

# РЕАЛИЗАЦИЯ ДВИЖЕНИЯ РОБОТА ПО ТРАЕКТОРИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПИД РЕГУЛЯТОРА

А.С. Каширин, А. И. Федотов  
 А. Ю. Зарницын  
 Томский политехнический университет  
 kashirinas@tpu.ru

## Введение

В настоящее время происходит активное развитие робототехники и создание транспортных сетей движения без участия водителя. А одной из стратегических инициатив развития предпринимательской деятельности является создание и развитие рынка AutoNet. Поэтому вопрос о программировании заданных траекторий движения транспортных средств является актуальным. Моделью поведения реального дорожного транспортного средства может служить робот LEGO MINDSTORM EV3. Простой реализацией его движения является движение по линии, отслеживаемой инфракрасным датчиком траектории. Однако данный способ является трудноприменимым к реальным объектам.

Поэтому целью нашей работы являлось написание программного обеспечения, которое предоставило бы возможность задания траектории для движения робота.

## Описание алгоритма

Для решения задачи программирования траектории была разработана программа Drive with PID в среде MATLAB Simulink. Движение робота по заданной траектории производится при помощи синтезированного пропорционального регулятора и математического описания выбранной траектории.

В качестве робота была сконструирована классическая модель с двумя передними колёсами.

В программном обеспечении для начала работы необходимо идентифицировать приводы колёс робота. Сделать это можно при помощи программного инструмента в среде MATLAB – System Identification Toolbox. Для этого необходимо получить массив данных с каждого привода пары колёс и загрузить полученный массив данных внутрь программного компонента (рисунок 1).

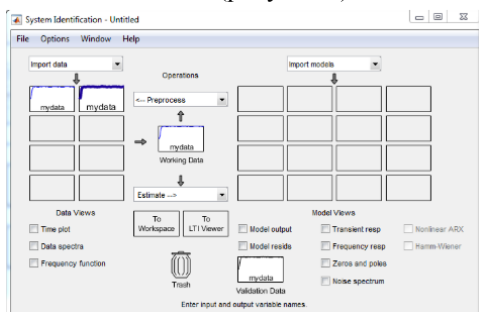


Рис. 1. Выгрузка данных в System Identification Toolbox

На выходе получим передаточную функцию, описывающую поведение привода. При помощи полученной передаточной функции можно автоматически синтезировать регулятор. Так как массив

полученных для идентификации приводов описывал угол поворота колёс в градусах, то для решения поставленной задачи необходимо применить пропорциональный регулятор. После его настройки входным сигналом на каждый привод будет являться угол, на который повернётся колесо. Полученная система представлена на рисунке 2.

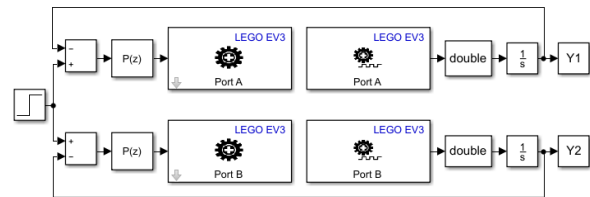


Рис. 2. Система управления приводами робота

Вторым этапом реализации алгоритма движения является математическое описание траектории движения робота. Для данного проекта была выбрана траектория кубической параболы. А для достижения поставленной цели была рассмотрена кинематика движения двухколёсного робота, представленного на рисунке 3.



Рис. 3. Двухколёсный робот

Без учёта динамики приводов, движение робота описывается следующей системой уравнений (1).

$$\begin{cases} \dot{x} = \cos \psi \cdot \frac{\omega_1 + \omega_2}{2} R \\ \dot{y} = \sin \psi \cdot \frac{\omega_1 + \omega_2}{2} R; \\ \dot{\psi} = (\omega_1 + \omega_2) \frac{R}{B} \end{cases} \quad (1)$$

Стоит отметить, что  $x, y$  – координаты,  $\omega_1, \omega_2$  – соответствующие угловые скорости вращения колёс,  $R$  – радиус колеса,  $B$  – расстояние между колёсами,  $\psi$  – курс робота.

