

ОТЗЫВ

официального оппонента 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.

Тема диссертационной работы Плотникова С.А. относится к задачам исследования синхронизации в системах из связанных осцилляторов, которые образуют важный класс задач нелинейной динамики и встречаются в различных разделах прикладной математики, таких как нелинейные динамические системы, сетевые системы и теория колебаний. Такие задачи имеют приложения в физике, биологии, технике. Одной из таких прикладных областей является исследование коллективной динамики популяций нейронов.

В большинстве известных работ по синхронизации сетей моделей нейронов исследуется случай с идентичными узлами. Однако в реальных сетях параметры нейронов могут быть различны, т.е. сети являются неоднородными. Известно, что неоднородности мешают синхронизации и, более того, в большинстве случаев идеальная синхронизация недостижима из-за наличия неоднородностей. Вопросы синхронизации и бифуркаций в подобных сетях мало исследованы даже для простейших моделей нейронов, таких как осцилляторы ФитцХью-Нагумо (ФХН).

Для исследования синхронизируемости систем ФХН и построения алгоритмов управления синхронизацией в диссертационной работе применяются известные методы функций Ляпунова, функционалов Ляпунова-Красовского, а также неравенство Халаяна. Рассматриваются различные постановки задач синхронизации систем ФХН: синхронизация систем с различными параметрами, синхронизация систем с переменной или дискретной задержкой в связях.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Введение посвящено обзору работ по сетям осцилляторов, моделям нейронов и задачам синхронизации, а также включает в себя цели исследования, положения, выносимые на защиту, данные о структуре работы и публикациях автора. В первой главе приводятся вспомогательные результаты по модели ФХН, методам теории управления нелинейными системами и алгебраической теории графов. Во второй главе получены ограничения на пороговые параметры и параметр силы связи, при выполнении которых невозможна бифуркация Андронова-Хопфа для случая двух систем ФХН и для случая однонаправленного кольца систем ФХН с различными пороговыми параметрами. Третья глава посвящена синтезу законов управления, при которых достигается синхронизация двух систем ФХН. Рассматривается неадаптивный случай (линейная обратная связь по состоянию) и адаптивный с использованием метода скоростного градиента. Кроме этого, в главе предложены законы управления для систем с дискретными связями и систем с переменным запаздыванием. В четвертой главе рассматривается неоднородная сеть осцилляторов ФХН, структура которой имеет вид неориентированного связного графа. Получены условия синхронизации, а также предложен закон программного управления, обеспечивающий синхронизацию при невыполнении этих условий. Кроме этого, синтезирован закон настройки

силы связи, обеспечивающий синхронизацию кольца связанных систем ФХН. В заключении приведены основные результаты работы.

Все перечисленные результаты, представленные в диссертационной работе, подтверждены результатами численного моделирования. Они являются оригинальными и достаточно полно представлены в работах соискателя. В диссертации содержится строгое математическое обоснование полученных результатов, работа выполнена на высоком математическом уровне. Результаты диссертации отражены в десяти публикациях, четыре из которых являются публикациями в ведущих рецензируемых изданиях, индексируемых в базах Web of Science и Scopus.

Среди недостатков, присутствующих в работе, можно отметить следующие:

1. Диссертация посвящена решению задач управления, вместе с тем используется специфическая терминология и обозначения (активатор, ингибитор, сила связи, внешний стимул и др.). Кроме этого, некоторые обозначения меняются по ходу текста, а одинаковые или близкие обозначения используются для разных величин (обозначение элементов матрицы смежности в первой главе и пороговых параметров; матриц на стр. 27 и закона управления на стр. 32, и т.п.).
2. Во введении и первой главе диссертационной работы мало внимания уделено понятию консенсуса/синхронизации как таковой и результатам в этой области. На стр. 31 приводится довольно размытое определение синхронизации без математической формулировки.
3. Реализация предложенных алгоритмов на практике предполагает воздействия на уровне отдельных нейронов, т.е. управление крупной популяцией потребует подведения гигантского шлейфа электродов, что представляется крайне затруднительным.
4. В диссертационной работе содержится большое количество опечаток (страницы 3, 7, 8, 16, 25, 30, 45, 48, 49, 74 и др.).

Указанные недостатки не снижают общее благоприятное впечатление о диссертационной работе, которая содержит ряд новых и интересных результатов. Диссертация Плотникова С.А. является законченной научно-исследовательской работой, выполненной на высоком научном уровне. Результаты диссертации достоверны, выводы обоснованы.

Диссертационная работа «Управление синхронизацией и бифуркации в системах ФитцХью-Нагумо» соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», а ее автор, Плотников Сергей Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.09 – дискретная математика и математическая кибернетика.

Старший научный сотрудник
Лаборатории №7 ИПУ РАН,
кандидат физико-математических наук

Адрес: 117997, г. Москва, ул. Профсоюзная 65

Телефон: +7 495 334-90-49,

Эл. почта: s.e.parsegov@gmail.com

Парсегов С.Э.

24 ноября 2016 г.



Плотников С.А.