

МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

Физтех-школа прикладной математики и информатики

Отчёт о выполнении лабораторной работы 3.2.8
Релаксационные колебания

Автор:
Чикин Андрей Павлович
Б05-304

Цель работы:

1. изучение вольт-амперной характеристики нормального тлеющего разряда
2. исследование релаксационного генератора на стабилитроне

Приборы:

1. стабилитрон СТ-2 (газонаполненный диод) на монтажной панели
2. магазин ёмкостей
3. магазин сопротивлений
4. источник питания
5. амперметр
6. вольтметр
7. осциллограф

0.1 Теоретические сведения

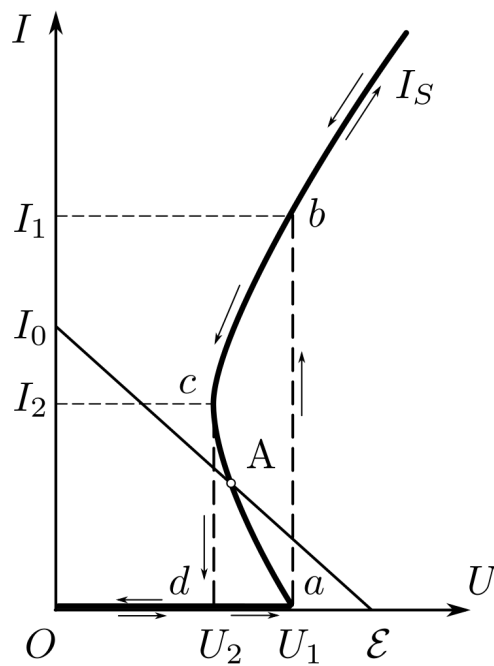


Рис. 1: ВАХ газонаполненного диода

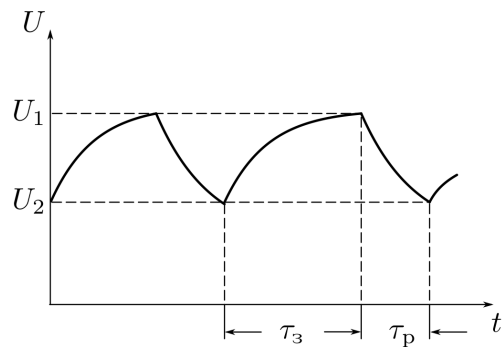


Рис. 2: Осциллограмма релаксационных колебаний

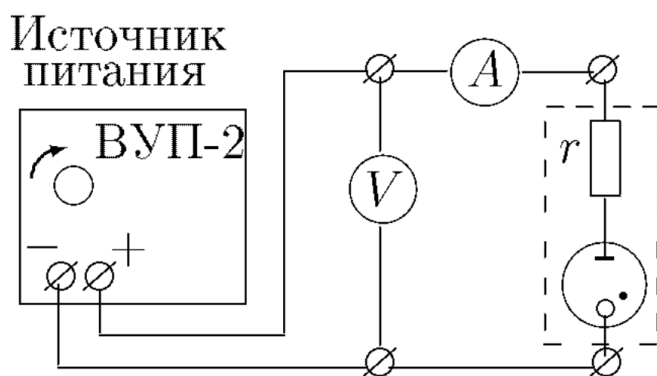


Рис. 3: Схема для исследования ВАХ

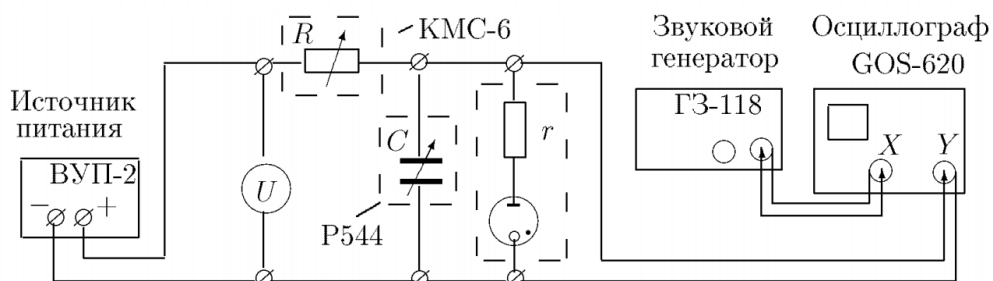


Рис. 4: Схема для исследования релаксационного генератора

При стационарном режиме ($I, U = \text{const}$),

$$I_{\text{ст}} = \frac{\varepsilon - U}{R + r} \quad (1)$$

$$RC \frac{dU}{dt} = \varepsilon - U \quad (2)$$

$$U = \varepsilon - (\varepsilon - U_2) \exp\left(\frac{-t}{RC}\right) \quad (3)$$

В момент зажигания: $t = \tau_3$, $U = U_1$:

$$U_1 = \varepsilon - (\varepsilon - U_2) \exp\left(\frac{-\tau_3}{RC}\right) \quad (4)$$

$$T \approx \tau_3 = RC \ln \frac{\varepsilon - U_2}{\varepsilon - U_1} \quad (5)$$

0.2 Ход работы.

1. Соберем схему 1. (см. рис. 3)

$$r = 5.1 \text{ кОм.}$$

