

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

УДК 681.5

СТАБИЛИЗАЦИЯ ДВУНОГОГО РОБОТА В ПОЛОЖЕНИИ СТОЯ

Д.Н. Базылев, О.И. Борисов, В.С. Громов

Научный руководитель – к.т.н., доцент А.А. Пыркин

Преимущества использования шагающих роботов в различных сферах деятельности человека очевидны. Однако по определенным причинам шагающие роботы не получили пока в реальной жизни большого распространения. К таким причинам можно отнести сложности, связанные с созданием математических моделей роботов и разработкой эффективных систем управления ими.

В ходе работы был проведен аналитический обзор современных шагающих роботов. Среди наиболее известных – четвероногий робот BigDog и двуногий робот-андроид ASIMO. Также были рассмотрены любительские наборы для робототехники, такие как Bioloid и LegoMindstorms. Данные наборы могут быть использованы студентами и аспирантами для изучения шагающих роботов и разработке систем управления, обеспечивающих их устойчивые движения.

Цель работы заключается в разработке системы управления, которая обеспечит стабилизацию двуножного робота в положении стоя на наклонной поверхности, угол которой изменяется. Работу можно структурно разделить на две части. В первой части рассматривается модель шагающего робота, имеющая три звена и три степени свободы, на наклонной поверхности, угол которой изменяется. Особенность предлагаемого подхода в этой части заключается в применении метода инверсной динамики для управления роботом, в результате которого получается линеаризованная система. Для стабилизации линеаризованной системы применяются классические методы управления.

Для данной задачи просчитана математическая модель плоского трехзвенного двуножного шагающего робота, обладающего тремя степенями свободы. Для получения математической модели использовались уравнения Эйлера-Лагранжа, представленные в виде (1). Обобщенные координаты были выбраны в виде углов отклонения каждого звена от вертикали q_1 , q_2 и q_3 .

$$M(q)\ddot{q} + C(q, \dot{q}) = u, q = \begin{pmatrix} q_1 \\ q_2 \\ q_3 \end{pmatrix}, u = \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \end{pmatrix}. \quad (1)$$

В качестве основы для планирования желаемых траекторий обобщенных координат обеспечивающих устойчивость робота, в положении стоя, использовалось условие поддержания центра масс робота над серединой проекции линии опоры на горизонтальную плоскость.

При синтезе регулятора использовался метод инверсной динамики, при котором строится два регулятора для объекта управления: внутренний и внешний. В результате внутренний нелинейный регулятор позволил представить исходную нелинейную систему с перекрестными связями между обобщенными координатами в уравнениях Эйлера-Лагранжа в виде линейной системы из трех, развязанных между собой, двойных интеграторов. Для линеаризованной системы в качестве внешнего был выбран пропорционально-дифференциальный регулятор. Коэффициенты составляющих ПД-регулятора выбирались на основе желаемых переходных характеристик.

На рис. 1 показана сходимости координат третьего звена робота, т.е. торса, к желаемой траектории при плавном изменении угла наклона α поверхности.

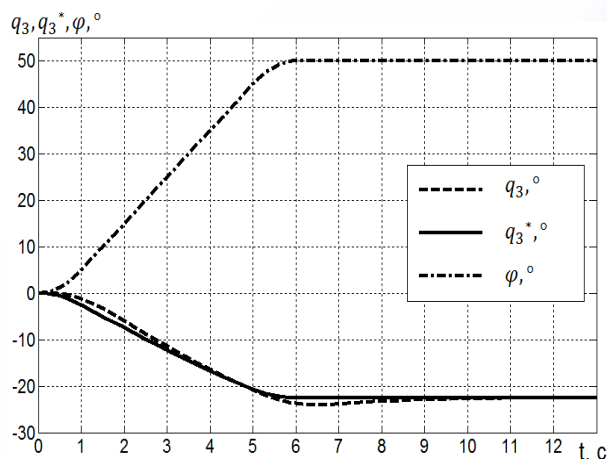


Рис. 1. Переходные процессы для третьего звена робота с ПД-регулятором

Следует отметить, что при малых угловых скоростях наклонной поверхности срыв исследуемой модели робота происходил при угле наклона более 67° .

Во второй части рассматривалась реальная модель шагающего робота, собранного на основе набора BioloidPremiumKit, производимого корейской фирмой Robotis. Робот приведен на рис. 2.

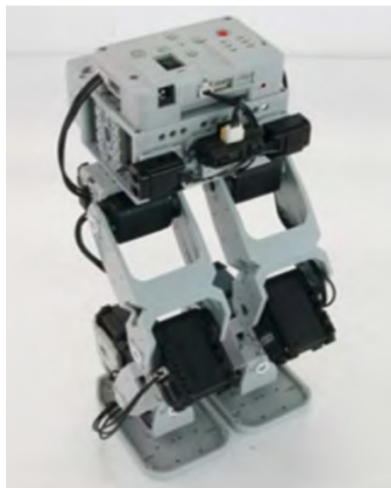


Рис. 2. Двухногий шагающий робот VipedRobot

Ставилась задача обеспечить устойчивость данного робота в положении стоя при изменяющемся угле наклона поверхности. Ввиду сложности расчета коэффициентов динамической модели для стабилизации данного робота был применен другой подход. Управление каждым звеном робота возлагалось на встроенные регуляторы в серводвигателях Dynamixel, представляющих собой самостоятельные модули. Для определения скорости отклонения робота от вертикали использовался входящий в данный набор гироскопический датчик. Управление для системы в целом сводилось к расчету желаемых координат звеньев робота относительно скорости отклонения и передачи этих координат на микроконтроллеры сервоприводов.

Таким образом, была построена математическая модель плоского трехзвенного трехстепенного двухногого робота, определены условия, при котором его вертикальное положение является устойчивым при изменяющихся углах наклона поверхности и решена задача управления данным роботом. Также был разработан алгоритм управления реальным двухногим роботом на поверхности, угол наклона которой изменяется. В качестве направлений дальнейших исследований можно отметить повышение числа звеньев и числа степеней свободы робота, добавление в математическую модель внешних возмущений, например, ускоренное движение платформы, на которой расположен робот.

ОЦЕНИВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ПЕРИОДИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

А.А. Ведяков, А.А. Пыркин

Научный руководитель – д.т.н., профессор А.А. Бобцов

Работа посвящена решению проблемы оценивания параметров нестационарных периодических сигналов, в качестве которых рассматриваются гармонические сигналы, частота, амплитуда и фаза которых изменяются во времени.

Несмотря на большое разнообразие работ, посвященных рассмотрению стационарного случая, вопрос работоспособности предлагаемых алгоритмов в случае изменения параметров во времени остается открытым.

Для решения поставленной задачи могут быть применены различные подходы: использующие статистические методы, основанные на оценке спектров сигналов, а так же алгоритмы, работающие в непрерывном времени. Данная работа посвящена онлайн методам оценивания, основанным на детерминированном подходе. Отличительной особенностью данного класса алгоритмов является свойство глобальной сходимости оценок параметров к их истинным значениям. Такая постановка задачи мотивирована проблемами при компенсации возмущающих воздействий в реальном времени.

Целью работы является синтез алгоритма оценивания частоты и амплитуды нестационарных периодических сигналов. Ставится задача исследования ограничений данного подхода для оценивания параметров сигналов данного типа, точностных и динамических свойств предлагаемого алгоритма.

Работа базируется на ранее полученных результатах для оценивания параметров стационарных периодических сигналов, основной идеей которых является сведение задачи оценивания параметров к задаче идентификации параметров генератора измеряемого сигнала.

В первой части работы исследуется возможность применения разработанных ранее алгоритмов для решения поставленной задачи, их динамические и точностные свойства, общие ограничения предлагаемого подхода. На основе полученных результатов строится модифицированная схема оценивания, для которой исследуются влияние шума на оценки параметров и возможность увеличения точности и скорости оценивания.

Результатом работы является модифицированная схема оценивания, решающая задачу оценивания параметров нестационарных периодических сигналов в непрерывном времени.

