

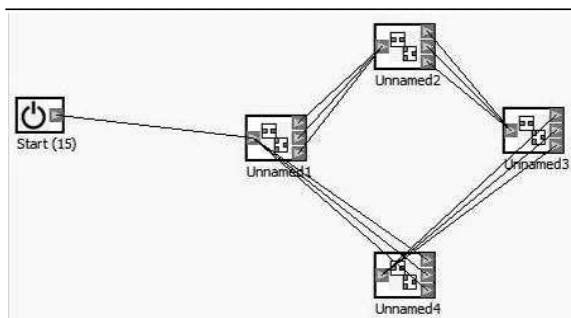


Рис. 5. Программа движения мобильного робота по фигуре цифры «Восемь»

На данном рисунке показана цикличность движения мобильного робота по фигуре цифры «Восемь»: первый и второй блоки отвечают за криволинейное движение, второй и четвертый за прямолинейное. Параметры, задаваемые для движения по полуокружности, показаны на рисунке 6.

Name	Value
Velocity/Deg/s	40
Constant (22)	7500
Velocity/mm/s	200

Рис. 6. Параметры для задания движения по полуокружности

Как видно из рисунка 6, необходимо задать начальный угол поворота, линейную скорость, а также время, за которое будет выполняться данное действие. Как отмечалось выше, для осуществления прямолинейного движения не нужно задавать угол поворота. Параметры времени и линейной скорости показана на рисунке 7.

Name	Value
Constant (22)	3300
Velocity/mm/s	200

Рис. 7. Параметры для задания движения по прямой линии

Литература

1. Официальный сайт Festo [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.festo-didactic.com/>свободный.
2. Book of exercises. Festo Didactic GmbH & Co KG 2007.
3. Мобильные роботы и микроконтроллеры [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа: <http://robocraft.ru/blog/robots/766.html>, свободный – Загл. с экрана

ПОЛУЧЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ И ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ГЕКСАПОДА ДЛЯ СОЗДАНИЯ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ МАНИПУЛЯТОРА

Шпякин И.К.

Научный руководитель: Воронин А.В., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр-т Ленина,30
E-mail: studenticsu@gmail.com

Введение

В наше время существует множество прикладных программ, позволяющих моделировать и симулировать работу различных механических систем. Данные программы значительно упрощают поиск кинематических и динамических параметров механизмов, но в большинстве случаев такое программное обеспечение направлено на решение прямых задач кинематики и обратной динамики (CATIA v5, SolidWorks).

Для решения задач управления большой интерес представляют решения обратной задачи кинематики и прямой задачи динамики. Основная часть CAD/CAE систем не позволяет решать такие задачи, либо получение точных и наглядных решений представляет значительные трудности (Matlab Simmechanics, ANSYS).

Разрабатываемый программный продукт позволяет решать прямые и обратные задачи кинематики и динамики для манипуляторов параллельной кинематики (рис. 1). Причины разработки данного продукта:

- упрощение расчета обратных задач кинематики и динамики для задач управления,
- проведение расчета в реальном времени процесса управления для возможности встраивания программного обеспечения в системы автоматического управления манипулятора,
- возможность управления манипулятором в режиме реального времени,
- унификация вычислительного комплекса для управления широким диапазоном структур параллельной кинематики,
- оптимизация вычислений,
- применение пакета в коммерческой сфере.

На данный момент разработаны такие модули программного продукта как блок вычисления L-координат и блок вычисления рабочей зоны, учитывающий крайние положения шарниров.

Следующей важной задачей является разработка вычислителя динамических характеристик рабочего органа (подвижной платформы). Данный модуль позволит встраивать программный ком-

плекс в систему управления манипуляторами параллельной структуры.

Целью данной работы является получение динамической модели манипулятора параллельной кинематики типа гексапод для наиболее распространённого закона движения платформы, которая могла бы быть использована в разрабатываемом вычислителе.

Представленная в работе динамическая модель гексапода, получена с использованием результатов работы [1] на основе кинематической модели, описанной в [2].



Рис. 1. Модель механизма параллельной кинематики – гексапод

Постановка задачи

Кинематическая схема гексапода приведена на рисунке 2. Она имеет две платформы, подвижную и неподвижную, шарнирно соединённые шестью стержнями переменной длины.

