

Секция «Дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление»

Сферические роботы с изменяемым центром тяжести: математическая и имитационная модели

Научный руководитель – Прокопович Григорий Александрович

Подмазов Иван Валерьевич

Студент (магистр)

Института подготовки научных кадров Национальной академии наук Беларуси,
Кафедра информационных технологий, Минск, Беларусь

E-mail: podmazov@gmail.com

В работе рассматривается частный случай эллипсоидальных роботов - сферические роботы с жестким корпусом, которые в качестве движущей силы используют вращающий момент, возникающий благодаря управляемому отклонению центра тяжести от геометрического центра. Указанная конструкция интересна тем, что потенциально обладает несколькими значимыми преимуществами перед сферическими роботами других конструкций [1]. Во-первых, энергия на работу двигателей расходуется только при развитии ускорения; при неподвижном размещении рабочего органа в центре робот движется прямолинейно и равномерно, не расходуя заряд аккумулятора. Экономное использование энергии и длительное время работы без подзарядки являются одними из наиболее желаемых свойств вновь создаваемых конструкций роботов, так как это расширяет круг их возможных применений [2]. Во-вторых, отсутствие выделенных направлений в конструкции делает возможными повороты с нулевым радиусом из любого начального положения [1]. В-третьих, при наличии двигателей достаточной мощности робот способен совершать прыжки (отрыв от поверхности) как в состоянии покоя, так и в движении.

С целью изучения свойств системы и синтеза оптимальной системы управления, принимая некоторые допущения и упрощения, было составлено уравнение динамики, из которого получена математическая модель робота. Оказалось, что передаточная функция имеет полюса в правой полуплоскости - система является неустойчивой. Неустойчивость проявляется в виде эффекта обратного отката - движения в противоположную сторону в начальный отрезок времени после смещения рабочего органа в направлении предполагаемого ускорения. Действие эффекта зависит от развиваемого рабочим органом ускорения линейным образом. Из-за этого робот способен двигаться только по кусочно-параболическим траекториям при реализации простой системы управления, игнорирующей эффект отката, однако обработка более сложных траекторий (таких как дуга окружности) возможна при выдаче управляющей системой специального, заранее просчитанного управляющего воздействия.

В рамках работы в среде MATLAB/Simulink была создана компьютерная имитационная модель динамики робота. С помощью данной модели была экспериментально опробовано управление сферическим роботом в режиме пренебрежения откатом, а также возможность управления приводами с помощью PID-регуляторов для поддержания рабочего органа в требуемом положении.

Источники и литература

- 1) Прокопович Г.А. Мобильный робот с нулевым радиусом поворота // Робототехника и техническая кибернетика. 2015. No. 2. С. 39-44.

- 2) Прокопович Г.А. Рекуперация энергии в мобильных робототехнических устройствах // Материалы научно-технической конференции «Наука и технология как основы модернизации для будущего устойчивого развития». 18-21 сентября 2014 г., Минск. – С. 39-40.
- 3) Борисов А.В. Регулярные и хаотические аттракторы в неавтономной модели волчка Чаплыгина // Нелинейная динамика. 2014. Т. 10. No. 3. С. 361–380.