ОПТИМИЗАЦИЯ ТАБЛИЧНОГО СПОСОБА ЗАДАНИЯ ТРАЕКТОРИЙ ДЛЯ МНОГОЗВЕННЫХ РОБОТОВ-МАНИПУЛЯТОРОВ

В.С. Громов, О.И. Борисов, Д.Н. Базылев

Научный руководитель – к.т.н., доцент А.А. Пыркин

Как и для любой системы, многозвенному роботу-манипулятору необходимо задавать входные данные, т.е. желаемую траекторию движения. Можно выделить два основных метода программирования робототехнических систем. Первый способ подразумевает обучение робота показом с помощью пульта управления. Важно заметить, что после программирования вручную робот при движении может отклоняться от намеченной траектории в силу инерции, поэтому данный метод пригоден для грубых операций. Второй же осуществляется с использованием специальной среды программирования на ПК.

Траектории в данном случае обычно задаются массивом точек, что влечет за собой ряд недостатков, среди которых низкое быстродействие, требование большого объема памяти и т.д., предлагается альтернативный способ задания кривых плоских траекторий – с помощью множества дуг, которые, в свою очередь, определяются тремя точками. Таким образом, целью данной работы является оптимизация управляющей программы при планировании кривых плоских траекторий на роботе-манипуляторе. Минимизируемым критерием в данной оптимизации выступает размер программы, помноженный на время движения.

В ходе исследований были проведены эксперименты по сравнению двух вышеозначенных способа задания кривых траекторий на роботе-манипуляторе FestoMitsubishiRV-3SDB. Желаемая траектория в обоих случаях представляла собой гипотрохоиду, параметрические уравнения которой имеют вид:

$$\begin{cases} x = 2 \cos(t) + 3 \cos(0,4t) \\ y = 2 \sin(t) - 3 \sin(0,4t) \end{cases} \quad (1)$$

Для первого, традиционного, способа планирования был задан массив из тысячи точек. Размер программы составил 74,9 КБ. Скорость движения была определена максимальная (200 относительных единиц). В итоге время, затраченное роботом на движение по гипотрохоиде, составило 36,5 секунд.

В результате было выделено три основных недостатка при планировании по точкам. Во-первых, громоздкий код и большой размер программы. 74,9 КБ для реализации движения по несложной траектории. Объем доступной памяти ограничен 200 КБ. Во-вторых, низкое быстродействие. Для того, чтобы обработать такое количество точек, контроллер вынужден для каждой из них отдельно просчитывать конфигурацию робота и интерполировать значения в промежутках, что значительно замедляет процесс. В-третьих, невозможность регулирования скорости. В среде программирования есть возможность изменять скорость перемещения в относительных единицах, но она учитывается только на интерполяционных участках, т.е. между заданными точками. Поскольку в нашем случае массив точек большой, эти участки достаточно малы. Соответственно, изменения скорости в процессе движения не ощутимы.

В качестве альтернативного способа задания плоских кривых предлагается планирование по дугам. В среде программирования робота имеется возможность задавать перемещение по дугам с помощью трех точек. Для определения центра окружности, проходящей через эти точки $(x_1; y_1)$, $(x_2; y_2)$, $(x_3; y_3)$ необходимо определить коэффициенты наклона k линий a и b , соединяющих эти точки:

$$k_a = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}, \quad (2)$$

$$k_b = \frac{y_3 - y_2}{x_3 - x_2}. \quad (3)$$

Центр окружности находится на пересечении двух перпендикулярных прямых, проходящих через середины отрезков между точками. Прямая, перпендикулярная к линии с коэффициентом наклона k имеет коэффициент наклона $-1/k$, значит уравнения прямых, перпендикулярных a и b и проходящих через середины отрезков между точками будут:

$$y_a = -\frac{1}{k_a} \left(x - \frac{x_1 + x_2}{2} \right) + \frac{y_1 + y_2}{2}, \quad (4)$$

$$y_b = -\frac{1}{k_b} \left(x - \frac{x_2 + x_3}{2} \right) + \frac{y_2 + y_3}{2}. \quad (5)$$

Линии (4) и (5) пересекаются в центре желаемой окружности и решение для x будет:

$$x = \frac{k_a k_b (y_1 - y_3) + k_b (x_1 + x_2) - k_a (x_2 + x_3)}{2(k_b - k_a)} \quad (6)$$

Решение для y вычисляется путем подстановки x в уравнение (4) или (5).

Из исходного массива последовательно выбираются блоки точек. По первой, средней и последней строится окружность, затем проверяются все точки блока на принадлежность этой окружности в пределах заданной погрешности. Если все они принадлежат, то блок заменяется функцией окружности с заданными параметрами.

В результате работы алгоритма для гипотрохоиды получилось 38 дуг, что эквивалентно 114 точкам. Объем программы составил 7,89 КБ. Скорость была задана в размере 70 относительных единиц. В итоге время, которое робот затратил на движение по гипотрохоиде, составило 19,2 секунды.

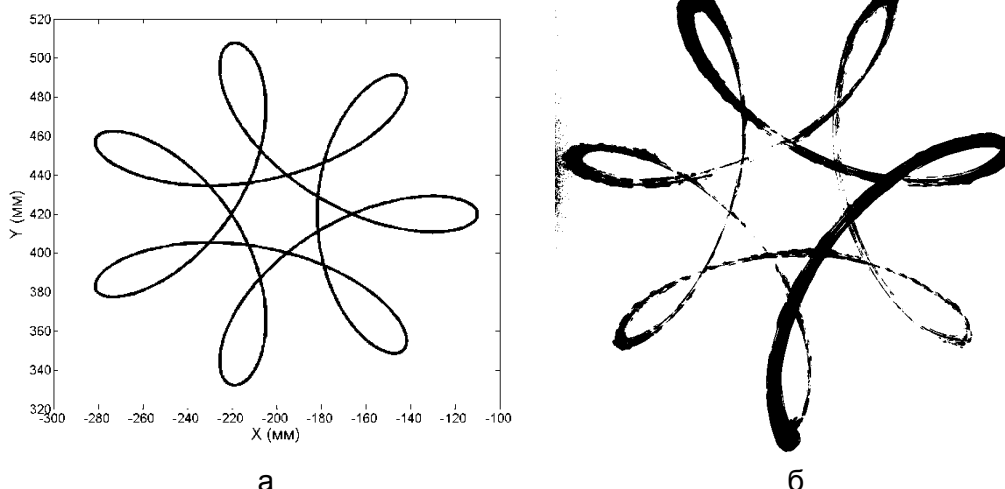


Рисунок. Желаемая траектория – гипотрохоида (а); рисунок, нарисованный роботом при планировании по дугам (б)

В заключении проведем сравнительный анализ способов задания по показателям. Время, затраченное на отработку траектории, при планировании по дугам в 1,9 раз меньше, чем по точкам. Размер программы при этом в 9,5 раз меньше. Количество точек уменьшилось в 8,8 раз. Отсюда можно сделать вывод, что при планировании кривых плоских траекторий оптимально использовать дуги, а не точки.

УДК 681.51

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕХАТРОННОГО СТЕНДА «ВЕРТОЛЕТ» ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫМ ДВИЖЕНИЕМ

М.В. Захарчук

Научный руководитель – д.т.н., доцент Б.Р. Андриевский

В настоящее время все большее применение находят различные мехатронные лабораторные установки, предназначенные для проведения учебно-исследовательских работ по процессам управления. Одним из интересных устройств такого рода является лабораторный трехступенной макет вертолета, выпускаемый компанией QuanserConsultingInc. Модификация установки привела к созданию стенда «Вертолет LAAS», предоставляющего возможности для исследования алгоритмов управления пространственным движением в изменяющихся условиях.

Цель работы. Выявить и продемонстрировать возможности данного мехатронного стенда, как объекта для исследования методов управления пространственным движением, в том числе взаимосвязанным движением.

Использование лабораторного стенда позволяет проявить работоспособность алгоритмов адаптации при действии многих факторов, имеющих в реальных условиях: нелинейных свойств элементов контура управления, неучтенных динамических связей, параметрической неопределенности, возмущений, шумов измерения, отказов оборудования, ограниченности скорости передачи информации в контуре управления и других.

В результате исследования рассмотрены примеры алгоритмов управления пространственным движением станда. Приведены экспериментальные результаты применения рассмотренных подходов к управлению.

Лабораторная установка, управляемая программным пакетом Matlab, наглядно демонстрирует работу алгоритмов управления и может применяться как в образовательных целях, так и в исследовательской работе.

