

---

## Отчёт по работе 3.2.8

### Релаксационные колебания

Карташов Константин Б04-005

---

## I Анотация

**Цель работы:** Изучение вольт-амперной характеристики нормального тлеющего разряда; исследование релаксационного генератора на стабилитроне.

**Оборудование:**

- ▷ Стабилитрон СГ-2
  - ▷ Амперметр
  - ▷ Вольтметр
  - ▷ Магазин сопротивлений
  - ▷ Магазин ёмкостей
  - ▷ Источник питания
  - ▷ Осциллограф
  - ▷ Генератор звуковой частоты
- 

## II Теоретическая часть

### i Некоторые сведения

Релаксационные колебания – это такие колебания, в которых происходит зарядка и разрядка всего одного накопителя энергии. В нашем случае накопителем энергии является конденсатора, а режим зарядки и разрядки регулируется газоразрядным диодом – стабилитроном. Стабилитрон нелинейный элемент, пропускающий ток при достижении потенциала зажигания  $V_1$ , и перестающий пропускать его при достижении потенциала затухания  $V_2 < V_1$ , за счёт чего обеспечиваются колебания. Период колебания такой схемы определяется временем зарядки конденсатора.

Напряжение на конденсаторе, когда выключен стабилитрон:

$$RC \frac{dV}{dt} = U - V,$$

проинтегрировав, и подставив начальное напряжения  $V_1$ , конечное  $V_2$  и время  $\tau_{\text{зж}}$ :

$$V_1 = U - (U - V_2)e^{\tau_{\text{зж}}/RC},$$

$$T \approx \tau_{\text{зат}} = RC \ln \left( \frac{U - V_2}{U - V_1} \right).$$

---

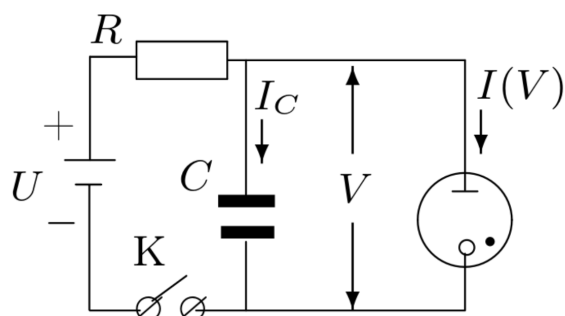


Рис. 1: Принципиальная схема релаксационного генератора

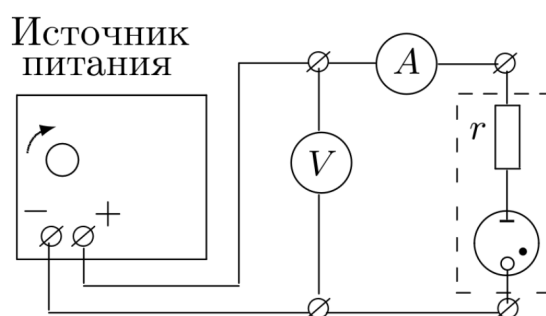


Рис. 2: Схема установки для изучения характеристик стабилитрона

### III Экспериментальная часть

#### i Измерение ВАХ стабилитрона

Соберём установку для снятия ВАХ (рис. 2). В первую очередь определим потенциалы зажигания и гашения. Для этого постепенно будем повышать напряжение, до зажигания диода, напряжение при котором диод загорится будет потенциалом зажигания  $V_1$ . Проведём те же самые действия, но при уменьшении напряжения и найдём потенциал гашения. Получаем:

$$V_1 = 96 \text{ В}, \quad V_2 = 76 \text{ В}.$$

Теперь снимем ВАХ для зажжённого стабилитрона. Будем снимать значения тока сначала повышая напряжение, а затем его понижая. Результаты занесём в таблицу, и по ним построим график.

По графику видим, что все точки лежат на прямой, как и должно быть в теории. Аппроксимирующую прямую посчитаем пользуясь методом наименьших квадратов. И изобразим её на графике. Точку не лежащую на прямой ( $I = 5.5 \text{ мА}$ ,  $U = 10$ ) из расчётов исключим.

