

УДК 665.114:616-006

Студ. А. С. Михновец, Е. А. Дубиковская, Д. В. Строк
Науч. рук. зав. Кафедрой Д.С. Карпович; доц. Д. А. Гринюк
(кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники, БГТУ)

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БАЛАНСИРНОГО РОБОТА

Объектом исследования являются балансирующий двухколесный робот. В настоящее время весьма актуальной проблемой является разработка не только робототехнических платформ повышенной проходимости [1], но и платформ с максимальной манёвренностью [2]. Данный параметр критичен для систем, работающих в ограниченном пространстве [3], например, на территориях складов, пересечённых участках местности небольшой ширины и т.п. Исправить данную проблему сможет платформа, обладающая компактными размерами. Среди наиболее оптимальных вариантов выделяется балансирующая двухколёсная конструкция. Моделированию именно такого робота будет посвящена представленная статья.

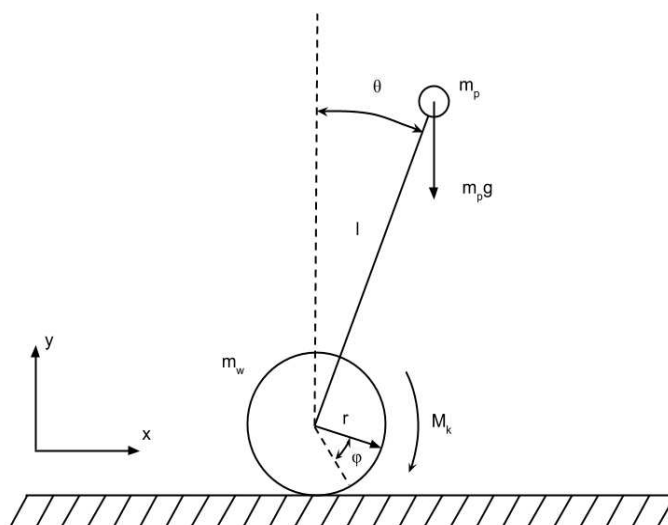


Рисунок 1 – Кинематическая схема балансирующего робота

С точки зрения механики данный робот представляет собой т.н. обратный маятник. По сути, это масса m_p , прикрепленная на конце невесомого стержня длины l . На другой конец стержня прикреплен двигатель, развивающий максимальный момент M_k и передающий его на колесо массой m_w и радиусом r .

Задача управления — стабилизировать маятник в вертикальном положении и возвращать в начальное положение колесо.

Уравнения движения, описывающие обратный маятник, представимы в следующем виде:

$$\begin{aligned} r \cos(\theta) l m_p \ddot{\theta} + r^2 (m_p + 2m_w) \ddot{\phi} - r \sin(\theta) \theta^2 l m_p &= M_k \\ \ddot{\phi} \cos(\theta) l m_p r - m_p g l \sin(\theta) + 2m_p l^2 \ddot{\theta} &= 0 \end{aligned}$$

На практике данное уравнение, которое является нелинейными, подвергают линеаризации, т.е. заменяют системой линейных дифференциальных уравнений. В нашем случае можно записать следующую систему из 4-х дифференциальных уравнений 1-го порядка:

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \phi \\ \dot{\phi} \\ \theta \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} = AX + BM_k = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{-m_p g}{r(m_p + 4m_w)} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & \frac{g(m_p + 2m_w)}{l(m_p + 4m_w)} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \phi \\ \dot{\phi} \\ \theta \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{2}{r^2(m_p + 4m_w)} \\ 0 \\ \frac{1}{lr(m_p + 4m_w)} \end{bmatrix} M_k$$

Данную систему можно использовать для синтеза системы управления данным роботом, обеспечивающую вертикальное расположение балансирного робота.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов, А.В. Мини- и микроробототехника: Учеб. пособие [Текст] / А.В. Иванов, Е.И. Юревич. -СПб.: Изд-во Политехн. ун-та. - 2011. -96 с.
2. Карелин, В. Бот Hallis II ходит на колесах и ездит на ногах [Электронный ресурс] / В. Карелин // Научно-популярный журнал «Мембрана». -Режим доступа: <http://www.membrana.ru/particle/3212> (Дата обращения 01.06.2019)
3. Кизоркин, А.С. Алгоритм управления транспортной системой робота на основании показаний внутренних датчиков приводов [Текст] / А.С. Кизоркин // Экстремальная робототехника: Сб. докл. Междунар.науч.-технич. конф. -СПб.: Политехника-сервис, 2011. -С. 207-210.