

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ КОЛЕСНОГО РОБОТА

Усольцев Д. В., Фадеев А. С.

Научный руководитель А. С. Фадеев, заведующий кафедрой АИКС ИК ТПУ
Томский политехнический университет
dvu3@tpu.ru

Введение

Задача слежения по линии, является одной из базовых задач управления. Колесные роботы, движущиеся по линии, применяются в различных отраслях производства, например, для автоматизированного развоза деталей до мест сборки [1].

Задача слежения по линии решается в рамках современных робототехнических соревнований [2]. Большинство решений используют релейное управление или ПИД-регулятор и не учитывают физические параметры платформы колесного робота.

Целью данной работы является разработка системы управления колесным роботом, учитывающей физические параметры платформы.

Разработка опытной модели

Для проведения исследований был собран робот, принципиальная схема которого представлена на рисунке 1.

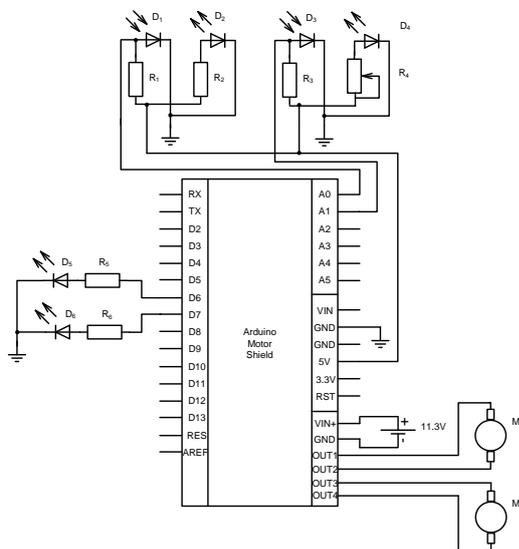


Рис. 1. Принципиальная схема колесного робота

В качестве платформы робота была выбрана двухколесная платформа со стабилизирующим колесом, поворот которой осуществляется путем введения разности хода колес. В качестве микроконтроллера применена аппаратная платформа Arduino UNO. В движение платформа приводится при помощи двух коллекторных двигателей постоянного тока, управляемых посредством контроллера Ardumoto. Положение

робота относительно линии определяется с помощью двух инфракрасных датчиков.

Для компенсации разности показаний датчиков был включен калибровочный потенциометр. Перед запуском робот ставится таким образом, что два датчика находятся по разные стороны от границы линии. Такое применение датчиков позволяет получить значение уставки при запуске колесного робота.

Разработка модели движения

Колесный робот движется с постоянной скоростью v_0 . Поворот осуществляется путем введения разницы скоростей вращения колес определяемой по формуле:

$$\Delta v = v_1 - v_2, \quad (1)$$

где v_1 – скорость движения относительно первого колеса, v_2 – скорость движения относительно второго колеса.

В таком случае скорость движения относительно колес определяется формулой:

$$v_{1,2} = v_0 \pm \frac{\Delta v}{2}. \quad (2)$$

Направление поворота определяется знаком Δv . Если принять $v_0 = 0$, то движение робота можно представить как круговое вращение относительно точки, находящейся в центре на оси между колесами. Диаметр круга D равен расстоянию между колесами робота. Таким образом, при $\Delta v = \text{const}$ угол поворота α определяется как:

$$\alpha = 2\pi \cdot \frac{\Delta v \cdot t}{2 \cdot c} = \frac{\Delta v \cdot t}{D}, \quad (3)$$

где t – время поворота.

В случае, когда $\Delta v \neq \text{const}$, необходимо разбить время поворота t на множество бесконечно-малых интервалов Δt . В таком случае угол поворота определяется как:

$$\alpha(t) = \alpha_0 + \frac{1}{D} \cdot \int \Delta v(t) dt. \quad (4)$$

В случае, когда $v_0 \neq 0$ и $\alpha = \text{const}$, робот отдалется от границы линии. Расстояние, на которое робот уедет от границы линии за время t может быть найдено как:

$$d = \sin(\alpha) \cdot v_0 \cdot t, \quad (5)$$

В случае, когда $\alpha \neq \text{const}$, необходимо разбить время движения t на множество бесконечно-малых интервалов Δt . Учитывая, что $\sin(\alpha) \approx \alpha$ при малых значениях угла α , конечное выражение для расстояния от границы линии может быть найдено как:

$$d(t) = d_0 + v_0 \cdot \int \alpha(t) dt. \quad (6)$$

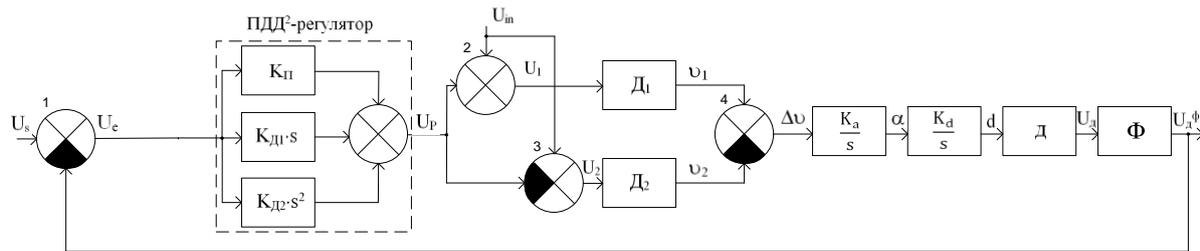


Рис. 2. Структурная схема колесного робота

Разработка системы управления

Для того чтобы колесный робот двигался точно вдоль границы линии, во время движения должно соблюдаться условие $d(t)=0$. Данное условие выполняется при:

- $\Delta d=0$;
- $\alpha(t)=0 \rightarrow \Delta\alpha=0$;
- $\Delta v(t)=0 \rightarrow \Delta(\Delta v)=0$.

Используя формулы (4) и (6) получим:

$$\Delta\alpha(t) = \frac{1}{D} \cdot \int \Delta(\Delta v(t))dt,$$

(7)

$$\Delta d(t) = \frac{v_0}{d} \cdot \int \int \Delta(\Delta v(t))d^2t. \quad (8)$$

Для того чтобы выполнялись условия нахождения на линии, необходимо внести в систему регулятор, связывающий d и Δv через обратную связь и подобрать его параметры таким образом, чтобы компенсировать ошибку регулирования.

Из (7) и (8) следует, что через обратную связь d должна влиять на Δv дважды дифференциально, а α на Δv дифференциально.

Исходя из этого, был выбран ПДД²-регулятор (пропорционально-дифференциально-дважды-дифференцирующий регулятор). Данный регулятор представляет собой продифференцированный ПИД-регулятор [3].

Так как в выбранном регуляторе присутствуют дифференциальная и дважды дифференциальная части, в системе была использована фильтрация значений с датчика посредством медианного фильтра.

Используя выведенные ранее зависимости и выбранный регулятор, была построена структурная схема системы автоматического управления колесным роботом, представленная на рисунке 2.

На данной схеме K_p , $K_{д1}$, $K_{д2}$ – коэффициенты ПДД²-регулятора; U_p – выходное напряжение ПДД²-регулятора; U_{in} – входное напряжение двигателей без рассогласования; U_1 , U_2 – входное напряжение двигателей с рассогласованием; D_1 , D_2 – коллекторные двигатели постоянного тока; v_1 , v_2 – скорость двигателей; Δv – разность скоростей двигателей; K_a – коэффициент колесной платформы; α – угол поворота; K_d – коэффициент скорости; d – расстояние до границы линии; d –

ИК-датчик линии; U_d – выходное напряжение датчика; Φ – медианный фильтр; U_d^ϕ – выходное напряжение фильтра; U_e – задающее воздействие; U_e – ошибка регулирования.

В соответствии со структурной схемой системы была написана программа в программной среде Arduino. Уставка вычисляется при запуске устройства, как полусумма показаний датчиков. Таким образом, робот автоматически настраивается для работы с различными поверхностями.

Заключение

В результате исследования был спроектирован и собран автоматизированный колесный робот, способный распознавать линию и корректировать относительно нее свое движение. Коэффициенты регулятора подбираются в соответствии с расстоянием между колесами D и заданной скоростью движения робота v_0 .

В ходе исследования было выявлено, что примененные двигатели имеют значительно различающиеся индивидуальные характеристики. Наиболее пагубно на динамику системы влияют различные вращающие моменты двигателей и соответствующая нелинейная зависимость скорости вращения двигателей под нагрузкой от поданного на них напряжения.

Список использованных источников

1. ULTIMATE FACTORIES | PORSCHE PANAMERA [Электронный ресурс]. URL: <http://channel.nationalgeographic.com/ultimate-factories/galleries/ultimate-factories-porsche-panamera-pictures/at/an-automated-experience-21977/> (дата обращения 15.09.2016).
2. Календарь мероприятий и конкурсов по робототехнике. [Электронный ресурс]. – URL: <http://edurobots.ru/katalog-meropriyatiya-mira-robototexniki/> (дата обращения 01.10.2016).
3. Применение ПИД-регулятора для управления сложными объектами с запаздыванием [Электронный ресурс]. URL: http://www.amursu.ru/attachments/article/13719/14_91-98.pdf (дата обращения 01.09.2016)