

Лабораторная работа № 6

Определение периода релаксационных колебаний

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Определить период релаксационных колебаний.

ПРИБОРЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

1. Блок питания
2. Релаксационный генератор
3. Электронный секундомер

КРАТКАЯ ТЕОРИЯ

Релаксационное колебание – периодически повторяющийся процесс, состоящий из двух стадий:

1. Медленное *накопление* энергии системы до определенного критического значения;
2. Последующая *разрядка* энергии, происходящая почти мгновенно.

Электрические релаксационные колебания возникают в контуре, содержащем неоновую лампу TH , высокоомное сопротивление R и конденсатор C (рис.1).

Такой контур носит название **релаксационного генератора**.

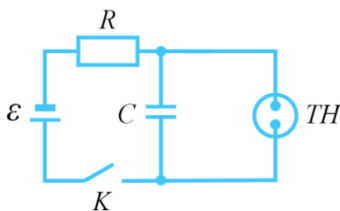


Рис.1. Релаксационный генератор

При подаче напряжения $U_{заж}$ на неоновую лампу она зажигается, это напряжение носит название **напряжения зажигания**, при этом скачком устанавливается значение тока, равное $I_{заж}$ – лампа «загорается» (рис.2).

При дальнейшем возрастании напряжения ток растет по закону, близкому к линейному. Если уменьшать напряжение на «горящей» лампе, то при напряжении равном $U_{гаш}$, лампа еще не гаснет.

Продолжая уменьшать напряжение, можно увидеть, что лишь при некотором напряжении $U_{гаш}$, которое меньше, чем $U_{заж}$, лампа «гаснет», это напряжение называется **напряжением гашения**, и ток скачком резко падает. При этом самостоятельный разряд в лампе прекращается.

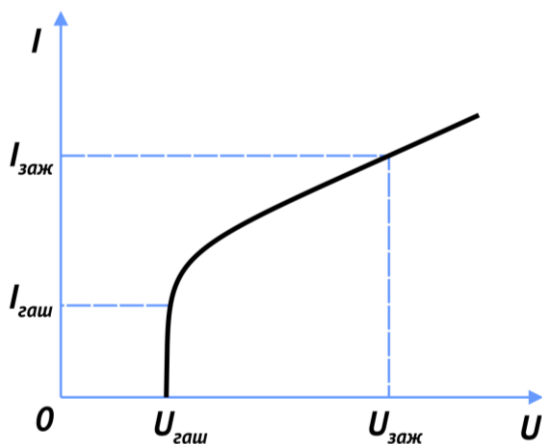


Рис.2. Зависимость силы тока неоновой лампы от напряжения

Различие в потенциалах зажигания $U_{заж}$ и гашения $U_{гаш}$ может быть использовано для получения релаксационных колебаний.

В релаксационном генераторе периодически осуществляется зарядка конденсатора C от источника тока ε через сопротивление R до напряжения зажигания, после чего лампа зажигается, и конденсатор быстро раз-

рывается через лампу, напряжение падает до $U_{заж}$, лампа гаснет и процесс повторяется вновь.

Рассмотрим процесс возникновения релаксационных колебаний. При замыкании ключа напряжение в конденсаторе начинает расти. Закон изменения напряжения $U(t)$ со временем можно найти, применяя закон Ома и первый закон Кирхгофа:

$$IR + U_C = \varepsilon \quad (1)$$

$$U_C = \varepsilon - IR, \quad (1a)$$

где $U_C = \frac{q}{C}$ – напряжение на конденсаторе,

$q = U_C C$ – заряд конденсатора,

$$I = \frac{dq}{dt}, \text{ или} \quad (2)$$

$$I = C \frac{dU_C}{dt} \quad (2a)$$

Подставляя (2a) в выражение (1a), получим:

$$U_C = \varepsilon - CR \frac{dU_C}{dt} \quad (3)$$

Разделим переменные в выражении (3) и проинтегрируем его.

$$\frac{dt}{CR} = \frac{dU_C}{\varepsilon - U_C},$$

$$\frac{t}{CR} = -\ln(\varepsilon - U_C) + \ln K, \quad (4)$$

где K – постоянная интегрирования, определяемая из начальных условий: при $t = 0$, $U = 0$, $K = -\varepsilon$.

Потенцируя выражение (4), получим:

$$U_C = \varepsilon \left(1 - \exp\left(-\frac{t}{CR}\right) \right) \quad (5)$$

Следовательно, при замыкании ключа, напряжение на лампе медленно растёт.

В момент времени, когда $U_C = U_{заж}$, лампа зажигается, через нее идет ток, при этом происходит разряд конденсатора. Но конденсатор разряжается не полностью, а частично, так как разряд конденсатора прекращается в момент погасания лампы.

Частичная разрядка происходит скачком. Как только лампа погаснет, конденсатор снова начнет заряжаться и при достижении напряжения $U_{гаш}$ лампа гаснет, конденсатор начинает заряжаться.

Этот процесс будет периодически повторяться. В результате возникнут колебания U_C , выражаемые пилообразной кривой (рис. 3).

Для определения напряжения на конденсаторе, в каждый момент необходимо вести отсчет времени от момента погасания лампы, учитывая, при $t = 0$, $U_C = U_{гаш}$.

