

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

На правах рукописи

Поздняков Виктор Сергеевич

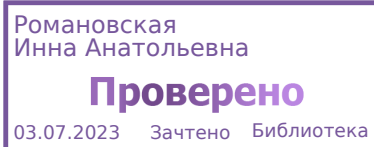
Синтез оптимальной адаптивной системы управления

Направление подготовки

27.04.04 «Управление в технических системах»

АВТОРЕФЕРАТ

МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ



2023

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре
государственный университет»

Научный руководитель

Кандидат технических наук,
доцент кафедры
Горькавый Александр Иванович

Рецензент

Кандидат технических наук,
главный инженер,
ООО «Одиссей-Т»
Бакаев Виктор Викторович

Защита состоится « 30 » июня 2023 года в 9 часов 00 мин на заседании государственной экзаменационной комиссии по направлению подготовки 27.04.04 «Управление в технических системах» в Комсомольском-на-Амуре государственном университете по адресу: 681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27, ауд. 104/3.

Автореферат разослан ____ июня 2023 г.

Секретарь ГЭК

А.В. Бузикаева

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Промышленная робототехника, на данный момент, является одной из наиболее востребованных направлений развития в промышленности и автоматизированного производства, прежде всего – в машиностроении. Роботы применяются в широком диапазоне технологических задач: от транспортировки массивных или крупногабаритных грузов и упаковки, до сложных и высокоточных технологических процессов (точная сварка, покраска, плазменная резка металлов и т.д.). Одним из основных преимуществ промышленного робота является возможность быстрой перенастройки для выполнения задач, которые требуют разной последовательности и характера манипуляционных действий. Это делает применение роботов особенно эффективным в условиях, когда требуется частая смена объектов производства, а также для автоматизации низкоквалифицированного ручного труда. Однако эффективность использования промышленных роботов для автоматизации различных производственных процессов существенно зависит от их точности.

Одним из основных элементов промышленного робота является так называемые мехатронные модули, обеспечивающие движение его элементов. Модуль включает в себя двигатель, привод, датчики и систему управления, для которой чрезвычайно важны такие показатели как быстродействие и точность.

В рамках данной работы будет рассматриваться формирование адаптационных свойств для системы управления мехатронным модулем.

Объектом исследования является система управления мехатронным модулем промышленного робота.

Предметом исследования является придание адаптивных свойств мехатронному модулю в процессе движения в условиях изменения параметра.

Целью данной диссертационной работы является повышение точности позиционных и траекторных движений мехатронных модулей в условиях

изменения инерционности манипуляционного механизма. Для достижения поставленной цели, необходимо выполнить следующие **задачи**:

1. Выполнить обзор существующих методов повышения точности в адаптивных системах управления.
2. Определить векторно-матричное описание и выполнить расчет мехатронного модуля силовой части.
3. Выполнить моделирование исследуемой системы и проанализировать ее работу, используя методы:
 - модального управления;
 - оптимального управления.
4. Разработать систему управления с многоструктурным регулятором.
5. Разработать адаптивную систему на основе организации скользящего режима.
6. Разработать систему с вариацией оптимальных настроек.
7. Выполнить разработку адаптивной системы с наблюдающим устройством.
8. Выполнить разработку беспойсковой самонастраивающейся системы управления мехатронным модулем с модальным регулятором.

Методы научного исследования основаны на системном анализе, синтезе систем автоматического управления, математическом моделировании, анализе результатов моделирования, теории автоматического управления.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Принцип построения системы управления с многоструктурным оптимальным регулятором.
2. Принцип построения системы управления с многоструктурным адаптивным регулятором на основе организации скользящего режима.
3. Разработка структуры и расчет беспойсковой оптимальной адаптивной системы управления.

Научная новизна:

Результаты разработанных систем, включающих в себя объединение методов синтеза наблюдающих устройств и формирования системы с переменной структурой с расчетом параметров изменяемых структур в режиме реального времени.

Сформулированы подходы к построению оптимальных адаптивных систем управления мехатронным модулем и дана оценка эффективности их функционирования.

Практическая значимость и реализация.

Заключается в том, что результаты разработанных адаптивных систем в дальнейшем могут быть использованы в качестве базы исследовательской и проектной деятельности, с целью усовершенствования или модифицирования, а также при построении других автоматизированных систем, в которых осуществляется изменение параметра(-ов) в процессе работы.

Апробация результатов работы. Основные результаты работы докладывались на следующих конференциях:

1. IV Международная научно-практическая конференция: «Производственные технологии будущего: от создания к внедрению», (Комсомольск-на-Амуре, 16-26 февраля 2021 г.);

2. V Международная научно-практическая конференция: «Производственные технологии будущего: от создания к внедрению», (Комсомольск-на-Амуре, 6-11 декабря 2021 г.);

3. V Всероссийская национальная научная конференции молодых ученых: «Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований», (Комсомольск-на-Амуре, 11-15 апреля 2022 г.);

4. VI Всероссийская национальная научная конференции молодых ученых: «Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований», (Комсомольск-на-Амуре, 10-14 апреля 2023 г.).

