

Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского

Радиофизический факультет  
Кафедра теории колебаний

**Отчет по лабораторной работе:**

# **ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ СИСТЕМ С РАЗРЫВНЫМИ КОЛЕБАНИЯМИ**

Выполнили: студенты 430 группы  
**Воробьёв Артём**  
**Зайцев Юрий**

Проверил: **Половинкин Андрей Владимирович**

Нижний Новгород  
2007 год

# Содержание

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 Введение</b>  | <b>3</b>  |
| <b>2 Теоретическая часть</b>                                 | <b>3</b>  |
| 2.1 Схемы, выполненные на экспериментальном стенде . . . . . | 3         |
| 2.2 Мультивибратор . . . . .                                 | 3         |
| 2.3 Триггер . . . . .  | 5         |
| 2.4 Одновибратор (кипп-реле) . . . . .                       | 5         |
| <b>3 Практическая часть</b>                                  | <b>7</b>  |
| 3.1 Мультивибратор . . . . .                                 | 7         |
| 3.2 Триггер . . . . .  | 8         |
| 3.3 Одновибратор (кипп-реле) . . . . .                       | 9         |
| <b>4 Вывод</b>   | <b>10</b> |

# 1 Введение

**Цель работы:** изучение динамики некоторых систем, совершающих разрывные колебания, т.е. таких, при которых сравнительно медленные изменения состояния системы чередуются с быстрыми “скачкообразными”. Такой характер колебаний обусловлен существенностью некоторых малых паразитных параметров на определенных этапах колебательного процесса. Пренебрежение этими малыми паразитными параметрами, выражающееся обычно в понижении порядка дифференциального уравнения, приводит к “дефектной”, “вырожденной” динамической модели системы, не дающей возможности проследить за поведением системы во все моменты времени после задания её начального состояния, совместного, конечно, с уравнением этой модели.

Примерами таких систем являются: мультивибратор, одновибратор (или кипп-реле), триггер, которые и исследуются в ходе выполнения данной работы.

## Приборы и оборудование:

- стенд экспериментальный, на котором собраны исследуемые схемы
- генератор импульсов
- потенциометр  $R_1$  в схеме “мультивибратор-триггер”
- потенциометр  $R_4$  в схеме “кипп-реле”

Потенциометры использовались для регулировки питающего напряжения.

# 2 Теоретическая часть

## 2.1 Схемы, выполненные на экспериментальном стенде

Схемы, выполненные на туннельных диодах и динисторах, изображены на Рис. 1 и Рис. 2 соответственно. На первой части каждого из рисунков приведена собственно схема, а на второй – вольт-амперные характеристика туннельного диода и динистора соответственно.

## 2.2 Мультивибратор

Система описывается уравнениями:

$$\begin{cases} \mu \dot{x} = \varphi(x) - y, \\ \dot{y} = x - y, \end{cases} \quad (1)$$

где  $\mu \ll 1$ . Характеристическое уравнение в данном случае будет иметь вид:

