
Московский Физико-Технический Институт
(государственный университет)

Лабораторная работа по курсу общей физики № 3.2.8

Релаксационные колебания

Автор:

Баранников Андрей Б01-001



Долгопрудный, 2021

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

В работе используются: стабилитрон СГ-2 (газонаполненный диод) на монтажной панели, амперметр, магазин сопротивлений, магазин ёмкостей, источник питания, осциллограф (ЭО), генератор звуковой частоты (ЗГ).

Описание работы

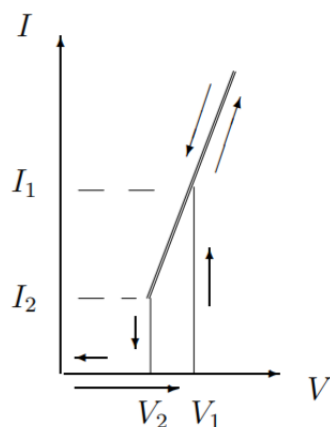


Рис. 1: Вольтамперная характеристика стабилитрона с последовательно включенным резистором

Зависимость тока от напряжения для газоразрядной лампы не подчиняется закону Ома и характеризуется рядом особенностей, ее вольтамперная характеристика указана на *рис. 1*.

При малых напряжениях лампа практически не пропускает ток. Как только разность потенциалов на ее электродах достигает напряжения зажигания в лампе начинает течь ток. После, так как наш источник напряжения не может поддерживать такую силу тока, напряжение на лампе начинает падать и достигая напряжения гашения, силу тока на ней скачком падает до нуля.

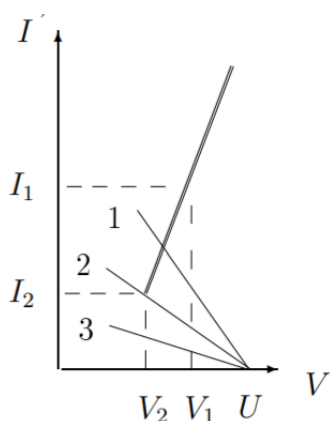


Рис. 2: Режимы работы релаксационного генератора

Колебательный процесс возможен когда нагрузочная прямая не пересекает характеристику лампы (3 прямая на *рис. 2*). Это происходит из-за того, что в стационарном режиме ток через лампу равен:

$$I_{\text{ст}} = \frac{U - V}{R},$$

где V - напряжение на конденсаторе и оно постоянно. Тогда прямая 2 проходящая через точку (I_2, V_2) , соответствует критическому сопротивлению:

$$R_{\text{кр}} = \frac{U - V_2}{I_2},$$

тогда для $R > R_{\text{кр}}$ в системе установятся колебания.

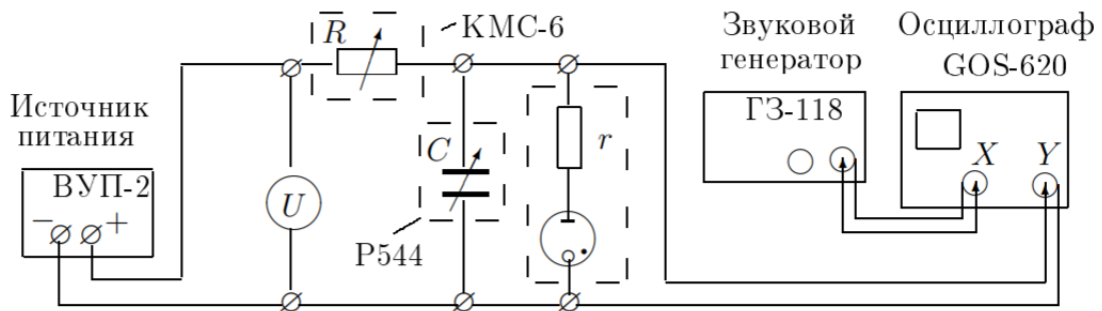


Рис. 3: Схема установки для изучения релаксационных колебаний

Схема установки изображена на *рис. 3*. Здесь период колебаний будет складываться из времени заряда τ_z и времени разряда τ_p . В случае, когда сопротивление R существенно превосходит внутреннее сопротивление стабилитрона, справедливо соотношение $\tau_z \gg \tau_p$. В таком случае период колебаний можно посчитать при помощи такой формулы:

$$T \approx \tau_z = RC \ln \frac{U - V_2}{U - V_1}, \quad (1)$$

где V_1 и V_2 потенциалы зажигания и гашения соответственно.

