

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе

Казанцев В. Б.

« 14 » 11 2016 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации – Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» на диссертационную работу Плотникова Сергея Александровича «**Управление синхронизацией и бифуркации в системах ФитцХью-Нагумо**», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.09 — Дискретная математика и математическая кибернетика.

Актуальность темы диссертации.

Диссертационная работа посвящена исследованию задач синхронизации и поиска возможных бифуркаций в неоднородных системах из связанных осцилляторов, которые образуют важный класс задач нелинейных динамических систем. Интерес к изучению подобных задач многогранен. С фундаментальной точки зрения связанные осцилляторы обладают сложной нелинейной динамикой, которая зависит от параметров системы. С прикладной точки зрения они имеют приложения в физике, биологии и технике. Одной из таких прикладных областей является исследование коллективной динамики популяций нейронов.

Известные работы по синхронизации сетей различных моделей осцилляторов сфокусированы на исследовании однородных сетей. Однако в реальных сетях параметры узлов могут быть разными, т.е. сети являются неоднородными. Задачи поиска бифуркаций и условий синхронизации в таких сетях мало исследованы даже для простейших моделей осцилляторов, одной из которых является система, описываемая нелинейными дифференциальными уравнениями второго порядка, ФитцХью-Нагумо (ФХН). Поэтому тема диссертационной работы С.А. Плотникова является актуальной.

Научная новизна результатов и выводов.

Научная новизна результатов и выводов настоящей диссертационной работы не вызывает сомнений. В целом, диссертационная работа посвящена аналитическому и экспериментальному исследованию связанных динамических неоднородных нелинейных систем, описываемых уравнениями ФХН. Для такого рода систем сформулирована задача синхронизации, то есть сближения состояний систем, а также задача поиска бифуркаций. Для решения сложных задач управления такого рода нелинейными объектами в работе наряду с классической теорией устойчивости А.М. Ляпунова применяются также методы линейных матричных неравенств (LMI) и элементы теории графов. В качестве результатов, имеющих наибольшую значимость, можно выделить следующие.

1. Получены неравенства, устанавливающие невозможность бифуркации Андронова-Хопфа, для случая двух систем ФХН и для случая однонаправленного кольца систем ФХН с различными пороговыми параметрами. Показано, что, если неравенства выполнены, то траектории систем стремятся к устойчивой предельной точке.

2. Синтезированы алгоритмы управления синхронизацией двух систем ФХН с различными пороговыми параметрами с помощью внешнего стимула и с помощью настройки силы связи. Сформулированы теоремы о достижении целей управления при управлении с помощью внешнего стимула.

3. Синтезированы алгоритмы управления синхронизацией двух систем ФХН с переменной задержкой при помощи внешнего стимула. Сформулированы теоремы о достижении цели управления.

4. Найдены оценки шага дискретизации в зависимости от силы связи, необходимые для синхронизации двух систем ФХН, в случае дискретной связи между двумя системами.

5. Получено условие синхронизации неоднородной сети из систем ФХН со связным неориентированным графом. Предложен алгоритм управления синхронизацией при помощи одинакового для всех узлов внешнего стимула и алгоритмы управления синхронизацией при помощи настройки силы связи.

Достоверность научных положений и выводов.

Достоверность научных положений и выводов подтверждается грамотной постановкой научных задач, строгостью приведенных математических доказательств и корректным применением математических методов. Отдельно стоит упомянуть хорошее согласование

результатов численного моделирования и аналитических результатов, полученных соискателем.

Теоретическая и практическая значимость полученных научных результатов.

Теоретическая и практическая значимость полученных научных результатов заключается в том, что разработанные в диссертации аналитические методы исследования синхронизации связанных неоднородных систем ФХН могут также применяться для других систем с секторными нелинейностями, в частности для других моделей нейронов. Полученные в диссертационной работе оценки для параметров управления можно легко использовать для синтеза законов управления, обеспечивающих синхронизацию систем с различными параметрами или переменной задержкой.

Рекомендации по использованию результатов работы в образовательном и технологическом процессах.

Благодаря тщательно продуманному плану и хорошему стилю изложения диссертационную работу целесообразно использовать в учебном процессе вузов как основу для лекций и лабораторных работ по перспективной тематике исследования нейронных сетей с применением современных методов исследования синхронизации. Применение результатов диссертации рекомендуется в таких вузах как Санкт-Петербургский государственный университет (г. Санкт-Петербург), Университет ИТМО (г. Санкт-Петербург), Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского (г. Нижний Новгород), Московский физико-технический институт (г. Москва), Томский государственный университет (г. Томск), Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского (г. Саратов).

Полнота опубликованных результатов и апробация работы.

Основные результаты диссертации полностью и всесторонне изложены в 10 публикациях (2 статьи в изданиях, включенных в систему цитирования Scopus, 2 статьи в изданиях, включенных в систему цитирования Scopus и Web of Science, 6 статей в сборниках трудов международных конференций).

Результаты, представленные в диссертационной работе докладывались и обсуждались на семинарах кафедры теоретической кибернетики математико-механического факультета

СПбГУ, на семинарах лаборатории управления сложными системами ИПМаш РАН и семинарах группы нелинейной динамики Технического университета Берлина, и на международных конференциях: International Student Conference «Science and Progress», Saint Petersburg, Russia, 2014, 2015; 1st Conference on Modelling, Identification and Control of Nonlinear Systems, Saint Petersburg, Russia, 2015; 7th International Scientific Conference on Physics and Control, Istanbul, Turkey, 2015; XIII Международная конференция «Устойчивость и колебания нелинейных систем управления», Москва, Россия, 2016; 6th IFAC International Workshop on Periodic Control Systems, Eindhoven, The Netherlands, 2016.

Материалы диссертационной работы использовались при выполнении работ по грантам СПбГУ (проект No 6.38.230.2015), РФФ (проект No 14-29-00142) и Правительства Российской Федерации (проект No 074-U01) и использованы в перечисленных проектах.

Замечания.

Положительно оценивая работу в целом, следует, однако, сделать несколько замечаний.

1. В диссертации основное внимание уделяется изложению аналитического решения задач управления синхронизацией и исследованию возникающих при этом бифуркаций, а также численному моделированию, что, разумеется, можно только приветствовать. Однако, на этом фоне незаслуженно мало внимания уделено важным задачам адаптивного и оптимального управления. В частности, автор не обосновывает выбор предлагаемых алгоритмов управления. Нет сравнения с другими алгоритмами управления, которые также могут обеспечить синхронизацию систем.
2. В первой главе диссертационной работы задачи поиска бифуркаций исследованы не полно. Получены только достаточные условия локальной асимптотической устойчивости систем. Исследования условий возникновения предельных циклов, а также глобального исследования поведения систем проведено не было.
3. Во второй главе работы автор исследует поведение двух связанных систем: одна из которых имеет устойчивый предельный цикл на фазовой плоскости, тогда как вторая имеет устойчивую предельную точку. Формулируются задачи синхронизации таких систем, и вводится соответствующее определение. Однако в данном случае эту задачу следует называть задачей поиска условий синхронного отклика, а не задачей синхронизации.

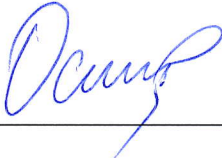
Указанные недостатки, однако, не влияют на научную и практическую значимость работы, а также общее впечатление о высокой квалификации соискателя ученой степени.

Заключение

Диссертация представляет собой завершенную научно-исследовательскую работу на актуальную тему. Новые научные результаты, полученные диссертантом, имеют существенное значение для теории управления неоднородными нелинейными связанными системами. Работа выполнена на высоком теоретическом уровне с активным использованием современных достижений нелинейной теории управления. Математически строгие выводы и рекомендации достаточно обоснованы. Работа отвечает критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор С. А. Плотников заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.09 — «Дискретная математика и математическая кибернетика».

Отзыв на диссертацию подготовлен доктором физико-математических наук Осиповым Григорием Владимировичем, обсужден и принят на заседании кафедры теории управления и динамики систем (протокол № 2 от 16 ноября 2016 г.).

Заведующий кафедрой
теории управления и динамики систем
института информационных технологий,
математики и механики
ФГАОУ ВО «Национальный
исследовательский Нижегородский
государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»,
д.ф.-м.н.


_____/Г.В.Осипов/
17.11.2016

Адрес: 603950 г. Нижний Новгород,
пр. Гагарина, д.23, корпус 2, к. 220а
Телефон: 8(831)462-33-57
Email: osipov@vmk.unn.ru

