КИНЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО МОБИЛЬНОГО РОБОТА

KINEMATIC MODELING OF A DIFFERENTIAL MOBILE ROBOT

Цинь Чжаоян, МГТУ им. Н.Э. Баумана, Кафедра СМ7, Москва, Россия

Qin Zhaoyang, BMSTU, Department SM7, Moscow, Russia, Qinzy99@foxmail.com

Аннотация

В этом исследовании предлагается управление скоростью мобильного робота с двухколесным двухколесным дифференциалом приводом. Основными задачами этого исследования являются контроль скорости . Моделирование системы управления движением завершается с помощью Simulink . Две двухколесные дифференциальные мобильные платформы для роботов построены с использованием двух двигателей постоянного тока. Каждый двигатель постоянного тока независимо управляется водителем двигателя, а инкрементный датчик подключается для сбора скорости и положения двигателя для точного управления скоростью и управлением рулевого управления движущегося двигателя. С другой стороны, контроллер пропорциональной интегральной производной (PID) используется для достижения скорости двигателя, требуемой системой управления скоростью. Контролируя скорость и положение, робот может точно достичь желаемой уставки.

Annotation

This study proposes speed control of a mobile two-wheel differential-drive robot. The main objectives of this study are speed control. Simulation of the motion control system is completed using Simulink. The two two-wheeled differential mobile robot

platforms are built using two DC motors. Each DC motor is independently controlled by the motor driver, and an incremental encoder is connected to collect motor speed and position for precise speed control and steering control of a moving motor. On the other hand, a proportional integral derivative (PID) controller is used to achieve the motor speed required by the speed control system. By controlling the speed and position, the robot can precisely reach the desired setpoint. Developed a two-wheel differential mobile mobile platform of the robot. DC motor is used for driving platform and steering. Each DC motor is independently controlled by the motor driver.

Ключевые слова:Мобильный колесный робот, редукторный двигатель постоянного тока, ПИД-регулятор, дифференциальный мобильный робот, управление движением.

Key words: Mobile wheeled robot, DC geared motor, PID controller, Differential mobile robot, motion control.

Введение

В этом исследовании мобильный робот с двухколесным дифференциальным приводом состоит из двух двигателей постоянного тока с каждым оптическим датчиком. Чтобы контролировать скорость мобильного робота, в качестве основного шага необходимо знать математическую модель кинематики и подходящий контроллер: кинематическое моделирование и ПИД-регулятор.

1 Общая структура робота

Четырехколесный мобильный робот в основном использует две конструкции: одна - это первое двухколесное синхронное рулевое управление и последнее двухколесное дифференциальное вождение, другая - первое двухколесное рулевое управление и дифференциальное вождение. Из-за точности обработки и ровности поверхности четырехколесный мобильный робот обеспечит хороший контакт трех колес с землей и подвешивание одного колеса, что приведет к нестабильности управления движением. [1]

