

ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертационную работу

Корнеева Ивана Александровича

**«Колебания и бифуркации в системах с мемристивными элементами»,
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических
наук по специальности 01.04.03 – Радиофизика**

Диссертация Корнеева посвящена актуальной проблеме радиофизики и теории колебаний, состоящей в исследовании особенностей поведения, бифуркаций возникновения колебаний и эффектов синхронизации в особом классе колебательных систем – системах, содержащих мемристоры. Мемристоры, представляющие собой двухполюсники с памятью, были теоретически описаны в работах Л. Чуа еще в 70-х годах прошлого века. Однако только в последнее десятилетие были созданы реальные устройства, обладающие свойствами мемристоров. Такие устройства являются перспективными в плане их использования в системах памяти и цифровой обработки информации. Имеется большое количество работ, посвященных технологии изготовления и анализу физических характеристик таких устройств. С другой стороны, имеются данные, о том, что мемристивные свойства присущи процессам, протекающим в живых организмах на клеточном уровне. В ряде работ показано, что синаптические связи между нейронами носят мемристивный характер. Имеющиеся в научной литературе данные свидетельствуют о том, что системы, содержащие мемристивные элементы (мемристивные системы) обладают существенными особенностями поведения. Эти особенности проявляются в характеристиках колебательных режимов, бифуркационных механизмах возникновения колебаний, эффектах синхронизации и формирования волновых процессов и пространственных структур в осцилляторных ансамблях. При создании технических устройств на базе мемристивных элементов, а также при моделировании процессов в живых организмах с учетом мемристивных свойств важно учитывать особенности динамики мемристивных систем. Однако работы, посвященные особенностям динамики мемристивных систем, достаточно редко встречаются в научной литературе и в целом данный круг вопросов еще мало изучен.

В диссертационной работе И.А. Корнеева рассматривается круг проблем, связанных с особенностями поведения мемристивных систем. В качестве базовой модели выбран генератор периодических колебаний с колебательным контуром, содержащим мемристивную проводимость (мемристивный генератор). Рассмотрены предельные множества в фазовом пространстве мемристивного генератора и их бифуркации, исследована вынужденная и взаимная синхронизация мемристивных генераторов. Кроме того, исследуются эффекты синхронизации «обычных» периодических и хаотических генераторов, связанных через мемристоры.

Рассмотрены особенности формирования бегущих волн в ансамблях мемристивно-связанных автогенераторов и возбудимых осцилляторов.

В работе И.А. Корнеева получен ряд важных новых научных результатов. К наиболее существенным из них можно отнести следующие:

- Численно и с помощью приближенных аналитических методов установлен характер бифуркаций возникновения периодических колебаний в генераторе с мемристивной проводимостью. Показано, что, в зависимости от характеристики мемристивной проводимости при изменении параметра возбуждения возможна как жесткая, так и мягкая бифуркация возникновения колебаний. Кроме того, показано, что бифуркация возникновения колебаний может наблюдаться при постоянных параметрах и изменении начальных условий. Установлена принципиальная роль, которую играет в бифуркационных явлениях линия равновесий, существующая в фазовом пространстве генератора с идеальным мемристором (мемристором без забывания).
- Создана аналоговая модель генератора с кусочно-линейной мемристивной проводимостью и проведены экспериментальные исследования эволюции колебаний при изменении параметра возбуждения. Хотя аналоговая модель мемристора характеризуется конечной памятью, экспериментально на длительном интервале времени удалось получить метастабильные колебательные режимы, близкие к колебаниям в генераторе с идеальным мемристором.
- Показан эффект фазового захвата при внешнем периодическом воздействии на мемристивный генератор, а также при взаимодействии двух мемристивных генераторов.
- Установлено существование зависимости колебательных и волновых режимов, а также эффектов синхронизации в мемристивных и мемристивно-связанных системах от начальных условий, в частности от начальных состояний мемристивных элементов. Показана возможность управления характеристиками колебательных и волновых режимов и эффектами синхронизации в мемристивных системах с помощью изменения начальных состояний мемристивных элементов.
- Показано, что наличие свойства забывания у мемристивных элементов, в большинстве случаев, приводит к исчезновению зависимости динамических режимов и эффектов синхронизации от начальных условий, которая наблюдается при идеальном характере мемристоров. Однако в ряде задач, таких как синхронизация сложных динамических режимов и структур в системах с мемристивной связью и формирование бегущих волн в ансамблях мемристивно связанных возбудимых осцилляторов, было показано, что чувствительность к начальным состояниям мемристивных элементов сохраняется при наличии у них слабого эффекта забывания.

