

УТВЕРЖДАЮ
директора ИПУ РАН
по научной работе,
точных наук, профессор

С.А. Краснова
«4» июня 2024 г.

Отзыв ведущей организации

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук (ИПУ РАН) на диссертационную работу Буй Ван Там «Синтез резонансных регуляторов методом разделения движений для стабилизации платформ на подвижном основании», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

1. Актуальность темы диссертации

Стабилизированные платформы широко применяются для размещения специального оборудования с целью устранения влияния колебаний подвижного основания на угловую ориентацию платформ и установленного на них оборудования. Решение проблемы подавления периодических возмущающих воздействий также является актуальным для разработки систем активной виброизоляции операторов и оборудования в промышленности. В диссертационной работе рассматривается проблема угловой стабилизации платформ, установленных на палубе корабля, в условиях действия периодических колебаний водной среды. Одним из наиболее эффективных способов подавления влияния периодических возмущений с известной частотой и неизвестной амплитудой является применение принципа внутренней модели при синтезе системы управления. Например, известны полиномиальный метод синтеза регуляторов с учетом принципа внутренней модели, метод синтеза адаптивных систем с наблюдателем гармонических возмущений. Однако известные методы синтеза селективно-инвариантных систем управления не позволяют получить аналитические расчетные соотношения для выбора параметров регуляторов.

В настоящей диссертационной работе автором предложен новый подход к синтезу селективно-инвариантных систем управления на основе реализации принципа внутренней модели возмущений и метода разделения движений. В связи с этим, диссертационная работа Буй Ван Там, посвященная синтезу резонансных регуляторов методом разделения

движений для стабилизации платформ на подвижном основании, является актуальной и представляет интерес для теории и практики синтеза систем управления.

2. Оценка структуры диссертационной работы

Диссертация Буй Ван Там состоит из введения, пяти глав, каждая из которых содержит итоговые выводы, заключения, списка литературы из 124 наименований и одного приложения. Диссертация содержит 151 страницу машинописного текста, 54 рисунка и 3 таблицы.

Во введении обоснованы актуальность темы диссертации, цели и задачи исследования, научная новизна, теоретическая и научная значимость, а также собственный вклад в работу, методы исследования, положения, выносимые на защиту, степень достоверности, апробация результатов и общие сведения о диссертации.

В первой главе приведен обзор областей применения стабилизированных платформ, кинематические схемы платформ с электрогидроприводами, обзор применяемых методов при синтезе систем управления для стабилизации платформ и математические модели стабилизированной платформы на корабле, в том числе: математическая модель гидропривода, математическая модель стабилизированной платформы для одного канала управления и математическая модель стабилизированной платформы на корабле с двумя каналами управления. Сформулированы цель и задачи диссертационного исследования.

Во второй главе разработана процедура синтеза пропорционально-интегрального (ПИ) регулятора методом разделения движения для стабилизации платформы на корабле с учетом и без учета влияния малых параметров электрогидропривода, получены расчетные соотношения для выбора параметров ПИ-регулятора методом разделения движений на основе функции чувствительности, позволяющей определять параметры регулятора исходя из требования на точность регулирования при действии гармонических возмущений. Предложены структуры ПИ-регуляторов с резонансными блоками, разработана процедура синтеза резонансных ПИ-регуляторов, позволяющая обеспечить асимптотическую сходимость к нулю угла отклонения стабилизированной платформы при действии гармонических и полигармонических возмущений, разработана методика синтеза резонансного ПИ-регулятора методом разделения движений для стабилизации платформы с учетом влияния малых параметров электрогидропривода.

В третьей главе разработана процедура синтеза методом разделения движений двухканальной системы управления с ПИ-регулятором и резонансным ПИ-регулятором для стабилизации платформы с жесткими кинематическими связями платформы и палубы корабля. Показано, что

разработанная методика синтеза двухканальной системы управления применима как для случая гармонического возмущающего воздействия, так и для полигармонического возмущения в виде суммы гармонических воздействий. Показано, что применение метода разделения движений позволяет упростить процедуру выбора параметров регулятора и обеспечить требования к показателям качества динамических процессов в замкнутой системе управления в условиях неполной информации о параметрах модели стабилизированной платформы. Результаты аналитического анализа и численного моделирования показали, что использование предлагаемого резонансного ПИД-регулятора позволяет обеспечить инвариантность углового положения платформы в установившемся режиме по отношению к действию внешних гармонических возмущений.