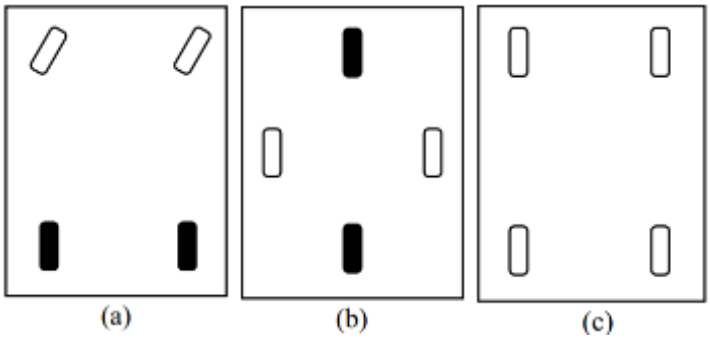


Рис. 1.1 Тип привода колесного робота

(a) Привод рулевого колеса (b) Дифференциальный привод

(c) Всенаправленный привод

Рисунок (b) представляет собой дифференциальную модель вождения для колесных роботов. Этот метод вождения заключается в установке двух или более ведущих колес на шасси робота и взаимодействии с одним или несколькими универсальными колесами в качестве ведущих колес, которые управляют скоростью вращения колес между ведущими колесами. Дифференциальная реализация функции рулевого управления, механическая конструкция конструкции относительно проста, в то же время она может удовлетворить различные требования к мощности, в то время как радиус поворота невелик, и может достигать рулевого управления на месте, поэтому колесный робот этого проекта использует дифференциальный привод[2].

1.1 Описание робота

В таблице1 показаны детали.

Пункт	Параметр или технический индикатор
Вес робота	25КГ
Нагрузка	30КГ
Размер приводного колеса	150мм
Растояние между двумя колесами L	300мм
Общий размер конструкции	610×530×350

Максимальная скорость ходьбы	2м/с
Рабочая скорость	0.25м/с
Время жизни	2-8ч

Таблица1. Параметры робота

Шасси робота оснащено колесами, а задние два колеса являются ведущими колесами, которые соответственно приводятся в движение серводвигателями постоянного тока. Поворот робота осуществляться путем дифференциального вращения двух двигателей.

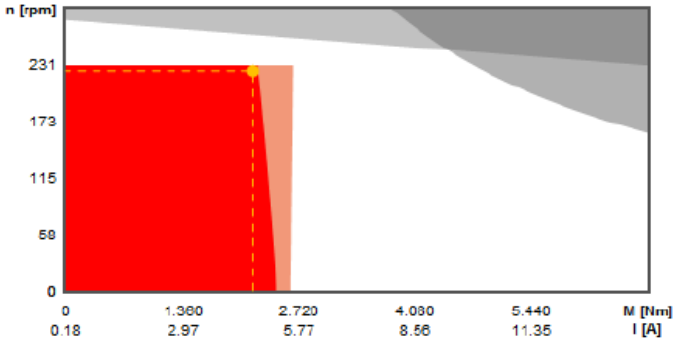
1.2 Выбор двигателя

В результате вышеуказанной операции выбранный нами двигатель Motor-DCX35LGB 18V производства Maxon，также подобрала ретуктор и энкодер для мотора,Planetarygearhead-GPX37 A 26:1,Sensor-ENC 30 HEDL 5540 500IMP.

Ниже приведена физическая карта двигателя и рабочие параметры комплекта.



Рис.1.2 мотор и его вспомогательные подразделения



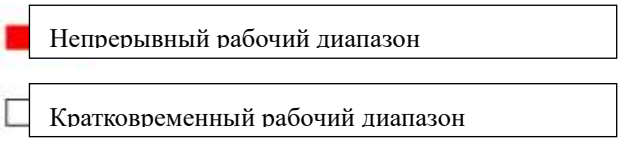


Рис.1.3 изображение рабочего диапазона двигателя

Исходя из кривой работы системы привода, выбранная система привода соответствует потребностям робота.

2 Создание систем координат

Чтобы описать реальную ситуацию в реальном мире, исследователи часто описывают путь и целевое P положение робота в глобальных координатах. Но для мобильных роботов его восприятие внешнего мира может опираться только на различные типы датчиков, которые он несет. Информация, полученная этими датчиками, дается в форме локальных координат робота, что приводит к созданию системы роботов. Целевая позиция не находится в той же системе координат, что и ожидаемая исследователем целевая позиция, поэтому мы устанавливаем две разные системы координат для анализа и установления и задаем отношение преобразования, предоставляя роботу единообразные координаты для успешного достижения предварительно установленной цели. Определяется $\{X_I, Y_I\}$ как глобальная система координат, заодно на точке шасси робота устанавливается локальная система координат $\{X_R, Y_R\}$.