Публикации. Основное содержание по теме диссертации опубликовано в материалах четырех научно-технических конференциях.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения. Полный объем диссертации составляет 118 страниц, включая 81 рисунок и 6 таблиц. Список литературы содержит 40 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи диссертационной работы для ее достижения, изложена научная новизна.

В первой главе приведены общие сведения о применении мехатронных модулей и промышленных роботов в машиностроении. Приводится обзор роботизированных технических комплексов и дана оценка их функциональным возможностям. Сформированы требования к мехатронным модулям на основе анализа характеристик промышленных роботов и робототехнических систем. Выполнен обзор существующих решений по приданию адаптивных свойств системе управления мехатронным модулем.

Во второй главе описана характеристика адаптивного и оптимального подхода к синтезу систем управления. Приводятся сведения о модальном и оптимальном управлении.

В третьей главе составлено векторно-матричное описание силовой части мехатронного модуля. Произведены расчеты регуляторов на методах модального и оптимального управления. Проведено моделирование системы управления с рассчитанными регуляторами, дана оценка робастности.

В четвертой главе разработаны различные оптимальные, адаптивные и оптимально-адаптивные системы управления мехатронным модулем. Приведены результаты моделирования каждой из систем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1 Проведен анализ способов адаптации, применимые к системам управления.

2 Разработана система с многоструктурным регулятором, которая обеспечивает движение близкое к эталону за счет переключения оптимальных регуляторов, тем самым позволяет улучшить качество переходного процесса и быстродействие.

Полученные результаты моделирования демонстрируют высокое быстродействие при времени переходного процесса $t_{пп} = 0,8$ с. в условиях изменяющихся параметров силовой части мехатронного модуля, значения которых выходят за установленные пределы рассчитанных регуляторов ($0,3J_n \leq J_n \leq 1,7J_n$).

3 Выполнен синтез системы на основе организации скользящего режима. Показано, что введение релейного элемента позволяет повысить быстродействие системы без изменения настроек оптимальных регуляторов.

Результаты исследования показали, что реакция системы на задающее воздействие полностью соответствует эталонной модели, тем самым обладает высокими точностными характеристиками в достаточно широких пределах изменениях инерционности манипуляционного механизма ($0,1J_n \leq J_n \leq 10J_n$). Однако для функционирования данный способ требует больших затрат энергии, так как релейный элемент все время переключается и формирует пульсации тока, даже в установившемся режиме.

4 Синтезирована система с вариацией оптимальных настроек, позволяющая осуществлять выбор режима работы объекта управления на наиболее приемлемое движение, то есть, переключать регуляторы в зависимости от требуемых интегральных показателей критерия оптимальности (угловое перемещение, угловая скорость, расход энергии, ЭДС). Результаты моделирования демонстрируют высокую точность работы системы в достаточно широких пределах изменениях ($0,1J_n \leq J_n \leq 10J_n$).

5 Произведено моделирование адаптивной системы с наблюдающим устройством, которое позволяет идентифицировать значение текущего момента инерции и активировать соответствующий ему заранее настроенный оптимальный регулятор. При построении оптимальных регуляторов в интегральном критерии качества высокое значение было присвоено коэффициенту $q_1 = 10^7$, который отвечает за быстродействие системы.

6 Разработана беспойсковая самонастраивающаяся система управления мехатронным модулем с модальным регулятором, позволяющая формировать постоянство требуемых по условиям функционирования динамических характеристик системы в условиях параметрической неопределенности. Также была приведена процедура расчета коэффициентов модального регулятора. Исследования показали, что полученная система управления меняет структуру в пределах $0,1J_n \leq J_n \leq 10J_n$ длительностью переходного процесса $t_{пп} = 0,3$ с. и обеспечивает быстродействие и плавность характеристик скорости, контура положения. Полученный научный результат подтвержден моделированием.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1 Поздняков, В. С. Многоструктурный регулятор в системе управления мехатронным модулем / В. С. Поздняков, А. И. Горькавый // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению : материалы IV Между-нар. науч.-практ. конф., Комсомольск-на-Амуре, 16-26 февраля 2021 г. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2021. – С. 21-24.

2 Поздняков, В. С. Адаптивная система управления мехатронным модулем / В. С. Поздняков, А. И. Горькавый // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению : материалы V Между-нар. науч.-практ. конф., Комсомольск-на-Амуре, 6-11 декабря 2021 г. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2022. – С. 12-16.

3 Поздняков, В. С. Синтез адаптивной системы управления с вариацией оптимальных настроек / В. С. Поздняков, А. И. Горькавый // V Всероссийская

национальная научная конференция молодых учёных «Молодёжь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований» : материалы V Всеросс. нац. науч. конф., Комсомольск-на-Амуре, 11-15 апреля 2022 г. : в 4 ч. / редкол. : А. В. Космынин. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КНАГУ», 2022. – Ч. 1. – С. 71-73.