

УДК 621.865.8

Разработка и применение образовательного робота-манипулятора

Вылуск Варвара Павловна^(*)

v.vylusk@yandex.ru

Руднев Сергей Кириллович

rudnev@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. В статье рассматривается возможность применения малогабаритных роботов-манипуляторов для овладения компетенциями обращения с промышленными образцами роботов и дальнейшей их разработки. Для создания прототипа была использована среда автоматизированного проектирования Autodesk Inventor, а также применены аддитивные технологии для изготовления деталей. В результате проделанной работы был создан, изготовлен и запущен прототип рычажного робота-манипулятора с малой грузоподъемностью, успешно решены прямая и обратная задачи кинематики. Система управления роботом адаптирована под учебные задачи, что позволит студентам не только изучать основы робототехники, но и развивать навыки проектирования и программирования.

Ключевые слова: машиностроение, робототехника, автоматизация, учебный процесс, задачи кинематики

Palletizing educational robot

Vylusk Varvara Pavlovna^(*)

v.vylusk@yandex.ru

Rudnev Sergey Kirillovich

rudnev@bmstu.ru

BMSTU, Moscow, Russia

Abstract. The article explores the possibility of using compact robotic manipulators to develop competencies in handling industrial robots and their further development. To create the prototype, CAD Autodesk Inventor was used, along with additive manufacturing technologies for part production. As a result of the work, a prototype of a palletizing robot with low workload capacity was designed, manufactured, and launched. Both forward and inverse kinematics problems were successfully solved. The robot's control system was adapted for educational purposes, enabling students not only to study the fundamentals of robotics but also to develop skills in design and programming. The project aims to scale the prototype for enhancing students' engineering skills and adapting the robot to manufacturing processes.

Keywords: robotics, palletizing robot, educational robotics, parallel kinematics, robot control systems

Введение. За последние годы в машиностроении значительно повысилась автоматизация труда, в которой особая роль принадлежит промышленным роботам. Для более эффективной автоматизации требуются специалисты данной сферы, способные не только спроектировать и изготовить рабочий механизм, но и создать управляющую программу.

Использование роботов в производстве может полностью освободить человека от выполнения непроизводительных вспомогательных операций. Роботы-манипуляторы подходят для сварочных и сборочных операций, погрузочно-разгрузочных работ, операций по перемещению и распределению заготовок [1]. Их применение снижает риски нанесения увечий, позволяет проводить работы в экстремальных условиях.

Роботы-манипуляторы задействованы в рамках образовательного процесса многих инженерных специальностей. Например, таких распространенных, как

27.03.04 «Управление в технических системах»;

15.03.06 «Мехатроника и робототехника»;

05.02.05 «Роботы, мехатроника и робототехнические системы».

В учебном плане каждого из приведенных выше направлений подготовки предусмотрены лабораторные работы, на которых рассматриваются механизмы, системы управления и основы проектирования роботов-манипуляторов.

Материалы и методы. Промышленный робот — это автоматическая машина, стационарная или подвижная, состоящая из исполнительного устройства в виде манипулятора, имеющего несколько степеней подвижности, и перепрограммируемого устройства программного управления для выполнения в производственном процессе двигательных и управляющих функций.

Особое место на рынке занимают роботы рычажного типа, т.к. благодаря расположению двигателей, большая часть его массы сконцентрирована на платформе, вследствие чего масса перемещаемых узлов сокращается, а конструкция становится более устойчивой и подвижной.



Рис. 1. Рычажный робот-манипулятор

Обычно структура рычажного робота включает в себя пять составляющих: основание, поворотную платформу, руку, запястье и захват (рис. 1). Поворотная платформа приводится в движение за счет шагового двигателя, расположенного на зафиксированной части. На поворотной платформе также устанавливаются два шаговых двигателя, приводящие в движение уже руку и запястье [2, 3].

Результаты. Для решения задач кинематики и проверки результата была разработана графическая расчетная модель разрабатываемого механизма (рис. 2).

