

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПАТЕНТНОЕ
ВЕДОМСТВО**(12) Описание изобретения**
К МАЛОМУ ПАТЕНТУ

1

(21) 2502126

(22) 01.07.2025

(46) Бюл. 224, 2025

(71) Шарифов Б.Н. (ТJ); Диёрзода Р.Х. (ТJ);
Бободжонов Д.И. (ТJ); Юсуфзода М.Ю. (ТJ); Олимов
С.Ю. (ТJ)(72) Шарифов Б.Н. (ТJ); Диёрзода Р.Х. (ТJ);
Бободжонов Д.И. (ТJ); Юсуфзода М.Ю. (ТJ); Олимов
С.Ю. (ТJ)(73) Шарифов Б.Н. (ТJ); Диёрзода Р.Х. (ТJ);
Бободжонов Д.И. (ТJ); Юсуфзода М.Ю. (ТJ); Олимов
С.Ю. (ТJ)(54) **УЧЕБНЫЙ РОБОТ МАНИПУЛЯТОР**

(56)

1. RU2718513C1 - Образовательно-исследовательский комплекс робот малый антропоморфный (патент RU 2718513, МПК В25J 9/16 (2006.01) В25J 9/22 (2006.01), опубликован 08.04.2020).

2. RU2696508C1 - Промышленный робот-манипулятор с системой двойных энкодеров и способ его позиционирования (патент RU 2696508, МПК В25J 9/16 (2006.01) В25J 13/00 (2006.01), опубликован 02.08.2019).

3. RU211325C1 - Промышленный робот-манипулятор (патент RU 211325 МПК В25J 9/16 (2006.01) В25J 13/00 (2006.01), опубликован 31.05.2022).

4. RU231938U1 - Учебный манипулятор (патент RU 231938 В25J 9/08 (2006.01) G09B 5/00 (2006.01), опубликован 18.02.2025).

(57) Изобретение относится к области робототехники и может быть использовано для

2

учебных и исследовательских целей при изучении основ мехатроники, автоматического управления и программирования роботизированных систем.

Учебный робот-манипулятор содержит неподвижное основание, на котором последовательно установлены шесть кинематически связанных между собой подвижных модулей, образующих манипуляторную структуру с шестью степенями свободы, управляемую через микроконтроллер на базе Atmega. Каждый подвижный модуль снабжён индивидуальным шаговым мотор-редуктором типа NEMA с планетарным редуктором, обеспечивающим крутящий момент не менее 20 Н·см, и энкодером для организации обратной связи по положению. Провода питания и сигнальные линии проложены внутри полых модульных звеньев, выполненных с возможностью изготовления методом 3D-печати из полимерного материала. Конструкция захвата предусматривает возможность быстрой смены рабочих насадок для работы с объектами различных форм. Управление робот-манипулятором осуществляется совместно с одноплатным микрокомпьютером, оснащённым интерфейсами USB, UART и GPIO, с поддержкой программирования по координатам рабочего пространства в среде Arduino и/или ROS. Изобретение обеспечивает универсальность, модульность конструкции и возможность гибкой настройки параметров управления для учебных задач.

Изобретение относится к робототехнике, а именно к конструкции учебного настольного робота-манипулятора, применяемого в образовательных программах для подготовки квалифицированных специалистов в области создания, программирования и эксплуатации роботов-манипуляторов.

В настоящее время на рынке робототехники отсутствуют учебные робототехнические модели-тренажеры, позволяющие обучающимся полноценно изучать особенности промышленных роботов-манипуляторов. К таким особенностям относятся как конструктивные характеристики робототехнических систем, так и программные возможности, обеспечивающие выполнение широкого спектра производственных задач.

Существующие учебные робототехнические комплексы, как правило, ориентированы на решение ограниченного круга задач, например, обучение тактильной сенсорике. Такой ограниченный функционал препятствует всесторонней подготовке специалистов в области промышленной робототехники, что снижает качество кадров и затрудняет удовлетворение потребностей современного производства в квалифицированных работниках.

Известен образовательно-исследовательский комплекс робот малый антропоморфный [1], который включает в себя корпус с двумя манипуляторами, оснащёнными захватами в форме клешней. В конструкции также присутствуют туловище, две ноги и голова, что делает систему похожей на человекоподобного робота.

Внутри корпуса установлен микрокомпьютер, который связан с внешним интерфейсом и управляет центральным микроконтроллером. Этот микроконтроллер контролирует работу сервоприводов, которые отвечают за движение манипуляторов и других частей робота.