$U$ , В	88.8	96.5	105.6	107.5	115.2	110.2	100.4
$I$ , мА	2.9	4.2	5.9	6.3	7.7	6.8	5.1
$U$ , В	95.7	90.8	88.8	84.2	82.9	78.6	76.8
$I$ , мА	4.2	3.3	2.9	2.1	1.9	1.1	0.8

Таблица 1: Значения снятые для построения ВАХ стабилитрона

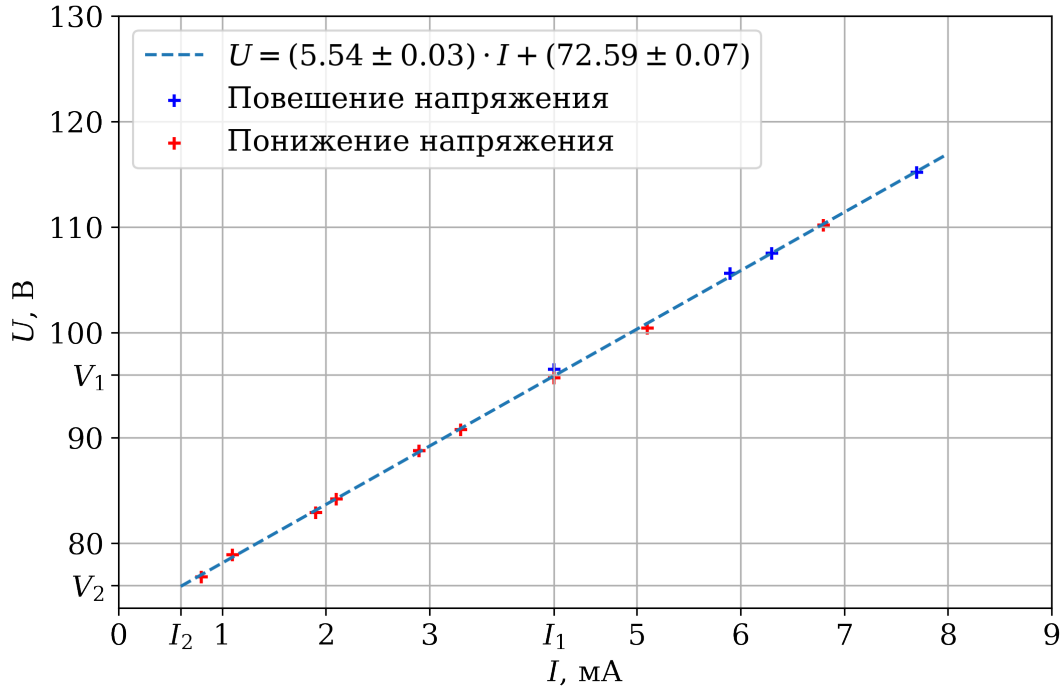


Рис. 3: График измеренной ВАХ стабилитрона

По полученной прямой рассчитаем значения для тока зажигания и потухания. Из чего получим:

$$I_1 = 4.2 \text{ мА}, \quad I_2 = 0.6 \text{ мА}.$$

## ii Изучение осциллограммы релаксационных колебаний

Соберём экспериментальную установку (рис. 4). Выставим значения  $R = 900 \text{ кОм}$ ,  $C = 5 \cdot 10^{-2} \text{ мкФ}$ . Выставим напряжение  $U = 118.5 \text{ В} \approx 1.2V_1$ .

Получим на осциллографе изображение пилообразных колебаний (рис. 5). По изображению оценим  $\tau_{\text{заг}} : \tau_{\text{пот}} = 70 : 3$ , т.е. можно считать, что  $\tau_{\text{пот}} \ll \tau_{\text{заг}}$ .

Уменьшая сопротивление магазина найдём критическое сопротивление при котором колебания останавливаются. Получим  $R_{\text{кр}} = 120 \text{ кОм}$ . Теоретическое значение для  $R_{\text{кр}} = (U - V_2)/I_2 = (118.5 - 76)/0.6 = 71 \text{ кОм}$ . Из этого можно сделать заключение, что  $V_2$  для динамического значительно случая ниже, чем для статического.

