

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра динамического моделирования и биомедицинской инженерии
наименование кафедры

**Использование пропорционального регулятора для обеспечения
прямолинейного движения колесной механотронной платформы**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

студента 2 курса 206 группы

направления 12.04.04 «Биотехнические системы и технологии»
код и наименование направления

факультета nano- и биомедицинских технологий

наименование факультета

Мельникова Евгения Александровича

фамилия, имя, отчество

Научный руководитель
доцент, к.ф.-м.н
должность, уч. степень, уч. звание


подпись, дата
13.06.18

А.С. Карavaев
инициалы, фамилия

Зав. кафедрой:
д.ф.-м.н., доцент
должность, уч. степень, уч. звание


подпись, дата

Е.П. Селезнев
инициалы, фамилия

Саратов 2018 г.

Введение. Свое название интеллектуальные машины получили благодаря чешскому писателю Карелу Чапеку. В своей пьесе «R.U.R.», которая вышла в 1920 году, роботом, автор назвал искусственного человека, который был сконструирован для опасных и тяжелых участков производства (robota (чешск.) – каторга). А что же отличает робота от механизмов и автоматических устройств? В отличие от автоматических устройств, робот может не только выполнять определенные операции, следуя заложенному алгоритму, но и также способен тесно взаимодействовать с окружающей средой и человеком (оператором), приспосабливать свои функции при изменении внешних сигналов и условий.

Первый рабочий робот, как принято считать, был сконструирован и пущен в свет в 1928 году американским инженером Р. Уэнсли. Этот человекоподобный «железный интеллектуал» был назван Герберт Телевокс. Также на роль первооткрывателя претендуют ученый-биолог Макото Нисимура (Япония, 1929 г.) и английский военный служащий Уильям Ричардс (1928 г.). Созданные изобретателями механизмы, имели схожие функции, они были способны двигать конечностями и головой, отвечать на простые вопросы, выполнять звуковые и голосовые команды. В основном эти устройства были предназначены для демонстрации научно-технических достижений. Очередной штрих в развитии технологий, в скором времени, позволил создать и первых индустриальных роботов.

Роботы – автоматизированные системы, предназначенные для воспроизведения интеллектуальных и двигательных функций человека. В отличие от традиционных автоматов, как правило, обладают большей универсальностью и способностью приспосабливаться к выполнению различных задач в изменяющейся обстановке.

В настоящее время робототехнологии шагнули далеко вперед, благодаря этому концепция лечения людей значительно изменилась. Роботы в медицине совсем скоро станут просто незаменимы. Робототехника

помогает перейти на новый уровень диагностики и лечения самых сложных заболеваний. Такая роботизированная система как робот аптечка, которая доставляет лекарства больным людям, очень полезна в работе. В память робота вводят указания, кому какие препараты прописаны, и он сам выбирает оптимальный маршрут. По пути он огибает препятствия, в том числе движущиеся. Также робот по окончании поставленной задачи, сообщает, что и кому он привез. Человеку остается только отдать лекарства пациента. Еще одна из разработок в области биомедицины это экзоскелет – костюм, предназначенный поднять на ноги парализованных людей. Различные датчики, прикрепленные к поверхности кожи, считывают слабые электрические импульсы, а затем двигатели робота делают всю работу.

Робототехника также превратилась еще и в развитую отрасль промышленности: тысячи роботов работают на различных предприятиях мира, подводные манипуляторы стали непременной принадлежностью подводных исследовательских и спасательных аппаратов, изучение космоса опирается на широкое использование роботов с различным уровнем интеллекта. Особенное внимание уделяется автоматизации тяжелых, вредных, утомительных и монотонных работ в различных отраслях с помощью роботов-манипуляторов.

Все же сегодня у специалистов в области робототехники возникают примерно те же проблемы, что и 30 лет назад у разработчиков ЭВМ. По причине отсутствия общих стандартов и платформ создателям роботов приходится начинать разработку каждого нового творения практически с нуля.