2. Установим мин. напряжение.

3. Получим ВАХ. (см. таблицу 1)

| U, В | I, А | U, В | I, А |
|------|------|-------|------|
| 25 | 0 | 313.0 | 45.5 |
| 43 | 0 | 263.0 | 36.9 |
| 65 | 0 | 225.0 | 28.9 |
| 69 | 0 | 196.0 | 23.4 |
| 72 | 0 | 171.0 | 18.7 |
| 93 | 0 | 145.3 | 13.9 |
| 93 | 4 | 125.0 | 10.1 |
| 97 | 5 | 109.3 | 7.1 |
| 99 | 4 | 94.7 | 4.4 |
| 102 | 6 | 84.7 | 2.4 |
| 105 | 6 | 82.6 | 2.0 |
| 116 | 8 | 80.6 | 1.6 |
| 127 | 10 | 79.7 | 1.5 |
| 139 | 13 | 78.5 | 1.2 |
| 159 | 16 | 76.9 | 0.9 |
| 184 | 21 | 75.0 | 0.6 |
| 206 | 25 | 74.0 | 0.4 |
| 234 | 30 | 73.6 | 0.0 |
| 262 | 36 | 72.9 | 0.0 |
| 331 | 45 | 71.3 | 0.0 |
| | | 67.2 | 0.0 |
| | | 30.0 | 0.0 |

Таблица 1: ВАХ стабилитрона

$$U_1 \approx 93 \text{ В} \quad (6)$$

$$U_2 \approx 74 \text{ В} \quad (7)$$

4. Соберем схему 2. (см. рис. 4)

5. Установим на магазине ёмкостей значение $C = 50 \text{ нФ}$, а на магазине сопротивлений $R = 900 \text{ кОм}$.

6. Подсоединим осциллограф и установим $\varepsilon \approx 1.2U_1$.

$$\varepsilon = 112 \text{ В.}$$

7. Подберем частоту осциллографа так, чтобы были видны колебания на конденсаторе (канал 1) и на стабилитроне (канал 2).

8. По графику "пилы" оценим τ_3, τ_p, T, ν .

$$\tau_3 = 35.5 \text{ мс} \quad (8)$$

$$\tau_p = 1.5 \text{ мс} \quad (9)$$

$$T = 37 \text{ мс} \quad (10)$$

$$\nu = 27 \text{ Гц} \quad (11)$$

9. Найдем $R_{кр}$, уменьшая R .

$$R_{кр} = 150 \text{ кОм} \quad (12)$$

10. Убедимся, что колебания пропадают и при уменьшении ε .

