

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики «Университет
ИТМО»
197101, Россия, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., дом 49; Телефон: (7812) 232-97-04; Факс: (7812) 232-23-07;
E-mail: od@mail.ifmo.ru; Интернет-сайт: www.ifmo.ru

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по научной работе ГБАОУ ВО
«Санкт - Петербургский национальный
исследовательский университет
информационных технологий,
механики и оптики»

Д. Т. Н., профессор

В.О. Никифоров

"11" апреля 2016 г.



Отзыв ведущей организации

на диссертационную работу Варкова Артема Александровича на тему «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 темы

Необходимость замены импортного и устаревшего оборудования и интеграции существующих технологических систем в производственные комплексы является важным вопросом в отечественной промышленности. Поиск решения по данной проблеме требует разносторонних исследований. Одним из наиболее важных направлений является расширение области внедрения манипуляционных роботов в производство.

Управление сложными мехатронными объектами требует учета влияния множества внешних и внутренних факторов, которые проявляются в процессе перемещения рабочего органа. При этом дополнительные сложности создает необходимость использования манипуляционных роботов совместно с другими технологическими объектами в составе гибких производственных систем.

Таким образом, создание системы управления манипуляционными роботами на основании предлагаемых автором подходов, пригодной для использования в промышленности, является важной научной и практической задачей, что обуславливает актуальность диссертации.

Цель работы

Целью представленной соискателем диссертации является разработка и исследование системы управления манипуляционным промышленным роботом на базе контроллера движения, обеспечивающей высокое качество управления в условиях изменения динамических параметров с возможностью интеграции в состав гибкой производственной системы.

Для ее достижения им предлагается решение следующих задач:

- 1) анализ общих подходов и определение требований к управлению МР;
- 2) исследование особенностей кинематики и динамики манипулятора и формирование его математической модели;
- 3) разработка и исследование системы управления манипуляционным роботом с регуляторами различного типа;
- 4) разработка аппаратно-программных средств СУ МР;
- 5) экспериментальное исследование разработанной СУ МР.

Основные результаты

В диссертации рассматривается одно из возможных направлений, заключающееся в создании системы управления промышленными манипуляторами, основанной на использовании современных принципов и подходов. Автор предлагает использовать обобщенную математическую модель, описывающую манипулятор для реализации алгоритмов управления, позволяющих добиться высокого качества управления за счет компенсации возмущений. В качестве аппаратной базы для решения имеющейся задачи автором предлагается использование контроллера движения.

Автором были проведены исследования методов управления манипуляционными роботами и разработан опытный образец системы управления позволяющей учитывать влияние возмущений, возникающих при перемещении манипулятора. Этапы исследований и результаты рассмотрены в диссертации в логичной и обоснованной форме.

К основным результатам работы можно отнести следующие:

- 1) принципы построения аппаратной и программной архитектуры, позволяющие разработать СУ МР, соответствующую требованиям, предъявляемым современной промышленностью, а также управлять не только манипуляционными роботами, но и близкими категориями оборудования, что позволяет использовать различные виды МР, станков и других устройств для создания гибких производственных систем;
- 2) обобщённую математическую модель манипулятора, которая даёт возможность осуществлять формирование траектории перемещения рабочего органа манипулятора с учетом рассчитанных моментов, действующих на него, что в итоге позволяет повысить точность перемещения;
- 3) варианты реализации регуляторов положения, позволяющие осуществлять контурно-позиционное управление звеньями манипулятора при существенных изменениях сил, действующих на них, для которых разработана методика настройки параметров для использования в различных режимах работы с применением двухкритериального подхода, основанного на оценке качества управления при различных задающих воздействиях;
- 4) опытный образец, построенный на основании предложенных принципов, результаты испытаний которого подтвердили соответствие разработанной СУ МР существующим технологическим требованиям.

Рекомендации по использованию результатов

Полученные результаты могут быть использованы для решения задач управления манипуляционными роботами как независимо, так и в составе производственных комплексов. При дальнейших исследованиях полученные математические модели могут являться базой для создания более сложных теоретических моделей, позволяющих учесть факторы, не рассмотренные в диссертации, а также в учебном процессе для исследования принципов управления манипуляционными роботами.