Для восприятия окружающего пространства робот оборудован видеокамерой, изображение с которой обрабатывается и выводится на монитор. Кроме того, в роботе установлены ультразвуковые сенсоры, расположенные в ногах и туловище, которые измеряют расстояния до объектов. Гироскоп в туловище помогает определять положение робота и отслеживать скорость его поворотов.

Также робот оснащён модулем для распознавания голосовых команд, что позволяет пользователю управлять устройством с помощью голоса.

Существующий комплекс обладает рядом недостатков, выражающихся в невозможности его эффективного использования для обучения работе с роботами-манипуляторами. Это обусловлено отсутствием в конструкции манипуляторных осей, необходимых для реализации многоосевого движения, а также отсутствием специализированного программного обеспечения, позволяющего задавать и контролировать траектории движения звеньев манипулятора. В результате комплекс не обеспечивает формирование практических навыков по программированию и управлению многоосевыми робототехническими системами, что ограничивает

его применимость в рамках профессиональной подготовки специалистов в области промышленной робототехники.

Известен промышленный робот-манипулятор [2], который оснащён системой двойных энкодеров. Такая система включает два независимых датчика угла поворота для каждого сустава манипулятора, что значительно повышает точность измерения положения звеньев и обеспечивает более надёжную обратную связь для системы управления.

Использование двойных энкодеров позволяет компенсировать возможные ошибки, возникающие из-за механического износа, люфтов в соединениях или электромагнитных помех, что особенно важно для промышленных роботов, работающих в сложных условиях производства. Благодаря этому обеспечивается высокая точность позиционирования и повторяемости движений, что повышает качество выполняемых робототехнических операций.

Кроме того, такая система способствует повышению безопасности эксплуатации за счёт своевременного обнаружения отклонений или неисправностей в работе приводов и суставов. Управляющая система робота может использовать данные с двойных энкодеров для адаптивного контроля и коррекции движения в реальном времени.

Недостатками указанного промышленного робота-манипулятора являются невозможность его эффективного использования в образовательных целях, обусловленная отсутствием функционала для задания и обеспечения многоосевой траектории движения звеньев манипулятора. Данный недостаток ограничивает возможность формирования у обучающихся практических навыков программирования и управления многоосевыми движениями, что снижает образовательную ценность устройства.

Известен робот-манипулятор [3], конструкция которого включает неподвижное основание, на котором жёстко закреплён первый привод. К основанию прикреплен колонка, на которой неподвижно установлен второй привод. На колонке размещён модуль позиционирования, оснащённый рабочим органом, предназначенным для выполнения целевых манипуляций.

Данная архитектура обеспечивает стабильность конструкции и позволяет выполнять точное позиционирование рабочего органа в заданном пространстве за счёт координированной работы приводов. Такой подход обеспечивает надёжность и повторяемость операций манипулятора. Данный робот-манипулятор не может быть эффективно применён в образовательных целях ввиду ограниченного функционала и недостаточной практической универсальности конструкции. Ограничения в количестве степеней свободы и ограниченные возможности позиционирования рабочего органа снижают спектр задач, которые могут быть реализованы при обучении, что препятствует полноценному формированию практических навыков у обучающихся.

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому является учебный манипулятор

[4]. Учебный манипулятор представляет собой конструкцию, состоящую из последовательно соединённых модулей: вращающей платформы, плеча, локтя, предплечья, кисти и захвата. Все элементы кинематически связаны между собой и обеспечивают выполнение управляемых движений, аналогичных промышленным манипуляторам. Силовой привод закреплён на неподвижном основании. Модуль плеча содержит два типа приводов: планетарный мотор-редуктор, соединённый ремённой передачей с модулем локтя, и червячный мотор-редуктор, приводящий в движение сам модуль плеча. Модуль локтя снабжён шаговым электроприводом, обеспечивающим передачу вращения через ремённую передачу на вал, соединяющий локоть с предплечьем. Модуль предплечья, в свою очередь, также оснащён шаговым приводом, передающим вращающий момент на модуль кисти. Такая конструкция позволяет наглядно демонстрировать принципы движения робота-манипулятора и использовать устройство в образовательных целях для формирования практических навыков управления робототехническими системами.

Недостатком данного учебного манипулятора является его ограниченная функциональность, обусловленная жёстко заданной конфигурацией приводов и передач. Такая конструкция снижает гибкость при моделировании различных кинематических схем, не позволяет в полной мере отрабатывать сложные траектории движения, характерные для промышленных манипуляторов, и затрудняет расширение системы для более сложных учебных задач. Кроме того, использование только ремённых и червячных передач может ограничивать точность и скорость позиционирования.