Использование роботов разного рода отраслей человеческой деятельности, будь то промышленность или повседневное использование, становится все более обширно. Среднее число роботов в мире в 2017 г. Составляет 69 на 10 000 работников. Наибольшее число роботов в Южной Корее – 531 на 10 000 работников, Сингапуре – 398, Японии – 305, Германии

– 301 [1]. В наибольшей степени развивающаяся область робототехники, является мобильная робототехника. Мобильную робототехнику можно разбить на два типа. Первый тип – это управляемые дистанционно оператором роботы, и второй тип – это роботы, способные выполнять определенные действия в автономном режиме. Наиболее часто управление роботом осуществляет человек на уровне движений, при этом человеку следует непрерывно наблюдать за роботом и оперативно управлять его действиями. Такой вариант определяется неспособностью робота принимать самостоятельные решения и имеет ряд недостатков. Один из недостатков – организация и постоянная поддержка канала связи с человеком управляющим роботом (кабельная связь или радиосвязь), это существенно ограничивает область применения робота. Также человек не всегда может правильно оценить обстановку по полученным данным и осуществить адекватное управление. Возможны ситуации, когда мобильный робот оказывается вне зоны связи. В таком случае робот должен автоматически определять препятствия, возникающие перед ним, и выбирать наилучший способ их преодоления. Таким образом, происходит снижение зависимости робота от человека. Эти два класса связаны между собой, но постепенно роботы первого класса становятся полностью автоматическими.

Исследования в области мобильной робототехники ведутся по всему миру. Для студента, который хочет изучать робототехнику, есть определенные области исследований, на которых следует заострить внимание. Робототехника – это междисциплинарное направление, которое включает в себя несколько областей техники, такие как компьютерное программирование, электротехнику и машиностроение.

В связи с небольшим выбором доступных практикумов по робототехнике обладающих необходимым набором возможностей, таких как открытость, минимальная сложность, наглядность и надежность. Было решено произвести создание своего набора для обучения основам колесных

роботов. Практикум должен быть в первую очередь открытым и не сложным в освоении, с возможной модификацией как программной, так и технической части. Получение необходимой информации должно осуществляться с использованием распространенных инженерных технических средств.

Целью выпускной квалификационной работы магистра является разработка лабораторной установки “Стабилизация движения механотронных систем с обратной связью с помощью пропорционального регулятора” для практикума по учебному курсу “Микроконтроллеры и ПЛИС в биотехнических системах”.

Для реализации поставленной цели, в рамках данной работы сформулированы следующие задачи:

1. Обзор существующих практикумов по робототехнике
2. Создание лабораторной установки – колесная роботизированная платформа с микроконтроллерным управлением с датчиками-энкодерами угла поворота колес
3. Разработка микрокода контроллера платформы, который обеспечивает стабилизацию движения платформы по прямой линии с помощью пропорционального регулятора
4. Проведение серии экспериментов с сопоставлением величины отклонения платформы от прямой линии при включении и отключении обратной связи от колесных энкодеров.

Основное содержание работы.

За последние десять лет было создано и выпущено множество робототехнических конструкторов с улучшенным и более удобным дизайном (LEGO Mindstorms NXT, Arduino, Crickets, ROBOTIS и другие), которые стали очень популярными в области робототехники среди учащихся всех возрастов.

Проанализировав применимость, специалисты пришли к выводу о том, что в образовании различных робототехнических технологий наиболее удобными при обучении младших школьников являются наборы серии LegoMindstorms.

Компания ROBOTIS представляет продукцию для образовательного процесса, позволяющую реализовать обучение, начиная с игровой формы для учащихся ранних лет и более сложные разработки для исследовательской деятельности в ВУЗе.

Достаточно известный на сегодняшний день проект, это Arduino, который представляет собой наборы, состоящие из готового электронного блока и программного обеспечения. Электронный блок включается в себя печатную плату с микроконтроллером и элементы, которые необходимы для работы. Вторая часть — это программное обеспечение для создания программ, включающее в себя достаточно простую среду разработки и языки программирования высокого уровня C/C++.

