



УДК 519.6

## ДИАГНОСТИКА ДИСКРЕТНО-НЕЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЫ ЧУА ПО СТАТИСТИЧЕСКИМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ ФОРМИРУЕМЫХ 3-D СИГНАЛОВ

*Ишмуков Д.А. e-mail: ishmukov@gmail.ru, В.В. Афанасьев,*

Казанский Национальный Исследовательский Технический Университет  
(КНИТУ им. А.Н. Туполева-КАИ), г. Казань

В докладе рассматривается моделирование и диагностика дискретно-нелинейной системы Чуа по статистическим характеристикам формируемых 3-D сигналов. В качестве платформы для проведения моделирования, выбрана интерактивная среда MathLAB. Цель диагностики - оценка статистических характеристик 3-D сигналов генератора на базе дискретно-нелинейной системы Чуа при вариации параметров системы. Смоделирована система Чуа, оценены статистические характеристики сигналов генератора псевдослучайных сигналов на базе дискретно-нелинейной системы Чуа при изменении параметров системы. По результатам диагностики сделаны выводы о работе генератора 3-D сигналов. Получены инженерные рекомендации по подбору допустимого диапазона изменения параметров системы Чуа для обеспечения стабильной работы генератора 3-D сигналов.

## DIAGNOSTICS OF DISCRETE-NONLINEAR CHUA SYSTEM BY STATISTICAL CHARACTERISTICS OF FORMED 3-D SIGNALS

*Ishmukov D.A., V.V. Afanasiev ,*

Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev (KNRTU-KAI), Kazan

The report discusses the modeling and diagnostics of the Chua discrete-nonlinear system according to the statistical characteristics of the generated 3-D signals. As a platform for the simulation, the selected interactive environment MathLAB. The purpose of the diagnosis is to evaluate the statistical characteristics of the 3-D generator signals based on the discrete non-linear Chua system with variation of the system parameters. The Chua system is the statistical characteristics of the signals of a pseudo-random signal generator based on the Chua discrete-nonlinear system when the system parameters are changed are estimated. According to the results of the diagnosis, conclusions were drawn about the operation of the 3-D signal generator. Engineering recommendations on the selection of the acceptable range of changes in the parameters of the Chua system to ensure stable operation of the 3-D signal generator were obtained.

Диагностика и настройка дискретно-нелинейной системы Чуа – является первостепенной задачей при разработке устройств формирования псевдослучайных 3-D сигналов для систем конфиденциальной связи с носителями информации на основе эффектов динамического хаоса [1].

Цель работы – диагностика дискретно-нелинейной системы Чуа по статистическим характеристикам 3-D сигналов генератора на базе дискретно-нелинейной системы Чуа.

Проведено моделирование дискретно – нелинейной системы Чуа. На основе модулей программы matlab была смоделирована дискретно-нелинейная система Чуа. Произведено измерение базовых параметров системы, исследованы статистические характеристики формируемых 3-D сигналов.

Полученные характерная реализация фазового портрета дискретно – нелинейной системы Чуа приведена на рис.1.