Актуальной задачей на сегодняшний день является создание условий для адаптивного образовательного процесса, направленного на изучение и отработку навыков управления роботами-манипуляторами.

Технический результат, достигаемый при реализации изобретения, заключается в расширении функциональных возможностей учебного робота-манипулятора при сохранении высокой точности и надёжности позиционирования, а также в обеспечении адаптивности к различным задачам образовательного процесса.

Указанный результат достигается за счёт применения шестисековой кинематической схемы, в которой все модули манипулятора являются подвижными, что обеспечивает реализацию сложных пространственных траекторий. Для каждого подвижного звена предусмотрено использование шагового мотор-редуктора типа NEMA со встроенным планетарным редуктором, что позволяет достичь высокой точности, плавности и повторяемости движений, а также обеспечить быструю реакцию системы управления.

Вся конструкция выполнена преимущественно из пластика и изготовлена методом 3D-печати, что снижает массу устройства, упрощает сборку и техническое обслуживание, а также обеспечивает

лёгкую модификацию отдельных узлов. Применение данной конструкции способствует формированию у обучающихся практических навыков по программированию и управлению многоосевыми манипуляторами, максимально приближёнными к условиям эксплуатации реальных промышленных роботов.

Учебный робот-манипулятор содержит неподвижное основание, на котором последовательно установлены шесть кинематически связанных между собой подвижных модулей, образующих шестисековую манипуляторную структуру.

На фиг.1 представлена схема заявляемого устройства, вид сбоку и на фиг.2 - вид спереди, где 1 – основание, 2 – шаговый двигатель вращающей платформы, 3 – вращающая платформа, 4 – плечо, 5 – предплечье, 6 – шаговый двигатель плеча, 7 – запястье, 8 – шаговый двигатель предплечья, 9 – запястье, 10 – кисть, 11 – шаговый двигатель кисти, 12 – захват (механизм захвата), 13 – шаговый двигатель захвата, 14 – место для подключения питания и компьютера

Каждое сочленение (ось) оснащено индивидуальным шаговым мотор-редуктором типа NEMA со встроенным планетарным редуктором, обеспечивающим точное позиционирование, высокий крутящий момент и стабильную работу в пределах заданной рабочей зоны.

Учебный шестикординатный робот-манипулятор представляет собой электромеханическую конструкцию, предназначенную для выполнения прецизионных манипуляций в учебных и лабораторных условиях. Конструкция устройства основана на последовательном соединении шести подвижных звеньев, образующих кинематическую цепь с шестью степенями свободы. Управление манипулятором осуществляется с помощью контроллера и набора шаговых двигателей с редукторами, обеспечивающих точное позиционирование каждого звена в пространстве.

Робот-манипулятор установлен на неподвижном основании 1, обеспечивающем жёсткое крепление всей конструкции на рабочей поверхности. Внутри основания размещён шаговый двигатель вращающей платформы 2, который обеспечивает вращение всей верхней части манипулятора относительно вертикальной оси. К основанию крепится вращающаяся платформа 3, служащая базой для установки следующих модулей. Движение вокруг вертикальной оси позволяет осуществлять позиционирование манипулятора по азимуту.

На вращающейся платформе 3 закреплено плечо 4, соединённое с предплечьем 5 через ось вращения, приводимое в движение соответствующим шаговым двигателем 6. Плечо 4 может перемещаться в вертикальной плоскости, что имитирует движение плечевого сустава человека. Далее по кинематической цепи следует предплечье 5, также соединённое с запястьем 7 с помощью очередного вращательного сочленения. Предплечье

5 управляется отдельным шаговым двигателем 8, что позволяет производить сгибание и разгибание аналогично локтевому суставу.

Следующий модуль – запястье 7 выполнен с возможностью вращения вокруг продольной оси и содержит шаговый двигатель 9, обеспечивающий это движение. Таким образом, кисть 10 может поворачиваться и позиционироваться под необходимым углом. На конце запястья 7 расположена вращающаяся кисть 10, внутри которой размещён ещё один шаговый двигатель 11, управляющий углом поворота захвата 12 относительно оси симметрии. Сам захват 12 выполнен в виде двухпальцевого механизма, предназначенного для удержания и перемещения небольших объектов. Конструкция захвата предусмотрена с возможностью быстрой смены рабочих насадок. Сжатие и разжатие захвата осуществляется отдельным шаговым двигателем 13 с приводом на подвижные пальцы. Управление и питание роботом осуществляется через отверстие 14 основания, внутри которого установлена схема управления роботом. Провода питания и сигнальные линии проложены внутри полых модульных звеньев, выполненных с возможностью изготовления методом 3D-печати из полимерного материала.