Исполнительная система приводит робота в движение, а также осуществляет возможность производить другие действия. К данной системе можно отнести ходовую часть, манипуляторы и устройства позиционирования рабочих элементов. Основной составляющей исполнительных механизмов являются электрические двигатели.

Приводы относятся к важнейшим компонентам практически любых роботов, позволяя им совершать движения и перемещаться в пространстве, в некоторых случаях приводы можно сравнить с мышцами живого организма.

В ходе рассмотрения систем приводящих робота в движение, был сделан вывод о том, что за основу нашего робота будет взята колесная платформа с двумя мотор редукторами и статическим роликовым колесом в задней части. В связи со своей легкостью в исполнении и достаточностью для выполнения поставленной задачи.

Техника управления основывается на теории обратной связи и анализе линейных систем, они также включают в себя основные положения теории

цепей и теории связи. Система управления – это соединение отдельных элементов в определенную конфигурацию, обеспечивающую заданные характеристики.

По большей части регулятор действует на объект управления не прямо, а через исполнительные механизмы (приводы), которые могут усиливать и преобразовывать сигнал управления. Например, электрический сигнал может «превращаться» в перемещение клапана, регулирующего расход топлива, или в поворот руля на некоторый угол.

Автоматическая система – это система, работающая без участия человека. Есть еще автоматизированные системы, в которых рутинные процессы (сбор и анализ информации) выполняет компьютер, но управляет всей системой человек-оператор, который и принимает решения.

Для того чтобы выбрать регулятор, в первую очередь нужно выяснить что мы хотим от управления? Прежде всего, выбор зависит от поставленной задачи. В задаче стабилизации наиболее важны свойства установившегося режима.

Можно выделить такие основные требования, как:

- 1) точность – система должна поддерживать заданное значение выхода системы, причем ошибка (разница заданного и фактического значения) не должна превышать допустимую;
- 2) робастность – система должна сохранять приемлемое качество и устойчивость, даже тогда, когда динамика объекта и свойства внешних возмущений немного отличаются от тех, которые использовались при проектировании;
- 3) качество переходных процессов – система должна переходить в нужное состояние при смене заданного значения, желательно быстро и плавно.
- 4) устойчивость – система должна оставаться устойчивой во всех режимах, не должна идти несогласованно;

П-регулятор (пропорциональный регулятор) вычисляет рассогласование из заданного и фактического значения, которое умножается на некоторый множитель. Усиленный сигнал выдается в качестве управляющего сигнала, принцип действия П-регулятора представлен на рис.1.



Рис. 1. Принцип действия П-регулятора

Усиление называется пропорциональным передаточным коэффициентом, оно может свободно задаваться на регуляторе. Уравнение регулятора имеет следующий вид:

$$y = Kp * (w - x) \quad (1)$$

Единицей измерения КР всегда является %, поделенный на единицу регулируемой величины (Кельвин, бар, об/мин и т.д.).

Для того чтобы убрать статическую ошибку в установившемся режиме, в регулятор вводят интегральный канал с коэффициентов усиления K_I , так что:

$$C(s) = K + \frac{K_I}{s} \quad (3)$$

$$u(t) = Ke(t) + K_I \int_0^1 e(t)dt \quad (4)$$

Регулятор с интегральным каналом, представленный в формулах 3,4, называется пропорционально-интегральным или ПИ-регулятором.

Для того чтобы ускорить переходные процессы добавляют дифференциальный канал с коэффициентом усиления K_D :

$$C(s) = K + \frac{K_I}{s} + K_D s \quad (5)$$

$$u(t) = Ke(t) + K_I \int_0^1 e(t) dt + K_D \frac{de(t)}{dt} \quad (6)$$

Такой регулятор называется пропорционально-интегрально-дифференциальный или ПИД – регулятор.