Координатами точки в глобальной и локальной системе являются $\{x_I, y_I\}$ и $\{x_R, y_R\}$ соответственно. θ- Ориентация скорости робота, также разность углов между локальной и глобальной системой координат,определяется как угол между системой координат робота YR и осью Y глобальной системы координат. [3]

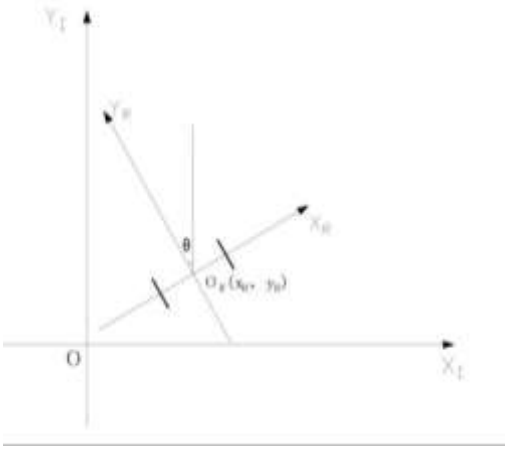


Рис.2.1 локальная и глобальная система координат

Если обозначим вектор положения и ориентации как

$$\xi_I = \begin{bmatrix} x_I \\ y_I \\ \theta_I \end{bmatrix}, \qquad 2\text{-}1$$

То вектор скорости есть

$$\dot{\xi}_I = \begin{bmatrix} \dot{x}_I \\ \dot{y}_I \\ \dot{\theta}_I \end{bmatrix}. \qquad 2\text{-}2$$

С помощью матрицы ортогонального вращения

$$R(\theta) = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta & 0 \\ -\sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \qquad 2\text{-}3$$

мы можем установить связь между глобальной и локальной системами координат

$$\dot{\xi}_R = R(\theta_I)\dot{\xi}_I. \qquad 2\text{-}4$$

И их обратная связьимеет вид

$$\dot{\xi}_I = R(\theta_I)^{-1}\dot{\xi}_R. \qquad 2\text{-}5$$

3 Кинематическое моделирование

Математическое моделирование мобильной кинематики является одним из основных ролей разработки мобильных платформ управления движением

робота.Кинематическая модель принимает скорость робота ипреобразует его в обобщенный координатный вектор по следующему уравнению, которое было рассчитано в предыдущем разделе ниже[4]:

$$\begin{bmatrix} x_R(k+1) \\ y_R(k+1) \\ \theta_R(k+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_R(k)+\sin(\theta(k))(\omega_l(k)+\omega_r(k))\frac{Tr}{2} \\ y_R(k)+\sin(\theta(k))(\omega_l(k)+\omega_r(k))\frac{Tr}{2} \\ \theta_R(k)+(\omega_l(k)-\omega_r(k))\frac{T}{L} \end{bmatrix} \qquad 3\text{-}1$$

$$\begin{bmatrix} x_R(k+1) \\ y_R(k+1) \\ \theta_R(k+1) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_R(k)+\sin(\theta(k))V_{\text{lin}}T \\ y_R(k)+\sin(\theta(k))V_{\text{lin}}T \\ \theta_R(k)+\omega T \end{bmatrix}$$

И тогда скорость робота может быть взята из каждой скорости колеса по следующему уравнению:

$$V_{lin} = (\omega_l + \omega_r)\frac{r}{2} \qquad 3\text{-}2$$

$$\omega = \frac{\omega_l - \omega_r}{L} r \qquad 3\text{-}3$$

Итак, для первого шага необходимо рассмотреть скорости каждого колеса из параметров мобильного робота, таких как осевое расстояние между двумя колесами L и радиус колеса r. Следующим шагом является описание скорости мобильного робота от скорости вращения колеса в зависимости от базы робота. В этом исследовании роботизированная база - это система дифференциального привода. Мобильный робот состоит из двух двигателей постоянного тока, которые крепятся непосредственно к каждому оптическому энкодеру. Этот оптический датчик используется для управления скоростью вращения вала двигателя на основе ПИД-регулятора. Итак, PID-контроллер будет обсуждаться в следующем подразделе с его основной информацией.