УДК 681.513.675

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫМИ СИСТЕМАМИ В УСЛОВИЯХ НЕУЧТЕННОЙ ДИНАМИКИ

А.А. Капитонов

Научный руководитель – д.т.н., профессор А.А. Бобцов

Постановка задачи. В процессе работы над исследовательским оборудованием, предназначенным для выращивания кристаллических структур, были определены задачи связанные с синтезом регуляторов, которые позволяют реализовывать управление процессом нагрева и поддержанием температуры внутри герметичной камеры. Так как процесс выращивания кристаллических структур очень чувствителен к изменению температурных показателей, важной задачей является поддержание необходимой температуры среды. Так как исследовательский процесс содержит в себе получение зависимости характеристик выращенных кристаллов от изменения температуры в процессе роста, то необходимым становится построение регулятора управляющего изменением температуры.

Цель работы заключается в построении алгоритма управления, устойчивого по отношению к нелинейным возмущающим воздействиям и присутствию в объекте управления неучтенной динамики. Нелинейная часть объекта управления обусловлена неравномерностью нагревания подложки для выращивания кристаллических структур. Так как подложка вращается в процессе работы, то пирометр, направленный на ее край, возвращает данные, содержащие мультигармоническое возмущение. Показания пирометра используются для синтеза управляющего воздействия, отсюда встает задача подавления данного возмущения.

Следующий аспект заключается в том, что в процессе работы на высоких температурах. Поэтому константа времени процесса увеличивается с ростом температуры. Такой процесс можно отнести к неучтенной динамике. Сама же кривая, описывающая нагревательный процесс представляется аperiodическим звеном первого порядка.

Промежуточные результаты. На данный момент были получены результаты, позволяющие идентифицировать модель роста температуры. На их основе был синтезирован ПИД регулятор, который продемонстрировал свою неработоспособность. Совпадая с собственной частотой регулятора, возмущающее воздействие выводило систему из состояния равновесия. Так же процесс нагревания становился значительно дольше, так как ПИД регулятор не позволяет давать полную мощность при постепенном росте установочного значения. Предлагается внедрить алгоритм управления, обеспечивающий устойчивость объекта управления, в обозначенных выше условиях.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИДЕНТИФИКАЦИЯ ДИНАМИКИ ЗОЛОТНИКОВОГО ГИДРОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ

А.А. Лосенков, Л.В. Никифорова

Научный руководитель – к.т.н., ст.н.с. С.В. Арановский

Введение. Гидропривод – совокупность устройств, предназначенных для приведения в движение машин и механизмов посредством механической энергии. Гидропривод широко применяется во многих отраслях промышленности и народного хозяйства. Объемный гидропривод активно применяется в горных и строительных дорожных машинах, сельскохозяйственной и лесозаготовительной технике, а так же в автомобилестроении и авиации. Важным свойством гидропривода является высокая удельная мощность.

В то же время, подавляющее число гидроприводов является неавтоматизированными, т.е. управление ими производится вручную. Одной из причин малой распространенности гидропривода в системах автоматического управления является существенная нелинейность протекающих в нем процессов, обуславливающая высокую сложность построения точных моделей и синтеза законов управления гидроприводом. Этим же объясняется актуальность и потенциал исследования в этой области.

Золотниковый гидрораспределитель (золотник) – один из ключевых элементов гидропривода, который преобразует входной (управляющий) сигнал малой мощности в высокомоментное движение всей системы. Ограниченное быстродействие и нелинейность динамики золотника накладывают ограничения на динамику и качество работы всей системы гидропривода. Несмотря на это, в большинстве работ динамика золотника игнорируется и считается, что смещение золотника всегда пропорционально входному сигналу (току). Реже используются статические нелинейные кривые, включающие мертвую зону и насыщение, но для их идентификации предполагается установка дополнительных датчиков, или же они считаются априорно известными (представленными производителем). Сложные динамические модели имеют большое число идентифицируемых параметров, и, как правило, требуют для идентификации проведения большого числа экспериментов, в том числе – с применением специальных стендов.

Цель работы. Построение и идентификация параметров модели золотникового гидрораспределителя, состоящей из линейной подсистемы и нелинейностей типа мертвая зона и насыщение, которая достаточно точно аппроксимировала бы экспериментальные данные, обладая малым числом идентифицируемых параметров, не требующая для идентификации установки дополнительных датчиков или использования данных от производителя.

Базовые положения исследования. Скорость перемещения штока гидроцилиндра пропорциональна поступающему от насоса потоку жидкости, который регулируется изменением ширины рабочего окна гидрораспределителя. Ширина рабочего окна зависит от перемещения золотника, пропорционального управляющему сигналу. Как следствие, скорость гидроцилиндра так же пропорциональна входному току. Однако на практике такая зависимость наблюдается не при всех значениях сигнала управления. В соответствии с предложенной моделью, при малых управляющих воздействиях золотник находится в мертвой зоне, т.е. сдвигается недостаточно для открытия рабочего окна, поэтому движение штока гидроцилиндра отсутствует. При открытии же золотника изменение положения штока гидроцилиндра начинается только тогда, когда гидравлическая сила превысит по абсолютной величине статическое трение. Однако анализ переходных процессов показывает, что изменение давления начинается не одновременно с подачей управляющего тока. Данная

задержка обусловлена динамикой золотника и может быть идентифицирована при анализе переходных процессов давления. Начиная с определенного момента, золотник оказывается в зоне насыщения, т.е. дальнейшее его перемещение не приводит к увеличению ширины рабочего окна и, как следствие, не увеличивается скорость движения штока цилиндра.

Предложенный метод идентификации основан на следующей идее: на вход системы подается постоянный управляющий сигнал. По измерениям давления определяется задержка между подачей постоянного входного сигнала и началом изменения давления. Величина входного сигнала варьируется от минимального до максимального с некоторым шагом. При этом фиксируются граничные значения тока: минимальные, при которых начинается изменение давления, максимальные, при превышении которых давление не увеличивается. Для линейной подсистемы первого порядка задача сводится к задаче оценивания параметров линейной регрессии; для линейной подсистемы второго порядка – минимизации критерия, построенного на невязке модели. Применение моделей более высокого порядка приводит к незначительному повышению точности аппроксимации.

Результаты. В работе предложена модель, состоящая из линейной подсистемы и включающая в себя нелинейности типа мертвая зона и насыщение, а так же способ ее идентификации, не требующий установки дополнительных датчиков или использования данных от производителя. Предложенная модель позволяет спрогнозировать задержку в отклике гидропривода на входное воздействие, давая более точную оценку, чем идеализированная модель, учитывающая только статическое трение. Предложенная модель может использоваться при прогнозировании максимального достижимого быстродействия гидропривода и манипулятора на его основе, при планировании оптимальных (по времени) траекторий движения, при построении законов управления, при моделировании замкнутых систем и оценке их робастности, и т.д.

Приведенные результаты экспериментальных исследований иллюстрируют применимость предложенной модели и метода идентификации.

УДК 681.5

ОБРАБОТКА И КЛАССИФИКАЦИЯ СИГНАЛОВ ЭЛЕКТРОМИОГРАММЫ

А.А. Маргун, К.А. Зименко

Научный руководитель – д.т.н., профессор А.А. Бобцов

На сегодняшний день использование робототехники в различных отраслях медицины стремительно расширяется и требует для улучшения качества работы вовлечение новых методов управления, обработки сигналов и т.д. Существует три основных направления робототехники в медицине: устройства для проведения хирургических операций, устройства для помощи больным и роботы для протезирования и реабилитации инвалидов. Среди множества задач стоит задача внедрения новых методов обработки сигналов в системах управления реабилитационных устройств.

Электромиографические (ЭМГ) сигналы могут быть использованы в медицинских роботах как потенциальный источник управляющих сигналов для реабилитационных устройств и протезирования.

Как правило, ЭМГ сигналы снимаются с кожи человека посредством внешних электродов. Использование электромиографии в системах управления значительно затруднено из-за высокого уровня шумов и сложной формы сигналов. Более того, использование сигнала электромиограммы в качестве сигнала для диагностики или сигнала управления устройствами реабилитации приводит к необходимости осуществления анализа и классификации сигнала в режиме реального времени. Следовательно, необходимо проводить

извлечение особенностей сигнала, хранящих полезную информацию, с целью улучшения качества работы системы и уменьшения размера входных данных. Для удобства анализа сигналов проводится обработка данных, получаемых с электродов. Особенности сигналов могут быть вычислены различными методами, основными из которых являются анализ во временной, частотной и частотно-временной областях.

