

НАЛИБАЕВ ЕРКЕБУЛАН ДЮСЕНБЕКОВИЧ

**ИССЛЕДОВАНИЕ СИНХРОНИЗАЦИИ В АНСАМБЛЕ
ОСЦИЛЛЯТОРОВ С ГЛОБАЛЬНОЙ И НЕЛИНЕЙНОЙ СВЯЗЬЮ И
ВНЕШНИМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ**

АННОТАЦИЯ

диссертации на соискание ученой степени доктора философии (PhD) по специальности «6D071900-Радиотехника, электроника и телекоммуникации»

Объектом исследования является синхронизация в ансамбле осцилляторов с глобальной и нелинейной связью.

Актуальность работы: Задача о динамике связанных автоколебательных осцилляторов (автогенераторов) является фундаментальной в теории колебаний и нелинейной физике. Описание различных систем в терминах взаимодействующих осцилляторов используется в радиофизике, микроволновой электронике, биофизике, химии. Синхронизацию можно рассматривать также как один из сценариев возникновения порядка из хаоса.

Ансамбли автоколебательных систем с нелинейными связями исследованы значительно хуже. Вместе с тем изучение таких ансамблей важно, так как нелинейные связи существенно влияют на динамические свойства систем. Более того, за счет использования нелинейных связей можно существенно изменить коллективную динамику ансамбля и получить его новые свойства, которые при линейных связях не существуют. Например, нелинейное соединение систем фазовой автоподстройки в ансамбли позволяет улучшить их динамические характеристики (полосу захвата, фильтрующие свойства, быстродействие и т.д.), решить задачи, связанные с обработкой сложных сигналов, синтезом частот и т.д.

Реальная электронная система всегда находится под воздействием флуктуации тока или напряжения. Обычно к таким флуктуациям относят различные шумы и их рассматривают как негативные факторы в системах вычислительной техники и телекоммуникаций. Даже будучи слабыми такие воздействия могут играть очень важную роль в поведении системы. Воздействие шума на динамическую систему приводит к разнообразным явлениям.

Особое место в исследовании эффектов шумового воздействия занимает вопрос о влиянии шума на ансамбль связанных осцилляторов.

Вышеуказанные подтверждают актуальность исследований выбранной области и служит основанием для формулировки цели и задачи диссертационного исследования.

Целью настоящей работы является экспериментальное исследование режимов синхронизации в ансамбле глобально связанных осцилляторов в зависимости от силы связи и разности фаз, а также экспериментальное

исследование особенностей динамики ансамбля глобально связанных осцилляторов при воздействии периодическим и шумовым сигналами.

Задачи исследования:

- Собрать электронную систему осцилляторов с мостом Вина, глобально связанных через общее сопротивление и обеспечивающую статистические закономерности;
- Разработать и создать линейную и нелинейную фазосдвигающие цепи с целью плавного регулирования фазы обратной связи;
- Выбрать методику стабилизации и измерения частоты среднего поля, осцилляторов;
- Исследовать динамику ансамбля осцилляторов в зависимости от силы связи;
- Исследовать динамику ансамбля осцилляторов в зависимости от линейного и нелинейного сдвига фазы;
- Экспериментально исследовать возможности явления захвата частоты среднего поля внешним периодическим воздействием;
- Экспериментально исследовать воздействие внешнего шумового сигнала на динамику ансамбля глобально связанных осцилляторов.

Методы исследования. Синхронизация глобально связанных осцилляторов изучалась в натурном радиофизическом эксперименте. Запись данных производилась в среде LabView. При обработке экспериментальных данных использовались методы статистической физики, теории динамических систем, компьютерного анализа в среде MatLab.

Новизна исследования:

- Экспериментально подтверждено существование самоорганизованного квазипериодического состояния зависящий от изменения сдвига фазы фазосдвигающей цепи;
- Показано, что при увеличении силы связи значение сдвига фазы при котором наступает режим самоорганизованной квазипериодичности сдвигается в сторону меньших значений;
- Экспериментально обнаружено появление синхронизации под действием внешнего шума. В натурном эксперименте показана зависимость динамики ансамбля осцилляторов от среднеквадратичного значения амплитуды шума. Наблюдается следующие режимы синхронизации: частично синхронизация, полная синхронизация и асинхронный режим. При малых значениях амплитуды, шум может синхронизовать ансамбль, а при больших значениях амплитуды, шум десинхронизует ансамбль.
- Проведен эксперимент исследования влияния на ансамбль глобально связанных осцилляторов внешнего периодического сигнала с добавлением шума. При увеличении среднеквадратичного значения амплитуды шума область синхронизации сужается.

Основные положения, выносимые на защиту

1. В результате сдвига фазы в системе глобально и нелинейно связанных осцилляторов возникает режим самоорганизованной

квазипериодичности. В этом режиме частота среднего поля отличается от частот самих осцилляторов.

2. В системе глобально и нелинейно связанных осцилляторов увеличение силы связи приводит к сужению асинхронного режима и уширению областей полной синхронизации и самоорганизованной квазипериодичности.

3. Шумовой сигнал не всегда является деструктивным фактором для системы. При определенных ограниченных значениях среднеквадратичного значения амплитуды шума ($0,611 < \delta < 1,522$), шумовой сигнал может синхронизовать систему.

4. Воздействие внешней периодической силы в присутствии шума на ансамбль глобально связанных осцилляторов приведет к уменьшению области синхронизации.

Теоретическая и практическая значимость работы. Полученные результаты могут быть применены при создании новых радиоэлектронных, телекоммуникационных устройств, беспроводных сенсорных сетей в которых существенную роль может играть явление синхронизации.

Исследование синхронизации в больших ансамблях – нейронных сетях – представляет актуальную проблему, так как нет достаточных знаний в этой области, являющейся фундаментом построения мощных быстродействующих вычислительных информационных сетей. Знания о синхронизации в нейронных сетях позволят в дальнейшем построить более сложные системы управления, аналогичные мозгу. Исследования внешнего воздействия на данные системы являются ключевыми в направлении поиска методик управления и подавления коллективной динамики элементов системы. Возможно, эти знания помогут решить многие проблемы искусственного интеллекта.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 13 печатных работ, в том числе 1 – в рецензируемом журнале с высоким импакт фактором (Physical Review E), 5 – в изданиях, рекомендуемых Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК, 6 тезисов в международных конференциях, 1 тезис в республиканской конференции. Также по результатам исследования была подана заявка на патент.