Линейная скорость мобильного робота выражается в уравнении 3-4.

$$V_{lin} = (\omega_l + \omega_r)\frac{r}{2} \qquad 3\text{-}4$$

Угловая скорость мобильного робота выражается в уравнении 3-5.

$$\omega = \frac{\omega_l - \omega_r}{L} r \qquad 3\text{-}5$$

4 ПИД-регулятор

Программное обеспечение Matlab и Simulink использовалось для настройки и тестирования ПИД-регулятора [5]. ПИД-регулятор используется для управления скоростью вращения двигателя постоянного тока с помощью значений констант KP, KD и KI. KP зависит от текущей ошибки, KI зависит от накопления прошлых ошибок, а KD является прогнозом будущих ошибок. Вот почему значения констант KP, KD и KI должны точно и технически настраиваться на основе передаточной функции двигателя постоянного тока с ее индивидуальными параметрами. Несмотря на простую структуру и надежность этого контроллера, оптимальная настройка усиления PID［6］.

$$W(s) = \frac{\theta(s)}{V(s)} = \frac{\omega(s)}{V(s)} = \frac{Kt}{(Js+B)(Ls+R)+KtKe}\left[\frac{rad}{V}\right] \qquad 4\text{-}1$$

Где W(s) - передаточная функция двигателя постоянного тока. Блок передаточной функции двигателя постоянного тока может быть показан как показано на рисунке 8.

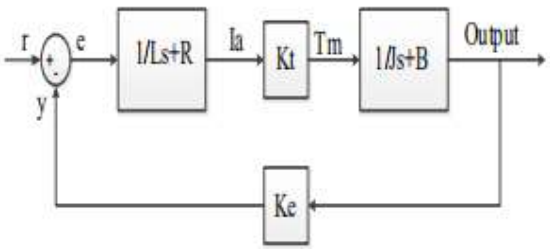


Рис. 4.1 Блок-схема двигателя постоянного тока

Передаточная функция для ПИД-регулятора определяется следующим образом:

$$W(s) = K_P + \frac{K_I}{s} + K_D s \qquad 4\text{-}2$$

А следующая блок-схема - это система управления двигателем постоянного тока с ПИД-регулятором.

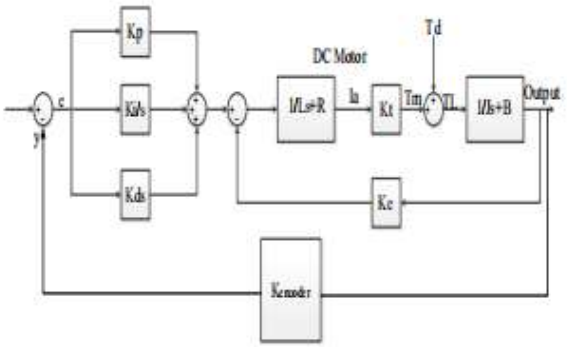


Рис. 4.2 Блок-схема двигателя постоянного тока с ПИД-регулятором

На рисунке 4.2 три переменные (r, y и e) ， r являются желаемым входным напряжением, фактическим выходным напряжением y и ошибкой электронного напряжения соответственно.

Таким образом, модель Simulink для двигателя постоянного тока может быть создана в программном обеспечении Matlab с использованием таблицы III. Мобильная платформа выполнена с возможностью достижения желаемой линейной скорости на выходе 0,255 м / с, когда двигатель получает напряжение 12 В.