Частотно-временной анализ показывает наиболее полную информацию о сигнале. Суть этого метода состоит в декомпозиции данных на составляющие

$$x = \sum_{i=1}^N c_i \beta_i,$$

где β_i – так называемая базисная функция; c_i – некоторые коэффициенты. Важность частотно-временного анализа сигнала ЭМГ также подтверждается обилием публикаций, посвященных данной теме (более пятидесяти за последние пять лет). Однако необходимо отметить, что эффективность данного метода сильно зависит от временного диапазона рассматриваемой сегмента сигнала.

В данной работе рассматривается использование метода идентификации частот мультигармонического сигнала посредством последовательной редукции, предложенного А.А. Бобцовым и адаптированного для использования в анализе сигналов ЭМГ. Данный метод позволяет идентифицировать частоты мультигармонического сигнала электромиограммы в режиме реального времени. Данные, полученные с помощью этого метода, можно использовать как в качестве новой особенности, так и в диагностических целях. Например, можно определить планируемое движение человека для приведения в действие исполнительного механизма: электродвигателя активного протеза или экзоскелета или какого-либо другого устройства реабилитации.

Для проверки работоспособности предложенного метода была проведена серия экспериментов. На мышцы предплечья человека устанавливался электрод. Второй электрод крепился на плечо и выступал в качестве референта. Данные с электродов снимались при помощи девятиканального усилителя Kardi3/9, предназначенного для длительной регистрации электрофизиологических сигналов высокого разрешения в полосе частот от 0 до 350 Гц. Полученные данные передавались для обработки на ПК. Эксперименты проводились на пяти здоровых мужчинах в возрасте от 19 до 24 лет. Испытуемые выполняли два типа движения: вращение кистью по и против часовой стрелки.

Основываясь на спектральных характеристиках (рис. 1) можно сделать вывод: основная часть энергии сигнала содержится в двух или трех гармониках, причем первая гармоника одинакова для всех типов движений, две оставшиеся имеют различные частоты, зависящие от типа движения. Остальные гармоники несут в себе малую часть энергии и являются высокочастотными шумами. Для подавления шумов и исключения одинаковой/основной гармоники был использован полосовой фильтр частот с полосой пропускания от 12 до 20 Гц. Таким образом, в дальнейшей обработке сигнала участвовали только гармоники, содержащие информацию о типе движения: 15,6 Гц для первого типа движения, 13,7 и 15,6 Гц для второго типа движения.

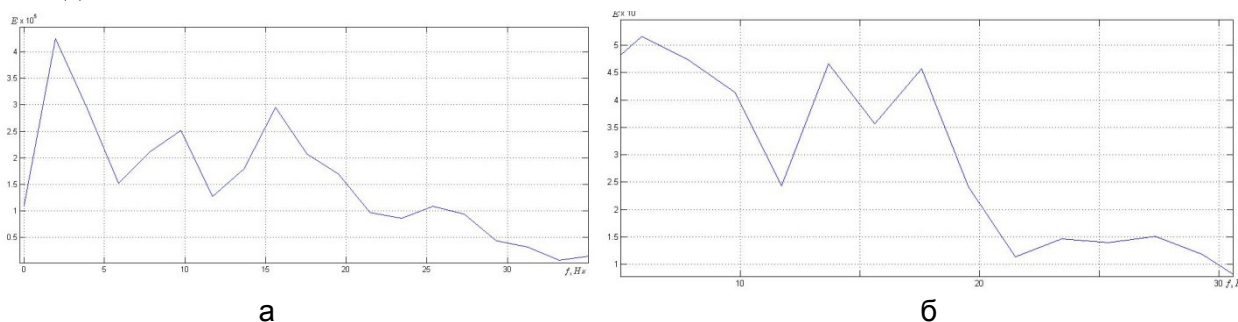


Рис. 1. Спектральный анализ сигнала для первого и второго видов движения

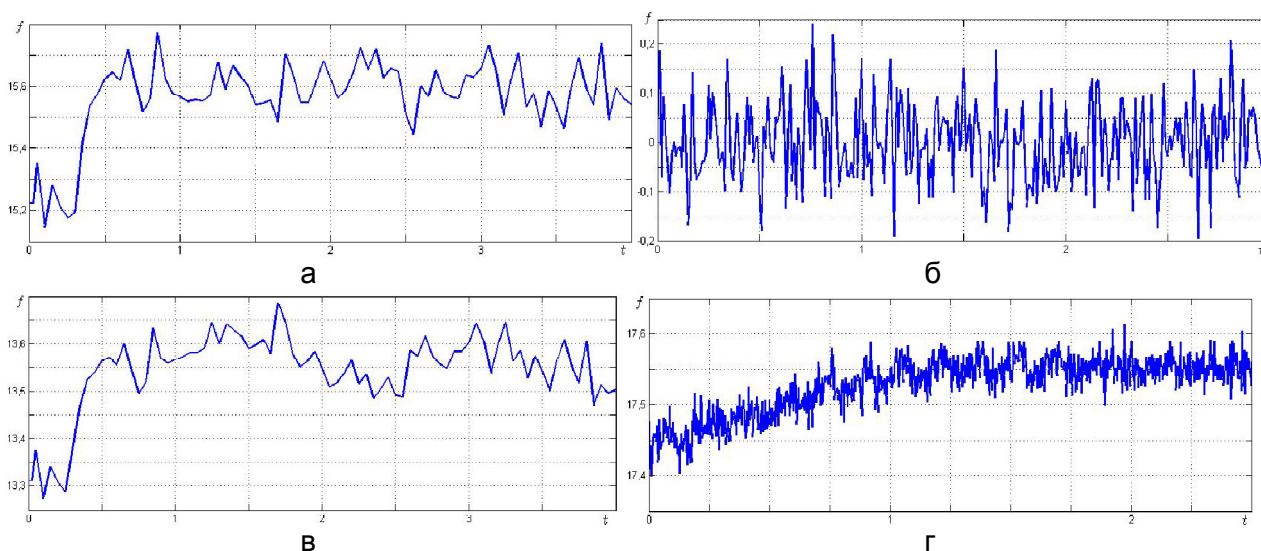


Рис. 2. Идентификация частот ЭМГ сигнала

Для идентификации рассматриваемых гармоник был использован метод каскадной редукции, позволяющий определять частоты мультигармонического сигнала в режиме реального времени. Полученные результаты (рис. 2) с высокой степенью точности совпадают с данными спектрального анализа сигнала. Таким образом, предложенный метод можно использовать для классификации движений в режиме реального времени, основываясь на данных электромиограммы.

УДК 62-50

КОНЦЕПЦИЯ БУФЕРНОЙ СИСТЕМЫ В ЗАДАЧЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТАБИЛЬНОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПРОЦЕССОВ В УСЛОВИЯХ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

С.А. Александрова, А.А. Мусаев

Научный руководитель – к.т.н., доцент О.В. Слита

Введение. Постановка задачи. Современные подходы к постановке и решению проблем анализа и синтеза систем управления характеризуются наличием положения о неопределенности задания модели объекта, в частности, о неопределенности знания ее параметров. В работе рассматривается непрерывный объект управления типа «многомерный вход – многомерный выход» с неопределенными параметрами матриц состояния и управления одновременно. Ставится задача проектирования замкнутой системы с желаемыми показателями качества процессов с указанным объектом управления в ее составе.

Цель работы. Синтез закона управления, обеспечивающего стабильность показателей качества процессов замкнутой системы в условиях параметрической неопределенности.

Базовые положения исследования. Предлагается введение буферной системы на входе исходного объекта. Данный прием позволяет перейти к расширенному объекту управления с неопределенностями только в матрице состояния. При этом вводимая система будет компонентом закона управления, т.е. компонентом управляющего устройства.

Промежуточные результаты. Расширенная модель объекта управления.

Основной результат. В работе предложен закон управления, обеспечивающий стабильность показателей качества замкнутой системы, имеющей в своем составе объект с параметрическими неопределенностями в матрицах состояния и управления. Положения работы иллюстрируются примером.

