

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, доцента Колюбина Сергея Алексеевича на диссертационную работу Буй Ван Там по теме «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 диссертационного исследования

Разработка эффективных методов синтеза одноканальных и многоканальных систем управления для многомерных динамических объектов в условиях действия периодических возмущений является важной научно-технической задачей современной теории и практики автоматического регулирования. В частности, необходимость решения данной задачи возникает при разработке высокоточных систем угловой стабилизации платформ, установленных на палубе корабля при действии волновых колебаний водной среды. Особую важность в современных исследованиях данной проблемы приобретают вопросы повышения точности функционирования систем угловой стабилизации платформ в условиях неполной информации о параметрах математической модели платформы и внешних возмущениях. В диссертации развивается один из возможных подходов к синтезу селективно-инвариантных систем управления для угловой стабилизации платформ на основе реализации принципа внутренней модели возмущений и метода разделения движений. Предлагаемый подход позволяет предложить методики синтеза алгоритмов управления, которые могут быть использованы при изменении параметров платформы и внешних возмущений в широких пределах при эксплуатации системы управления. В связи с этим тема диссертационного исследования Буй Ван Там представляется актуальной как для развития теории синтеза систем угловой стабилизации платформ в условиях волновых

возмущений, так и для расширения области практического применения стабилизируемых платформ.

2. Структура диссертации

Диссертация включает введение, пять глав, заключение, список литературы из 124 наименований и одно приложение. Диссертация изложена на 151 странице машинописного текста, включая 54 рисунка и 3 таблицы.

Во введении показана актуальность исследования, представлен обзор современного состояния исследований в данной области, сформулированы цели и задачи диссертационного исследования, новизна полученных результатов, изложена структура, основные положения диссертационной работы и краткое содержание ее разделов.

В первой главе представлен обзор примеров применения стабилизированных платформ, рассмотрены кинематические схемы платформ с электро-гидроприводами в качестве исполнительных механизмов, рассмотрены математическая модель электрогидропривода, математическая модель стабилизированной платформы для одного канала управления и математическая модель стабилизированной платформы на корабле с двумя каналами управления. Сформулированы цель диссертационного исследования и задачи, которые необходимо решить в данной работе.

Во второй главе предложены процедуры синтеза пропорционально-интегрального (ПИ) регулятора методом разделения движения для угловой стабилизации платформы на корабле. Рассматриваются варианты методики расчета параметров регулятора как для упрощенной модели электрогидропривода, так и для модели электрогидропривода с учетом его малых параметров, которые обусловлены динамикой перемещений электромеханизма золотника и рабочей жидкости гидроцилиндра. Предложена методика расчета параметров ПИ-регулятора методом разделения движений на основе применения функции чувствительности, которая позволяет учесть требование на степень подавления влияния гармонических возмущений. Предложены новые

структуры резонансного ПИ-регулятора и методика расчета его параметров, применение которых позволяет обеспечить асимптотическую устойчивость углового положения платформы при гармонических и полигармонических возмущениях. Приведены примеры с результатами численного моделирования.

В третьей главе разработаны процедуры синтеза методом разделения движений двухканальной системы управления с ПИ-регулятором и резонансным ПИ-регулятором для математической модели платформы с жесткой кинематической связью платформы и штока гидроцилиндра. Показана эффективность разработанных методик синтеза для подавления влияния гармонических и полигармонических возмущений. На основе результатов аналитического анализа и численного моделирования показано, что предлагаемые резонансные ПИ-регуляторы позволяют обеспечить селективную инвариантность углового положения платформы по отношению к внешним гармоническим возмущениям.

В четвертой главе рассмотрена математическая модель упругого подвеса и разработана процедура расчета на основе метода разделения движений для пропорционально-интегрально-дифференциального (ПИД) регулятора и резонансного ПИД-регулятора для стабилизации положения подвеса. Разработана методика применения функции чувствительности для вычисления параметров ПИД-регулятора. Показано, что предлагаемая методика синтеза резонансного ПИД-регулятора позволяет обеспечить асимптотическую устойчивость положения подвеса при действии гармонических и полигармонических возмущений.

В пятой главе рассмотрена математическая модель платформы с упругими кинематическими связями платформы и штоков гидроцилиндров. Разработана процедура синтеза методом разделения движений двухканального резонансного ПИД-регулятора для угловой стабилизации платформы. Разработана методика синтеза резонансного ПИД-регулятора при гармонических и

полигармонических возмущениях. Показано, что применение предлагаемого резонансного двухканального ПИД-регулятора позволяет обеспечить инвариантность углового положения платформы по отношению к гармоническим возмущениям с известной частотой и неизвестной амплитудой возмущений.

В заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы.

В приложении приведены акты о внедрении результатов диссертационного исследования.