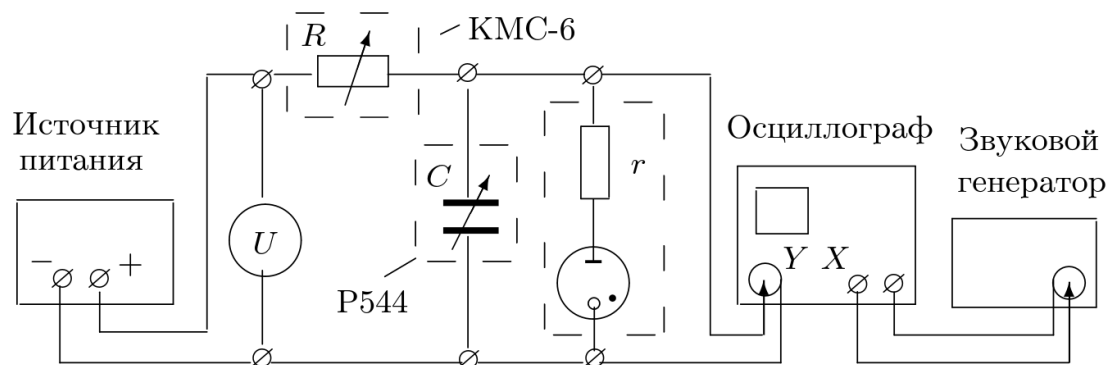


Рис. 4: Схема установки для исследования релаксационных колебаний.

### iii Получение фигур Лиссажу и изучение частоты колебаний

Восстановим исходные параметры релаксационного генератора. Теперь подадим на вход осциллографа X синусоидальных сигнал с генератора звуковых частот. И пронаблюдаем фигуры Лиссажу для различных отношений частот (рис. 6 – 10).

Теперь измерим зависимость частоты колебаний от ёмкости конденсатора при постоянном сопротивлении, и зависимость частоты от сопротивления при постоянной ёмкости. Для измерения частоты будем подбирать частоту генератора звуковых сигналов так, чтобы получались фигуры Лиссажу отношения 1:1.

Измерим  $\nu(C)$  при  $R = 600$  кОм. Данные занесём в таблицу 2.

$C, \text{ мкФ} \cdot 10^{-3}$	50	40	30	20	15	10	8	5
$\nu, \text{ Гц}$	39.6	45.8	60.4	90.2	119	180	226	363
$T, \text{ мс}$	25.3	21.8	16.6	11.1	8.4	5.6	4.4	2.8

Таблица 2: Данные измерения зависимости частоты от ёмкости

Измерим  $\nu(R)$  при  $C = 5 \cdot 10^{-2}$  мкФ. Данные занесём в таблицу 3.

$R, \text{ кОм}$	900	800	700	600	200	400	300	200	130
$\nu, \text{ Гц}$	25.1	28.7	32.8	38.2	46.1	57.4	75.4	106.3	147
$T, \text{ мс}$	39.8	34.8	30.5	26.2	21.7	17.4	13.3	9.4	6.8

Таблица 3: Данные измерения зависимости частоты от сопротивления

Теоретическая зависимость определяется по формуле:

$$T \approx \tau_{\text{зат}} = RC \ln \left( \frac{U - V_2}{U - V_1} \right).$$

На графиках построим точки из табл. 2 и 3, и теоретическую зависимость. Видим, что наклон теоретического и действительного графика сильно отличаются. По наклону графика найдём действительные значения для  $V_2$ , считая, что  $V_1$  постоянно.