$$\mu p^2 + (\mu - s)p + (1 - s) = 0, \quad (2)$$

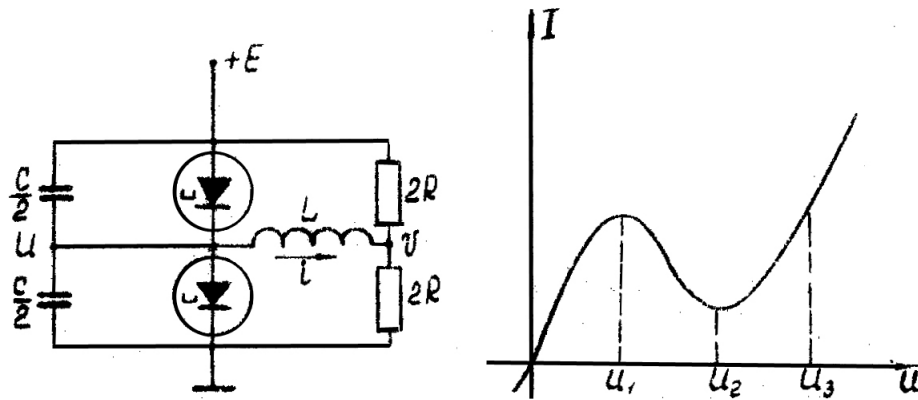


Рис. 1: Схема мультивибратора, выполненная на туннельных диодах

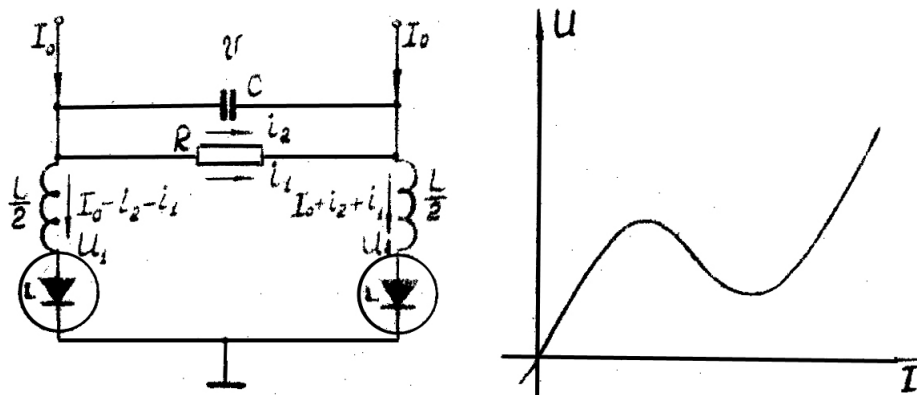


Рис. 2: Схема мультивибратора, выполненная на динисторах

а уравнение для интегральных кривых –

$$\frac{dy}{dx} = \frac{\mu(x - y)}{\varphi(x) - y}. \quad (3)$$

В мягком режиме —  $a_1 b_2 a_2 b_1$  – устойчивый предельный цикл (см. Рис. 3).

В жестком режиме —  $a_1 b_2 a_2 b_1$  – устойчивый предельный цикл, а  $defcd$  – неустойчивый предельный цикл (см. Рис. 4).

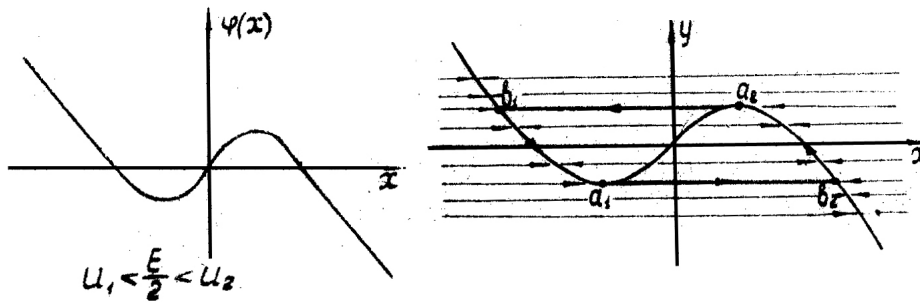


Рис. 3: Мягкий режим возбуждения разрывных автоколебаний

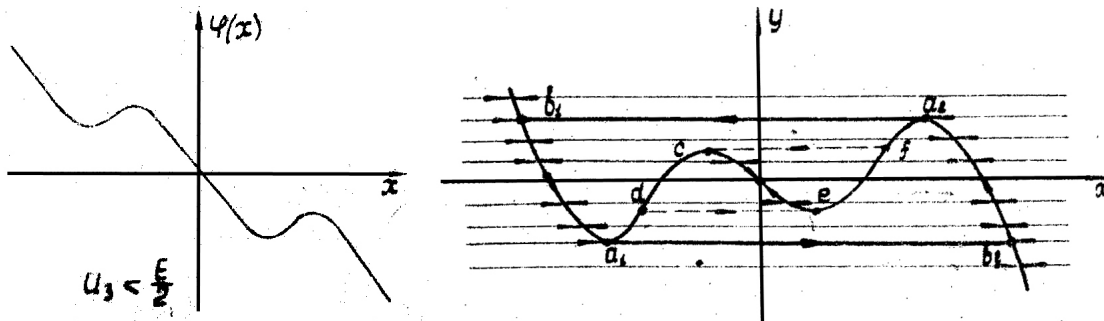


Рис. 4: Жесткий режим возбуждения разрывных автоколебаний

## 2.3 Триггер

Триггером называется система, которая имеет два устойчивых состояния равновесия и может быть переброшена из одного состояния равновесия в другое подачей соответствующего импульса напряжения или тока в подходящий узел схемы. Триггера широко применяются в счетчиках электрических импульсов, а также в современных электронных цифровых математических машинах.