Для создания системы, способной воспринимать информацию от датчиков и обрабатывать ее должным образом, необходимо решить целый ряд технических проблем и разработать множество средств и устройств. Так, для практической реализации стабилизации траектории движения робота, необходимым условием было создание системы регуляции при помощи пропорционального регулятора, в качестве обратной связи которого, использованы датчики оптопара, диски энкодера и ШИМ регулятор. Система стабилизации траектории движения, включает в себя выполнение механической, питающей и исполнительной частей робота.

Управление приводами можно осуществлять несколькими способами, но наиболее распространенным является управление при помощи широтно-импульсной модуляции. Изменяя (модулируя) ширину импульса, подаваемого на электродвигатель постоянного тока, можно увеличивать или уменьшать количество энергии, поступающей на электродвигатель в единицу времени, таким образом, увеличивая или уменьшая скорость (частоту вращения) электродвигателя. Заметим, что хотя напряжение, подаваемое на электродвигатель, имеет постоянную амплитуду, изменяется коэффициент заполнения импульсов управления. Это означает, что при большей ширине импульса, электродвигатель будет вращаться с большей частотой.

В качестве управляющего устройства используем микроконтроллер ATmega 48РА, который позволяет управлять двигателями постоянного тока, используя двухканальный драйвер двигателей, имеющий две пары входов для управляющих сигналов и две пары выходов для подключения моторов.

В рамках данной работы для реализации стабилизации траектории, были использованы диски энкодера и датчики оптопара, играющие роль обратной

связи. Оптроны через триггер Шмидта подключаются к портам внешних прерываний микроконтроллера INT0, INT1.

С программной точки зрения сигнал управления представляет собой импульсы определенной частоты и скважности. Управляя этой скважностью, мы получаем на выходе драйвера требуемое напряжение. Для этого мы используем функции RM_SPEED и LM_SPEED, параметр функции – это величина от 0 до 255 являющаяся сигналом управления. Эта величина, безусловно, очень условная. Вращение двигателя происходит при достижении лишь некоторого значения напряжения. Это означает, что реальная нижняя граница сигнала управления не 0, а около 50.

Запустив и протестировав программу, мы выявили ряд проблем связанных с использованием П-регулятора. В первую очередь это систематические ошибки (рассогласование). Суть пропорционального управления заключается в том, что система определяет, каким должен быть сигнал управления при определенном рассогласовании – ошибке. Регулятор знает только то, что ему надо выполнять в текущий момент времени и не реагируя больше ни на что. Например, если притормозить колесо, он конечно начнет пытаться урегулировать воздействие, но ошибка возрастает, что приводит к увеличению управляющего воздействия. Однако в связи с грубостью управления регулятор станет не справляться с малыми отклонениями.

Заключение. В процессе выполнения выпускной квалификационной работы на тему: “Использование пропорционального регулятора для обеспечения прямолинейного движения колесной механотронной платформы” создана лабораторная установка – колесная роботизированная платформа с микроконтроллерным управлением с датчиками-энкодерами угла поворота колес.

В рамках данной работы произведен обзор существующих практикумов по робототехнике, рассмотрен и осуществлен вопрос

технической реализации данной задачи. В ходе выполнения ВКР был приобретен опыт в области разработки аппаратно-программных комплексов. Был сконструирован прототип колесного робота с электроприводами в качестве исполнительных механизмов. Было разработано программное обеспечение, исполняемое на микроконтроллере.

Разработанный микрокод для контроллера, обеспечивающий стабилизацию движения платформы по прямой линии с помощью пропорционального регулятора написан на языке высокого уровня и может быть адаптирован для других типов устройств на базе микроконтроллеров без значительных затрат времени.

Рассмотренная в проекте практическая задача дает четкое представление о значимости представленной разработки. Данная система способна решить весьма актуальные проблемы в управлении мобильными роботами в различных сферах жизни, так как мобильные двухколесные роботы имеют широкое применение как в повседневной жизни (роботы-пылесосы), так и в более важных отраслях - медицине (роботы-аптечки).

В результате выполнения данной работы все поставленные цели и задачи успешно достигнуты. Разработанная система протестирована в реальных условиях. Дальнейшим этапом возможно усовершенствование реализованного алгоритма.