# МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

Физтех-школа физики и исследований им. Ландау

# Исследование устойчивых режимов работы схемы Чуа.

Автор: Шахматов Андрей Юрьевич Б02-304 Надо написать.

## Введение

В современном мире проблема обеспечения безопасности информации становится все более актуальной. Одним из перспективных решений данной задачи является использование хаотических сигналов в качестве несущей волны. Такой подход значительно повышает уровень защиты данных, так как злоумышленник сталкивается с практически неразрешимой задачей расшифровки хаотического сигнала.

Для генерации хаотических сигналов широко применяется схема Чуа, включающая два конденсатора, индуктивность, сопротивление и нелинейный элемент — диод Чуа. Простота конструкции делает эту схему привлекательной для различных отраслей промышленности. Однако, несмотря на наличие теоретической модели, описывающей поведение схемы Чуа, её практическое применение сталкивается с рядом сложностей, такими как высокая чувствительность контура и ограниченная область хаотического поведения.

Целью данной работы является детальное исследование хаотических режимов работы схемы Чуа, а также устойчивых нехаотических режимов, сосуществующих с хаотическими.

# Теоретическая часть

#### Хаотические системы

тут нужна теоретическая справка про хаос

## Устройство схемы Чуа

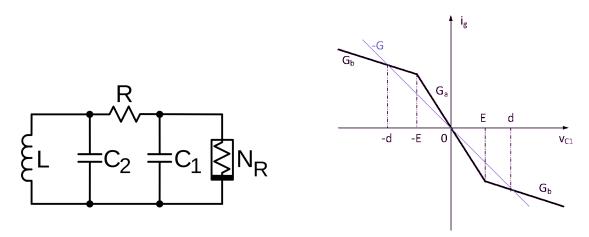


Рис. 1: Электрическая схема цепи Чуа и вольт-амперная характеристика диода Чуа  $N_R$ .

Классическая схема Чуа состоит из двух конденсаторов, сопротивления, индуктивности и диода Чуа. Диод Чуа возможно реализовать при помощи использования двух операционных усилителей и шести резисторов (Рис. 2). Также в реальности использование физической индуктивности может приводить к плохим результатам из-за наличия большого внутреннего сопротивления. По этой причине в нашей работе индуктивность была заменена схемой на основе операционных усилителей — гиратором (Рис. 2). Эквивалентную индуктивность полученной схемы можно расчитать

$$L = \frac{R_7 R_9 R_{10} C}{R_8},\tag{1}$$

где R пронумерованы в порядке от врехнего к нижнему на схеме.

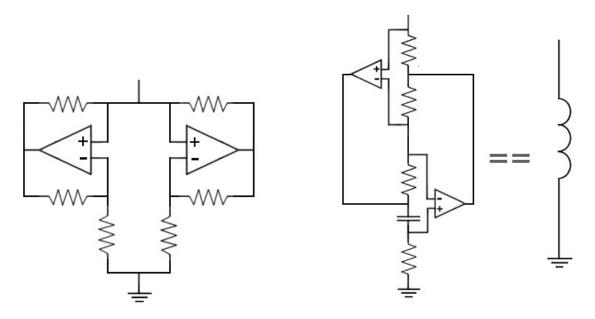


Рис. 2: Реализация диода Чуа на основе операционных усилителей и эквивалентная индуктивности схема гиратора.

Применяя полученные модификации получим исходную вариацию схемы с использованием только операционных усилителей, конденсаторов и сопротивлений (Рис. 3).

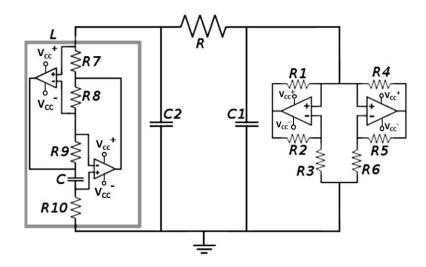


Рис. 3: Итоговая электрическая схема цепи Чуа, использующаяся в данной работе.

Резисторы R и  $R_{10}$  являются переменными ползунковыми резисторами. Точные характеристики элементов приведены в приложении (Таблица 1).

#### Математическая модель схемы Чуа

Обозначив за  $U_{C_1}, U_{C_2}, I_L$  напряжения на конденсаторах и ток через катушку соответственно можно записать систему уравнений, описывающую цепь Чуа:

$$\begin{cases}
C_1 \frac{dU_{C_1}}{dt} = \frac{U_{C_2} - U_{C_1}}{R} - g(U_{C_1}), \\
C_2 \frac{dU_{C_2}}{dt} = \frac{U_{C_1} - U_{C_2}}{R} + I_L, \\
L \frac{dI_L}{dt} = -U_{C_2},
\end{cases} \tag{2}$$

где R — сопротивление резистора, L — индуктивность катушки,  $C_1, C_2$  — ёмкости конденсаторов, а g — функция зависимости тока от напряжения на диоде Чуа:

$$g(U_{C_1}) = G_b U_{C_1} + \frac{1}{2} (G_a - G_b) (|U_{C_1} + E| - |U_{C_1} - E|),$$

где  $G_b, G_a, E$  — проводимости соответствующих участков и точки излома на рисунке 1. Введя новые обозначения можно привести систему к новым безразмерным переменным:

$$\begin{cases} \frac{dx}{d\tau} = \alpha(y - x - h(x)), \\ \frac{dy}{d\tau} = x - y + z, \\ \frac{dz}{d\tau} = -\beta y, \end{cases}$$

где  $m_0=RG_a,\ m_1=RG_b,\ \alpha=\frac{C_2}{C_1},\ \beta=\frac{R^2C_2}{L},\ \tau=\frac{t}{RC_2},\ x=\frac{U_{C_1}}{E},\ y=\frac{U_{C_2}}{E},\ z=\frac{I_LR}{E},$  и функция h(x) равна  $h(x)=m_1x+\frac{1}{2}(m_0-m_1)(|x+1|-|x-1|).$ 

# Результаты и их анализ

# Выводы

# Список литературы

[1] Лабораторный практикум по общей физике, Том 2, под редакцией А. Д. Гладуна

# Приложения

# Характеристики используемой схемы Чуа

В качестве операционных усилителей были использованы TL082CP.

$R_1$	220 Ом	$R_6$	3.3 КОм	R	4.7 КОм
$R_2$	220 Ом	$R_7$	100 Ом	C	100 нФ
$R_3$	2.2 КОм	$R_8$	3.3 КОм	$C_1$	10 нФ
$R_4$	22.0 КОм	$R_9$	1.0 КОм	$C_2$	100 нФ
$R_5$	22.0 КОм	$R_{10}$	10.0 КОм		

Таблица 1: Характеристики используемых элементов.