При подаче импульса характеристика  $\varphi(x)$  изменяется и принимает форму (2) (см. Рис. 5). В системе остаётся одно неустойчивое состояние равновесия в начале координат. Время после снятия импульса, в течение которого изображающая точка дойдет до кривой (1) “медленных” движений и пройдет точку  $y = y_n$  – минимальное время, через которое можно подавать на вход следующий импульс – время разрешения триггера.

## 2.4 Одновибратор (кипп-реле)

Одновибратор (часто его называют спусковой схемой) имеет единственное устойчивое состояние равновесия. Если на его вход подать короткий внешний импульс, то с выхода можно снять широкий прямоугольный импульс, длительность которого определяется только параметрами самой схемы. Иначе: при подаче внешнего импульса схема

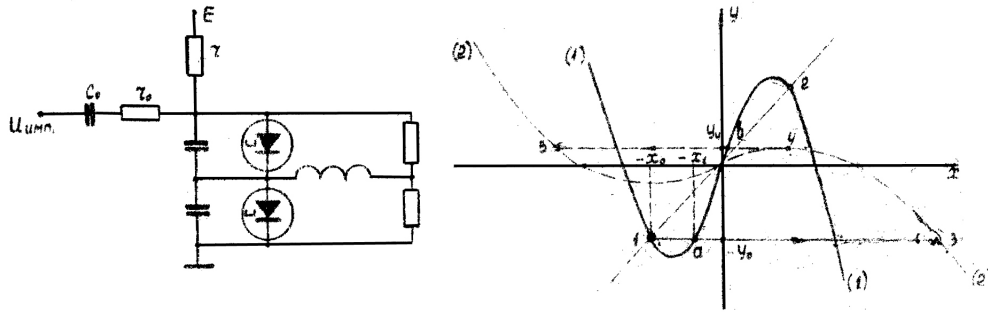


Рис. 5: Схема триггера и функция  $\varphi(x)$  в разных состояниях

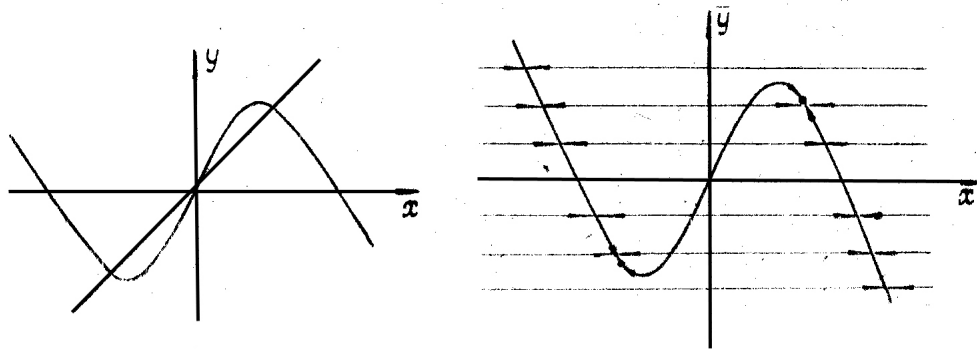


Рис. 6: Функция  $\varphi(x)$  для триггера и разбиение фазовой плоскости на траектории “быстрых” и “медленных” движений

совершает одно единственное колебание, период которого целиком зависит от параметров системы, а затем снова возвращается в устойчивое состояние равновесия. Такие схемы находят применение в качестве формирователей импульсов, схем задержки и электронных реле.

