

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ МАЛОРАЗМЕРНОГО АНТРОПОМОРФНОГО РОБОТА

А.А. Протопопов, В.С. Стерехова
Томский политехнический университет
aap80@tpu.ru

Введение

Антропоморфная робототехника – это перспективное направление исследований, изучающее методы построения человекоподобных роботов и их управления. На сегодняшний день на рынке робототехники представлено большое количество моделей антропоморфных роботов, стоимость которых варьируется от нескольких тысяч до миллионов долларов. Малоразмерные антропоморфные роботы вследствие их доступности, умеренной цены и относительной легкости в управлении широко используются в образовательных, научных и развлекательных целях.

Одной из основных проблем при управлении любыми шагающими роботами является проблема стабилизации их движения. Зачастую алгоритмы движения малоразмерных антропоморфных роботов построены на заранее вычисленных шаблонах ходьбы, вследствие ограниченности уровня их системных ресурсов. Поэтому особый интерес представляет разработка более адаптивных алгоритмов ходьбы.

В данной работе рассматривается разработка системы для решения задачи стабилизации движения малоразмерного антропоморфного робота, на основе метода ZMP [1-2] с использованием тензорезистивных датчиков.

Проектирование системы

Для реализации алгоритма стабилизации движения робота необходимо знать положение точки нулевого момента (точки ZMP) в процессе движения. В качестве метода расчета точки ZMP было решено принять метод на основе вычисления положения центра давления робота на опорной поверхности. А значит стоит задача измерять силу давления робота на опорную плоскость и определять локальные координаты точки приложения этой силы.

Для получения необходимой информации целесообразно применение системы, состоящей из тактильных датчиков, закреплённых на нижней поверхности стопы антропоморфной конечности, средств для передачи результатов измерений в центральный процессор робота и алгоритмов расчета положения центра давления и использованием результатов измерений.

Структурная схема проектируемой системы представлена на Рис. 1. Система содержит, датчики давления для непосредственного измерения давления, АЦП для преобразования его в цифровой вид, микроконтроллер и приемопередатчик для связи системы с центральным процессором робота.

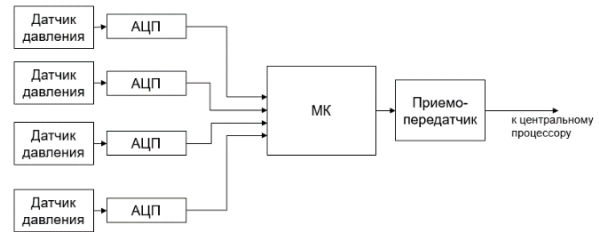


Рис. 1. – Структурная схема системы

Разработка механической части

Одним из вопросов, которые необходимо решить при проектировании, является вопрос интеграции системы стабилизации в существующую робототехническую платформу. Одним из вариантов решения является замена имеющейся стопы робота на другую. Новая стопа, помимо крепления к ноге робота, должна обеспечивать размещение четырех датчиков давления для каждой ноги, а также место для размещения управляющей платы. Новая стопа должна обеспечивать защиту платы от механических повреждений.

С учетом требований была разработана новая стопа. Она состоит из металлических пластин, имеющих резьбовые отверстия для крепления к ноге, соединенных с помощью четырех болтов с втулками (Рис. 2). Печатную плату предполагается размещать между пластинами, тем самым обеспечивая ее защиту.

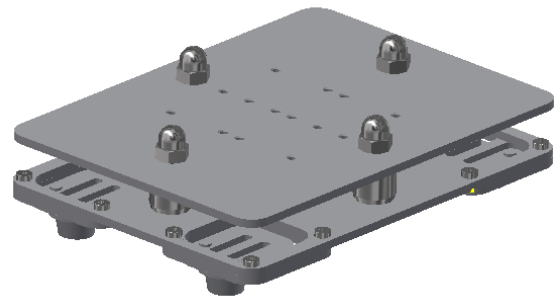


Рис. 2. – 3D модель платформы

Второй вопрос, требующий решения при проектировании механической части данного устройства, обеспечение точечного контакта чувствительного вывода датчика с поверхностью. Для решения этого вопроса предлагается использовать специальные накладки – шипы (Рис. 3).