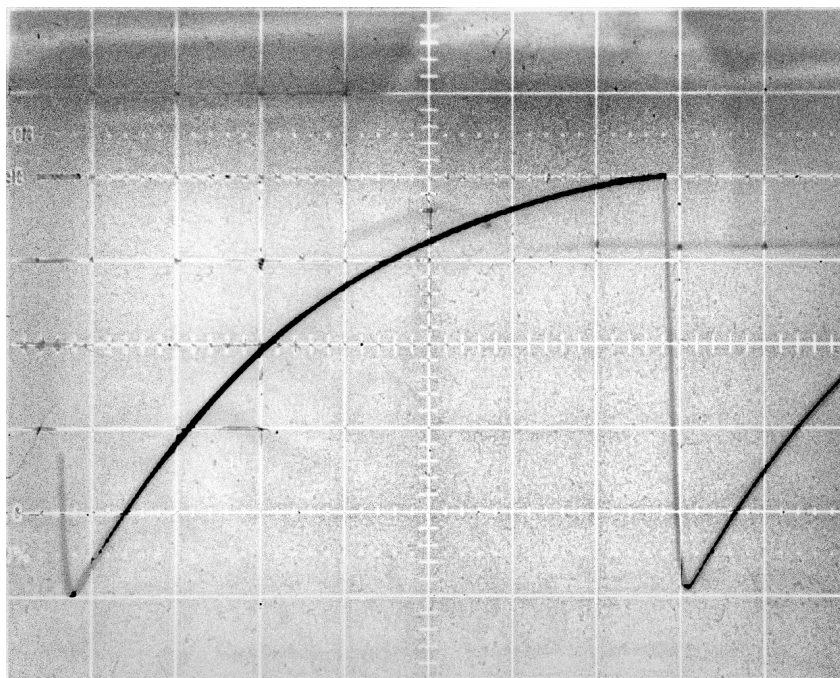


Рис. 5: Изображение пилообразных колебаний полученных на осциллографе

---

## IV Выводы

Мы изучили нелинейную характеристику стабилитрона, сняв потенциалы зажигания и потухания, и показав, что между ними существует линейный участок.

Мы показали, что в схеме с конденсатором происходят релаксационные колебания, причём  $V_2$  в них отличается от ранее измеренного.

Получили изображение пилообразных колебаний, и фигур Лиссажу для них, показав возможную схему для получения генератора развёртки на осциллографе.

Так же мы сняли зависимости периода  $T(C)$  и  $T(R)$ , на основе чего считали значения для  $V_2$ .

