

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Варкова Артема Александровича
«Разработка и исследование системы управления манипуляционным
промышленным роботом на базе контроллера движения»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы

Актуальность

Рассматриваемая работа посвящена созданию современной системы управления манипуляционными роботами, предназначенной для внедрения в промышленности и замены существующих решений отечественного и импортного производства. Применение современных высокотехнологичных решений является важным направлением развития данной области, поэтому, предложенный автором подход, заключающийся в использовании специализированного контроллера движения, представляется заслуживающим внимания.

Новизна

В ходе работы автором были получены следующие результаты:

- 1) принципы построения архитектуры системы управления с использованием современных аппаратных и программных средств, на основании которых может быть реализован комплекс решений задач управления технологическими объектами, и которые допускают их интеграцию;
- 2) комплексная математическая модель манипулятора, которая может быть использована не только для задач, рассматриваемых автором, но и для моделирования процессов управления манипуляторами в целом;
- 3) методы осуществления вычислений сложных математических моделей на базе аппаратных средств, обладающих ограничениями по доступным вычислительным ресурсам;
- 4) методы и подходы к разработке управляющих контуров систем управления с оценкой их эффективности в конкретных ситуациях применения.

Практическая значимость

Наиболее важным показателем значимости проведенной работы является то, что применение результатов проведенной работы не ограничивается только указанной областью. Полученные решения носят универсальный характер и могут быть применены в смежных областях, что является важным фактором при создании технологических комплексов.

1) Аппаратная реализация системы управления может быть адаптирована к использованию для управления другими технологическими объектами, требующими синхронного управления большим числом осей.

2) Предложенная структура программных средств и подходы к распределению ресурсов являются важными элементами при создании систем управления, работающих в режиме реального времени.

3) Методика настройки контура положения позволяет эффективно настраивать систему управления для использования с различными типами управляющих сигналов.

4) Предложенный язык программирования может быть использован для создания сложных технологических задач, в том числе при необходимости управления несколькими технологическими объектами.

Содержание

Диссертация построена по классической схеме и содержит введение, пять глав, заключение, список литературы и приложения.

Во **введении** обоснована актуальность работы, определены цель и задачи работы, представлены положения научной новизны и значимости проведенных исследований, а также определены его основные методы. Кроме того, указан список научных конференций, на которых было проведено обсуждение промежуточных результатов работы.

Первая глава посвящена анализу существующего в настоящее время положения в области исследований и применения робототехнических систем. Автором рассмотрены основные особенности конструкции и управления манипуляционными роботами, а также определены основные технологические и архитектурные требования, предъявляемые как к манипуляторам, так и к системам управления.

Во **второй главе** рассматриваются вопросы, связанные с созданием обобщенной математической модели манипулятора, на основе существующих исследований, посвященных исследованию отдельных ее компонентов, таких как кинематическая, динамическая и электромеханических модели. Разработанная модель рассматривается автором с точки зрения возможности ее использования при создании системы управления, работающей в реальном времени, для чего им приводится методика оптимизации вычислений, эффективность которой подтверждается сравнительным моделированием полной и редуцированной моделей.

Третья глава посвящена вопросам исследования и синтеза системы управления звеньями манипулятора. Автором предлагаются два подхода к организации контура управления, для которых приводятся методики их настройки. Отдельным моментом в данной главе является предложенный механизм формирования траектории перемещения рабочего органа.

В **четвертой главе** приводятся результаты разработки компонентов системного программного обеспечения системы управления. В частности, приводятся решения задач связанных с распределением ресурсов (временных и вычислительных) между отдельными задачами управления, а также предлагается подход к созданию средств пользовательского управления, включающие терминальный интерфейс и средства написания технологических программ.

Пятая глава содержит описание разработанного опытного образца, приводятся результаты экспериментальных исследований, а также определяются направления дальнейших исследований.

В **заключении** приводятся основные выводы по работе.

Всего диссертация содержит 146 страниц, 56 рисунков, 5 таблиц, 3 приложения. Список литературы содержит 102 наименования. Диссертация написана логично, технически грамотным языком. Форма изложения и оформления соответствует существующим нормам.

Достоверность теоретических и практических результатов

Достоверность проведенных исследований подтверждается использованием в работе современных научных и технических методов, а также инструментальных средств, к числу которых относятся методы теории автоматического управления, методы пространственных преобразований, программный комплекс Matlab. Сформулированные научные положения подтверждаются приведенными результатами исследований как математических моделей, так и реального опытного образца.

Основные положения диссертации достаточно аргументированы и обоснованы. В том числе результаты исследований были изложены и апробированы на научно-технических конференциях и выставках и опубликованы в 19 научных работах, в том числе в 7 статьях в изданиях, входящих в перечень, рекомендуемых ВАК РФ.

Замечания

Следует отметить ряд замечаний по содержанию работы.

1) При создании математической модели автором принято считать момент инерции звеньев манипулятора постоянным при перемещении (с. 41). При этом не приводятся численные показатели, подтверждающие допустимость такого подхода.

2) Учет влияния перемещаемой нагрузки на силы, действующие на звенья манипулятора, предлагается вести за счет введения дополнительного звена в динамическую модель (с. 63). Как это сказывается на затратах вычислительных ресурсов и насколько это влияет на характеристики точности расчета динамической модели.

3) Приведенная методика настройки предложенного варианта регулятора положения с двумя входами (с. 79) описана недостаточно подробно, было бы целесообразно привести пример настройки с демонстрацией тестовых задающих воздействий и этапами настройки параметров.

4) При описании алгоритма формирования траектории (п. 3.2.4) следовало привести графики положения звеньев и их производных с целью демонстрации преимуществ приведенного метода.

5) В главе 4 не объясняется, чем обусловлена необходимость создания нового языка программирования для описания технологических программ, в чем его преимущества по сравнению с существующими.

6) В главе 5 приводятся результаты экспериментов только на примере одного из задающих воздействий (линейного). Не указано, на сколько отличаются показатели при использовании других типов заданий.

Заключение

Несмотря на указанные замечания, диссертационная работа Варкова А. А. является законченной научной квалификационной работой, в которой приведены новые технологические решения, имеющие существенное значение для развития страны.

Таким образом диссертационная работа «Разработка и исследование системы управления манипуляционным промышленным роботом на базе контроллера движения» удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» от 24 сентября 2013 г. №842, а ее автор, Варков Артем Александрович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Официальный оппонент,
кандидат технических наук,
доцент кафедры «Высокоэффективные технологии обработки»
ФГБОУ ВО «Московский государственный
технологический университет «Станкин»

Зеленский Александр Александрович

г. Москва, Вадковский пер., 3а
Тел. +7(499)973-38-63
e-mail: zelenskyaa@gmail.com