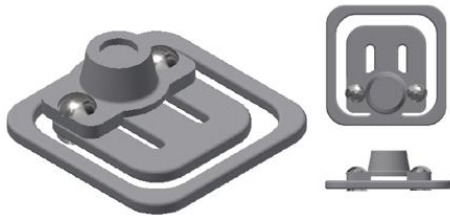


Рис. 3. – 3D модель датчика с шипом

Разработка работка электрической части

В качестве первичного измерительного преобразователя выбраны датчики давления на основе тензорезисторов [3]. Два тензорезистора в каждом датчике образуют полумост Уитстона и для измерения их показаний необходимо дополнить схему до полного моста с использованием постоянных резисторов (Рис.4).

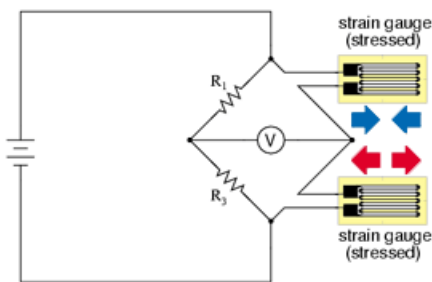


Рис. 4. Полумостовая схема включения

Выходной электрический сигнал с этих датчиков требует дополнительного усиления и преобразования в цифровой вид с помощью АЦП перед подачей на микроконтроллер.

Для организации связи с роботом сигналы UART с микроконтроллера преобразуются в полудуплексный тип для передачи данных по шине, состоящей из трех проводов: провода питания, общего провода и сигнального провода.

Данная схема подключения может быть реализована с помощью приемопередатчика MAX485.

Разработка программной части

Разрабатываемая система может работать в двух режимах:

- Расчет общего веса: показывает применяется ли какая-либо сила к стопе. Это помогает определить, например, идет ли робот или упал.
- Расчет коэффициента распределения нагрузки на стопы: показывает распределение веса между двумя ногами. Это может быть полезно для определения текущей фазы поддержки во время ходьбы.

Сила, приложенная к каждому датчику, может быть представлена как (1):

$$F_i = K_i \Delta_i = K_i C_i R_i \quad (1)$$

Где Δ_i – это деформация тензорезисторов в метрах, C_i – это коэффициент, показывающий связь между деформацией резистора и изменением выходного напряжения (R_i).

В центральном процессоре робота происходит расчет локальных координат центра давления и визуализация полученных результатов.

Измерение положение центра давления основано на том утверждении, что все силы, действующие на стопу робота скомпенсированы, т.е. их сумма равна нулю (1):

$$\sum_{i=1}^{i=4} F_i + P = 0 \quad (2)$$

Тогда по осям X и Y (2):

$$\begin{cases} \sum_i x_i F_i + x_p P = 0 \\ \sum_i y_i F_i + y_p P = 0 \end{cases} \quad (3)$$

Из этих соотношений можно найти локальные координаты центра давления для одной или двух стоп робота (3):

$$\begin{cases} P = -\sum_i F_i \\ x_p = -\frac{\sum_i x_i F_i}{P} \\ y_p = -\frac{\sum_i y_i F_i}{P} \end{cases} \quad (4)$$

Заключение

Для тестирования работы системы и проверки правильности проектирования был создан лабораторный макет системы (Рис. 5).

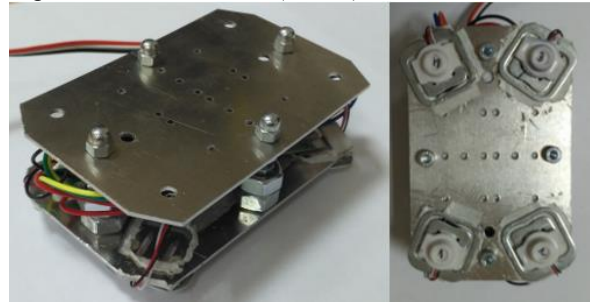


Рис. 5. Макет системы

Лабораторные тесты доказали работоспособность проектируемой системы. Также была доказана возможность вычисления локальных координат центра давления робота на основании показаний датчиков давления.

Список использованных источников

1. M. Vukobratovic, B. Borovac, D. Surla, D. Stokic, Scientific Fundamentals of Robotics 7. Biped Locomotion: Dynamics Stability Control and Application, New York:Springer-Verlag, 1990.
2. Dekker M. H. P. Zero-moment point method for stable biped walking. Eindhoven, July 2009, DCT no.: 2009.072.
3. Тензодатчик YCB-133 [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <https://www.robotshop.com/media/files/pdf/datasheet-3133.pdf> (дата обращения 10.11.2018).
4. MAX481/MAX483/MAX485 [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX1487-MAX491.pdf> (дата обращения 10.11.2018).