---

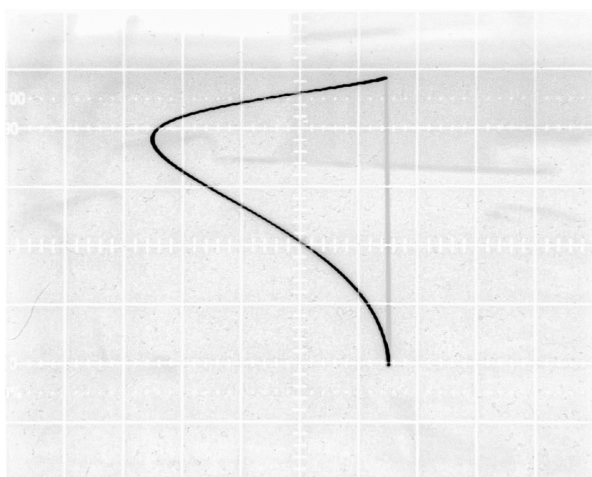


Рис. 6: Фигура Лиссажу для отношения частот 1:1

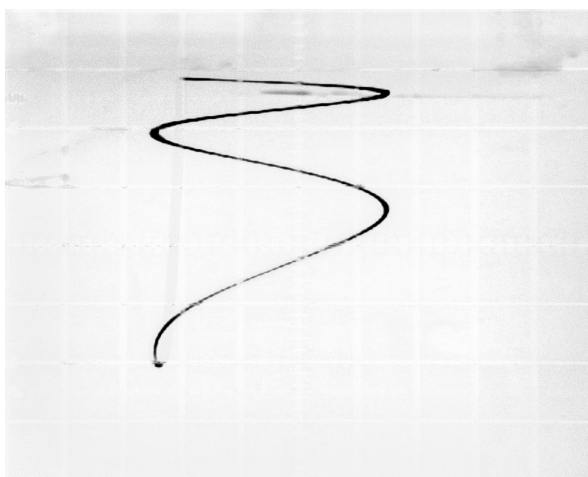


Рис. 7: Фигура Лиссажу для отношения частот 1:2

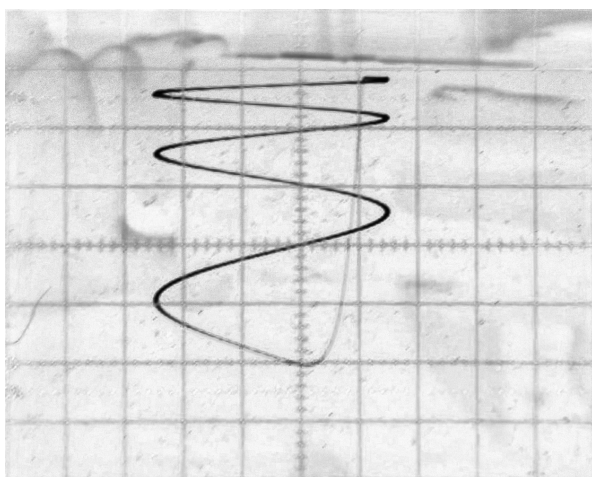


Рис. 8: Фигура Лиссажу для отношения частот 1:3

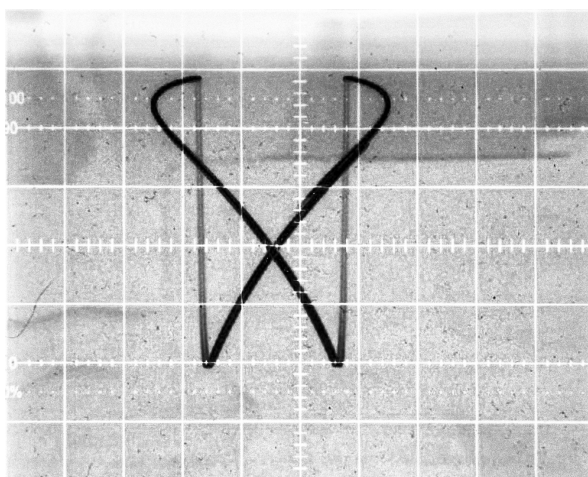