11. Измерим зависимость $T(C)$, $C \in [2, 50] \text{ нФ}$. (см. таблицу 2).

$$R_0 = 450 \text{ кОм}.$$

| C, нФ | T, мс |
|-------|-------|
| 50 | 31 |
| 45 | 27 |
| 40 | 25 |
| 35 | 21 |
| 30 | 19 |
| 25 | 15 |
| 20 | 13 |
| 15 | 9 |
| 10 | 7 |
| 5 | 3 |

Таблица 2: $T(C)$

12. Измерим зависимость $T(R)$, $R \in [R_{кр}, R_{max}]$. (см. таблицу 3).

$$C_0 = 50 \text{ нФ}.$$

| R, 10^5 Ом | T, мс |
|----------------------|-------|
| 10 | 68 |
| 8 | 54 |
| 7 | 46 |
| 6 | 40 |
| 5 | 33 |
| 4 | 26 |
| 3 | 20 |
| 2 | 14 |

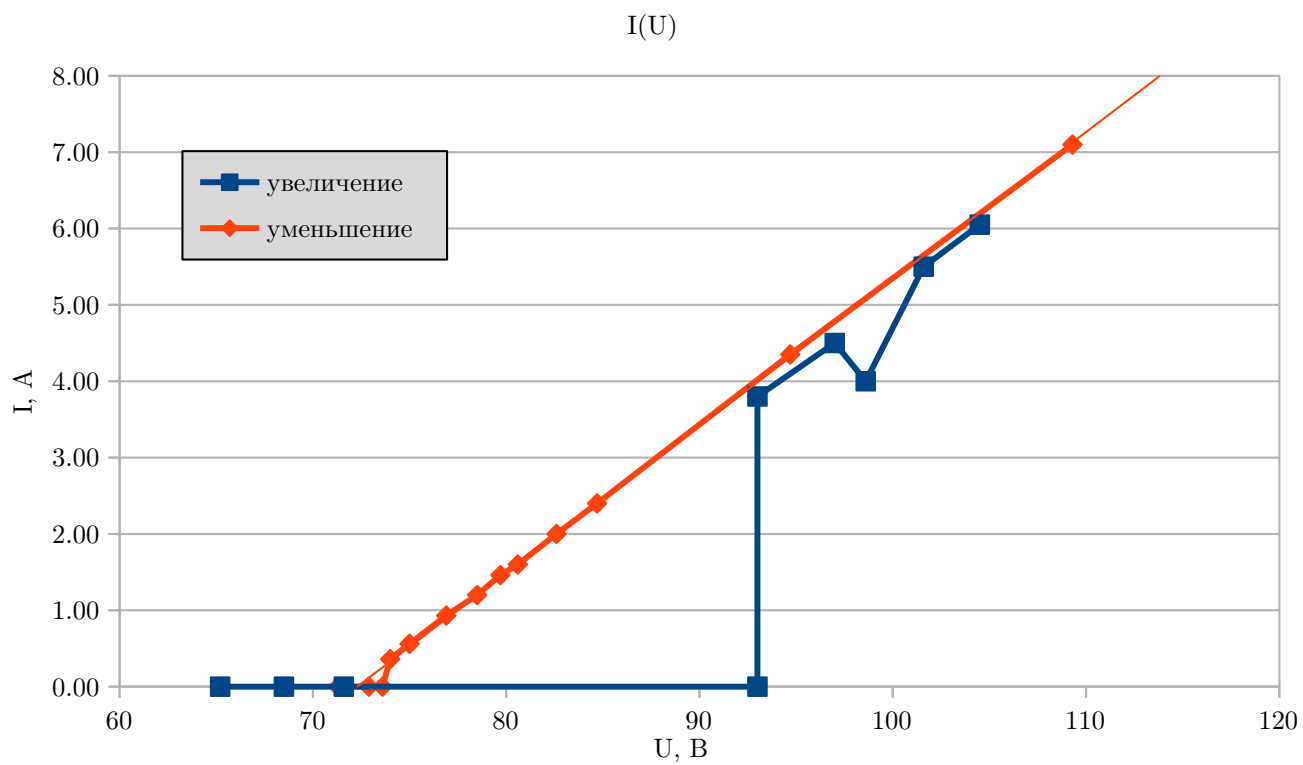
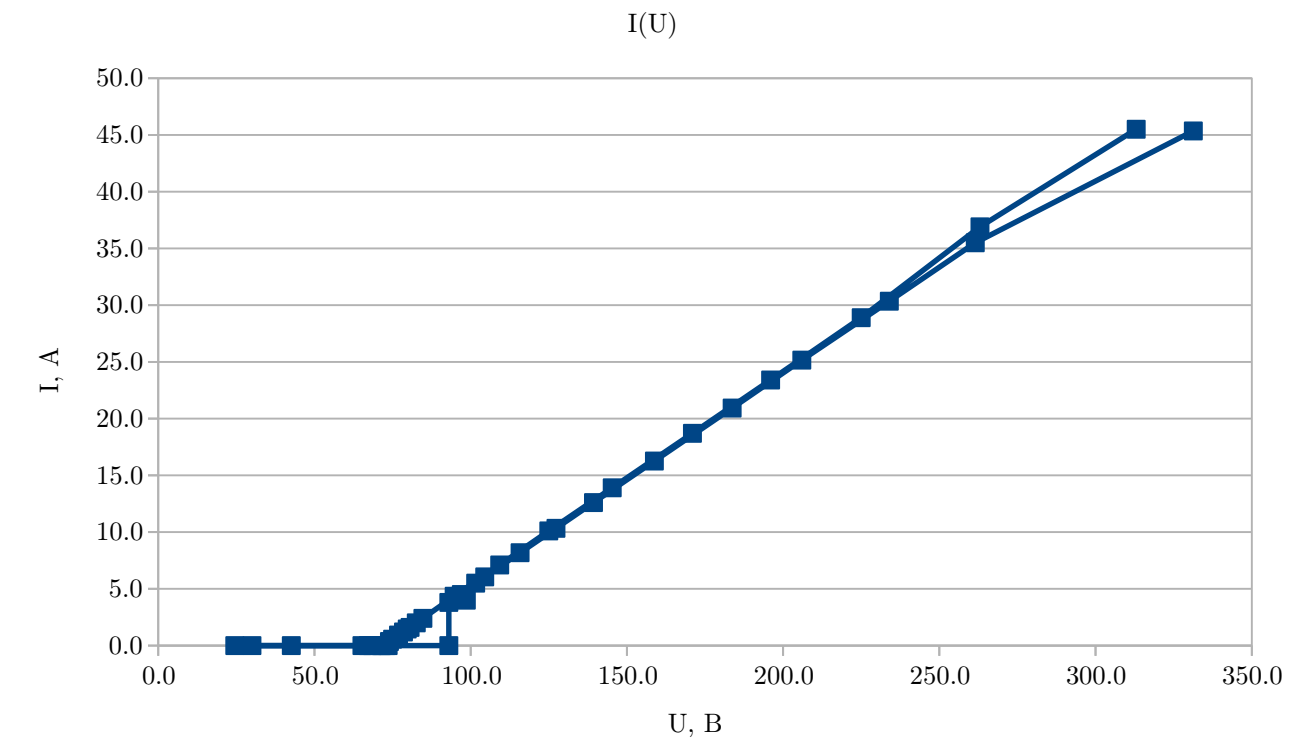
Таблица 3: $T(R)$