На рисунке 4.3 представлена модель двигателя постоянного тока с замкнутым контуром Simulink, в которой применяется ПИД-регулятор с коэффициентами усиления (KP = 90, KI = 5, KD = 11). Работа этой модели приведет к получению кривых отклика линейной скорости выходного вала двигателя постоянного тока на рисунке 4.4. Для входа 12 В двигатель постоянного тока будет плавно достигать желаемой выходной линейной скорости 0,255 см / с за 1 с, без перерегулирования и любой ошибки установившегося состояния.

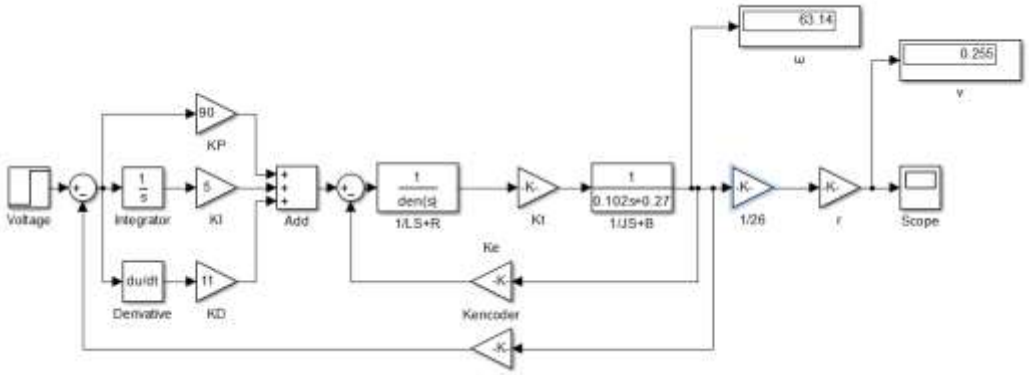


Рис.4.3 Simulink модель двигателя постоянного тока с замкнутым контуром с ПИД-регулятором

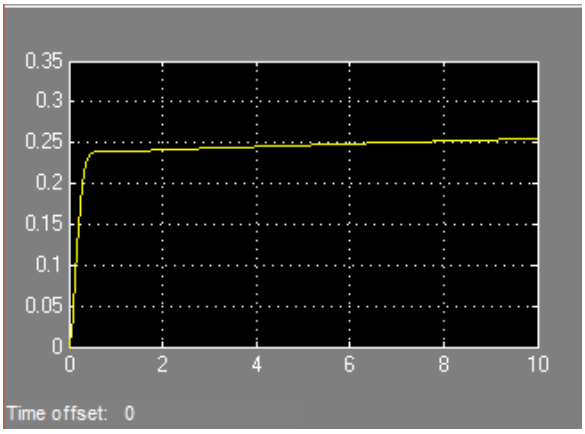


Рис.4.4 Кривая отклика линейной скорости замкнутого контура постоянного тока с ПИД-регулятором

Используя кинематическую модель мобильного робота $V_{lin} = \frac{V_l + V_r}{2}$ с двумя приводами дифференциала, можно создать модель мобильной роботизированной платформы с замкнутым контуром Simulink. Эта одновременная модель показана на рисунке 4.5. В этой модели линейная скорость правого колеса $V_r = 0.255 m/s$, а затем линейная скорость левого колеса $V_l = 0.255 m/s$. Итак, линейная скорость мобильной роботизированной платформы, $V_{lin} = 0.255 m/s$. Запуск этой модели приведет к кривой отклика линейной скорости мобильного робота на рисунке 4.6.