УДК 681.513.675

АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИМ ОБЪЕКТОМ С НЕГОЛОНОМНЫМИ ОГРАНИЧЕНИЯМИ В СРЕДЕ С ПОДВИЖНЫМИ ЭКЗОСИСТЕМАМИ ПРИ ДВИЖЕНИИ ПО ЗАДАННОЙ ТРАЕКТОРИИ

А.И. Петрик

Научный руководитель – к.т.н., ст.н.с. Г.И. Болтунов

Введение. Современные мобильные колесные роботы являются сложными программно-техническими комплексами, предназначенными для решения задач различной сложности. Колесный робот относится к классу неголономных систем. С точки зрения теории управления наличие неголономных связей в системе препятствует использованию стандартных алгоритмов планирования и управления.

Рассматривается задача управления автономным мобильным колесным роботом, находящимся в среде с подвижными экзосистемами и движущимся по заданной траектории.

Целью работы является разработка алгоритма управления движением мобильного колесного робота, движущимся по заданной траектории в сложном динамическом окружении.

Базовые положения исследования. Рассматривается упрощенная кинематическая модель мобильного колесного робота и подвижной экзосистемы. Некоторые параметры экзосистемы (линейная и угловая скорости) не известны. С целью их определения производится их оценка.

Задача слежения заключается в нахождении такого закона управления, который обеспечивал бы схождение предела разности векторов положения и ориентации мобильного робота и экзосистемы к нулю.

Выведенные законы управления обеспечивают асимптотическую устойчивость замкнутой системы.

Промежуточные результаты. Произведена оценка векторов линейной и угловой скоростей движения подвижной экзосистемы.

Основной результат. Построена и проанализирована математическая модель мобильного колесного робота, выработана тактика поведения робота при движении по заданной траектории в среде с подвижными экзосистемами. Разработан алгоритм управления движением робота, эффективность которого проиллюстрирована результатами математического моделирования.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЫТОВЫМИ КОМПЛЕКСАМИ

А.И. Рябов

Научный руководитель – д.т.н., профессор В.В. Григорьев

Введение. В настоящее время в России ведется крупномасштабная работа по экономии всех видов энергоресурсов. Усиливающиеся товарно-денежные отношения, постоянный рост цен на энергоносители заставляет производителей и потребителей энергии все чаще задумываться о ее стоимости и путях экономии. Еще 10–15 лет назад производство и потребление таких видов энергоресурсов, как горячая и холодная вода, пар, чаще всего производилось «на глазок», по утвержденным нормам расхода. Экономить их не имело смысла – величина экономии просто не могла быть зафиксирована. Широкое распространение теплосчетчиков, счетчиков холодной воды, газа создало реальные предпосылки для их экономии. При этом задача экономии энергоресурсов из частной стала государственной. Наиболее актуальны задачи экономии холодной воды, тепла, газа, электроэнергии. Практика проведения энергосберегающих мероприятий стала обычной как для частного, так и для государственного секторов экономики.

Действия, неотделимые от энергосбережения:

- внедрение приборов учета тепла и воды, включая поквартирный учет;
- установка систем компьютерного сбора и обработки данных в системах учета и регулирования технологических параметров;
- внедрение двух тарифного учета электроэнергии с целью более равномерной загрузки энергосистемы и, соответственно, экономии потребляемого электростанцией топлива.

Одним из наиболее сложных элементов регулирования ИТП является автоматизация системы отопления. Она отличается достаточной простотой в части управления установленным оборудованием, однако до настоящего времени его настройка сопряжена со значительными технологическими трудностями: для качественной работы системы автоматизации необходимо выполнить значительный комплекс вычислительных работ при различных параметрах работы системы отопления. При этом все режимы работы характеризуются крайней индивидуальностью.

Цель исследований. Основная цель работы – исследование и разработка научно-обоснованного метода автоматического адаптивного регулирования систем отопления жилых и административных зданий.

Для достижения поставленной цели:

- рассмотрены способы присоединения системы отопления к тепловой сети, варианты установки оборудования при ее автоматизации; изучены существующие методы регулирования системы отопления, используемое оборудование, его технические характеристики и функциональные возможности; приведены недостатки существующих методов и технических решений;
- определен тепловой баланс жилых и административных зданий в стационарном режиме с учетом потерь тепла в подводящих трубопроводах системы отопления, внутренних тепловыделений, потерь тепла с вентиляционным воздухом, через ограждающие конструкции при нормальном и пониженном режимах работы системы отопления;
- синтезированы требования для построения адаптивной системы автоматического регулирования (САР);

- построены динамические характеристики отопляемого здания: изменение температуры воздуха в отопляемом помещении при изменении режимов работы системы отопления или его полном отключении;
- выведены условия устойчивости системы регулирования: при наличии теплообменника отопления и узла смешения теплоносителей для случая регулирования ПИ-регулятором;
- определены оптимальные настройки регулятора при различных способах присоединения системы отопления;
- рассчитаны критерии коррекции температурного графика системы отопления по температуре теплоносителя в обратном трубопроводе по температуре воздуха в отопляемом помещении и при их совместной работе;
- установлено, что адаптивность САР отопления обеспечивается выводом оптимальных настроек регулятора в виде, обеспечивающем постоянную подстройку САР в течение всего процесса регулирования в зависимости от изменения параметров объекта регулирования и наличием коэффициентов коррекции;
- осуществлено экспериментальное исследование предложенной системы регулирования, построен переходный процесс и произведено сравнение показателей с расчетными данными.

Промежуточные результаты. Научная новизна выполненных исследований заключается в том, что впервые:

- создана математическая модель теплового баланса жилых и административных зданий, с учетом потерь тепла в подающих трубопроводах системы отопления, внутренних тепловыделений, потерь с выносом вентиляционным воздухом и потерь тепла через утепляющие конструкции в заданном, пониженном режимах работы системы отопления и при ее полном отключении;
- построена математическая модель изменения температуры воздуха в отопляемом помещении при отклонении от заданных параметров в системе отопления;
- теоретически обоснованы передаточные функции теплообменника системы отопления, обеспечивающие возможность создания адаптивной системы регулирования температурных режимов в системе отопления;
- определены оптимальные настройки регулятора на основе полученных передаточных функций, содержащие минимальное количество характеристик регулирования с непосредственным вводом в программируемый контроллер;
- сформулированы критерии коррекции параметров регулятора при различных способах регулирования температурных режимов;
- разработана методика адаптивного регулирования температурных режимов в системе отопления.

УДК 681.51

РАЗРАБОТКА ПЕРИФЕРИЙНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ МОДУЛЕЙ ДЛЯ ПРОТОТИПИРОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Д.С. Сысолятин, А.А. Хасанов

Научный руководитель – д.т.н., профессор А.А. Бобцов

Одним из основных этапов разработки интеллектуальных робототехнических систем является этап прототипирования, позволяющий перейти от формальной модели к реальному устройству с минимальными затратами. На сегодняшний день, как в научной среде, так и среди разработчиков и конструкторов, популярны универсальные конструкторские наборы и

аппаратные платформы. Большинство этих наборов создавались как образовательный ресурс и на сегодняшний день робототехника – одно из наиболее динамично развивающихся направлений дополнительного образования, как в России, так и в мире.

Проблема заключается в ограниченности возможностей входящих в наборы устройств: датчиков, приводов, устройств коммуникаций и прочих. А некоторые востребованные функции (например, GPS-навигация, 2G\3G коммуникация) отсутствуют вовсе. Это усложняет процесс изготовления прототипа профессиональным разработчикам, а учащимся современной школы и любителям – ограничивает простор для технического творчества.

Цель работы – разработка электронных модулей, расширяющих функциональные возможности популярных робототехнических конструкторских платформ и наборов, таких как Arduino, Vex, RobotisBioloid, LegoMindstorms и подобных. Наличие таких модулей позволит реализовывать более функциональные прототипы интеллектуальных систем, как в школах, так и в профессиональной среде, и ускорить сам процесс создания прототипа.

УДК 681.51

АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ МОБИЛЬНЫМ РОБОТОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

М.В. Фаронов, А.А. Пыркин

Научный руководитель – д.т.н., профессор А.А. Бобцов

Введение. Работа посвящена задаче управления мобильным роботом с простейшей системой технического зрения.