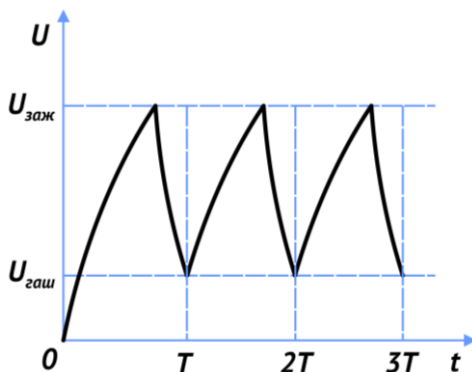


Рис. 3. Пилообразные колебания напряжения

Пусть в момент времени t , $U_C = U_{\text{заш}}$ и, следовательно,

$$U_{\text{заш}} = \varepsilon(1 - e^{-\frac{t}{CR}}), \text{ или}$$

$$U_{\text{заш}} = U_0(1 - e^{-\frac{t}{CR}}), \quad (6)$$

где $\varepsilon = U_0$ – напряжение на зажимах источника тока.

Напряжение зажигания будет соответствовать моменту времени $t+T$ (считаем, что разрядка конденсатора происходит скачком, т.е. почти мгновенно) и

$$U_{\text{заж}} = U_0(1 - e^{-\frac{t+T}{CR}}) \quad (7)$$

Из уравнения (6) и (7) определим период релаксационных колебаний T :

$$U_0 - U_{\text{заш}} = e^{-\frac{t}{CR}}, \quad U_0 - U_{\text{заж}} = e^{-\frac{t+T}{CR}},$$

$$\frac{U_0 - U_{\text{заш}}}{U_0 - U_{\text{заж}}} = e^{\frac{T}{CR}},$$

$$\ln \frac{U_0 - U_{\text{заш}}}{U_0 - U_{\text{заж}}} = \frac{T}{CR},$$

откуда:

$$T = CR \cdot \ln \frac{U_0 - U_{\text{заш}}}{U_0 - U_{\text{заж}}} \quad (8)$$

Следовательно, период релаксационных колебаний зависит от $R, C, U_0, U_{\text{заш}}, U_{\text{заж}}$.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА

Для получения электрических релаксационных колебаний в данной работе используется установка, принципиальная схема которой приведена на **рис. 4**.

Установка состоит из блока питания и релаксационного генератора.

Блок питания содержит двухполупериодный выпрямитель B , фильтр для сглаживания пульсаций тока (конденсатора C_ϕ)

Релаксационный генератор состоит из конденсатора C , сопротивлений R_1, R_2 , неоновой лампы TH , переключателя Π .

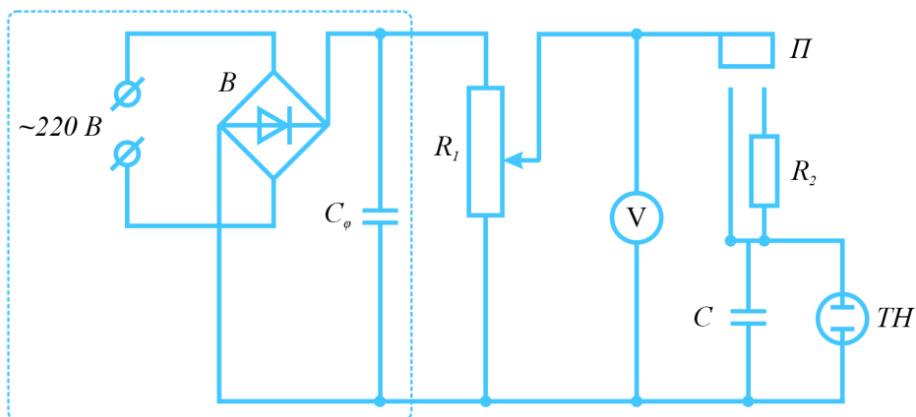


Рис.4. Схема установки

ХОД РАБОТЫ

1. Установить ручку делителя напряжения R_1 в левое крайнее положение, а ручку переключателя Π в положение, соответствующее значению сопротивления $R_2 = 0$.
2. Включить генератор и электронный секундомер в сеть переменного тока напряжения 220 В .

3. Увеличивая напряжение на неоновой лампе с помощью делителя R_1 , определить напряжение зажигания $U_{\text{заж}}$ лампы.
4. Уменьшая напряжение, определить напряжение гашения $U_{\text{гаш}}$.
5. Повторить пп.3, 4 не менее **5 раз** и вычислить средние значения $U_{\text{заж}}$ и $U_{\text{гаш}}$.
6. Установить рукоятку переключателя Π в положение, соответствующее значению сопротивления $R_2 \neq 0$.
7. С помощью делителя R_1 установить напряжение U_0 в пределах 140–150 В, неоновая лампа при этом должна загораться через равные промежутки времени. Эти промежутки равны периоду колебания T
8. С помощью электронного секундомера определить время **10 полных колебаний**.
9. Вычислить период $T = \frac{t}{10}$.
10. Повторить эту операцию не менее 5 раз и найти период колебаний T_{cp} .
11. Определить величину неизвестного сопротивления R_2 с помощью формулы (8):

$$R_2 = \frac{T_{\text{cp}}}{C \ln \frac{U_0 - U_{\text{гаш}}}{U_0 - U_{\text{заж}}}}$$

12. Определить относительную погрешность измерений $\frac{\Delta T_{\text{cp}}}{T_{\text{cp}}}$.
13. Сделать вывод.

Таблица

№	$U_{заж},$ В	$U_{гаш},$ В	$U_0,$ В	$t,$ с	$T,$ с	$\Delta T,$ с	$\frac{\Delta T_{cp}}{T_{cp}},$ %	$R_2,$ МОМ
1								
2								
3								
4								
5								
Среднее значение								

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое колебание?
2. Какой процесс называется релаксационным?
3. Чем отличаются гармонические колебания от релаксационных?
4. Как устроен генератор релаксационных колебаний?
5. Зачем в схему вводится большое сопротивление?
6. Почему потенциал зажигания неоновой лампы больше потенциала гашения?
7. От чего зависит период релаксационных колебаний?