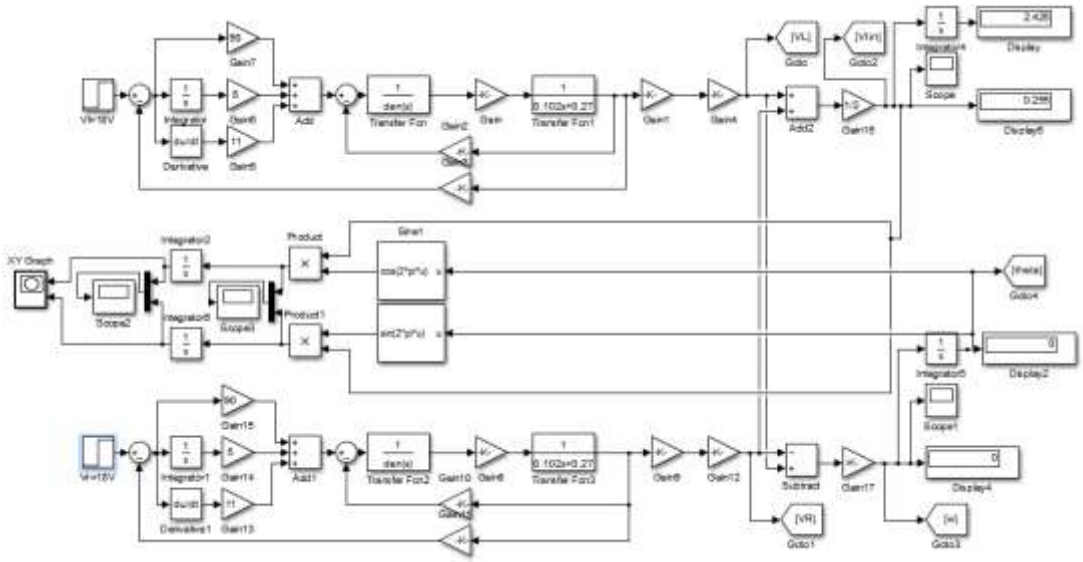


Рис. 4.5 Моделирование мобильной робота с двухколесным дифференциалом на основе кинематической модели

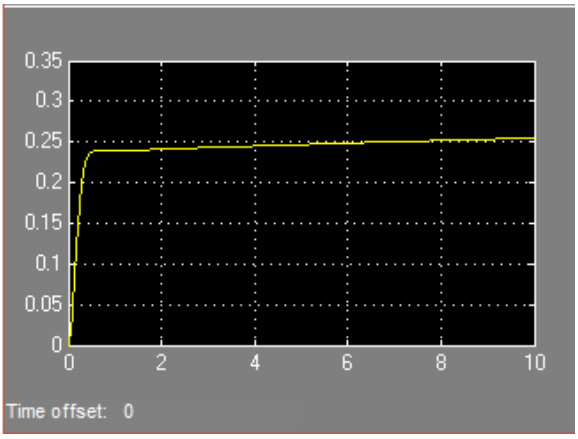


Рис. 4.6 Кривая отклика линейной скорости мобильного робота с ПИД-регулятором с усилениями

Есть четыре типа движения этого робота:

(1) Когда колеса вращаются с одинаковой скоростью(Vr=Vl). Робот движется вперед.

(2) Когда колеса вращаются с одинаковой скоростью и в противоположном направлении(Vr=-Vl). Робот поворачивается на месте.

(3) Когда Vl=0, робот поворачивается влево.

(4) Когда Vr=0, робот поворачивается вправо.

Для равных скоростей правого и левого колес($V_r = V_l$), на рисунке показано соотношение скорости робота по осям x и y, а также траектория робота:

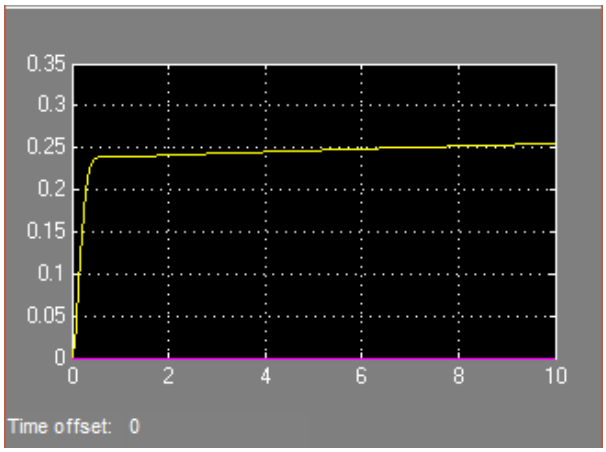


Рис.4.7 скорости робота по осям x и y

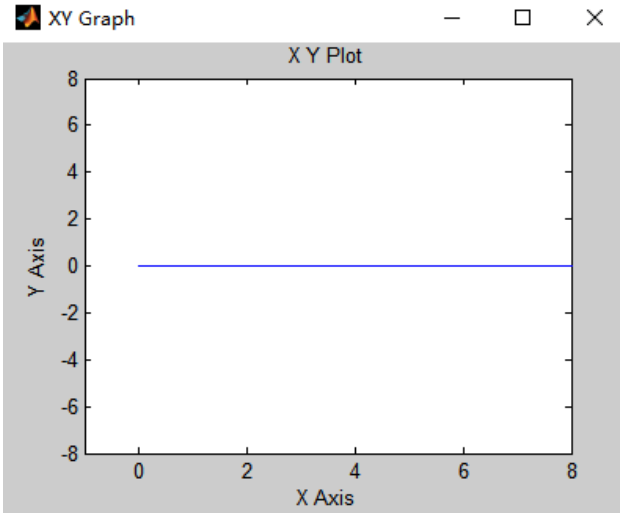


Рис.4.8 траектория робота

Заключение

Разработана двухколесная дифференциальная мобильная передвижная платформа робота. Двигатель постоянного тока используется для управления подвижной платформой и рулевого управления. Каждый двигатель постоянного тока независимо управляется приводом.

Список литературы

1. С.И. Амер, М. Н. Эскандер, Азиза М. Залес, «Робот позиционирования и движения», Научно-исследовательский институт электроники, Докки, Кайр, Египет.
2. Ян Пин, Гун Линьцян, Ши Цзюньи и др. Конструкция и схема управления ступенчатым подъемным роботом [J]. Журнал машиностроения и электротехники, 2017, 34 (6).
3. Cherry Myint # 1, Nu Nu Win # 2 ， Контроль положения и скорости для мобильного робота с двухколесным дифференциалом.
4. Исследование модели движения мобильного робота с дифференцированным приводом на два колеса; Ма Цинён, Школа автоматизации Чунцинского университета, 04.2013 г., С.1-4
5. Халед сэйлан, профессор, д-р инж. Клаус-Дитер Кунерт, «Управление угловым положением двигателя постоянного тока с помощью

ПИД-регулятора для управления гидравлическим насосом», Институт систем ралтайм, Зигенский университет, Германия.

6. Михай КРЕНГАНИС, Октавиум БОЛОГА, «Внедрение ПИД-регулятора для мобильной платформы», технические науки Румынии «Лучиан БЛАГА», Университет Сибиу.

Literature

1. SI.Amer, M.N.Eskander, Aziza M.Zales, “Positioning and Motion robot”, Electronics Research Institute, Dokki, Caire, Egypt.
2. Yang Ping, Gong Linqiang, Shi Junyi, et al. Structure and control scheme design of step climbing robot [J]. Journal of Mechanical &Electrical Engineering, 2017, 34(6).
3. Cherry Myint#1, Nu Nu Win#2，Position and Velocity control for Two-Wheel Differential Drive Mobile Robot
4. Research on the motion model of two-wheel differential drive mobile robot; Ma Qinyong, Chongqing University School of Automation, 04. 2013, C.1-4
5. Khaled sailan, prof.Dr-Ing. Klaus-Dieter kuhnert, “DC Motor Angular Position Control Using PID Controller for the purpose of controlling the Hydraulic Pump”, ral time system Institute, siegen University, Germany.
6. Mihai CRENGANIS, Octavium BOLOGA, “implementation PID controller for a mobile platform”, technical sciences of Romania “Lucian BLAGA”, University of Sibiu.