

Методы анализа аperiodических сигналов на примере цепи Чуа

Баранов Дмитрий Владиславович; Беларусь, Минск; Лицей БГУ, 11 ФМ5

Научные руководители: Ильютенко Олег Алексеевич, преподаватель Лицея БГУ; старший преподаватель факультета РФиКТ, кафедры физики и аэрокосмических технологий

Зенькович Владимир Иванович, преподаватель Лицея БГУ; старший преподаватель факультета РФиКТ, кафедры физики и аэрокосмических технологий

Постановка задачи:

Теория хаоса – относительно новая, малоизученная и в силу этого перспективная область для исследований, объединяющая физику и математику. Одним из вариантов ее практической реализации являются хаотические электрические цепи (например, цепь Чуа). Целью исследования является разработка комплекса методов для анализа и подтверждения хаотичности сигналов, генерируемых нелинейными электрическими цепями.

Методика:

Для создания комплекса были использованы следующие приемы и критерии: качественный анализ аттрактора системы, спектр мощностей сигнала, вычисление автокорреляционной функции, построение сечения Пуанкаре, вычисление показателя Ляпунова и размерности Хаусдорфа-Безиковича для аттрактора. Экспериментальная часть выполнялась в Лицее БГУ с помощью оборудования Vernier Lab Quest 2. Теоретические расчеты и финальное написание алгоритма для анализа данных проводились в среде Wolfram Mathematica 10, аналоговое моделирование цепи осуществлялось в Cadence OrCad Capture, также для обработки экспериментальных данных были использованы пакеты Logger Pro 3.8 и OriginPro 9.0.

Основные результаты:

Выявлены необходимые и достаточные условия для возникновения хаоса в системе, собрана цепь Чуа и построена ее бифуркационная диаграмма, проведено математическое и аналоговое моделирование цепи, установлены критерии для каждого метода, при которых наблюдается хаос: качественный анализ аттрактора системы – странный аттрактор со стабильными и нестабильными седловыми точками, спектр мощностей - наличие характерной полосы шума, автокорреляционная функция - локализация функции в нуле при $t \rightarrow \infty$, сечение Пуанкаре - бесконечное множество точек, показатель Ляпунова - $\lambda > 0$, размерность Хаусдорфа - наличие дробной части, - а также написана программа в среде Wolfram Mathematica, реализующая все предложенные подходы для анализа.

Заключение и возможные пути развития задачи:

Проделанная работа позволяет существенно упростить и ускорить любые исследования, связанные с теорией хаоса, т.к. предоставляет возможность с легкостью проверить или определить режим работы любой хаотической системы. В дальнейшем планируется расширить практическое применение работы, разработав метод генерации случайных чисел, основанный на сигнале, снимаемом с аperiodической цепи.

Список использованной литературы:

П. Берже, И. Помо, К. Видаль. «Порядок в хаосе». Издательство «Мир»; И. Пригожин, И. Стенгерс. «Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой». Издательство научной и учебной литературы «УРСС».; П. Хорвицц, У. Хилл. «Искусство схемотехники».