

ОТЗЫВ научного руководителя
о диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
Мосоловой Юлии Михайловны
на тему «Стабилизация переключаемых систем в условиях
неопределённости»
по специальности 1.1.2. Дифференциальные уравнения и
математическая физика

В диссертационной работе Ю.М. Мосоловой решаются задачи разработки методов построения стабилизаторов, в том числе цифровых, для непрерывных переключаемых систем, функционирующих в условиях интервальной неопределённости. Сама переключаемая система может быть описана некоторым семейством динамических подсистем (или, по-другому, режимов) и множеством переключающих сигналов, задающих правила переключения между различными режимами. В диссертации рассмотрен случай, когда параметры этих подсистем (коэффициенты дифференциальных уравнений, описывающих режимы переключаемой системы) известны лишь приближенно. В этом случае, неточно известные коэффициенты режимов переключаемой системы можно заменить интервальными числами и, таким образом, перейти к переключаемой интервальной системе. Ставится задача – построение для линейной переключаемой интервальной системы алгоритма управления (стабилизирующего регулятора), обеспечивающего глобальную равномерную асимптотическую устойчивость соответствующей замкнутой

системы (при различных предположениях относительно самой системы и типа регулятора).

Необходимо отметить, что интерес к исследованию переключаемых систем не снижается на протяжении последних 30 лет. Это объясняется широким их использованием как для моделирования реальных процессов и технических объектов, так и для аппроксимации сложных нелинейных систем. При этом, одной из основных задач управления переключаемыми системами является задача стабилизации нулевого положения равновесия, а различные постановки исследуемой задачи стабилизации зависят, главным образом, от типов рассматриваемых переключаемых систем и стабилизирующих регуляторов.

В первой главе диссертации Ю.М. Мосоловой представлен новый подход к построению цифрового (дискретного) регулятора по выходу, стабилизирующего переключаемую интервальную линейную систему. Приводятся общая схема перехода от замкнутой непрерывно-дискретной переключаемой интервальной системы к ее дискретной модели и методы построения дискретного стабилизатора с различными предположениями относительно переключающих сигналов. При этом, основная сложность предложенного метода состояла в редукции исходной задачи к задаче стабилизации дискретной переключаемой интервальной системы. Для некоторого специального класса переключаемых интервальных систем получено достаточное условие существования стабилизирующей обратной связи. Необходимо отметить, что актуальность данной постановки задачи связана, главным образом, с массовым использованием микроконтроллеров для построения систем управления техническими объектами. При этом, в известной научной литературе предложенный в диссертации подход представлен весьма небольшим количеством публикаций.

Во второй главе автором диссертационной работы изложен разработанный метод решения задачи сверхстабилизации переключаемой интервальной линейной системы, который, по сути, сводит указанную задачу

к задаче линейного программирования. При этом, регулятор также, как и в первой главе, предполагается дискретным. Для численной реализации указанного подхода разработан программный модуль, позволяющий эффективно оценивать переходные процессы в стабилизируемой системе с использованием сверхстабилизирующего регулятора. Можно отметить простоту работы данной программной реализации, включая оптимизированный ввод данных. Основная идея данного подхода основана на свойствах решений сверхустойчивых систем, а именно, на их монотонном стремлении к нулю, что позволяет обеспечивать устойчивость замкнутой переключаемой системы при произвольных переключениях.

В третьей главе рассмотрена сложная задача стабилизации переключаемой линейной интервальной системы с режимами различных динамических порядков с возможным бесконечным числом переключений между ними. Такая постановка задачи была рассмотрена впервые. Ю.М. Мосоловой предложен метод сведения задачи стабилизации подобной переключаемой интервальной системы к задаче стабилизации переключаемой интервальной системы с режимами одинакового порядка и импульсными эффектами, для которой предложен конструктивный метод (численно реализуемый) поиска стабилизирующего регулятора.

В четвертой главе диссертации рассмотрены теоретические аспекты построения стабилизирующего регулятора переменной структуры для переключаемой интервальной системы в условиях ненаблюдаемого переключающего сигнала. Основная идея данного подхода состоит в построении стабилизирующего регулятора для каждого режима исходной системы в отдельности и далее, в обеспечении синхронности переключений регулятора и режимов. Последняя задача является достаточно сложной, поскольку требует оценки номера активного режима для замкнутой системы в процессе ее функционирования. Ю.М. Мосоловой предложен и теоретически обоснован подход, предполагающий использование неидеального наблюдателя режимов, в качестве которого может выступать, например,

искусственная нейронная сеть. При этом, неидеальность наблюдателя состоит в том, что для него не требуется стремления ошибки оценивания к нулю. Далее, построение стабилизирующих регуляторов для интервальных режимов сведено к решению системы линейных матричных неравенств, а для решения задачи устойчивости замкнутой системы при выбранных регуляторах режимов и вычисленной ошибки оценивания предложена оригинальная методика получения оценок времени задержки в переключениях.

Все результаты, полученные в работе, являются новыми, имеют теоретический характер с возможным практическим применением и вносят существенный вклад в теорию переключаемых систем, аналитическую теорию дифференциальных уравнений, теорию стабилизации динамических систем и доказаны автором самостоятельно. При работе над диссертацией автор проявил высокую математическую квалификацию и творческое мышление.

Результаты диссертации опубликованы в 16 печатных работах, из них 7 – в научных изданиях, индексируемых Web of Science, Scopus, RSCI, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ.

Автореферат соответствует требованиям и правильно отражает содержание диссертации.

Работа прошла многократную апробацию. Результаты работы обсуждались и докладывались на международных и всероссийских научных конференциях и на научных семинарах.

На основании сказанного считаю, что диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.1.2. Дифференциальные уравнения и математическая физика (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, а также оформлена согласно требованиям Положения о совете по

защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Таким образом, соискатель Мосолова Юлия Михайловна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.2. Дифференциальные уравнения и математическая физика.

Научный руководитель,
доктор физико-математических наук
профессор кафедры нелинейных динамических систем
и процессов управления
факультета вычислительной математики и кибернетики
ФГБОУ ВО «МГУ имени М.В. Ломоносова»
Фурсов Андрей Серафимович

« 16 » 05 2024г.

Контактные данные:

тел.: +7 (916) 612-89-70, e-mail: fursov@cs.msu.ru

Специальность, по которой научным руководителем защищена диссертация:
01.01.02 – Дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление.

Адрес места работы:

119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, с. 52,
ФГБОУ ВО «МГУ имени М.В. Ломоносова», факультет вычислительной математики и кибернетики, кафедра нелинейных динамических систем и процессов управления

Тел.: 7 (495) 939-56-67; e-mail: ndsipu.ctmc.msu.ru

Подпись сотрудника кафедры нелинейных динамических систем и процессов управления факультета вычислительной математики и кибернетики ФГБОУ ВО «МГУ имени М.В. Ломоносова» Фурсова А.С. удостоверяю: