

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной работе СПбГУ

ТУНИК С.П.



Гербовая печать СПбГУ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный университет»

Диссертация «Управление синхронизацией и бифуркации в системах ФитцХью-Нагумо» выполнена на кафедре теоретической кибернетики математико-механического факультета Санкт-Петербургского государственного университета.

В период подготовки соискатель Плотников Сергей Александрович обучался в аспирантуре федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет».

В 2013 г. окончил Санкт-Петербургский государственный университет по специальности «Прикладная математика и информатика».

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2016 году федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет».

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор Фрадков Александр Львович, профессор кафедры теоретической кибернетики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет».

По итогам обсуждения принято следующее заключение.

Синхронизация в системах связанных осцилляторов исследуется в различных областях прикладной математики, таких как нелинейные динамические системы, сетевые системы и теория колебаний, и имеет приложения в физике, биологии и технике. Одной из таких научных областей является исследование коллективной динамики популяций нейронов. В

реальных сетях параметры различных нейронов в сети различны, т.е. сети являются неоднородными. Вопросы бифуркаций и синхронизации в подобных сетях мало исследованы даже для простейших моделей нейронов, описываемых нелинейными дифференциальными уравнениями второго порядка ФитцХью-Нагумо (ФХН).

В диссертационной работе рассматриваются важные задачи исследования бифуркаций в кольцевых неоднородных сетях систем ФХН, строятся алгоритмы управления синхронизацией систем ФХН, формулируются теоремы о достижении целей управления при синхронизации систем ФХН с учетом запаздывания и дискретизации. Таким образом, тема диссертации является актуальной.

В диссертационной работе получены следующие основные научные результаты:

1. Получены неравенства, устанавливающие невозможность бифуркации Андронова-Хопфа, для случая двух систем ФХН и для случая кольца систем ФХН с неидентичными пороговыми параметрами. Показано, что, если неравенства выполнены, то траектории систем стремятся к устойчивой предельной точке.
2. Синтезированы алгоритмы управления синхронизацией двух систем ФХН с неидентичными 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, гарантирующие синхронизацию двух систем ФХН, в случае дискретной связи между двумя системами в зависимости от силы связи.
5. Получено условие синхронизации сети из однородных 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.

Все основные результаты работы являются новыми.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке алгоритмов диагностики и лечения различных болезней нервной системы.

Достоверность результатов работы подтверждается корректным применением математических методов и репрезентативным компьютерным моделированием.

Основные положения диссертационной работы 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, 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.

Результаты диссертации были получены в ходе работ по гранту СПбГУ (проект № 6.38.230.2015) и РФФИ (проект № 14-29-00142) и использованы в перечисленных проектах.

Все результаты диссертации получены автором самостоятельно.

По теме диссертационной работы опубликовано восемь работ, в том числе две в ведущих рецензируемых журналах, рекомендуемых ВАК. Опубликованные работы достаточно полно отражают содержание диссертации и полученные результаты.

Научные статьи в изданиях, рекомендованных ВАК

1. Plotnikov, S.A. Control of synchronization in two delay-coupled FitzHugh-Nagumo systems with heterogeneities / S.A. Plotnikov // IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline). — 2015. — Vol. 48, Part 11. — P. 887–891.
2. Plotnikov, S.A. Adaptive control of synchronization in delay-coupled heterogeneous networks of FitzHugh-Nagumo nodes / S.A. Plotnikov, J. Lehnert, A.L. Fradkov, E. Schöll // Int. J. Bifur. Chaos. — 2016. — Vol. 26, Part 4. — 1650058.

Научные статьи в сборниках трудов научных конференций

3. Plotnikov, S. Control of synchronization in neural delay-coupled networks with heterogeneous threshold parameters / S. Plotnikov // Conference abstracts. International Student Conference «Science and Progress». — 2014. — P. 46.
4. Plotnikov, S. Controlled synchronization in two dynamical systems with sector bounded nonlinearities / S. Plotnikov, A. Fradkov // 7th International Conference on Physics and Control (PhysCon). — 19–22 August 2015, Istanbul, Turkey. (<http://lib.physcon.ru/doc?id=9c71f5378325>).
5. Plotnikov, S. Control of synchronization in delay-coupled neural heterogeneous networks / A. Plotnikov, J. Lehnert, A.L. Fradkov, E. Schöll // 7th International Conference on Physics and Control (PhysCon). — 19–22 August 2015, Istanbul, Turkey. (<http://lib.physcon.ru/doc?id=227ddba0ebd3>).
6. Plotnikov, S. Controlled synchronization in two FitzHugh-Nagumo systems with slowly-varying delays / S. Plotnikov // Cybernetics and Physics. — 2015. — Vol. 4, Part 1. — P. 21–25.
7. Plotnikov, S. Synchronization in heterogeneous FitzHugh-Nagumo networks / S. Plotnikov // Conference abstracts. International Student Conference «Science and Progress». — 2015. — P. 56.
8. Плотников, С.А. Управление синхронизацией в сетях ФитцХью-Нагумо / С.А. Плотников // XIII Международная конференция «Устойчивость и колебания нелинейных систем управления» (конференция Пятницкого). — 2016. — С. 286-288.

Работы [2, 4, 5] написаны в соавторстве. В работах [2, 5] автору принадлежит анализ бифуркаций для двух неидентичных систем ФХН, а также построение алгоритмов управления синхронизацией. В работе [4] диссертантом были получены оценки шага дискретизации для двух гибридных систем ФХН, а также предложен алгоритм управления синхронизацией двух систем ФХН с переменной задержкой и сформулирована теорема о достижении цели управления.

Диссертационная работа соответствует специальности 01.01.09 - дискретная математика и математическая кибернетика.

Диссертация «Управление синхронизацией и бифуркации в системах ФитцХью-Нагумо» Плотникова Сергея Александровича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.09 - дискретная математика и математическая кибернетика.

Проект заключения принят на заседании экспертной группы, сформированной решением декана факультета от 13.05.2016 № 79-22-85 в составе 5 чел.

Присутствовало на заседании 5 чел. Результаты голосования: «за» - 5 чел., «против» - 0 чел., «воздержалось» - 0 чел., протокол № 1 от «26» мая 2016 г.



(подпись председателя экспертной группы)

Гелиг Аркадий Хаймович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической кибернетики Санкт-Петербургского государственного университета