Процессы в схеме описываются следующей системой уравнений:

$$\begin{cases} \mu \dot{x} = y - \varphi(x) - \varepsilon, \\ \dot{y} = 1 - x - y, \end{cases} \quad (4)$$

тут

$$\mu = \frac{CR^2}{L}, \quad x = \frac{U}{E}, \quad y = \frac{iR}{E}, \quad \varphi(x) = \frac{R}{E}I(U), \quad \varepsilon = \frac{I_{умп}R}{E}.$$

Точка  $A$  – устойчивое состояние равновесия.

$$\begin{cases} y_0 = \varphi(x_0), \\ y_0 = 1 - x_0. \end{cases} \quad (5)$$

Когда  $\varepsilon > 0$ , состояние равновесия смещается:

$$\begin{cases} \bar{y} = \varphi(\bar{x}), \\ \bar{y} = 1 - \bar{x}. \end{cases} \quad (6)$$

Если внешний импульс достаточно короткий, то изображающая точка движется по траектории  $cdeA$ .

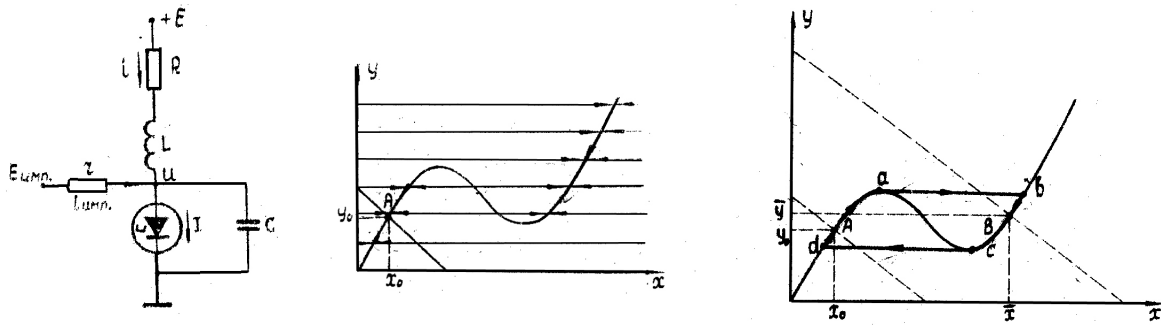


Рис. 7: Схема кипп-реле и разбиение фазовой плоскости на траектории “быстрых” и “медленных” движений

### 3 Практическая часть

#### 3.1 Мультивибратор

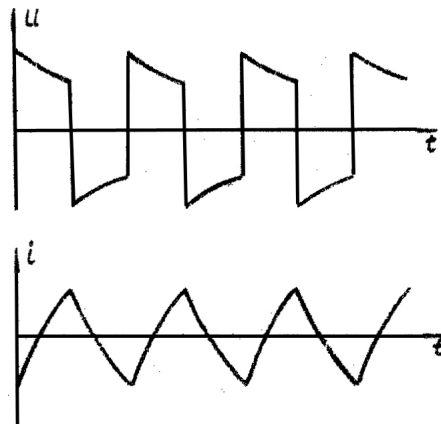


Рис. 8: Наблюдаемые осциллограммы  $U_{\text{вых}}$  и  $I_{\text{вых}}$ : амплитуда по напряжению составила 1.2 В