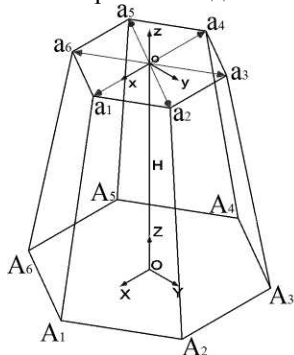


Рис. 2. Схема гексапода

Для решения поставленной задачи введем следующие системы координат (рис. 2): XYZ – базовая система координат, связанная с неподвижной платформой гексапода, хуу – система координат связанная с подвижной платформой, х₀у₀z₀ – неподвижная система координат с началом в точке о, полученная параллельным переносом базовой системы координат XYZ на вектор Н. В начальном положении подвижной платформы система координат х₀у₀z₀ совпадает с хуу. Плоскость ХОУ совпадает с плоскостью неподвижной платформы, плоскость х₀у совпадает с плоскостью подвижной платформы. Начало координат системы хуу смещено относительно базовой системы координат XYZ на расстояние, определяемое вектором Н:

$$\mathbf{H} = \mathbf{Oo} = \mathbf{H}(\mathbf{H}_x, \mathbf{H}_y, \mathbf{H}_z).$$

Будем считать, что координаты шарниров верхней платформы определены в системе координат хуу как

$$\mathbf{a}_i(x_i, y_i, z_i), i = \overline{1, 6}.$$

Рассмотрим задачу определения координат шарниров верхней платформы в базовой системе координат при пространственном повороте платформы, определяемом углами Эйлера.

Определение координат шарниров верхней платформы через углы Эйлера

Наиболее известным является задание поворота платформы через углы Эйлера. Решение данной задачи рассмотрено, например, в [3]. Поэтому будем рассматривать его как базовое.

Угловое положение верхней платформы гексапода в системе координат х₀у₀z₀ определяется с помощью трех углов Эйлера – ψ, ϑ, φ . Зададим последовательность поворотов:

$$x_0 y_0 z_0 \xrightarrow[\psi]{Ox} x' y' z' \xrightarrow[\vartheta]{Oy} x'' y'' z'' \xrightarrow[\varphi]{Oz} x y z,$$

матрица С направляющих косинусов углов между осями систем координат хуу и х₀у₀z₀, имеет вид:

$$C(\psi, \vartheta, \varphi) = \begin{pmatrix} \cos \vartheta \cdot \cos \varphi; -\cos \psi \cdot \sin \varphi - \sin \psi \cdot \sin \vartheta \cdot \cos \varphi; \sin \psi \cdot \sin \varphi - \cos \psi \cdot \sin \vartheta \cdot \cos \varphi; \\ \cos \vartheta \cdot \sin \varphi; \cos \psi \cdot \cos \varphi - \sin \psi \cdot \sin \vartheta \cdot \sin \varphi; -\sin \psi \cdot \cos \varphi - \cos \psi \cdot \sin \vartheta \cdot \sin \varphi; \\ \sin \vartheta; \sin \psi \cdot \cos \vartheta; \cos \psi \cdot \cos \vartheta \end{pmatrix}.$$

Радиус-векторы конечных положений шарниров $\mathbf{a}'_i$, $i = \overline{1, 6}$ в базовой системе координат XYZ после поворота подвижной платформы на углы ψ, ϑ, φ и параллельного переноса на вектор $\mathbf{M} = (M_x, M_y, M_z)$ определяются выражением:

$$\mathbf{a}'_i(\psi, \vartheta, \varphi) = C(\psi, \vartheta, \varphi) \cdot \mathbf{a}_i + \mathbf{H} + \mathbf{M}, i = \overline{1, 6}$$

где $\mathbf{a}_i(x_i, y_i, z_i)$ – положения шарниров в системе координат хуу.

Определение динамической модели гексапода

За основу получения динамической модели была взята система обыкновенных дифференциальных уравнений из работы [1], отражающая динамические характеристики подвижной платформы во время движения:

$$\begin{aligned} M\ddot{X}_E &= \sum_{i=1}^6 F_i \cos \gamma_{i,1}, & M\ddot{Y}_E &= \sum_{i=1}^6 F_i \cos \gamma_{i,2}, & M\ddot{Z}_E &= -Mg + \sum_{i=1}^6 F_i \cos \gamma_{i,3}, \\ J_x \ddot{\varphi}_1 &= \sum_{i=1}^6 F_i \sum_{j=1}^3 (b_{i,j,1}(\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3) \cos \gamma_{i,j}), \\ J_y \ddot{\varphi}_2 &= \sum_{i=1}^6 F_i \sum_{j=1}^3 (b_{i,j,2}(\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3) \cos \gamma_{i,j}), \\ J_z \ddot{\varphi}_3 &= \sum_{i=1}^6 F_i \sum_{j=1}^3 (b_{i,j,3}(\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3) \cos \gamma_{i,j}), \end{aligned}$$

где ускорение свободного падения g направленно против оси OZ, $\cos \gamma_{i,j}, i = \overline{1, 6}$ – радиус вектор штанги A₀A_i в базовой системе координат, M – масса платформы, $\ddot{X}_E, \ddot{Y}_E, \ddot{Z}_E$ – линейные ускорения

по осям OX, OY, OZ , $J_x\ddot{\varphi}_1, J_y\ddot{\varphi}_2, J_z\ddot{\varphi}_3$ – моменты силы в обобщенных координатах.