3. Достоверность и обоснованность научных положений, рекомендаций и выводов

Основные положения, выводы и рекомендации диссертационной работы достаточно обоснованы и аргументированы корректным применением математического аппарата. Достоверность полученных соотношений и выводов также подтверждается хорошим согласованием результатов численного моделирования с результатами математического анализа. Важным подтверждением достоверности полученных результатов является практическая апробация предложенных резонансных алгоритмов на экспериментальном электрогидравлическом стенде прочностных испытаний в Сибирском научно-исследовательском институте авиации имени С. А. Чаплыгина (СибНИА, г. Новосибирск), что подтверждается актом об использовании результатов диссертационного исследования.

4. Новизна научных положений, выводов и рекомендаций

В диссертационной работе предложены новые структуры резонансных алгоритмов управления и разработаны методики расчета их параметров на основе реализации принципа внутренней модели возмущений и метода разделения движений для синтеза селективно-инвариантных систем управления

при действии гармонических возмущений. Новизна научных результатов диссертационной работы состоит в следующем:

- разработана методика синтеза ПИ-регуляторов для угловой стабилизации платформ методом разделения движений с учетом влияния малых инерционностей электрогидропривода;

- 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.;

- предложены новые структуры резонансных алгоритмов управления для стабилизации платформ, позволяющие обеспечить асимптотическую устойчивость углового положения платформ при гармонических и полигармонических возмущениях;

- 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. Практическая значимость диссертационной работы

Практическая значимость диссертационной работы заключается в том, что реализация предлагаемых алгоритмов позволит уменьшить величину ошибки угловой стабилизации платформ на подвижном основании при действии гармонических возмущений. Результаты диссертационного исследования могут быть использованы при проектировании активных систем виброизоляции операторов промышленных установок и промышленного оборудования. Значимость научных результатов диссертации также подтверждается выступлениями на конференциях, публикациями и актами внедрения.

6. Оценка содержания диссертации

Диссертация Буй Ван Там представляет собой исследование, посвященное решению проблемы синтеза одноканальных и многоканальных систем угловой стабилизации платформ на подвижном основании при действии гармонических возмущений на основе применения метода разделения движений и принципа внутренней модели, где введение резонансных блоков в структуру регулятора позволяет обеспечить селективную инвариантность углового положения платформы в установившемся режиме в условиях действия гармонических возмущений, а применение метода разделения движений позволяет осуществить выбор параметров резонансных блоков независимо от выбора параметров ПИ и ПИД -регуляторов.

Выносимые на защиту положения достаточно полно представлены в публикациях автора, апробированы на всероссийских и международных научно-практических конференциях. Результаты исследования по теме диссертации опубликованы в 10 печатных работах, в том числе: 2 статьи в журналах (квартиль К2) из списка рекомендуемых ВАК для публикации результатов диссертационных исследований по специальности 2.3.1; 6 печатных работ в изданиях, проиндексированных в Scopus или Web of Science; 2 статьи в других изданиях.

Автореферат в полной мере отражает содержание и основные положения диссертационной работы.

7. Замечания по содержанию и оформлению диссертации

Оценивая положительно проделанную автором работу, следует указать и на определенные недостатки:

1. При выборе параметров резонансных блоков предполагается, что частота гармонических возмущений является известной. В диссертации не рассмотрены методы оценки частоты гармонических возмущений, что является

важным для практической реализации предлагаемых структур алгоритмов управления.

2. Отсутствуют оценки влияния дрейфа параметров объекта управления и вариаций частоты волновых возмущений водной среды на динамические и точностные показатели качества управления при решении задачи стабилизации платформы.

3. Для полноты представления и оценки перспектив практической применимости полученных результатов следовало бы провести сопоставительный анализ с другими методами стабилизации с парированием возмущением по критериям качества и затрат энергии на управление, а также робастности к внутренним возмущениям и шумам в измерениях.

Оформление диссертации соответствует установленным требованиям.

Отмеченные недостатки не снижают общего положительного впечатления от данной работы.

8. Оценка диссертации в целом

На основании изложенного считаю, что диссертация Буй Ван Там соответствует областям исследований 2, 4 и 14 паспорта специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика. Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны новые алгоритмы и методики синтеза резонансных регуляторов методом разделения движений для стабилизации платформ на подвижном основании, совокупность которых можно квалифицировать как значительный вклад в развитие теории синтеза систем угловой стабилизации платформ в условиях волновых возмущений. Диссертация обладает внутренним единством применяемых подходов к решению рассматриваемой проблемы, содержит новые научные результаты, которые достаточно полно опубликованы в рецензируемых научных изданиях и отражают личный вклад автора диссертации. Таким об-

разом, диссертация удовлетворяет требованиям пунктов 9, 10 и 11 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в редакции от 25.01.2024 г.), предъявляемым к кандидатским диссертациям, 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.

Официальный оппонент:

Профессор факультета систем управления и робототехники,

Федеральное государственное автономное

образовательное учреждение высшего образования

«Национальный исследовательский университет ИТМО»,

доктор технических наук, доцент

Георгий Алексеевич Колюбин

«14» июня 2024 г.

Адрес: 197101, г. Санкт-Петербур

Кронверкский проспект, д.49, лит. А.

Телефон.: +7 (812) 595-41-28

Отзыв поступил в совет
25.06.2024 Вайли

С отзывом ознакомлен

25.06.2024 [подпись]