

ОТЗЫВ

официального оппонента к.т.н., доцента Демидовой Галины Львовны на диссертационную работу соискателя Нгуен Ван Ланя на тему «Исследование системы управления следящими электроприводами оптико-механического комплекса на движущемся основании», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2 – Электротехнические комплексы и системы.

1. Актуальность темы диссертационной работы

Следящие оптико-механические комплексы нашли свое применение во многих областях, таких как астрономия, спутниковая связь, геолокационные, робототехнические системы. Такие системы позволяют обеспечивать стабильность изображения при захвате телескопом объекта, такого как спутник или исследуемая звезда, и осуществлять дальнейшее сопровождение с прецизионной точностью. Современные следящие оптико-механические комплексы представляют собой симбиоз сложных систем, включающих в себя как системы управления самим техническим объектом (управление перемещением роботизированного комплекса), так и системы управления энергетическими показателями в таких системах. Зачастую математическое описание таких систем, необходимое для корректного построения традиционных систем управления, сложно реализуемо в связи с нелинейностями как самой структуры таких систем, так и внешних воздействий, действующих на объекты управления. В частности, в следящих оптико-механических комплексах на подвижном основании основные внешние нелинейности вызваны наличием вибрации от неравномерности поверхностей при передвижении объекта, а также наличия трения и

упругости механических конструкций.

Таким образом, электроэнергетические и электромеханические подсистемы следящих электроприводов оптико-механических комплексов на движущемся основании, построенные на основе традиционных структурных решений и алгоритмов, зачастую не могут в полной мере обеспечить выполнение требований, предъявляемых к подобным прецизионным устройствам, что создаёт предпосылки к использованию адаптивных методов управления, а также методов машинного обучения и искусственного интеллекта.

Диссертационная работа Нгуен Ван Ланя посвящена синтезу систем управления следящими электроприводами оптико-механического комплекса на движущемся основании с применением методов управления с прогнозированием, а также алгоритмов на базе нейронных сетей для нивелирования влияния возмущений при передвижении объекта по дорожному покрытию. В связи с вышеизложенным, тема рассматриваемой диссертации, безусловно, является актуальной.

2. Научные результаты диссертационной работы

В диссертации получены следующие научные результаты:

1. Синтезирована математическая модель системы электропривода направляющего канала оптико-механического комплекса (ОМК) на подвижном основании двухмассовой и трехмассовой систем с учетом наличия упругости, зазора и трения. Изучены виды возмущений, влияющих на работу системы электропривода ОМК. Прежде всего возмущения, причиной которых является качество дорожного покрытия.

2. Разработана методика синтеза бездатчикового векторного управления синхронным двигателем с постоянными магнитами с использованием

адаптивного расширенного фильтра Калмана при работе ОМК в низкоскоростном режиме.

3. Синтезирован регулятор скорости с прогнозированием системы электропривода ОМК с использованием наблюдателя Эльмана и наблюдателя на основе адаптивного расширенного фильтра Калмана (АРФК). Наблюдатель АРФК производит оценку переменных состояния, таких как упругие моменты и угловые скорости масс систем электропривода ОМК, представляющую собой двухмассовую и трехмассовую системы при наличии упругости, зазора, сухого трения и влияния рельефа дорожного покрытия.

4. Синтезирован наблюдатель переменных состояния объекта управления и внешних возмущений на основе нейронной сети Элмана для оценки неизмеряемых нелинейных возмущений системы от влияния дорожного покрытия.

3. Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, обеспечиваются:

- корректным использованием методов современной теории автоматического управления;
- строгостью используемых математических методов, результатами численных расчетов и моделирования;
- апробациями на конференциях и публикациями полученных результатов в рецензируемых отечественных и зарубежных изданиях, индексируемых в SCOPUS

- наличием патента № 193607 Устройство управления электроприводом нелинейных объектов на основе нейронных сетей (Белов М.П., Чан Хыу Фыонг, Нгуен Вань Лань)
- наличием нескольких свидетельств о регистрации программы для ЭВМ