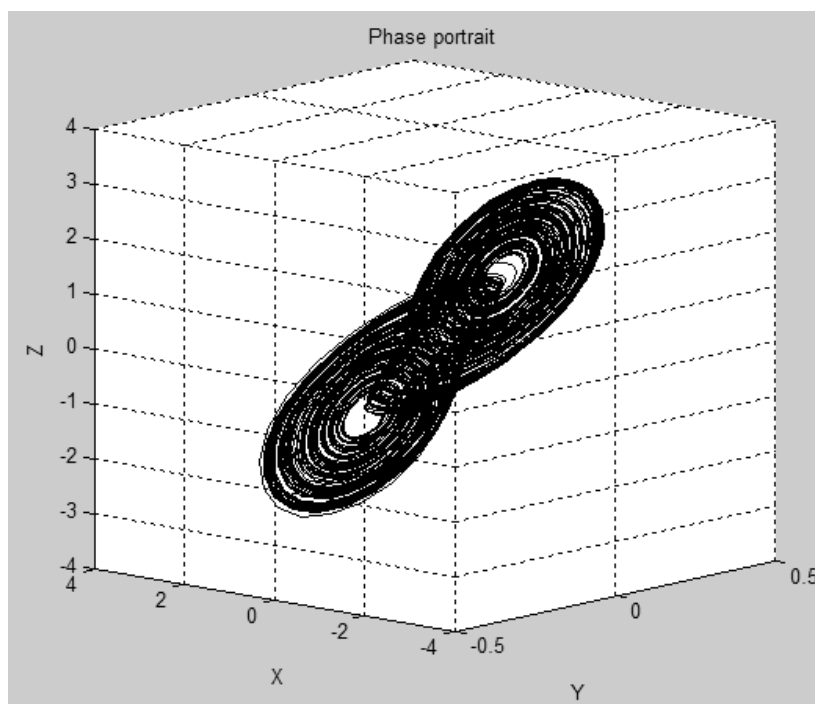
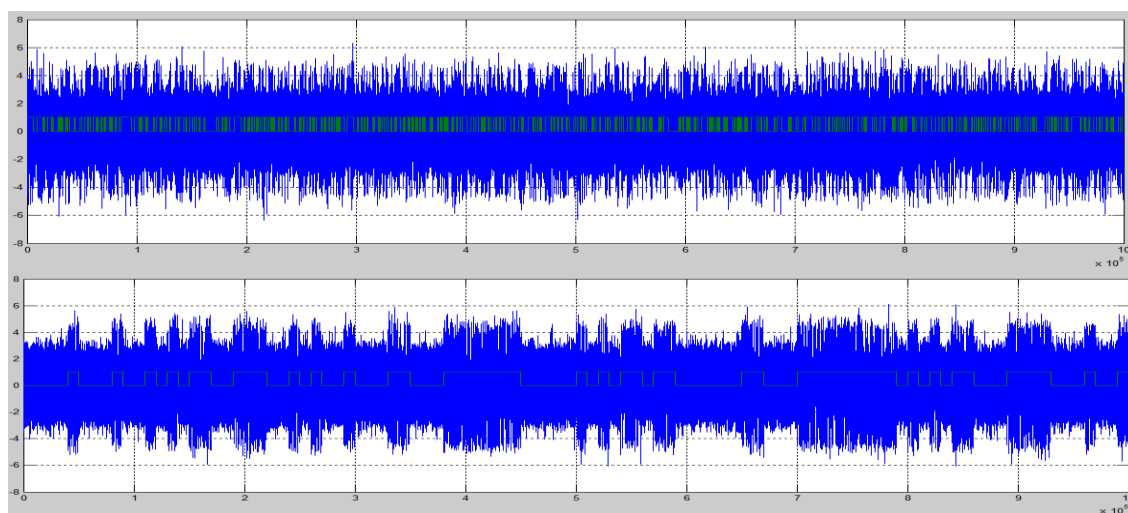


Рис. 1 – Фазовый портрет сигналов  $x, y, z$  дискретно – нелинейной системы Чуа

Полученные, на основе разработанных средств моделирования дискретно – нелинейной системы Чуа, характерные реализации сигналов приведены на рис.2.

Своевременная диагностика дискретно-нелинейной системы Чуа по статистическим характеристикам формируемых 3-D сигналов позволяет гибко настроить устройство формирователя, а также предотвратить дальнейшие сбои в ходе эксплуатации. Выполнено исследование поведения системы при варьировании базовых параметров системы Чуа. Полученные в результате моделирования дискретно-нелинейной системы Чуа дисперсии ( $d$ ), математические ожидания ( $m$ ) и среднеквадратические отклонения ( $sko$ ) формируемых 3-D сигналов представлены в таблице 1.