В четвертой главе рассмотрена математическая модель системы стабилизации положения упругого подвеса. Разработана методика синтеза ПИД-регулятора и резонансного ПИД-регулятора для системы стабилизации положения упругого подвеса методом разделения движений. Разработана методика вычисления параметров ПИД-регулятора на основе функции чувствительности. Показано, что предлагаемая процедура синтеза резонансного ПИД-регулятора методом разделения движения для стабилизации положения упругого подвеса позволяет обеспечить свойство асимптотического стремления к нулю отклонения подвеса при действии гармонических и полигармонических возмущений.

В пятой главе рассмотрена математическая модель стабилизированной платформы для случая упругой кинематической связи платформы и штоков гидроцилиндров. Разработана процедура синтеза двухканального ПИД-регулятора для стабилизации платформы на корабле на основе метода разделения движений. Разработана методика синтеза ПИД-регулятора как для случая гармонического возмущающего воздействия, так и для полигармонического возмущения. Показано, что применение метода разделения движений позволяет упростить процедуру выбора параметров ПИД-регулятора исходя из требований к динамическим процессам в замкнутой системе управления в условиях неполной информации о параметрах модели стабилизированной платформы. Результаты численного моделирования показали, что использование предлагаемого двухканального ПИД-регулятора позволяет обеспечить инвариантность углового положения платформы в установившемся режиме по отношению к действию внешних гармонических возмущений с известной частотой и неизвестной амплитудой гармонических возмущений.

В заключении диссертации сформулированы результаты исследования, соответствующие поставленным задачам. Перечислены результаты внедрения научных положений, полученных в диссертационной работе, на предприятии и в учебном процессе.

В приложении приведены копии актов об использовании и внедрении результатов диссертационной работы на предприятии и в учебном процессе.

3. Методы исследования

Результаты диссертационной работы были получены автором с использованием методов теории автоматического управления, методов анализа и синтеза разнотемповых процессов в динамических системах, линейной алгебры, аппарата функций чувствительности. При выполнении численных экспериментов использовался математический пакет MATLAB/Simulink.

4. Новые научные результаты, полученные автором

1. Разработана методика синтеза ПИ-регуляторов для угловой стабилизации платформ методом разделения движений с учетом влияния малых инерционностей электрогидропривода.

2. Разработана методика синтеза ПИ и ПИД-регуляторов для угловой стабилизации платформ на основе метода разделения движений и функции чувствительности с заданной степенью подавления гармонических возмущений.

3. Предложены новые структуры резонансных алгоритмов управления для стабилизации платформ, позволяющие обеспечить асимптотическую устойчивость углового положения платформ при гармонических и полигармонических возмущениях.

4. Разработана методика синтеза резонансных ПИ и ПИД-регуляторов для одноканальных и многоканальных систем угловой стабилизации платформ, позволяющая осуществить выбор параметров резонансных компонент регулятора независимо от выбора параметров компонент ПИ и ПИД-регуляторов.

5. Теоретическая и практическая значимость результатов, полученных автором диссертации

1. Предложены новые структуры и методики расчета резонансных алгоритмов управления на основе формирования в замкнутой системе разнотемповых процессов для обеспечения асимптотической устойчивости процессов по регулируемым переменным при гармонических возмущениях для стабилизации платформ на подвижном основании.

2. Результаты диссертационной работы были использованы при разработке резонансных алгоритмов управления для электрогидроприводов стенов прочностных испытаний в Сибирском научно-исследовательском институте авиации имени С. А. Чаплыгина (СибНИА, г. Новосибирск).

3. Результаты диссертационной работы были использованы в учебном процессе Новосибирского государственного технического университета.

6. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается:

– корректностью расчетных соотношений и методов теории систем автоматического регулирования;

– согласованностью результатов численного моделирования с расчетными данными и с результатами практической апробации, что подтверждается актом об использовании результатов диссертационного исследования на предприятии;

– апробацией результатов диссертации на конференциях различного уровня и публикациями в рецензируемых изданиях.