Ход работы

Снимем вольтамперную характеристику стабилитрона, внутреннее сопротивление стабилитрона $r = 5,1 \text{ кОм}$. Запишем данные в таблицу для систем из стабилитрона и дополнительного сопротивления r и для стабилитрона без сопротивления r . Построим графики зависимости $I = f(V)$ по данным таблицам.

С учётом r		Без учёта r		
U, В	I, мА	U, В	I, мА	
41,7	0,0	41,7	0,0	
50,8	0,0	50,8	0,0	
59,8	0,0	59,8	0,0	
71,8	0,0	71,8	0,0	
82,3	0,0	82,3	0,0	
88,2	2,2	77,0	2,2	V_1
97,3	3,5	79,7	3,5	
108,5	5,1	82,5	5,1	
97,2	3,4	79,8	3,4	
84,2	1,6	76,0	1,6	V_2

Таблица 1: Зависимость $U(I)$. V_1 - напряжение зажигания, V_2 - напряжение гашения

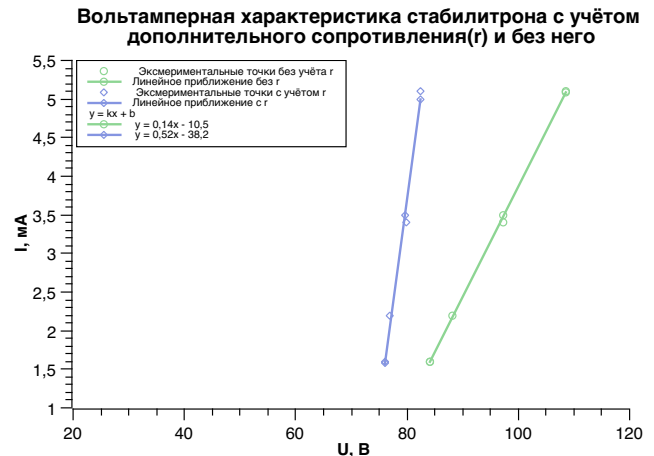


График $I = f(V)$

Соберем релаксационный генератор. Подберем частоту развертки так, чтобы было видно пилообразную картинку. Отношение времени зарядки к времени разрядки $\tau_3/\tau_p = 15$.

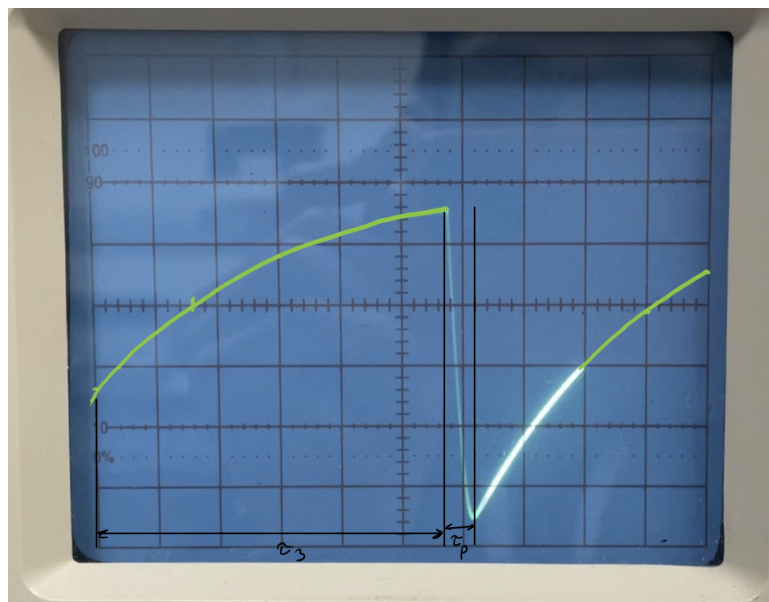
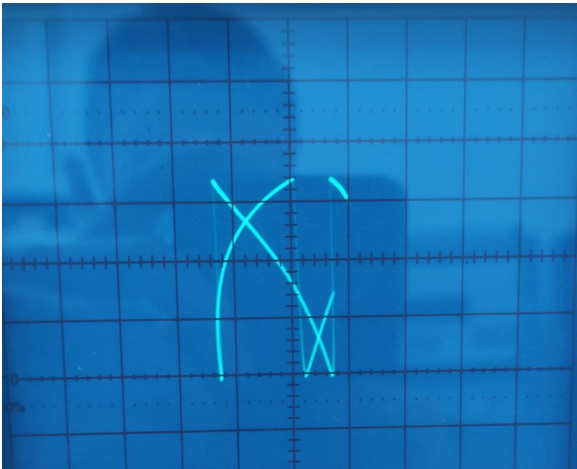