4. Ценность для науки и практики

Ценность проведенной работы для науки и практики состоит в разработке математических моделей и методик синтеза регуляторов в системе векторного управления синхронным двигателем с постоянными магнитами в низкоскоростном режиме на основе наблюдателя состояния с использованием адаптивного расширенного фильтра Калмана и системы дискретного управления с прогнозированием применительно к следящим электроприводам ОМК на подвижном основании, позволяющая компенсировать упругие колебания и обеспечивающая заданные параметры слежения осей ОМК и компенсации внешних возмущений в виде вибрации при движении автомобиля по дороге, разработке методики синтеза компенсации внешних возмущений на базе рекуррентной нейронной сети Элмана, позволяющей определить величины флуктуирующей составляющей возмущения. Данная методика может применяться в широком классе систем автоматического управления робототехническими комплексами, имеющими упругие связи в своей структуре и нелинейные внешние возмущения. Разработаны имитационные модели цифровой системы управления электроприводами наведения ОМК при воздействии возмущений в программной среде MATLAB/Simulink, применяемые в учебном процессе при подготовке бакалавров и магистрантов как в РФ, так и за рубежом.

5. Общая оценка диссертационной работы

Диссертационная работа выполнена на актуальную тему и посвящена вопросам разработки методов и алгоритмов управления следящими электроприводами ОМК на автомобиле, улучшающих динамические характеристики при влиянии упругости, зазора, трения и нелинейных возмущений дорожного покрытия. Содержание работы соответствует паспорту специальности 2.4.2 - «Электротехнические комплексы и системы».

В качестве замечаний по диссертационной работе можно отметить следующие:

1. В главе 1 корректнее было бы привести кинематическую схему механической системы ОМК, находящегося на средстве передвижения после схематичного изображения системы рис.1.
2. Из подглавы 1.3.4. не ясно какие именно переменные измеряемы, а какие наблюдаемы?
3. Чем обусловлен выбор максимального значения белого шума при окончательном выборе модели момента сторонних сил в виде неравномерности дорожного покрытия?
4. Рисунок 2.4. декларирует, что выходной переменной является скорость. Так ли это?
5. Чем обоснован выбор П-регулятора в контуре управления положения при синтезе системы управления СДПМ? Какие изначальные критерии качества? Удовлетворяет ли им такая прецизионная система, как ОМК?
6. Не приведены критерии оптимальности при синтезе дискретного адаптивного фильтра Калмана. Из приведенного анализа системы не ясно, предъявлялись ли требования к динамическим показателям качества системы и подлежали ли рассмотрению данные вопросы. Также не приведены характеристики и параметры «низкоскоростного» и «нормального» режима работы.

7. В главе 3 декларируется использование П-регуляторов тока и момента. Чем обоснован выбор таких регуляторов?
8. Не приведен анализ работы ОМК с дискретным предиктивным управлением в диапазоне скоростей слежения до 10 угл.с./с., а также отсутствует анализ устойчивости разработанной системы управления.
9. В работе отсутствует анализ аппаратных средств и вычислительных мощностей на вычисление разработанных методов управления с использованием рекуррентных нейронных сетей, наблюдателя Калмана и регулятора скорости с прогнозированием.
10. Апробация работы производилась только на конференциях, проводимых непосредственно в СПбГЭТУ «ЛЭТИ».
11. На протяжении всей работы присутствует жаргон и стилистические ошибки, алгоритмы представлены в работе не по ГОСТ, описки (например, табл. 3.2 и 3.3 содержат скорость третьей массы, хотя рассматривается двухмассовая система и т.п.).

Однако данная работа вносит свой исследовательский вклад в область проектирования систем управления сложными электромеханическими комплексами с нелинейностями как в своей структуре так и во внешних воздействиях. Отмеченные недостатки не влияют на общую положительную оценку качества выполненной работы.

6. Заключение

Представленная диссертация «Исследование системы управления следящими электроприводами оптико-механического комплекса на движущемся основании» полностью соответствует требованиям пункта п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года № 842 (в ред. Постановлений Правительства РФ от 21.04.2016 N 335, от 02.08.2016 N 748, от 29.05.2017 N 650, от 28.08.2017 N 1024), предъявляемым

к кандидатским диссертациям, а ее автор, Нгуен Ван Лань, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2 – «Электротехнические комплексы и системы».

Официальный оппонент, доцент факультета Систем управления и робототехники, ведущий научный сотрудник научно-производственного центра "Прецизионная Электромеханика", Сотрудник международной лаборатории «Силовая электроника и автоматизированный электропривод», федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО», г. Санкт-Петербург.

канд. техн. наук, доцент

Демидова Галина Львовна

30 мая 2023 г.

Email: demidova@itmo.ru, Tel: +7 (812)232-50-96,
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет ИТМО»,
197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д. 49.

Подпись
удостоверяю
Менеджер ОПС
Виноградова А.Д.