Научная новизна

Научная новизна работы определяется разработкой и реализацией новых подходов к решению проблемы управления промышленным манипуляционным роботом и заключается в следующем:

1) предложены структура и принципы построения СУ МР, основанной на двухпроцессорной архитектуре с применением контроллера движения и промышленного компьютера, позволяющая эффективно распределять и решать задачи расчёта траектории, логического контроля и управления электроприводами;

2) разработана обобщённая математическая модель МР, включающая модель для расчёта прямой и обратной задач кинематики, динамическую модель, позволяющую вести расчёт моментов, действующих на звенья, и электромеханическую модель;

3) разработана методика оптимизации расчётов динамической модели, использующей метод Лагранжа-Эйлера, основанный на минимизации времени вычислений при сохранении желаемого качества управления;

4) предложены варианты построения регуляторов положения и получены интегральные оценки качества СУ МР, которые определяют границы их рационального использования для различных режимов работы.

Обоснованность и достоверность результатов

Проведенное исследование можно охарактеризовать как научно обоснованное и завершённое, обеспечивающее базу для дальнейшего развития. Обоснованность подтверждается использованием существующих методов исследования в области теории автоматического управления, электрических машин, численных методов решения систем уравнений, векторно-матричного и операционного исчисления, а также применения математического моделирования. Автором проведены эксперименты на опытном образце, результаты которых подтверждают выводы теоретических исследований.

Практическая ценность

Практическую ценность имеют следующие результаты работы:

1) аппаратная реализация, алгоритмы и программное обеспечение СУ МР с использованием контроллера движения и промышленного компьютера;

2) структура программных средств СУ МР, реализуемых в составе двухпроцессорной архитектуры, и способы распределения вычислительных ресурсов между задачами системного и прикладного уровней;

3) методика настройки СУ МР с использованием двухкритериального подхода на основе применения различных форм тестовых сигналов и формирования заданных показателей точности и быстродействия при контурно-позиционных перемещениях;

4) формат и реализация языка программирования, основанного на структурированном представлении данных и позволяющем эффективно описывать сложные управляющие алгоритмы.

Замечания по диссертационной работе

1) исследования, проведенные в работе, основываются на использовании известных параметров манипулятора, при этом не рассматриваются вопросы, связанные с их оценкой в случае, если точные данные отсутствуют или недостаточно документированы;

2) при создании динамической модели не рассмотрено насколько велико влияние отдельных факторов на манипулятор, а также не приведена оценка влияния таких факторов как трение и упругость в механических передачах;

3) при создании алгоритмов управления в диссертации рассматривается только контур положения, при этом в работе не указывается структура построения контуров тока и скорости;

4) при выборе между полиномиальным и ПИД-регулятором предлагается оценить вычислительные затраты на расчет математической модели с различной точностью вычислений, на наш взгляд было бы целесообразно привести численные оценки для рассмотренных случаев;

5) при описании структуры программных средств не указаны временные соотношения между процессами, а также требования по производительности, предъявляемые к контроллеру движения.

Заключение

Несмотря на высказанные замечания, диссертационная работа Варкова А.А. на тему «Разработка и исследование системы управления манипуляционным промышленным роботом на базе контроллера движения» на соискание ученой степени кандидата технических наук представляет собой научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований решены задачи, имеющие важное значение для развития

промышленности, прежде всего для обновления и замены существующего оборудования.

Основные положения подкреплены теоретическими и экспериментальными исследованиями, отраженными в виде графиков и рисунков. Каждая глава и диссертация в целом содержат выводы по достигнутым результатам. Основные этапы, выводы и результаты приведены в автореферате.

Основные материалы работы полностью отражены в научных публикациях, представленных соискателем ученой степени.

Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Диссертация соответствует требованиям, предъявляемым ВАК России к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, в том числе пункту 9 «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а её автор Варков Артем Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 «Электротехнические комплексы и системы».

Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании кафедры «Электротехники и прецизионных электромеханических систем» ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», протокол № 4 от «06» апреля 2016 года.

Заведующий кафедрой
«Электротехники и прецизионных
электромеханических систем»
ФГАОУ ВО «Санкт - Петербургский
национальный исследовательский
университет информационных
технологий,

механики и оптики» к.т.н., доцент,

Кронверкский проспект, д.49

г. Санкт-Петербург, 197001

+7(812)233-83-36

tomasov@ets.ifmo.ru

Томасов

Томасов Валентин Сергеевич

Подпись
удостоверяю
Специалист О
Университета



Томасов В.С.