13. Восстановим работу релаксационного генератора (рис. 4) с настройками, рекомендованными в п. 5–6.

14. Переведем осциллограф в измерительный двухканальный режим. Установим по осям координат сдвиги и коэффициенты усиления, подходящие для наблюдения фазовой траектории релаксационных колебаний. Должны получиться фигуры Лиссажу.

15. Не выполняли.

16. Построим графики ВАХ.



17. Построим графики $T_{\text{эксп}}(C)$, $T_{\text{теор}}(C)$ и $T_{\text{эксп}}(R)$, $T_{\text{теор}}(R)$.

По ур-ию 5:

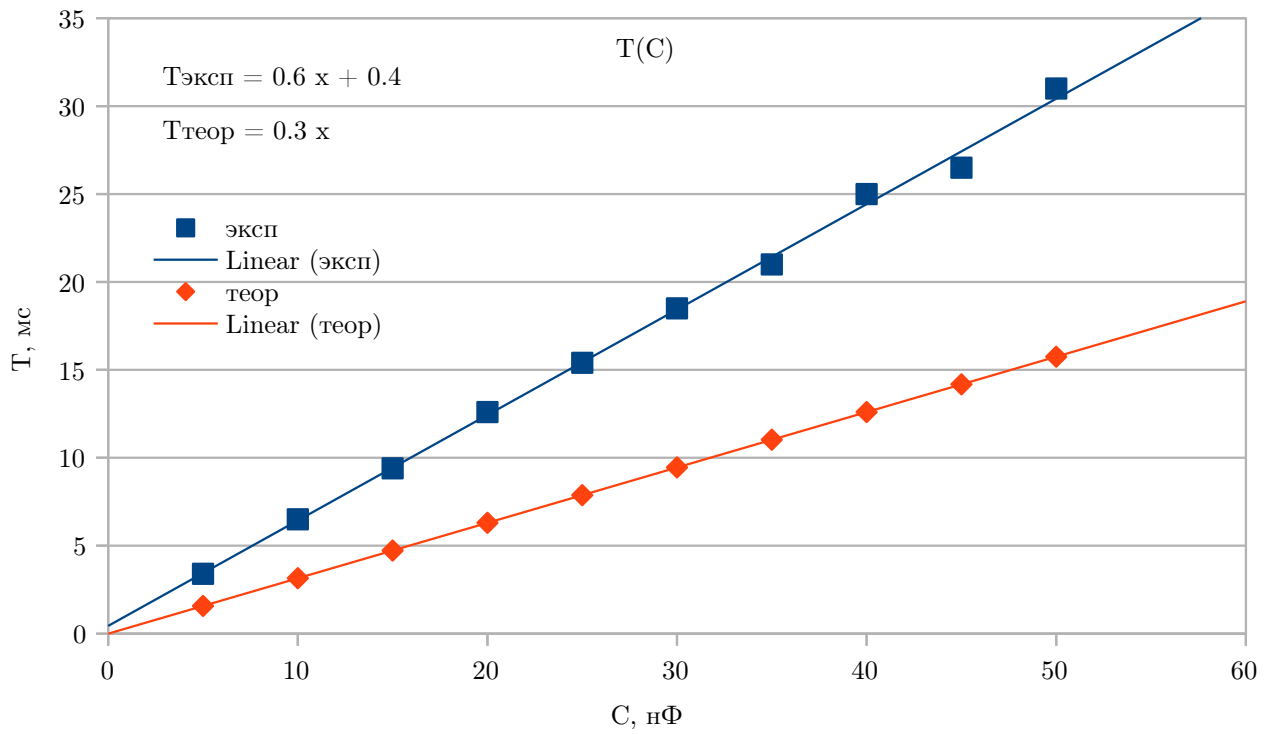
$$T \approx RC \ln \frac{\varepsilon - U_2}{\varepsilon - U_1} \quad (13)$$