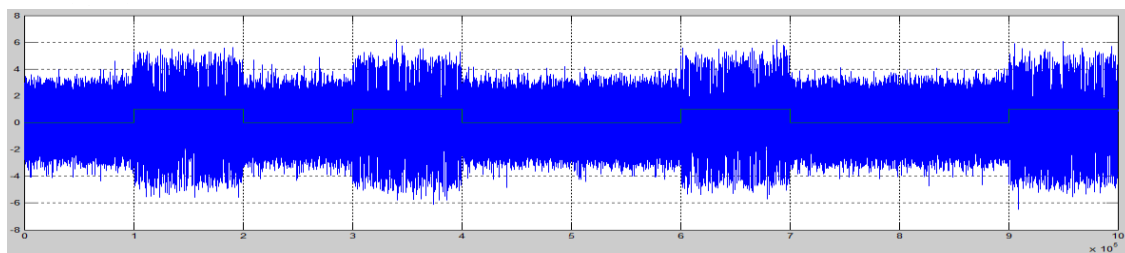


Рис. 2 – Реализация сигналов  $x, y, z$  дискретно – нелинейной системы Чуа

### Статистических характеристики формируемых 3-D сигналов дискретно – нелинейной системы Чуа

Таблица 1

Таким образом, из таблицы 1 видно, что при варьировании базовых параметров наблюдается изменение статистических характеристик генерируемых сигналов дискретно-нелинейной системы Чуа.

Полученные статистические характеристики позволяют оптимизировать работу дискретно-нелинейной системы Чуа, а также в ходе проведенных исследований характеристик формируемых 3-D сигналов, вырабатываются инженерные рекомендации по выбору параметров радиоэлектронной системы Чуа с хаотической динамикой. Полученные результаты и средства моделирования могут быть применены для обеспечения стабильной работы генератора псевдослучайных сигналов на базе радиоэлектронной дискретно-нелинейной системы Чуа с хаотической динамикой.

#### Список цитируемой литературы

| Сигнал   | Параметры системы Чуа         |                                |                             |                                |                            |                              |
|----------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|----------------------------|------------------------------|
|          | $\alpha=9.8;$<br>$\beta=15.7$ | $\alpha=9.7;$<br>$\beta=110/7$ | $\alpha=8.5;$<br>$\beta=14$ | $\alpha=10.262;$<br>$\beta=14$ | $\alpha=10;$<br>$\beta=14$ | $\alpha=8.66;$<br>$\beta=14$ |
| $M(X)$   | 0.0354                        | 0.0147                         | 1.2408                      | 0.0340                         | 0.0450                     | 0.2441                       |
| $SKO(X)$ | 1.4143                        | 1.3966                         | 0.6477                      | 1.4663                         | 1.4363                     | 1.3518                       |
| $M(Y)$   | $2.824e-4$                    | $2.637^{(-4)}$                 | $-3.86e-04$                 | $3.29e-04$                     | $3.28e-04$                 | $-1.6525e-4$                 |
| $SKO(Y)$ | 0.1776                        | 0.1779                         | 0.2129                      | 0.2114                         | 0.2417                     | 0.1843                       |

1. Дмитриев А.С., Панас А.И. Динамический хаос. Новые носители информации для систем связи. Издательство Физико-математической литературы, 2002 - 252с.
2. Ишмуков Д.А., научн. рук. Афанасьев В.В. Моделирование генератора 3-D сигналов системы Чуа с динамическим хаосом. / Прикладная математика и информатика: современные исследования в области естественных и технических наук: Сборник научных статей IV научно-практической международной конференции (школы-семинара) молодых ученых: 23-25 апреля 2018г. В двух частях. Часть 1: Материалы пленарных докладов, секций I, II. – Тольятти: Издательский центр «Гарт», 2018. – С. 331-335.
3. Афанасьев В.В., Логинов С.С., Польский Ю.Е. Формирователи двоичных псевдослучайных сигналов на основе управляемых систем Лоренца и Чуа. // Телекоммуникации. 2012. N12. С. 26 – 30.