Каждое из шести сочленений (осей вращения) оснащено индивидуальным шаговым мотор-редуктором типа NEMA со встроенным планетарным редуктором обеспечивающим крутящий момент не менее 20 Н.см и встроенным энкодером внутри двигателя (на фигуре не указан) для организации обратной связи по положению, что обеспечивает точное позиционирование, устойчивость к вибрациям и возможность удержания звеньев в статическом положении без потери точности. Конструкция ориентирована на использование микроконтроллера с открытой программной среды Arduino или ROS, что делает её доступной для студентов и исследователей. Для подключения питания и связи с управляющим компьютером предусмотрен универсальный интерфейс USB, UART и GPIO, размещённый в задней части основания.

В результате предлагаемая конструкция учебного робота-манипулятора обеспечивает возможность моделирования, программирования и анализа работы многозвенных роботизированных систем, наглядно демонстрирует принципы прямой и обратной кинематики, а также позволяет реализовать различные алгоритмы управления и планирования движений в лабораторных условиях.

Учебный манипулятор работает следующим образом. После подачи питания на систему и инициализации управляющего контроллера происходит запуск программы, отвечающей за

координатное позиционирование манипулятора. Пользователь через программный интерфейс задаёт требуемую траекторию движения или конкретное положение и ориентацию захвата 12 в пространстве. В зависимости от режима работы это может быть либо ручное пошаговое управление, либо автоматическое выполнение заранее запрограммированной последовательности движений.

Контроллер производит расчёт обратной кинематики, на основании которой определяются углы поворота всех шести сочленений (координатных осей). Далее формируются управляющие импульсы для соответствующих шаговых двигателей, расположенных в каждом модуле манипулятора. Благодаря применению мотор-редукторов типа NEMA со встроенным планетарным редуктором обеспечивается высокая точность позиционирования и плавность перемещения звеньев даже при малых скоростях.

Первое движение происходит в основании: шаговый двигатель вращающей платформы 2 осуществляет поворот всего манипулятора вокруг вертикальной оси, настраивая его азимутальное положение. Затем активируется шаговый двигатель плеча 6, вызывая подъём или опускание плечевого звена 4. Предплечье 5 сгибается или разгибается за счёт вращения соответствующего шагового двигателя 8, имитируя работу локтевого сочленения. Далее включаются двигатели запястья 9 и кисти 11, задающие ориентацию захвата 12 в пространстве. В завершение, при достижении целевой позиции, активируется механизм захвата, шаговый двигатель 13 управляет перемещением подвижных пальцев, обеспечивая надёжный захват или освобождение объекта.

После завершения команды манипулятор может удерживать положение или перейти в исходную (домашнюю) позицию. Все движения синхронизированы, чтобы избежать резких ускорений и механических перегрузок, что особенно важно в условиях учебной эксплуатации. Шаговые приводы позволяют задавать положение каждого звена с высокой дискретностью, что критически важно для отработки сложных траекторий и повторяемых действий.