И.А. Корнеев в течении ряда лет, начиная с периода обучения в магистратуре, активно занимается научными исследованиями на кафедре радиофизики и нелинейной динамики СГУ, связанными с актуальными проблемами теории нелинейных колебаний и волн. Одновременно он является заведующим учебной лабораторией кафедры и ведет большую работу по обеспечению функционирования лабораторных практикумов. За время обучения в аспирантуре диссертант прекрасно освоил методы компьютерного моделирования. Им разработаны, созданы и применены специальные компьютерные программы, необходимые для проведения исследований мемристивных систем. Кроме того, им освоены методы приближенного квазигармонического анализа колебаний в нелинейных системах. Применение различных методов исследования позволило И.А. Корнееву получить достоверные научные результаты, касающиеся особенностей динамики мемристивных систем.

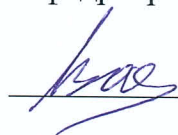
В 2019 г. И.А. Корнеев участвовал в конкурсе Российского фонда фундаментальных исследований на лучшие проекты фундаментальных научных исследований, выполняемые молодыми учеными, обучающимися в аспирантуре («Аспиранты») и его проект получил поддержку (грант №19-32-90030). Кроме того, И.А. Корнеев является исполнителем коллективных научных проектов, осуществляемых на кафедре радиофизики и нелинейной динамики - международного гранта Российского фонда фундаментальных исследований и Немецкого Физического Общества (проект № 20-52-12004) и гранта Российского научного фонда (проект № 20-12-00119).

И.А. Корнеев, являясь заведующим учебной лабораторией и осуществляя руководство инженерами учебной лаборатории, активно участвовал и участвует в организации учебного процесса. Он приобрел большой организационный опыт, а также опыт педагогической работы и общения со студентами. И.А. Корнеев в течении ряда лет проводит занятия в учебных практикумах кафедры радиофизики и нелинейной динамики, участвует в разработке и модернизации лабораторных работ, выполняет нагрузку куратора студенческой группы.

В диссертации И.А. Корнеева ясно полно и последовательно изложены задачи и результаты проведенных исследований. Результаты работы полностью отражены в 10 статьях, опубликованных в изданиях, входящих в системы Web of Science, Scopus и рекомендованных ВАК РФ для опубликования научных результатов диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук. Основные результаты работы докладывались на научных конференциях, включая 6 конференций международного уровня, и научных семинарах кафедры радиофизики и нелинейной динамики СГУ. Существенных замечаний по диссертации с моей стороны не имеется. Автореферат полностью отражает суть и результаты диссертационной работы.

Диссертация И.А. Корнеева является законченным серьезным научным исследованием, свидетельствующим о высокой квалификации автора. Полученные результаты вносят важный вклад в развитие теории нелинейных колебаний. На основании приведенных фактов считаю, что диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям, изложенным в пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и полностью соответствует специальности 01.04.03 – Радиофизика, а ее автор, Корнеев Иван Александрович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук.

Научный руководитель: доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры радиофизики и нелинейной динамики



Вадивасова Татьяна Евгеньевна

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского».

Почтовый адрес: 410012, Саратов, ул. Астраханская, 83.

Телефон: (845-2) 210710.

E-mail: vadivasovate@yandex.ru

Личную подпись Т.Е. Вадивасовой «ЗАВЕРЯЮ»

Ученый секретарь СГУ
доцент, к.х.н.



15.06.2021

И.В. Федусенко