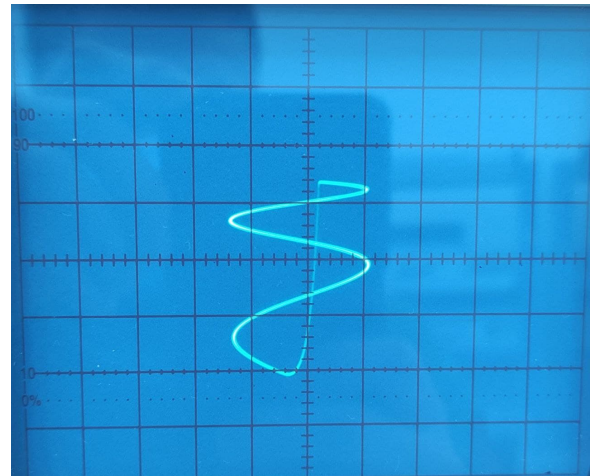
Рис. 4: Пилообразная картинка

Уменьшая сопротивление магазина определим $R_{кр}$, при котором пропадают колебания. $R_{кр} = 115 \text{ кОм}$, при этом теоретическое значение критического сопротивления $R_{теор} = 23 \text{ кОм}$. Такие различия возникают в результате неидеальности схемы и возникновения в ней помех.

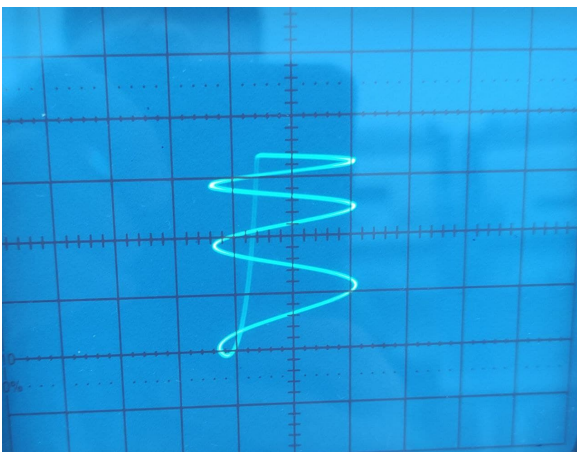
Подадим сигнал с генератора на вход X осциллографа. Меняя частоту ЗГ получим на экране фигуру Лиссажу без самопересечений. Не меняя параметров релаксационного генератора получим фигуры Лиссажу при соотношении частот 2:1, 3:1, 1:2, 1:3.



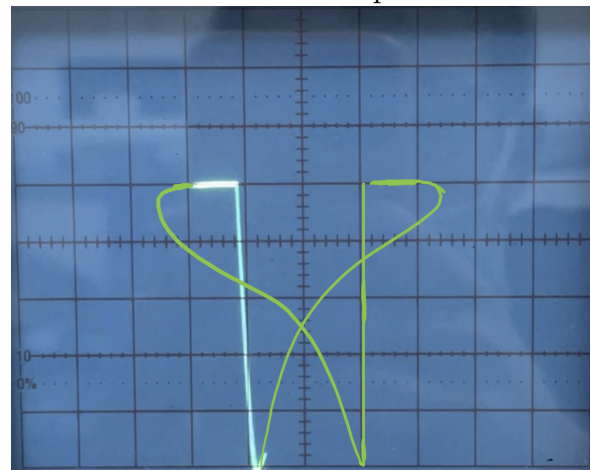
Соотношение сторон 3:1



Соотношение сторон 1:2



Соотношение сторон 1:3



Соотношение сторон 2:1

При значении сопротивления $R = 3R_{кр}$ снимем с помощью фигур Лиссажу зависимость частоты колебаний от ёмкости C .

$C \cdot 10^{-3}$ мкФ	Теория	Эксперимент
	T , с	T , с
48	0,00325	0,02288
42	0,00284	0,02004
38	0,00257	0,01767
35	0,00237	0,01706
40	0,00270	0,01873
45	0,00304	0,02119
50	0,00338	0,02375

R , кОм	Теория	Эксперимент
	T , с	T , с
999999	9,79999	0,07143
800	0,00784	0,05556
700	0,00686	0,04926
600	0,00588	0,04167
500	0,00490	0,03448
400	0,00392	0,02703
300	0,00294	0,02028
200	0,00196	0,01346

Аналогично проведём серию измерений $\nu = f(R)$ при постоянной ёмкости $C = 5 \cdot 10^{-2}$ мкФ, меняя величину R от максимального значения до критического.

