

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ГИБКОГО ПОДВЕСА В MATLAB SIMULINK

А.С. Беляев, ассистент ОАР
 А.С. Галданова, студент гр. 8Е72
 Томский политехнический университет
 E-mail: asb22@tpu.ru

Введение

В настоящее время манипуляторы параллельной структуры находят все большее применение. Наиболее популярными считаются манипуляторы с гибкими звеньями. Они обладают большей рабочей областью, большей перемещаемой массой, более высокими коэффициентами полезной нагрузки. Также их массовые и инерционные показатели облегчают работы при высоких скоростях. Однако кабели только тянут груз, не могут его толкать, что приводит к односторонним ограничениям, которые усложняют моделирование и анализ. Данные манипуляторы используются в астрономических наблюдениях, медицине, военной промышленности, строительстве, спасательных операциях, погрузо-разгрузочных операциях, а также реабилитациях. Стоит также отметить, что этот тип манипулятора может быть использован в других возможных областях, таких как сборка самолетов, кораблей, точная стыковка и имитация запуска ракеты. Поэтому манипулятор с гибкими звеньями привлечет большее внимание исследователей в различных областях, что позволит расширить сферу их применения [1]. Одним из направлений является реабилитация [2] [3] [4]. Такая конструкция позволяет не устанавливать дополнительных рельсов, достаточно закрепить лебедки с тросами в углах рабочей зоны и система может быть работоспособна. Поскольку такая система, работающая с пациентами, должна быть очень безопасной и надежной нужно отработать режимы работы данной системы. Для этого необходимо синтезировать имитационную модель, что и является целью данной работы.

Определение динамики и кинематики системы

На первом этапе была взята минимально простая задача двухтросовой системы обезвешивания в плоскости. Для того, чтобы определить динамику рассмотрим следующую систему (рис. 1).

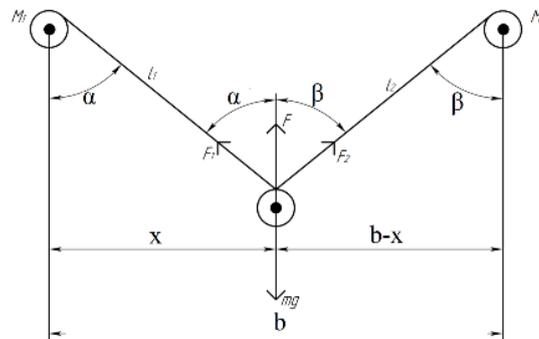


Рис. 1. Схема системы.

Рассматривая проекции векторов силы тяжести веса и сил натяжения тросов, были получены следующие зависимости моментов электролебедок:

$$\begin{cases} M_1 = \frac{(4-x)mgr_1l_1}{4h}, \\ M_2 = \frac{xmgr_2l_2}{4h}, \end{cases}$$

где m – масса груза, h – высота подвеса, r_1, r_2 – радиусы лебедок, l_1, l_2 – длины тросов.

Поскольку положение обезвешиваемого элемента неизвестно, необходимо определить зависимость между длинами тросов и координатами:

$$\begin{cases} l_1^2 = x^2 + h^2 \\ l_2^2 = h^2 + (b-x)^2 \end{cases} \quad \begin{cases} h = \sqrt{l_1^2 - x^2} \\ x = \frac{l_1^2 - l_2^2 + b^2}{2 \cdot b} \end{cases}$$

Построение модели и системы управления в среде Matlab Simulink

При разработке системы были использованы библиотеки Simscape Multibody, которые реализуют лебедки с бесконечными тросами в блоках. Кроме того, для создания момента были добавлены математические модели приводов.

В качестве системы управления был использован широко известный ПИД-регулятор, коэффициенты которого настроены функцией Tune. Данный регулятор работает по контуру управления длиной тросов. Также для обеспечения постоянного требуемого момента была введена положительная обратная связь по требуемому моменту в заданной точке. На рисунке 3 приведены результаты работы системы управления. На вход модели были поданы координаты.