Цель диссертационной работы и вытекающие из нее задачи изложены корректно, полученные результаты являются реализуемыми и практически значимыми. Теоретической основой диссертации являются труды отечественных и зарубежных исследователей в области теории автоматического регулирования и теории инвариантных систем. По приведенным ссылкам можно сделать вывод о достаточной полноте исследования диссертантом рассматриваемых вопросов.

7. Соответствие паспорту специальности

Область исследования соответствует паспорту специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика по следующим пунктам:

п. 2. Формализация и постановка задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта;

п. 4. Разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта;

п. 14. Разработка принципиально новых методов анализа и синтеза элементов систем управления с целью улучшения их технических характеристик.

8. Публикации по теме диссертации

По теме диссертационной работы опубликовано 10 печатных работ, из них 2 работы – в рецензируемых журналах из списка ВАК категории К2 по специальности 2.3.1 (технические науки), 5 работ – в изданиях, индексируемых в базах данных Scopus/WebofScience.

Публикации автора в полной мере отражают результаты исследований, которые были апробированы на научных международных и всероссийских конференциях.

9. Соответствие автореферата содержанию диссертации

Автореферат в достаточной степени отражает содержание диссертационной работы. В автореферате представлены основные положения диссертации и список работ автора, в которых опубликованы основные результаты диссертационного исследования.

10. Замечания по диссертационной работе

Учитывая, что диссертационная работа имеет явную прикладную направленность, отметим следующие замечания по работе.

1. Используемая в работе линеаризация уравнения расхода рабочей жидкости гидроцилиндра (1.25) в нулевом положении золотника может приводить к нарушению работоспособности предложенных алгоритмов при отклонении рабочего режима золотника от нулевого положения.

2. Не понятно, что обозначено частными производными в уравнении (1.22) с учетом (1.20).

3. Предположение о знании частоты гармонических возмущений мало реалистично на практике и требует дополнительных комментариев. Следовало бы воспользоваться методами теории адаптации и идентификации или робастной теорией.

4. Использование простой модели (апериодическое звено) электрогидравлического привода (1.23) позволяет автору пренебречь его динамикой и использовать в качестве модели объекта управления интегральное звено (1.30). Естественно, что автор исследует вопросы влияния неучтенной динамики электрогидравлического привода в линеаризованной и упрощенной модели объекта управления, но остается неясным вопрос о функционировании предположенной системы стабилизации платформы применительно к более реалистичной модели объекта управления (с учетом нелинейных элементов и увеличенным порядком).

5. Не очень удачно оформлены графические материалы, в частности, часто отсутствуют графики ошибок.

6. Есть грамматические и стилевые ошибки, но, в целом, работа вполне читаемая.

Отмеченные замечания не снижают теоретическую и практическую значимость диссертационной работы.

11. Общее заключение по диссертации

Диссертационная работа Буй Ван Там на тему «Синтез резонансных регуляторов методом разделения движений для стабилизации платформ на подвижном основании» является логически изложенной, завершенной и самостоятельной научно-квалификационной работой, в которой представлены научно-обоснованные технические решения, направленные на

повышение точности угловой стабилизации платформ при действии гармонических внешних возмущений.

Диссертационная работа «Синтез резонансных регуляторов методом разделения движений для стабилизации платформ на подвижном основании» соответствует всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук и установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года № 842, с изменениями от 22 сентября 2022 года, а ее автор, Буй Ван Там, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Отзыв обсужден и одобрен на заседании расширенного семинара лабораторий №№ 7, 16, 37, 90, протокол №5 от 30 мая 2024 г.

Руководитель семинара,
главный научный сотрудник ИПУ РАН,
и. о. заведующего лабораторий № 16
«Нелинейных систем управления
им. Е.С. Пятницкого»
доктор технических наук
профессор

Служебный адрес:

117997, ГСП-7, Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 65

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова Российской академии наук (ИПУ РАН),

телефон: +7 495 334-89-10, факс: +7 495 334-93-40,

E-mail: dan@ipu.ru, <https://www.ipu.ru>

*Отзыв получен в ответ
19.06.2024 Вайн*

*С отзывом ознакомлен
20.06.2024 ВД*