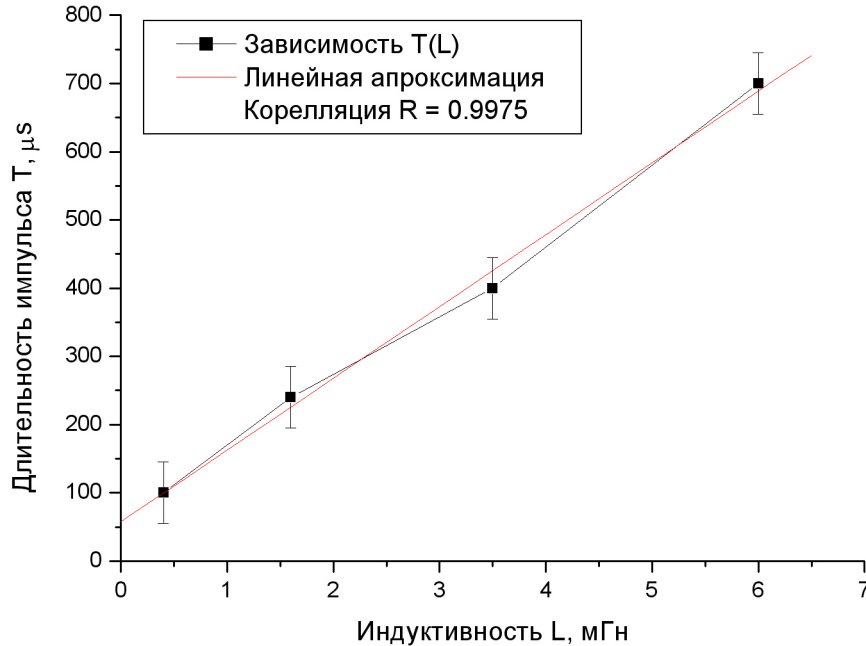


Рис. 9: Зависимость длины импульса  $T$  от индуктивности контура  $L$

### 3.2 Триггер

Длительность импульса на выходе определялась параметрами схемы и не зависела от длительности затухающего импульса.

При  $\tau_{след} > \tau_{разреш}$  была получена осциллограмма, изображенная на Рис. 11. В этом случае:

- Параметры управляющего сигнала:  $A = 0.5$  В,  $\tau = 0.19$  мсек,  $f = 10$  кГц
- Параметры сигнала на выходе:  $A = 0.9$  В,  $\tau = 3$  мсек

Далее было получено удвоение периода. Параметры режима:

- Параметры управляющего сигнала:  $A = 0.5$  В,  $\tau = 2$  мсек
- Параметры сигнала на выходе:  $A = 0.9$  В,  $\tau = 6$  мсек

Максимальная допустимая длина запускающего импульса  $\tau_{max} = 2$  мсек (время удвоения). Минимально допустимая длительность  $\tau_{min} = 0.275$  мсек (временное разрешение триггера).



Рис. 10: Фазовый портрет мультивибратора

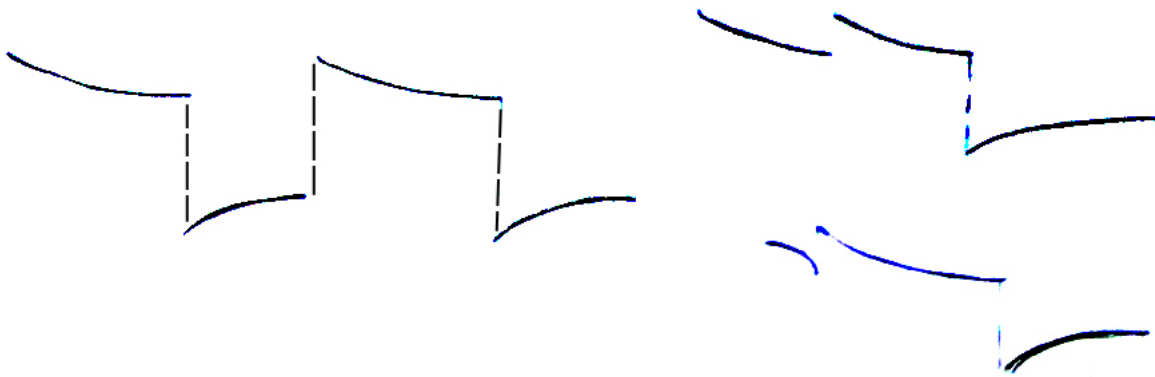


Рис. 11: Осциллограмма для схемы в режиме триггера при  $\tau_{след} > \tau_{разреш}$ , форма импульса, полученного в режиме удвоения периода и осциллограмма, по которой определялось его временное разрешение

### 3.3 Одновибратор (кипп-реле)

Минимальная и максимальная длительность запускающего импульса:  $\tau_{min} < 1$  мксек,  $\tau_{max} = 1$  мсек.

Амплитудные искажения начинаются при  $\tau = 420$  мксек.

Далее, переходим к новому фазовому портрету.

Спусковая схема –  $\tau = 500$  мксек запускается при амплитуде входного сигнала, составляющей 0.25 В.



Рис. 12: Форма полученного на выходе схемы кпп-реле импульса

## **4 Вывод**

В данной работе нами были исследованы три системы, в которых происходят разрывные колебания: мультивибратор, одновибратор (или кипп-реле) и триггер. Для этих трёх систем были исследованы фазовые плоскости, а также характерные особенности их работы. Во всех экспериментах полученные результаты хорошо согласуются с теорией, поэтому в целом работу можно считать выполненной успешно.