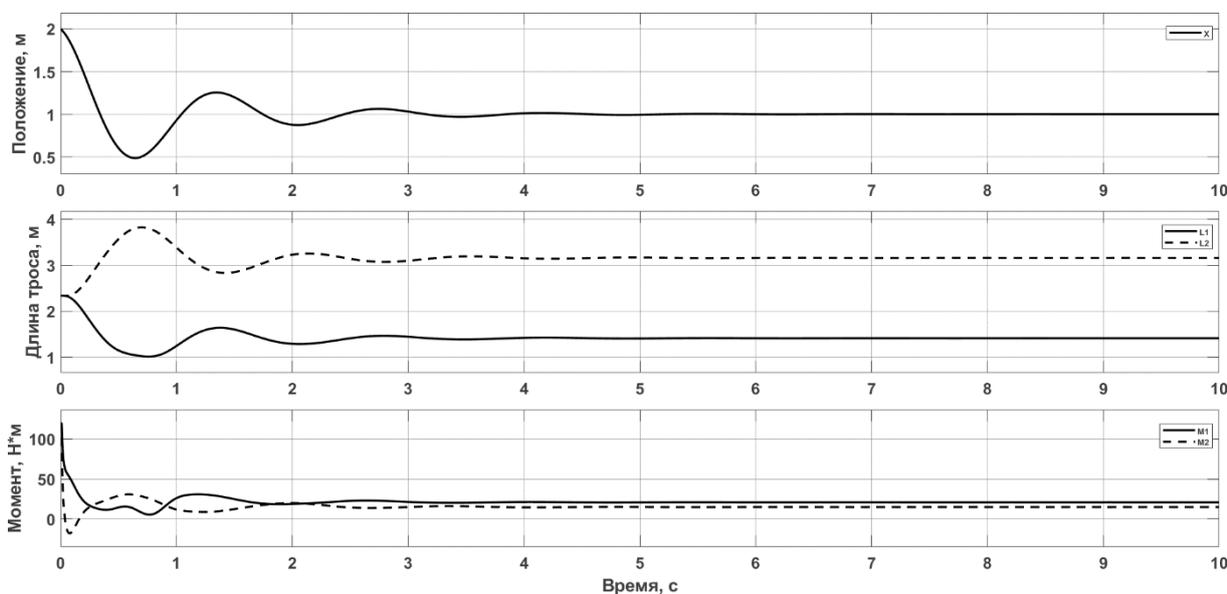


Рис. 2. Отработка системы управления.

Как можно заметить, в переходных процессах присутствует перерегулирование моментов, которое составляет 31,2% и 9,7% соответственно.

Заключение

В данной работе представлена математическая модель гибкого двухтросового подвеса, построенная в среде Matlab Simulink с использованием пакета Simscape Multibody. Произведен синтез системы управления и приведены графики переходных процессов по моменту на каждой из лебедок. Есть перерегулирование, что является не очень хорошим качеством данного процесса. В дальнейших исследованиях упор будет сделан на улучшение качества системы управления.

Список использованных источников

1. Tang X. An overview of the development for cable-driven parallel manipulator //Advances in Mechanical Engineering. – 2014. – Т. 6.
2. Pat. WO 2014/153088 A1. SUPPORT FRAME AND RELATED UNWEIGHTING SYSTEM. [Электронный ресурс] / Marecek G.P., Jue C.T. – URL: <https://patentimages.storage.googleapis.com/df/71/1a/589f6b91503795/WO2014153088A1.pdf>
3. Pat. US 10406059 B2. HUMAN MOVEMENT RESEARCH, THERAPEUTIC, AND DIAGNOSTIC DEVICES, METHODS, AND SYSTEMS. [Электронный ресурс] / Agrawal S.K., Vineet V. – URL: <https://patentimages.storage.googleapis.com/a3/0d/7c/d464960af00571/US10406059.pdf>
4. Pat. US 9987188 B1. METHOD AND SYSTEM FOR BODY WEIGHT SUPPORT. [Электронный ресурс] / Xiumin D.. – URL: <https://patentimages.storage.googleapis.com/04/05/f4/636bdb1ec4063/US9987188.pdf>