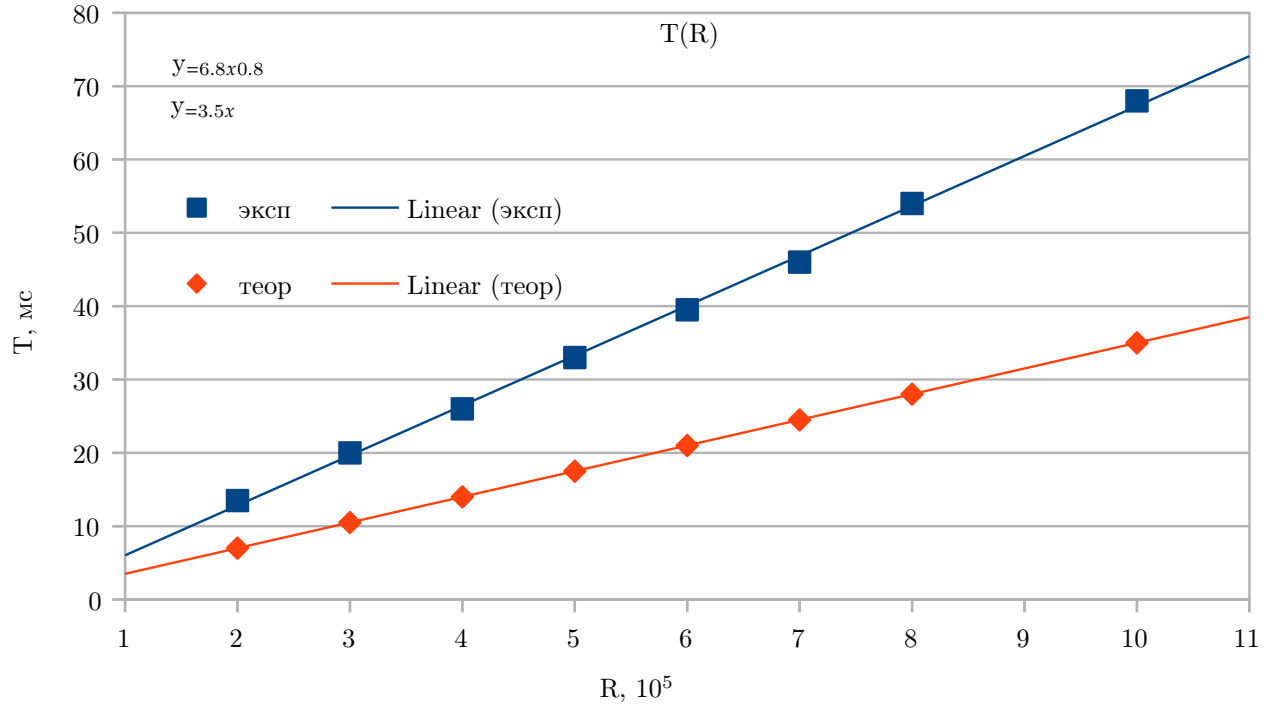
$$\varepsilon = 112, \quad U_1 \approx 93, \quad U_2 \approx 74, \quad R_0 = 450 \text{кОм}, \quad C_0 = 50 \text{нФ}$$

$$\ln \frac{\varepsilon - U_2}{\varepsilon - U_1} \approx 0.7$$

$$T_{\text{теор}}(C) \approx 0.2 \frac{\text{мс}}{\text{нФ}} \cdot C \quad (14)$$

$$T_{\text{теор}}(R) \approx 3.5 \frac{\text{мс}}{10^5 \text{Ом}} R \quad (15)$$





$$T_{\text{эксп}}(C) \approx 0.6 \frac{\text{мс}}{\text{нФ}} \cdot C \quad (16)$$

$$T_{\text{эксп}}(R) \approx 6.8 \frac{\text{мс}}{10^5 \text{Ом}} R \quad (17)$$

18. Экспериментальные значения стабильно выше, чем теоритические. Как было сказано выше, данная систематическая погрешность может быть связана с пренебрежением паразитных емкостей и индуктивностей схемы, отличие U_2 от реального потенциала гашения лампы.

Оценим потенциал гашения.

$$V \approx 40\text{В} \quad (18)$$

19. Не выполняли.

20. Не выполняли.

0.3 Вывод.

В данной лабораторной работе мы получили ВАХ нормального тлеющего зятяда и исследовали релаксационный генератор на стабилитроне. Получили напряжение зажигания U_1 и напряжение гашения U_2 :

$$U_1 \approx 93\text{В} \quad (19)$$

$$U_2 \approx 74\text{В} \quad (20)$$

Получили зависимости $T(C)$ и $T(R)$, построили графики. Из результатов видно, что динамический потенциал гашения значительно меньше статического напряжения гашения. В пределах применения теоретической модели наблюдается прямопропорциональная зависимость периода от сопротивления и емкости.