По полученным данным построим графики $T(R)$ и $T(C)$:

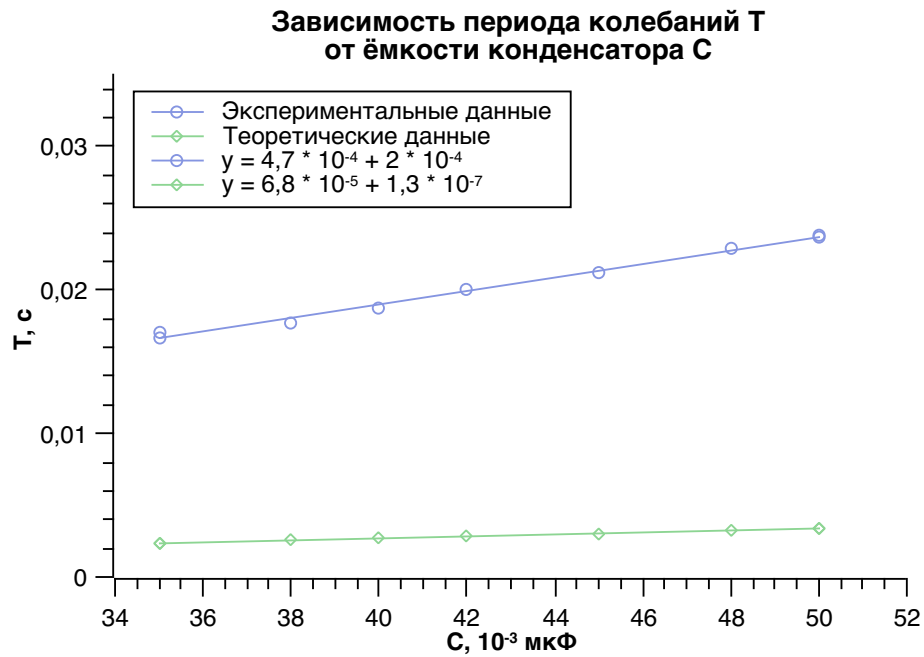


Рис. 5: Зависимость периода колебаний от ёмкости $T(C)$

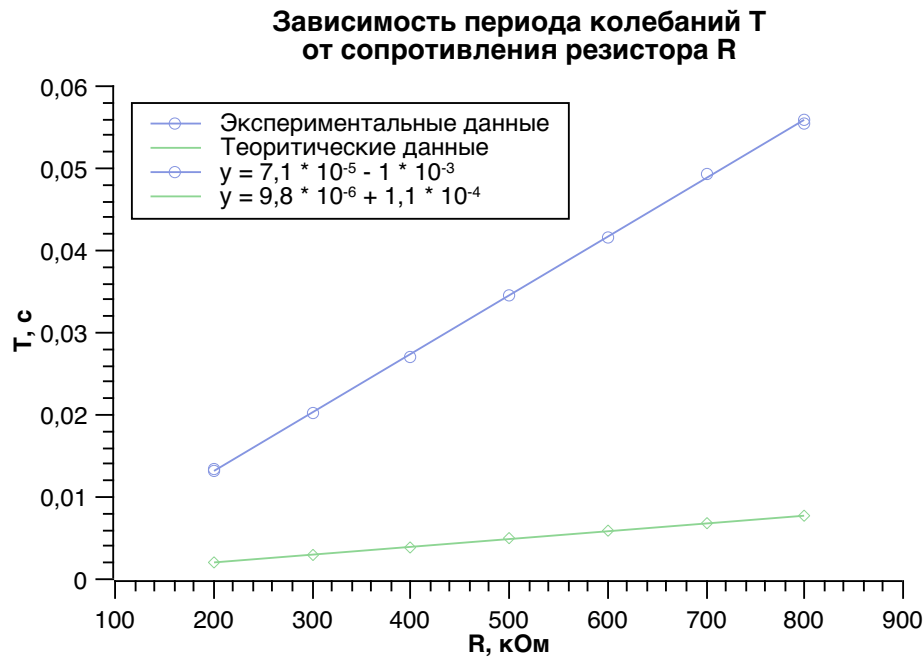


Рис. 6: Зависимость периода колебаний от ёмкости $T(R)$

Рассчитаем динамический потенциал гашения для получившихся экспериментальных прямых по формуле:

$$T \approx RC \ln \frac{U - V_2}{U - V_1}$$

В случае зависимости $T(C)$ получаем $V_2 = 85,7 B$, а в случае зависимости $T(R)$ получим $V_2 = 86,2 B$