Целью работы является экспериментальное исследование алгоритма управления «последовательный компенсатор», полученного авторами и представленного в более ранних публикациях.

Разработанный для нелинейных параметрически, функционально и структурно неопределенных объектов алгоритм успешно применен в задаче управления трехколесным всенаправленным мобильным роботом FestoRobotino, обладающим тремя независимыми степенями свободы при движении на плоскости. Рассматривается задача движения робота вдоль вертикальной стены с неизвестной кривизной. Для синтеза закона управления была выбрана и обоснована математическая модель движения робота вдоль гладкой траектории. Алгоритм управления обеспечивает поворот корпуса робота, чтобы с течением времени стабилизировать заданное расстояние до стены. Расстояние до стены, являющееся выходной регулируемой переменной, определяется средствами технического зрения.

Практические результаты. Полученные результаты экспериментальных исследований подтверждают эффективность алгоритма управления «последовательный компенсатор».

РАЗРАБОТКА ИНТЕРВАЛЬНОГО НАБЛЮДАТЕЛЯ ДЛЯ ЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ С ПЕРЕМЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ НАЧАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

С.Г. Чеботарев

Научный руководитель – к.т.н., доцент А.С. Кремлев

Краткое вступление, постановка проблемы. В теории автоматического управления идентификация параметров системы всегда играла большую роль. Поэтому проблема оценки неизмеряемого вектора состояния очень актуальна. При анализе и синтезе систем управления параметры объекта часто заданы неточно, что связано с погрешностями измерений, старением оборудования, возмущениями, влияющими на характеристики объекта. В этом случае справедливо говорить о системах управления с неопределенными параметрами, которые могут быть периодически изменяющимися, функциями одной или нескольких переменных, интервальными и т.д.

Системам управления с неопределенными параметрами всегда уделялось большое внимание. Это связано с тем, что математические модели объектов управления не всегда точно описывают физические процессы и устройства. Существует множество вариантов описания таких объектов, а, следовательно, и методов анализа подобных систем.

В реальном мире существуют ситуации, когда классические методы построения наблюдателей, оценки которых сходятся к точному значению состояния при отсутствии шума, не применимы на практике. В основном, причиной тому становится наличие в системе параметрической неопределенности. Все это приводит к необходимости использования методов интервальной оценки, под которой понимается синтез интервального наблюдателя, гарантирующего оценивание множества допустимых значений для вектора состояния системы.

Целью работы является построение интервального наблюдателя для линейной системы с переменными неизмеряемыми параметрами при различных комбинациях начальных условий.

Базовые положения исследования. Главным условием построения интервального наблюдателя является кооперативность динамики ошибки интервальной оценки. Большинство линейных систем не обладает этим редким свойством изначально. Иногда возможно рассчитать коэффициенты усиления наблюдателя таким образом, чтобы матрица, описывающая его динамику, обладала свойством кооперативности. Но далеко не всегда. Наряду с этим, устойчивую линейную систему можно перевести в кооперативную форму, применяя преобразования координат.

Промежуточные результаты. Когда система изначально обладает свойствами кооперативности, интервальный наблюдатель может быть построен напрямую. Кооперативность системы сохраняет частичный порядок между 2 траекториями. Основной проблемой данного метода является то, что кооперативность – достаточно специфическое свойство, и большинство систем им не обладают. Преобразование координат осуществляет отображение устойчивой некооперативной системы другой системой, которая устойчива и кооперативна. Стоит отметить, что отдельно взятое свойство кооперативности системы не гарантирует устойчивость полученных устройств оценки.

Основной результат. Основным результатом работы заключается в применении алгоритма построения интервальных наблюдателей для линейной системы с переменными параметрами при различных начальных условиях. Интервальный наблюдатель восстанавливает не оценку

текущего состояния объекта (в возмущенном случае реальное состояние находится в некоторой, требующей дополнительного определения, окрестности этой оценки), а интервал, гарантированно содержащий вектор состояния системы. Полученный результат демонстрируется на примере с помощью компьютерного моделирования.

УДК 681.513.675

ПОСТРОЕНИЕ РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ УДЕРЖАНИЯ ОБРАТНОГО МАЯТНИКА В НЕУСТОЙЧИВОМ ПОЛОЖЕНИИ РАВНОВЕСИЯ

В.О. Чемоданов, М.С. Тарасов

Научный руководитель – аспирант А.А. Капитонов

Постановка задачи. В работе предлагается разработать алгоритм управления для удержания обратного маятника в неустойчивом положении. Проект осуществляется в рамках курса «Введение в специальность» кафедры СУиИ НИУ ИТМО. В качестве элементной базы был выбран инженерно-конструкторский набор LegoMindstormsNXT 2.0.

Управление перевернутым маятником на тележке является классической задачей теории автоматического управления, которая позволяет интегрировать знания из других теоретических областей науки, таких как физика, математика и информатика. Для решения этой задачи были использованы пакет прикладных математических программ Scilab и свободная среда разработки BrickXCommandCenter.

Цель работы. Для решения поставленной задачи было необходимо предварительно получить электромеханические характеристики двигателя Lego NXT. Для этого необходимо было произвести измерения механических характеристик робототехнической установки, в том числе расчет моментов инерции подвижных частей механизма и соотнесения размерности выходных данных датчиков с реальными физическими величинами. После этого необходимо было, пользуясь основными методами теории автоматического управления, рассчитать модальный регулятор, обеспечивающий сохранение неустойчивого положения равновесия маятника.

Промежуточные результаты. Было проведено предварительное исследование математической модели перевернутого маятника на тележке, представление данной модели в форме вход-состояние-выход и получены пропорциональные коэффициенты для каждого из параметров вектора состояния. Было проведено моделирование переходных процессов в системе и получены удовлетворительные результаты. В дальнейшем была реализована программа на языке NXC и подобрано подходящее время переходного процесса для эталонной системы.

УДК 681.51

ТЕХНОЛОГИЯ УДАЛЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

С.В. Шаветов, А.А. Ведяков

Научный руководитель – д.т.н., профессор А.А. Бобцов

Быстрая эволюция вычислительной техники и активное развитие сетевых технологий связи привели к появлению «облачных» сервисов, в которых ядром системы является удаленный от конечного пользователя сервер. Подобные технологии открывают новые горизонты для развития робототехники. В работе решается проблема управления

техническими объектами, расположенными на значительном удалении от задающего устройства.

Целью работы является создание технологии управления робототехническими системами через глобальную сеть Интернет. Расстояние между объектом управления и конечным пользователем (задающим устройством) полагается неизвестным, но достаточно большим.

Для достижения цели работы следует выделить и решить две основные задачи. Первая – это обмен телеметрической информацией с объектом управления, который может находиться на значительном удалении от оператора (задающего устройства). Единственным требованием, выдвигаемым к объекту управления и устройству управления, является доступность Интернет-канала достаточной пропускной способности и возможность подключения к Интернету самого объекта по любому интерфейсу «последней мили» (Zig-Bee, Bluetooth). Второй важной задачей является контроль положения робототехнической системы в пространстве. В связи с удаленностью объекта конечный пользователь должен знать положение системы и генерировать адекватные задающие воздействия для нее. Наиболее удобным решением для человека является использование видеоизображения, вполне однозначно определяющего положение робототехнической системы в пространстве при условии приемлемых временных задержек и правильного размещения видеокамеры в зависимости от решаемой задачи (на самом объекте либо со стороны).

В работе разработана универсальная технология удаленного управления техническими объектами. Универсальность технологии обмена телеметрической информацией позволяет не зависеть от вида технического объекта. Поэтому любой робототехнический комплекс, подключенный по произвольному интерфейсу «последней мили» может быть подключен к управляющему серверу, причем работоспособность объекта будет зависеть, только от программного обеспечения, используемого объектом. Помимо универсальной технологии удаленного управления в работе реализована надежная система видеовещания с приемлемым уровнем временных задержек. Запозывание по видеовещанию находится на уровне 150–500 мс в зависимости от качества транслируемого изображения; запозывание по управлению составляет около 20–50 мс, что говорит о возможности использования данной технологии управления в широких областях.