Рис. 9: Фигура Лиссажу для отношения частот 2:1

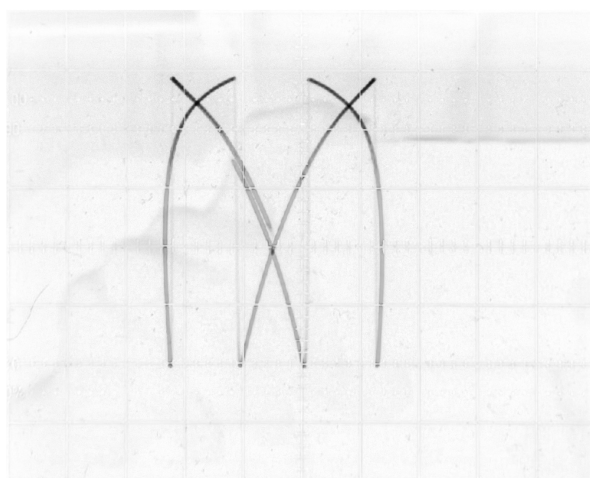


Рис. 10: Фигура Лиссажу для отношения частот 3:1

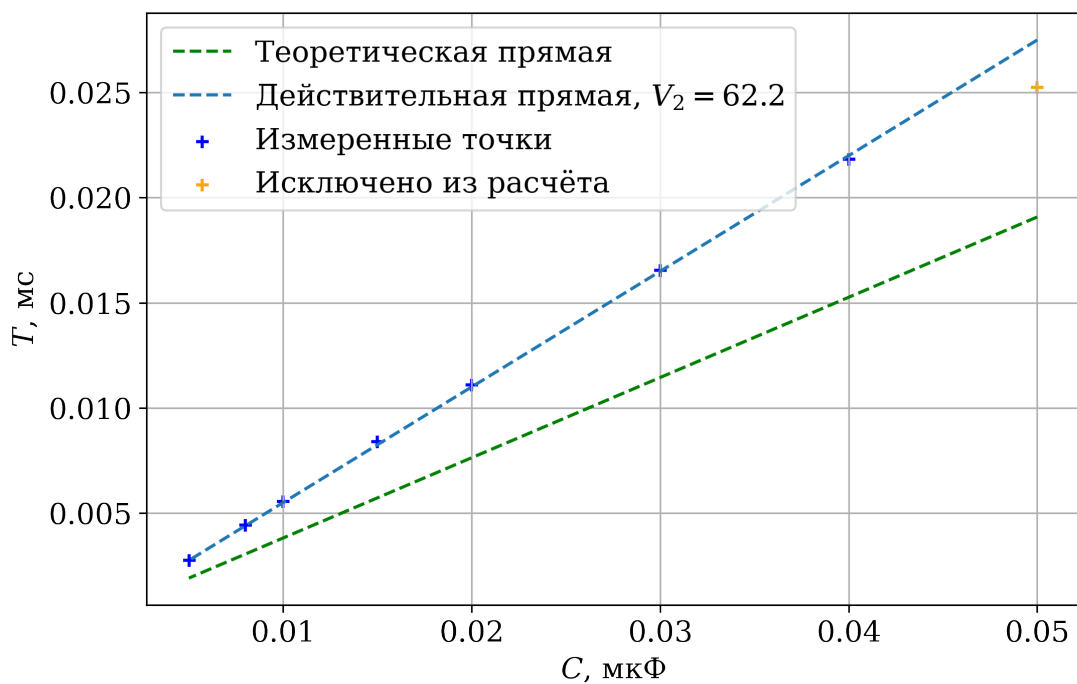


Рис. 11: График зависимости  $T(C)$

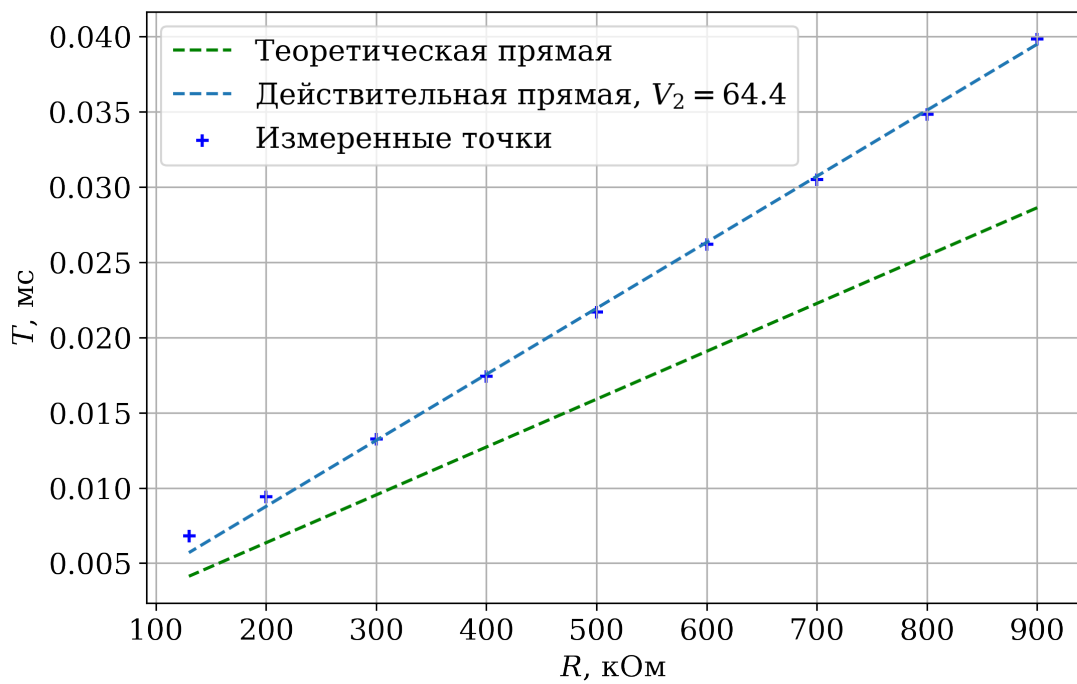


Рис. 12: График зависимости  $T(R)$