В системе уравнений, описанной выше, силы F_i , $i = \overline{1,6}$ – это управляющие силы, которые могут быть заданы как функции от времени, обобщенных координат $X_E, Y_E, Z_E, \varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ или функции длин своих стержней, так и при заданных законах изменения величин $X_E, Y_E, Z_E, \varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ могут быть найдены управляющие силы.

Согласно источнику [1] были получены коэффициенты для матрицы направляющих косинусов C :

$$b_{i,j,1}(\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3), b_{i,j,2}(\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3), b_{i,j,3}(\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3), i = \overline{1,6}, j = \overline{1,3}$$

Заключение

Полученные математические модели гексапода могут быть использованы для построения алгоритмов управления приводами манипулятора. Используемая система уравнений динамических параметров линейная и подходит для решения прямой и обратной задачи динамики.

Прикладные реализации кинематической и динамической моделей могут быть различны. Это зависит от техники программирования, выбора технических средств, оптимизации кода и конкретной прикладной задачи [4]. Данный вопрос

заслуживает отдельной статьи и серьезного анализа.

В разрабатываемом программном продукте используются эти математические модели. Результаты работы алгоритма вычисления L-координат (расчет кинематики) были проверены с использованием программных продуктов CATIA v5 и Matlab Simulink [2]. Алгоритм вычисления динамических параметров манипулятора находится на этапе разработки.

Литература

1. Карпенко А.П., Каганов Ю.Т. Математическое моделирование кинематики и динамики робота-манипулятора типа «хобот».
2. Математические модели секции манипулятора, как механизма параллельной кинематики типа «гексапод» // Электронный ресурс. 2009;
2. Шпякин И.К. Вычислитель L-координат механизмов с параллельной кинематикой: выпускная квалификационная работа – Томск, 2012; URL: <http://technomag.edu.ru/doc/133731.html>.
3. Челноков Ю.Н. Кватернионные и бикватернионные модели и методы механики твердого тела и их приложения. Геометрия и кинематика движения. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 512 с;
4. Манипуляционные системы роботов / А.И. Корендяев, Б.Л. Саламандра, Л.И. Тывес и др. – М.: Машиностроение, 1989. – 472 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДАВЛЕНИЯ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Шустова О.О., Разумова Е.И., Шатров А.Г.
Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр-т Ленина, 30
E-mail: olga_shustova92@mail.ru

Введение

Как известно, Россия входит в ведущую тройку стран по добыче нефти (по итогам 2011 года) [1]. На территории России расположены магистральные нефтепроводы протяженностью более 50 тыс. км. На таких расстояниях является необходимой автоматизация технологических процессов и производств. Это позволяет дистанционно управлять происходящими процессами и вести их контроль, немедленно реагировать на возникающие чрезвычайные ситуации. Важными элементами автоматизированных систем управления являются датчики и преобразователи давления.

Датчики и преобразователи давления

На различных узлах нефтеперекачивающих станций (НПС) установлены датчики абсолютного и избыточного давления, датчики уровня. Они используются для подачи сигнала на средний уровень микропроцессорной системы автоматики (на программируемые логические контроллеры ЭЛСИ-Т (ПЛК)). ПЛК, в свою очередь, подают сигнал на верхний уровень микропроцессорной си-

стемы автоматики (на автоматизированные рабочие места (АРМ)), где диспетчер получает информацию и принимает решение о дальнейшей работе станции [2].

Датчики давления используются, например, в маслосистеме НПС (рис. 1), отвечающей за смазку подшипников магистральных насосов и электродвигателей, для контроля значения давления, под которым масло перекачивается маслосистемами из маслослабов [3].

Для контроля степени нагрева подшипников установлены термопреобразователи сопротивления платиновые ТСР Метран-206 (100П), приведенная погрешность которых составляет $\pm 0,05\%$.

В качестве датчиков давления и уровня часто используются дискретные датчики, которые позволяют отследить, достиг ли данный параметр конкретного значения или нет. Но порой этого недостаточно: если нужно сопоставление двух или более параметров, необходимо дополнительно проводить непрерывные измерения.