Разработанная универсальная система удаленного управления, базирующаяся на современных клиент-серверных технологиях, позволяет применить телеуправление для широкого класса мехатронных систем. Данная технология была успешно апробирована в мобильных робототехнических комплексах ParallaxBee-Bot.

УДК 681.51

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТАМИ УМНОГО ДОМА

А.Н. Шукин, С.О. Глаголев, А.М. Григорьев, В.Е. Житлов

Научный руководитель – к.т.н., доцент А.С. Кремлев

Постановка задачи. В работе разрабатывается система управления элементами умного дома. В настоящее время существуют множество решений данной задачи, однако большинство из них представляют собой сложные дорогостоящие проекты, которые недоступны для большинства покупателей. Предложенная система, состоящая из наборных модулей, позволяет подобрать конкретные элементы индивидуально, что соответственно уменьшает стоимость. Основная задача сводится в объединении всех управляющих модулей системы в единое целое и реализовать эффективное управление ими. Для максимального упрощения монтажа используются беспроводные технологии (взаимодействие между модулями системы производится через технологию ZigBee), а для удаленного управления

системой предполагается использование сети Интернет.

Цель работы заключается в разработке системы управления всеми основными и дополнительными элементами умного дома с помощью беспроводных технологий.

Промежуточные результаты. Было проведено исследование беспроводных технологий для реализации систем. Реализовано управление нагрузкой сети 220 вольт с помощью технологии «Wi-Fi». Проведены предварительные исследования датчиков температуры, влажности и задымления. Производится настройка сервера и разработка Web-интерфейса для удаленного управления системой. Проводятся исследования в области видеонаблюдения и датчиков движения.

Основной результат работы заключается в применении беспроводных технологий для разработки системы управления умного дома. Избавление от ненужных проводов – одна из основных задач для достижения максимального комфорта проживания обитателей умного дома. Следующая ступень – осуществление возможности удаленного управления системой с помощью сети Интернет для возможности слежения за всеми помещениями дома и принятия своевременных решений, создание сценариев поведения для автономной работы системы: экстренное оповещение владельца в критических ситуациях, управление энергопотреблением и отоплением в зависимости от присутствия людей в помещениях и т.п.

УДК 338.48

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОТОЧНЫМ ГАЗОВЫМ НАГРЕВАТЕЛЕМ

С.В. Абрамов

(Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета
им. А.Г. и Н.Г. Столетовых)

Научный руководитель – к.ф.-м., доцент М.Н. Кулигин

(Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета
им. А.Г. и Н.Г. Столетовых)

В рамках работы необходимо разработать автоматизированную систему управления проточным газовым нагревателем.

Газовые водонагреватели представляют собой сложную и достаточно опасную систему. В ней необходимо постоянно контролировать температуру воды (не допуская ее перегрева), отключать подачу газа при аварийном затухании пламени, проверять способность вытяжки своевременно отводить продукты сгорания газа, а так же предоставить пользователю возможность задавать температуру воды.

Основные задачи системы – управление нагревателем, контроль температуры воды на выходе и отключение при возникновении аварийной ситуации.

Рассмотрим наиболее важные компоненты системы управления более подробно

Температурный датчик исходящего потока воды работает в диапазоне от -10°C до $+100^{\circ}\text{C}$ и обеспечивает возможность считывания температуры не реже 1 раза в 500 мс.

Электроды розжига используются для создания искры зажигания, требуемое напряжение около 10 кВ, получается после преобразования из 220В.

Ионизационный электрод контроля пламени служит для определения наличия пламени в горелке. Его работа сводится к измерению уровня ионизации газа в рабочем объеме камеры, который находится между двумя электродами. Между электродами создается разность потенциалов.

При наличии ионов в газе между электродами возникает ионный ток, который может быть измерен. Ток при прочих равных условиях пропорционален скорости возникновения ионов и, соответственно, мощности дозы облучения.

Электромагнитный газовый клапан предназначен для регулировки подачи газа на горелки. Он должен обеспечивать 10 положений открытия.

Блок измерения потока воды представляет собой датчик потока воды. Он обеспечивает регистрацию потока от 1 до 20 л/мин.

Температурный датчик контроля уровня тяги необходим для определения текущей тяги дымохода. Датчик работает в диапазоне от -10°C до $+150^{\circ}\text{C}$. Температура выше 120°C говорит о неисправности дымохода.

Датчик давления газа на входе предназначен для определения давления газа. В России в среднем этот параметр равен 13 бар.

Датчик давления воды на входе необходим для измерения давления втекающей воды, реальное значение этого параметра для российских систем водоснабжения может колебаться от 0,3 до 10 бар.

Ядром системы является микроконтроллер фирмы AnalogDevices ADuC812, который и позволяет управлять системой по заданному алгоритму.

Работа АСУ сводится к выполнению следующих функций:

- определение текущего значения основных показателей:
- температуры входящего потока воды;
- температуры воды на выходе;
- давления входящего потока воды;
- давления газа при входе в нагреватель;
- объема воды, протекающего через нагреватель;
- тяги (потока воздуха, проходящего через нагреватель);
- наличия пламени;
- напряжения на аккумуляторе;
- в зависимости от допустимого порога каждого значения, система принимает решение о возможности или невозможности дальнейшей работы нагревателя;
- если ошибок не обнаружено, то система запускает процесс розжига, открывает газовый клапан и подает напряжение на пьеза-элемент.

В противном случае выключает нагреватель:

- если по истечении времени (2–3 с) датчик не фиксирует розжиг, система автоматически выключает подачу газа и переходит в начальное состояние. Если же пламя есть, АСУ приступает к контролю температуры исходящего потока воды;
- управление температурой воды производится по определенному закону, учитывающему все показатели.

В данном случае работа АСУ сводится к выполнению следующих функций при включении системы:

- определение текущего значения:
- температуры входящего потока воды;
- температуры воды на выходе;
- давления входящего потока воды;
- давления газа при входе в нагреватель;
- объема воды, протекающего через нагреватель;
- тяги (потока воздуха, проходящего через нагреватель);
- наличия пламени;
- напряжения на аккумуляторе.

В зависимости от допустимого порога каждого значения, необходимо принять решение о возможности или невозможности дальнейшей работы нагревателя:

- если проверка прошла успешно, то открыть газовый клапан и подать напряжение на пьезоэлемент для розжига. В противном случае выключить нагреватель до следующего «открытия воды»;
- если по истечению времени датчик температуры не фиксирует розжиг, выключить подачу газа, в противном случае приступить к контролю температуры выходящего потока воды;
- управление температурой воды должно производиться по определенному закону, учитывающего: температуры входящего потока воды, текущее значение температуры воды на выходе, объем входящего потока воды, объем сжигаемого газа, наличия пламени.

Для оперативного вмешательства человека, в системе необходимо предусмотреть панель управления, которая будет давать возможность устанавливать необходимую температуру воды, а так же, в случае неисправностей, отображать какие процессы (отсутствие газа или тяги, перегрев воды или ее низкое давление в системе) привели к аварийной ситуации.

УДК 681.3.08

БЛОК ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ЛОКАЛЬНОГО УЧАСТКА ПЛИС

С.В. Быковский

Научный руководитель – к.т.н., доцент П.В. Кустарев

Краткое введение, постановка проблемы. Гибкость в программировании и снижение стоимости микросхем ПЛИС увеличивает их привлекательность как основы для построения специализированных вычислителей. При использовании таких вычислителей в задачах интенсивной обработки данных встает задача контроля температурного режима схемы и защиты ее от перегрева.

При проектировании интегральных схем, возможно, разместить датчики температуры в определенных точках кристалла. Эти датчики исполняются в виде измерительных транзисторов (термодиодов) и позволяют получать значения температуры с точностью единиц градусов. Некоторые производители оснащают свои ПЛИС такими измерительными элементами. Но после производства микросхемы невозможно изменить местоположения этих датчиков или убрать их из схемы, если они не нужны.

При использовании измерительных транзисторов разработчики должны совмещать аналоговые и цифровые элементы в рамках одной схемы. Это приводит к усложнению технологического процесса производства интегрального вычислителя и увеличивает стоимость его разработки. Актуальным является вопрос выполнения температурных датчиков и цифровой логики в рамках одного технологического процесса. Таким образом, станет возможным не только удешевить производство, но и появится возможность тесной интеграции датчиков с другими цифровыми блоками (процессорами, памятью и т.п.).