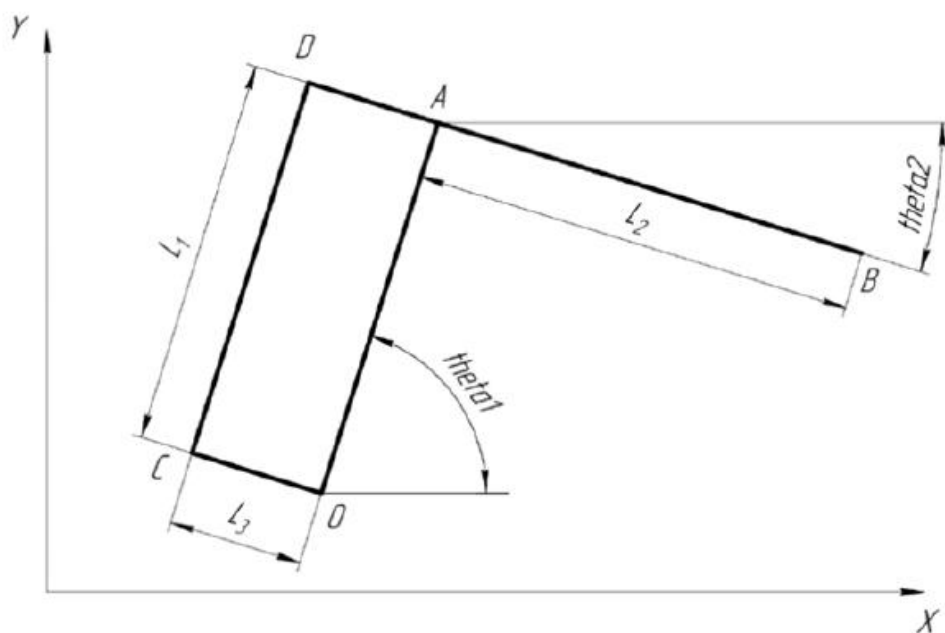


Рис. 2. Расчетная модель робота-манипулятора

Рассмотрим вариант решения прямой задачи кинематики [4]:

$$X_A = L_1 \cos(\theta_1);$$

$Y_A = L_1 \sin(\theta_1)$ — зависимость x и y координат точки A от углов θ_1 и θ_2 (рис. 2)

Далее аналогичным образом получим зависимость координат каждой из точек на плане от выбранных углов θ_1 и θ_2

$$X_C = -L_3 \cos(\theta_2);$$

$$Y_C = -L_3 \sin(\theta_2)$$

$$X_B = L_1 \cos(\theta_1) + L_2 \cos(\theta_2)$$

$$Y_B = L_1 \sin(\theta_1) + L_2 \sin(\theta_2)$$

$$X_D = -L_3 \cos(\theta_2) + L_1 \cos(\theta_1)$$

$$Y_D = -L_3 \sin(\theta_2) + L_1 \sin(\theta_1)$$

Вариант решения обратной задачи кинематики:

$\cos\alpha = \frac{X_B^2 + Y_B^2 - L_1^2 - L_2^2}{2L_1L_2}$ — по теореме косинусов получим косинус вспомогательного угла α (угол между звеньями OA и AB)

$$\sin\alpha = \sqrt{1 - \cos^2\alpha};$$

$$k_1 = L_1 + L_2 \cos\alpha;$$

$$k_2 = L_2 \sin\alpha;$$

$$\theta_1 = \frac{180^\circ}{\pi} * (\tan^{-1}(Y_B^2, X_B^2) + \tan^{-1}(k_2, k_1)); \quad (1)$$

$$\theta_2 = \theta_1 - \frac{180^\circ}{\pi} * (\tan^{-1}(\sin\alpha, \cos\alpha)). \quad (2)$$

Таким образом, полученные в уравнениях (1) и (2) углы являются решением обратной задачи кинематики.

Обсуждение. Полученный прототип (рис. 1) был спроектирован в САПР Autodesk Inventor, после чего изготовлен с применением аддитивных технологий, собран и запущен на базе одноплатного компьютера Arduino UNO, управляющая программа написана в среде Arduino IDE [5, 6]. В качестве исполнительного органа был выбран электромагнит в виду его компактности и простоты управления, с последующей возможностью замены на пневматический или механический захват, перо, модуль FDM печати и др. Привод каждой из трех осей осуществляется при помощи шаговых двигателей Nema23, выбранных из-за простоты и наглядности управления. Изготовленный прототип промышленного робота может быть использован как для обучения проектированию и написанию управляющих программ, так и в качестве базы для последующего масштабирования и изготовления в металле для применения в промышленности.

Заключение. Таким образом, в ходе реализации проекта был спроектирован и запущен прототип манипулятора, в основе работы которого заложена плоскопараллельная кинематика, которая с одной стороны достаточно проста и прогнозируема, а с другой дает необходимый потенциал для обучения основам промышленного использования роботов, программированию на различных языках, программированию логики работы, управлению шаговыми двигателями и сервоприводами.

Список источников

- [1] Козырев Ю.Г. *Промышленные роботы: основные типы и технические характеристики*. Москва, КНОРУС, 2015, 57 с.
- [2] Yi Deng, Tao Zhou, Guojin Zhao, Kuihu Zhu, Zhaixin Xu, Hai Liu. Energy Saving Planner Model via Differential Evolutionary Algorithm for Bionic Palletizing Robot. *Sensors*, 2022. <https://doi.org/10.3390/s22197545>

- [3] Aburaia M., Markl E., Stuja K. New Concept for Design and Control of 4 Axis Robot Using the Additive Manufacturing Technology. *25th DAAAM International Symposium on Intelligent Manufacturing and Automation. Procedia Engineering*, 2015, vol. 100, pp. 1364–1369.
- [4] Craig J.J. *Introduction to Robotics. Mechanics and Control*. Pearson Education International, 2018, pp. 165–201.
- [5] Монк С. *Программируем Arduino. Профессиональная работа со скетчами*. Санкт-Петербург, Питер, 2017.
- [6] Макаров С.Л. *Arduino Uno и Raspberry Pi 4: от схемотехники к интернету вещей*. Москва, ДМК Пресс, 2023.