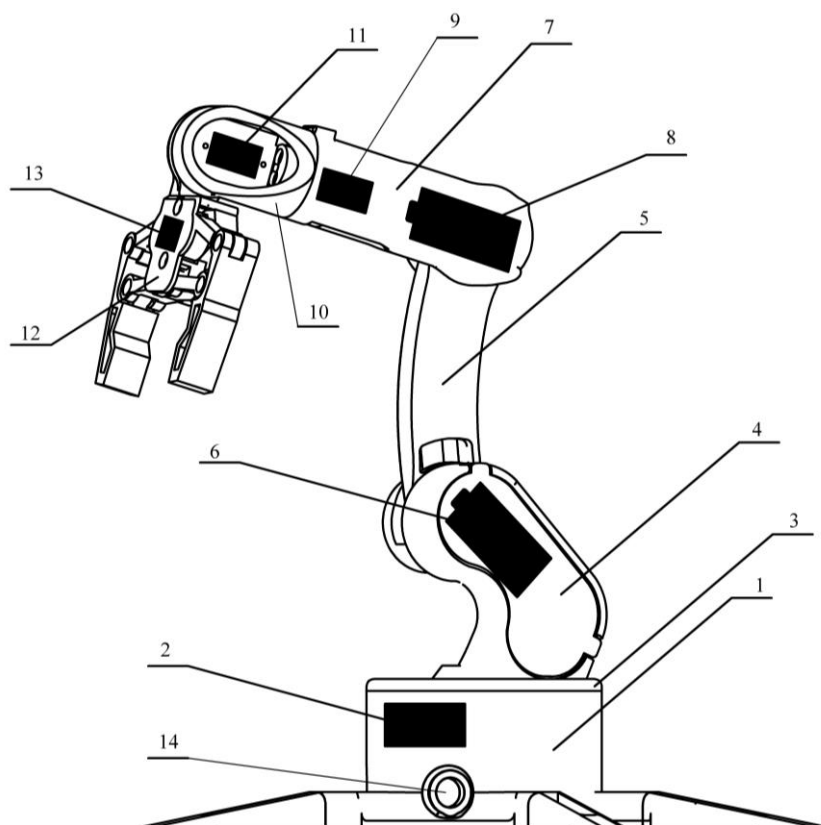
Таким образом, манипулятор позволяет наглядно демонстрировать и реализовывать основные принципы робототехники, включая кинематический анализ, программное управление, алгоритмы обратной связи и обучение управлению многозвенной мехатронной системой.

Формула изобретения

Учебный робот-манипулятор, содержащий неподвижное основание, на котором последовательно установлены четыре кинематически связанных между собой подвижных модуля - плечо, локоть, предплечье, кисть и захват образующих манипуляторную структуру с шестью степенями свободы, **отличающийся тем, что** дополнительно содержит модули вращающей платформы и механизм захвата, при этом каждый подвижный модуль снабжён индивидуальным шаговым мотор-редуктором типа NEMA со встроенным планетарным редуктором, обеспечивающим крутящий момент не менее 20 Н·см, и энкодером для организации обратной связи по положению, провода питания и

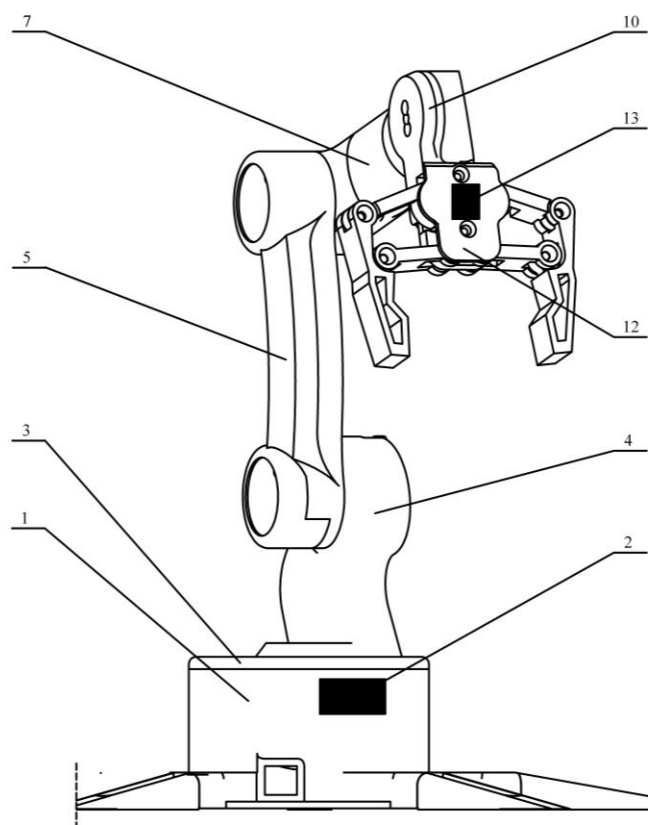
сигнальные линии проложены внутри полых модульных звеньев, выполненных с возможностью изготовления методом 3D-печати из полимерного материала, конструкция механизма захвата выполнена с возможностью быстрой смены рабочих насадок, а управление двигателями осуществляется через микроконтроллер совместно с одноплатным микрокомпьютером, оснащённым интерфейсами USB, UART и GPIO, обеспечивающими программирование по координатам рабочего пространства в среде Arduino или ROS.

УЧЕБНЫЙ РОБОТ-МАНИПУЛЯТОР



Фиг.1.

УЧЕБНЫЙ РОБОТ-МАНИПУЛЯТОР



Фиг.2.

Компьютерный набор: Газиев М.