В связи с этим, необходимо найти способ реализации термодатчика только на элементах цифровой схемотехники.

Целью работы является поиск и оценка методов проведения температурных измерений с точностью в единицы градусов, которые можно реализовать в виде цифровой схемы, синтезируемой для ПЛИС.

Базовые положения исследования. Температурные датчики, как правило, строятся на основе измерения отклонения какого-либо физического параметра в зависимости от изменения температуры окружающей среды. В цифровой схеме в качестве параметра, доступного для измерения, выступает задержка сигнала при прохождении его через элементы цифровой логики.

В современной литературе описано несколько подходов к измерению задержек элементов с помощью цифровых измерительных схем. В простейшем случае измерительная схема измеряет задержку в количестве тиков опорного сигнала высокой частоты. Этот подход применяется при измерении выходного сигнала с термочувствительных кварцевых резонаторов. Чувствительность таких датчиков в среднем составляет 2 Гц на градус, точность измерительной системы измеряется в десятых долях градуса, а время измерения находится в пределах 1–3 с. На ПЛИС сложно сделать высокостабильный генератор тактовой частоты, поэтому необходимо найти другой способ.

Высокоточные измерения задержек можно проводить с помощью статистического подхода, используя метод Монте-Карло. В работе исследуется возможность построения термодатчиков на основе данной методики измерений. Проводится оценка их эффективности с точки зрения точности и требуемой площади кристалла. Также оценивается возможность измерения локальных перегревов интегральной схемы на примере ПЛИС.

Результаты. Промежуточные результаты исследования показали, что с помощью метода Монте-Карло можно обнаружить линейную зависимость задержки цифрового элемента от температуры схемы. Был спроектирован цифровой термодатчик, который по измеренному мгновенному значению задержки способен рассчитывать мгновенное значение температуры, учитывая характер выявленной зависимости.

Так как в основе измерения задержек лежит метод Монте-Карло, то результаты последовательных измерений при неизменных условиях среды отличались друг от друга на небольшую величину. Если принять, что каждое измерение является случайной величиной, то ее плотность распределения будет соответствовать нормальному закону. Математическое ожидание этой случайной величины будет являться актуальным значением задержки.

В итоге примерный, разброс измерений около действительного значения температуры составил 5 градусов. Результирующая погрешность в вычислении конечного значения температуры составила 0,5 градуса. Для функционирования разработанного термодатчика потребовалось два тактовых сигнала с частотами 50 МГц и 1,8432 МГц. Время одного измерения при данных параметрах составило 75 мс. Также была произведена оценка переносимости метода измерения температуры на различные кристаллы ПЛИС.

Возможность контроля за температурным режимом локальных участков ПЛИС оценивалась на примере измерительной системы на кристалле (СнК), спроектированной в рамках инициативного проекта на кафедре вычислительной техники НИУ ИТМО: «Технологии проектирования Систем-на-Кристалле со встроенными механизмами измерения и контроля технологических параметров СБИС».

УДК 62-52

ОБЗОР МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ОПТИЧЕСКИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

М.В. Имеева

Научный руководитель – к.т.н., доцент С.В. Быстров

Проникновение современной вычислительной техники и автоматики в оптические исследования открыло реальные возможности управлять параметрами светового поля и создавать уникальные оптические системы.

Изменяя форму световой волны, можно активно воздействовать на различные параметры излучения. Существуют характерные задачи, связанные с управлением интенсивностью, частотой, временной формой светового импульса и спектральным составом излучения. Во всех случаях воздействие на регулируемый параметр осуществляется путем соответствующего изменения фазы волны или фазовых соотношений при интерференции

волн (при управлении спектральным составом излучения).

Целью работы является анализ различных методов управления оптическим излучением, выявление самых перспективных вариантов построения систем регулирования, изучение их элементной базы.

В работе рассмотрен особый класс задач, связанных с формированием световых пучков, имеющих заданное пространственное распределение интенсивности. Изменяя профиль фазы когерентного светового поля, можно практически без потерь энергии создать в некоторой области пространства заданное распределение интенсивности, в частности сфокусировать его. Рассмотрены методы преобразования частоты оптического излучения в оптоэлектронных системах. Управление фазой в этом случае имеет целью получения нового эффекта – изменение частоты оптического излучения. В адаптивных системах с многоканальной фазовой модуляцией используются световые пучки, частота излучения которых меняется дискретно от одного пучка к другому. Преобразование частоты каждого пучка достигается путем соответствующего управления фазой. Приведены примеры разработок в исследуемой области.

УДК 681.513.6

АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО ВЫХОДУ СИСТЕМАМИ С ПЕРЕМЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ С ПРОИЗВОЛЬНОЙ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ СТЕПЕНЬЮ

М.В. Лызлова

Научный руководитель – к.т.н., доцент Д.Н. Герасимов

Введение, постановка задачи. Для эффективной разработки систем управления и их реализации важно найти компромисс между точностью математической модели и сложностью вывода закона управления. Если модель простая и позволяет легко получить закон управления, но недостаточно точная, то практическая реализация может давать неприемлемую точность замкнутой системы. Если модель имеет высокую точность из-за большой сложности, то вывод закона управления может вызвать значительные затруднения. Один из распространенных компромиссов, позволяющий решить эту проблему, найден в теории систем с переменными параметрами, которые оперируют линейными моделями с переменными параметрами. Плюс таких систем заключается в том, что свойство линейности позволяет использовать богатый опыт классической теории управления, при этом и нестационарность моделей во многих приложениях может заменить большинство нелинейностей. Системами с переменными параметрами называются системы, которые могут быть представлены следующим выражением:

$$\begin{aligned} y^{(n)} + a_{n-1}(t)y^{(n-1)} + \dots + a_1(t)\dot{y} + a_0(t)y = \\ = b_m(t)u^{(m)} + b_{m-1}(t)u^{(m-1)} + \dots + b_1(t)\dot{u} + b_0(t)u, \quad y^{(i)}(0), i = \overline{0, n-1}, \end{aligned} \quad (1)$$

где y и u – измеряемые входная и выходная переменные объекта,

$$a_i(t) = \frac{\lambda_0}{L(s)} \left[\theta_i^T \omega_i(t) \right], \quad b_j(t) = \frac{\mu_0}{M(s)} \psi_j^T \varphi_j(t). \quad (2)$$

фильтрованные переменные во времени параметры, $i = \overline{0, n-1}, j = \overline{0, m}$, ψ_i, θ_i векторы неизвестных параметров, ω_i, φ_j векторы измеряемых достаточно гладких функций; $L(s), M(s)$ – гурвицевы полиномы, S комплексная переменная преобразования Лапласа. Системы с переменными параметрами могут использоваться, например, для управления положением ракеты, где масса изменяется во времени, или для стабилизации положения маятника, где

имеется нелинейность. Параметрические неопределенности значительно затрудняют работу системы, понижая ее точность. Для компенсации этого недостатка предполагается использовать методы адаптивного управления и идентификации.

Цель управления заключается в компенсации параметрических неопределенностей и достижению цели управления:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} (y(t) - y_M(t)) = 0, \quad (3)$$

где y_M – выход эталонной модели:

$$y_M^{\rho} + \alpha_{\rho} y_M^{\rho-1} + \dots + \alpha_1 \dot{y}_M + \alpha_0 y_M = \alpha_0 g, \quad (4)$$

где g – сигнал задания; $\alpha_i, i = 1, \rho - 1$ – положительный коэффициент, $\rho = n - m$ – относительная степень системы.

Цель работы. Разработка и развитие методов адаптивной идентификации для решения задачи управления системами с переменными параметрами, представленными в виде (1).

Базовые положения исследования. Решение задачи адаптивного управления осуществляется в три этапа:

- модель представляется в виде линейной регрессии;
- в предположении, что параметры известны, формируется нелинейный регулятор, обеспечивающий цель управления;
- строится адаптивный регулятор, где неизвестные параметры генерируются алгоритмом адаптивной идентификации.

Основной результат. В работе была решена задача адаптивного управления по выходу линейной системой (1) с произвольной относительной степенью. Параметры модели представляют собой линейные комбинации измеряемых функций, умноженных на неизвестные константы. Решение основано на параметризации производной выходной переменной и использовании алгоритмов адаптивной идентификации.