Поскольку каждая координата зависит от времени, то для реализации перемещения робота по заданной траектории было расписано уравнение траектории в параметрический вид. Также это представление влечёт за собой зависимость скорости от

времени. Выражение (2) представляет систему параметрических уравнений, описывающих скорость движения робота для траектории кубической параболы.

$$\begin{cases} v_x = \frac{1}{\sqrt[3]{t^2}}; \\ v_y = 1 \end{cases} \quad (2)$$

В общем случае робот движется неравномерно, с большими ускорениями, для реализации движения робота с постоянной скоростью применяется следующий метод (3).

$$v_x^2 + v_y^2 = C^2; \quad (3)$$

где  $C$  – желаемая постоянная скорость движения робота. Применяя (2) и (3) можно получить закон изменения горизонтальной скорости (4).

$$\dot{x} = \frac{C}{\sqrt{1+9x^4}}; \quad (4)$$

Исходя из системы уравнений (1) необходимо найти законы изменения скоростей  $\omega_1, \omega_2$ . В таком случае для управления роботом реализуется следующий алгоритм перевода скорости и угла поворота в угловые скорости колёс (рисунок 4).

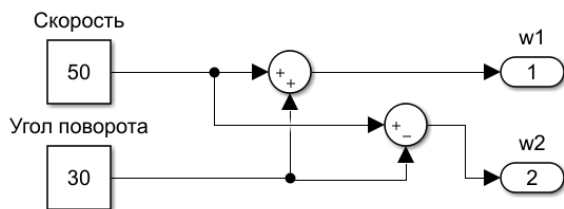


Рис. 4. Алгоритм перевода заданной скорости и угла поворота в угловые скорости колёс

В таком случае остаётся только заменить константы на полученный закон управления. А также учесть, что закон изменения угла поворота в данном случае будет выглядеть следующим образом (5).

$$\dot{\psi} = \arctg\left(\frac{\dot{y}}{\dot{x}}\right); \quad (5)$$

Итоговая программа реализации движения робота по кубической траектории с использованием пропорционального регулятора представлена на рисунке 5.

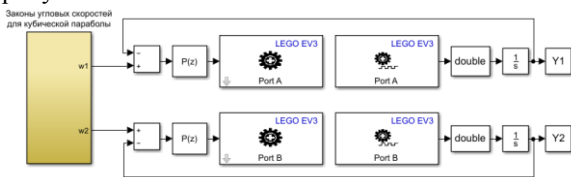


Рис. 5. Программа реализации движения робота

#### Тестирование алгоритма движения

Тестирование полученного алгоритма движения можно провести двумя способами: построить график движения робота в среде MATLAB Simulink, а второй - загрузить полученный алгоритм в робота и проследить за его движением.

Для первого способа необходимо перевести обратно показания с датчиков угла поворота робота в координаты описываемой траектории. В данном случае был получен следующий график движения (рисунок 6).

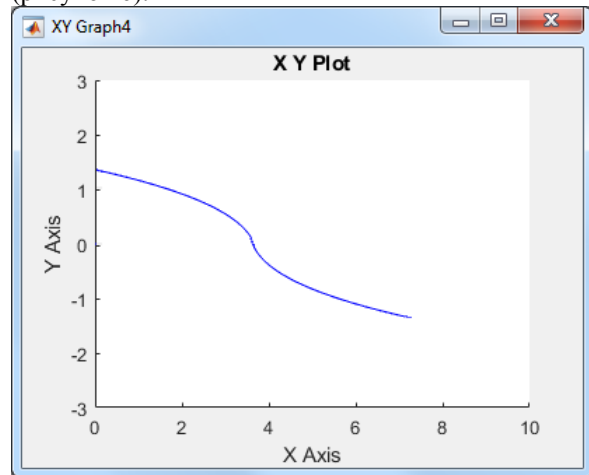


Рис. 6. Траектория движения робота

Как видно из графика, он повторяет график кубической параболы, однако коэффициенты её изменены. На практике робот повторял данную траекторию.

#### Заключение

В результате проведения тестирования можно сделать вывод о том, что алгоритм следования роботом по траектории является работоспособным. Однако, стоит заметить, что данный алгоритм работы справедлив только для неперiodических траекторий.

#### Список использованных источников

1. Малышенко А. М. Математические основы теории систем. Учебное пособие для вузов. – Томск: Изд-во ТПУ, 2004. - с.: ил.
2. Ким, Д.П. Теория автоматического управления: учебник и практикум для академического бакалавриата / Д. П. Ким. – М. : Издательство Юрайт, 2015. – 276с. – Серия : Бакалавр. Академический курс.
3. Введение в идентификацию систем при помощи MATLAB и System Identification Toolbox. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.mathworks.com/videos/introduction-to-system-identification-97056.html> (дата обращения 12.10.2018)
4. Движение робота к точке с заданными координатами. [Электронный ресурс]. – URL: <https://habr.com/post/277829> (дата обращения 16.10.2018)