

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЛАТФОРМОЙ BALL-AND-PLATE

Горохова Н.М. (Университет ИТМО, СПб)

Научный руководитель – к.т.н., Добриборщ Д. (Университет ИТМО, СПб)

**Аннотация:** В работе рассматривается задача управления объектом с неизвестными параметрами на основе подхода управления по импедансу. Для идентификации неизвестных параметров, применяется модифицированный метод градиентного спуска с конечным временем сходимости. Работоспособность подхода продемонстрирована на примере системы «Ball-and-Plate».

**Введение.** Манипулирование в робототехнике подразумевает постоянный обмен энергией между несколькими физическими системами. Существует много задач, которые могут быть выполнены с использованием либо естественных манипуляторов, таких как руки человека, либо с использованием искусственных роботов-манипуляторов в промышленности. Например, человеческая рука способна выполнять бытовые задачи: удерживание объектов разной формы, бросание и ловля, а также задачи по перемещению.

Особенно эффективным является использование роботов-манипуляторов в промышленности. Несмотря на то, что некоторые задачи могут выполняться без взаимного обмена механической работой, например, процессы сварки и покраски, существует также множество операций, при которых необходимо совершать обмен механической работой – бурение, шлифовка, разворачивание, и др. В зависимости от типа задачи, необходимо разрабатывать соответствующий метод управления, учитывая особенности кинематики и динамики роботов-манипуляторов.

**Основная часть.** Большинство промышленных задач включают в себя взаимодействие между манипуляторами и окружающей средой, где последняя представляет собой динамическую систему. Такое взаимодействие невозможно без обмена энергией. Метод бондграфов, описанный в работе Х.М. Пейнтера, широко используется для визуализации этих физических процессов в изучаемых системах. Этот обмен энергией описывается как двунаправленный обмен сигналами, в то время как две динамические системы взаимодействуют.

В работе Н. Хогана описан концептуально новый метод в разработке систем управления. В отличие от «классических» методов автоматического управления, предложенный подход рассматривает влияние окружающей среды не как простой сигнал возмущений, но как динамическую систему, которая влияет на манипулятор. Манипулятор выступает как активная система, соединенная с регулятором и пассивной окружающей средой. Этот метод носит название

управления по импедансу, подробно описанный в работах Н. Хогана и Д. Колгейта. Главная идея этого метода подразумевает управление динамикой состояний двух систем, т.е. управление переменными состояниями портов систем такие как положение конечной точки или сила, вместо управления векторами положения и скорости. Манипулятор и окружающая среда, с которой он взаимодействует, рассматриваются в качестве физических систем с определенным количеством состояний, портов управления и портов взаимодействия. В этом случае, окружающая среда рассматривается в качестве адмиттанса, а манипулятор – в качестве импеданса.

Концепт регулятора, построенного на основе физических законов, описан в работах С. Страмиджоли и Ф. Гирта и является примером управления по импедансу. Предложенный регулятор основывается на физическом принципе эквивалентности с введением демпфирования, которое содержит виртуальные массу и демпфирующие элементы. Кроме того, возможно наблюдать рассеивание кинетической энергии регулятора через демпфирующий элемент. Устойчивость системы управления доказывается с помощью принципов пассивности системы. Тем не менее в работах С. Страмиджоли и Ф. Гирта не рассматривается задача, в которой масса объекта неизвестна, что делает задачу идентификации неизвестного параметра для улучшения показателей качества актуальной.

**Выводы.** В отличие от описанных выше работ, мы ставим задачу с неизвестной массой. Учитывая эту особенность, необходимо применить в системе широко известные методы оценивания неизвестных параметров посредством идентификации. В работах научной группы Р. Ортега предложен алгоритм с конечным временем сходимости сигнала управления, который мы применяем в задаче оценивании неизвестного параметра системы ball-and-plate. В исследовании применяется регулятор, описанный в работе Страмиджоли, а в качестве алгоритма оценивания используется метод градиентного спуска с конечным временем сходимости. Полученные результаты можно применять при выполнении перемещений объектов без применения устройств захвата. Работоспособность системы проиллюстрирована на примере платформы «Ball-and-Plate».

Горохова Н.М. (автор)

Подпись \_\_\_\_\_

Добриборщ Д. (научный руководитель)

Подпись \_\_\_\_\_