Игорь Юрьевич Арбузов

*Магистр 2 года,
кафедра «Приборные системы и автоматизация технологических процессов»
Севастопольский государственный университет*

*Научный руководитель: А.Н Круговой,
кандидат технических наук, доцент кафедры «Приборные системы и автоматизация
технологических процессов»*

В автоматизированном комплексе сборки узла «ролик опорный» используется промышленный манипулятор, задача которого состоит в перемещении деталей между позициями сборки. Необходимо исследовать динамику данного манипулятора и составить уравнения динамики движения для проведения дальнейших расчетов и моделирования.

Предметом динамики манипулятора как раздела робототехники является математическое описание действующих на манипулятор сил и моментов в форме уравнений динамики движения. Также уравнения необходимы для моделирования движения манипулятора с помощью ЭВМ, при выборе законов уравнения и при оценке качества кинематической схемы и конструкции манипулятора.

Задача управления включает задачу формирования динамической модели реального манипулятора и задачу выбора законов или стратегий управления, обеспечивающих выполнение поставленных целей.

Динамическая модель манипулятора может быть построена на основе использования известных законов ньютоновой или лагранжевой механики. Результатом применения этих законов является уравнения, связывающие действующие в сочленениях силы и моменты с кинематическими характеристиками и параметрами движения звеньев.

Таким образом, уравнения динамики движения реального манипулятора могут быть получены методами Лагранжа-Эйлера или Ньютона-Эйлера. Уравнения Лагранжа-Эйлера обеспечивают строгое описание динамики манипулятора. Их можно использовать для решения прямой и обратной задачи динамики.

Прямая задача состоит в том, чтобы по заданным силам и моментам определить обобщенные ускорения, интегрирование которых позволит получить значения обобщенных координат и скоростей.

Обратная задача динамики заключается в том, чтобы по заданным обобщенным координатам, скоростям и ускорениям определить действующие в сочленениях манипулятора силы и моменты.

Для решения обеих задач, как правило, необходимо вычислить динамические коэффициенты D_{ik} , h_{ikm} и c_i [1]. Вычисление этих коэффициентов требует выполнения очень большого числа арифметических операций. В связи с этим уравнения Лагранжа-Эйлера без дополнительных упрощений практически неприменимы для управления манипулятором в реальном времени.

С целью получения более эффективных с вычислительной точки зрения алгоритмов расчёта обобщенных сил и моментов используют уравнения Ньютона-Эйлера, которые просты по содержанию, но весьма трудоёмки. Результатом является система прямых и обратных рекуррентных уравнений, последовательно применяемых к

звеньям манипулятора. Это позволяет реализовать простые законы управления манипулятором в реальном времени.

Рассмотрим метод Лагранжа-Эйлера.

Полное описание движения манипулятора можно получить, применяя метод Лагранжа-Эйлера для неконсервативных систем. Описав кинематику манипулятора с помощью матричного представления Денавита-Хартенберга, можно получить уравнение динамики. Такое совместное использование Д-Х-представления и метода Лагранжа приводит к компактной векторно-математической форме уравнений движения, удобной для аналитического исследования и допускающей реализацию на ЭВМ [3].

Вывод уравнений динамики движения манипулятора основан на следующем:

1. На описании взаимного пространственного расположения систем координат i -го и $(i-1)$ -го звеньев с помощью матрицы преобразования однородных координат ${}^{i-1}A_i$. Эта матрица преобразует координаты произвольной точки относительно i -й системы координаты этой же точки относительно $(i-1)$ -й системы координат.

2. На использовании уравнения Лагранжа-Эйлера:

$$\frac{d}{dt} \left[\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} \right] - \frac{\partial L}{\partial q_i} = \tau_i; \\ i = 1, 2, 3, \dots, n$$

L -функция Лагранжа ($L=K-P$);

K -полная кинетическая энергии манипулятора;

P -полная потенциальная энергия манипулятора

q_i - обобщённые координаты манипулятора;

$\dot{q}_i$ - первая производная по времени обобщённых координат;

τ_i - обобщённые силы (или моменты), создаваемые в i -м сочленении для реализации заданного движения i -го звена [2].

Для того, чтобы воспользоваться уравнением Лагранжа-Эйлера, необходимо выбрать систему обобщённых координат. Обобщённые координаты представляют собой набор координат, обеспечивающий, полное описание положения рассматриваемой физической системы в абсолютной системе координат. Существуют различные системы обобщённых координат, пригодные для описания простого манипулятора с вращательными и поступательными сочленениями. Однако, поскольку углы поворотов в сочленениях непосредственно доступны измерению с помощью потенциометров или других датчиков, то они составляют наиболее естественную систему обобщённых координат. В этом случае обобщённые координаты совпадают с присоединёнными переменными манипулятора. В частности, если i -е сочленение вращательное, то $q_i \equiv \theta_i$, если же i -е сочленение поступательное, то $q_i \equiv d_i$ [4].

В дальнейшем будет применяться уравнение Эйлера-Лагранжа для описания динамики движения конкретного манипулятора, использующегося в автоматизированном комплексе сборки узла «ролик опорный».

Литература

1. Юревич Е.И. Основы робототехники /Учебное пособие. — 3-е изд. СПб.: БХВ-Петербург, 2010. — 368 с.
2. Тывес Л.И. Корендяев А.И., Саламандра Б.Л. Теоретические основы робототехники. В 2 кн. Кн. 1. М.: Наука, 2006. — 383 с.

3. *Алепо А.В.* Методы построения манипуляторов: дис. канд. тех. наук: 05.02.05. - Новочеркасск, 2013.
4. Теория механизмов и механика машин / *Фролов К.В., Попов С.А., Мусатов А.К., Тимофеев Г.А., Никоноров В.А.*, - 4-е изд. - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002.