

# Отчёт по эксперименту

## «Колебания зарядки и разрядки конденсатора»

Латыпов Владимир

### Постановка задачи

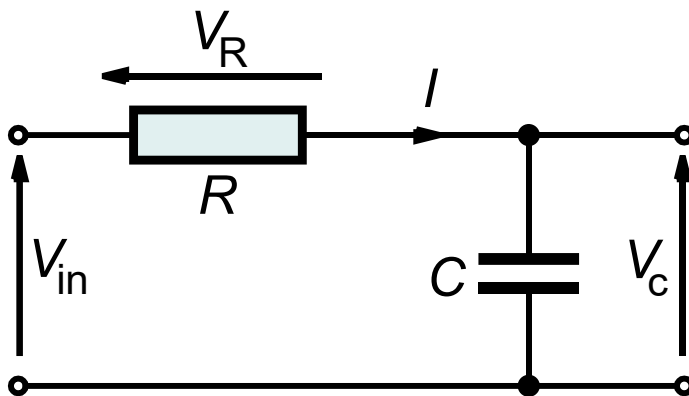
Собирается RC цепь, подключенная к источнику сигнала формы «меандр», в которой происходят колебания напряжения на конденсаторе.

С помощью осциллографа требуется получить устойчивую их картину и найти с помощью неё постоянную  $\tau = R \cdot C$  рассматриваемого контура, а затем, зная сопротивление, найти ёмкость конденсатора.

### Методика & теоретическое обоснование

(если что, «&» - это амперсанды)

Соберём такую схему:



Для начала вспомним, что зависимость напряжения от времени во время разрядки описывается таким соотношением:

$$U(t) = U_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = U_0 \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

А во время зарядки:

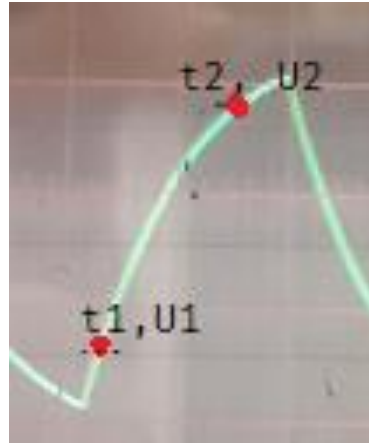
$$U(t) = U_0 \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) = U_0 \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)$$

Где  $U_0$  – максимальное напряжение в меандре, его можно узнать с помощью дополнительных измерений, но я не вижу лёгких путей надёжнее рассматривать его как отдельный неизвестный параметр.

Заметим, что тогда в этой зависимости этих параметра 2, то есть рассмотрев 2 хорошие точки, в которых фиксируем, мы получим систему из 2-х уравнений с 2-мя неизвестными.

За ноль напряжения и времени берём начало соответствующей части волны

Например, для случая Зарядки:



$$\begin{cases} U_0 \cdot \left(1 - e^{-\frac{t_1}{\tau}}\right) = U_1 \\ U_0 \cdot \left(1 - e^{-\frac{t_2}{\tau}}\right) = U_2 \end{cases}$$

$$U_1 - U_2 = U_0 \left( e^{-\frac{t_2}{\tau}} - e^{-\frac{t_1}{\tau}} \right)$$

$$\frac{U_1 - U_2}{U_0} = e^{-\frac{t_2}{\tau}} - e^{-\frac{t_1}{\tau}}$$

$$\frac{U_1 - U_2}{U_0} = e^{-\frac{1}{\tau}} \cdot (e^{t_2} - e^{t_1})$$

$$e^{-\frac{1}{\tau}} \cdot U_0 = \frac{U_1 - U_2}{e^{t_2} - e^{t_1}}$$

$$e^{-\frac{1}{\tau}} = \frac{U_1 - U_2}{(e^{t_2} - e^{t_1}) \cdot U_0}$$

$$U_0 \cdot \left(1 - e^{-\frac{t_1}{\tau}}\right) = U_1 \Rightarrow e^{-\frac{t_1}{\tau}} \cdot U_0 = U_0 - U_1$$

$$\frac{U_1 - U_2}{(e^{t_2} - e^{t_1}) \cdot U_0} \cdot U_0 = U_0 - U_1$$

$$\frac{U_1 - U_2}{(e^{t_2} - e^{t_1})} = U_0 - U_1$$

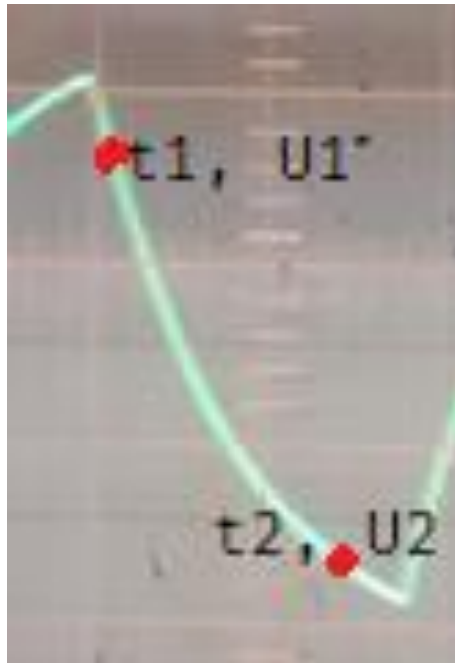
$$U_0 = U_1 + \frac{U_1 - U_2}{(e^{t_2} - e^{t_1})}$$

$$e^{-\frac{1}{\tau}} = \frac{U_1 - U_2}{(e^{t_2} - e^{t_1}) \cdot U_0} = \frac{U_1 - U_2}{(e^{t_2} - e^{t_1}) \cdot \left( U_1 + \frac{U_1 - U_2}{(e^{t_2} - e^{t_1})} \right)} = \frac{U_1 - U_2}{(e^{t_2} - e^{t_1}) \cdot U_1 + U_1 - U_2}$$

$$-\frac{1}{\tau} = \ln \left( \frac{U_1 - U_2}{(e^{t_2} - e^{t_1}) \cdot U_1 + U_1 - U_2} \right)$$

$$\tau = -\frac{1}{\ln\left(\frac{U_1 - U_2}{(e^{t_2} - e^{t_1}) \cdot \left(U_1 + \frac{U_1 - U_2}{(e^{t_2} - e^{t_1})}\right)}\right)} = -\frac{1}{\ln\left(\frac{U_1 - U_2}{(e^{t_2} - e^{t_1}) \cdot U_1 + U_1 - U_2}\right)}$$

Для случая **разрядки**:



$$\div \begin{cases} U_0 \cdot e^{-\frac{t_1}{\tau}} = U_1 \\ U_0 \cdot e^{-\frac{t_2}{\tau}} = U_2 \end{cases}$$

$$\frac{e^{-\frac{t_1}{\tau}}}{e^{-\frac{t_2}{\tau}}} = \frac{U_1}{U_2}$$

$$e^{+\frac{t_2}{\tau} - \frac{t_1}{\tau}} = \frac{U_1}{U_2}$$

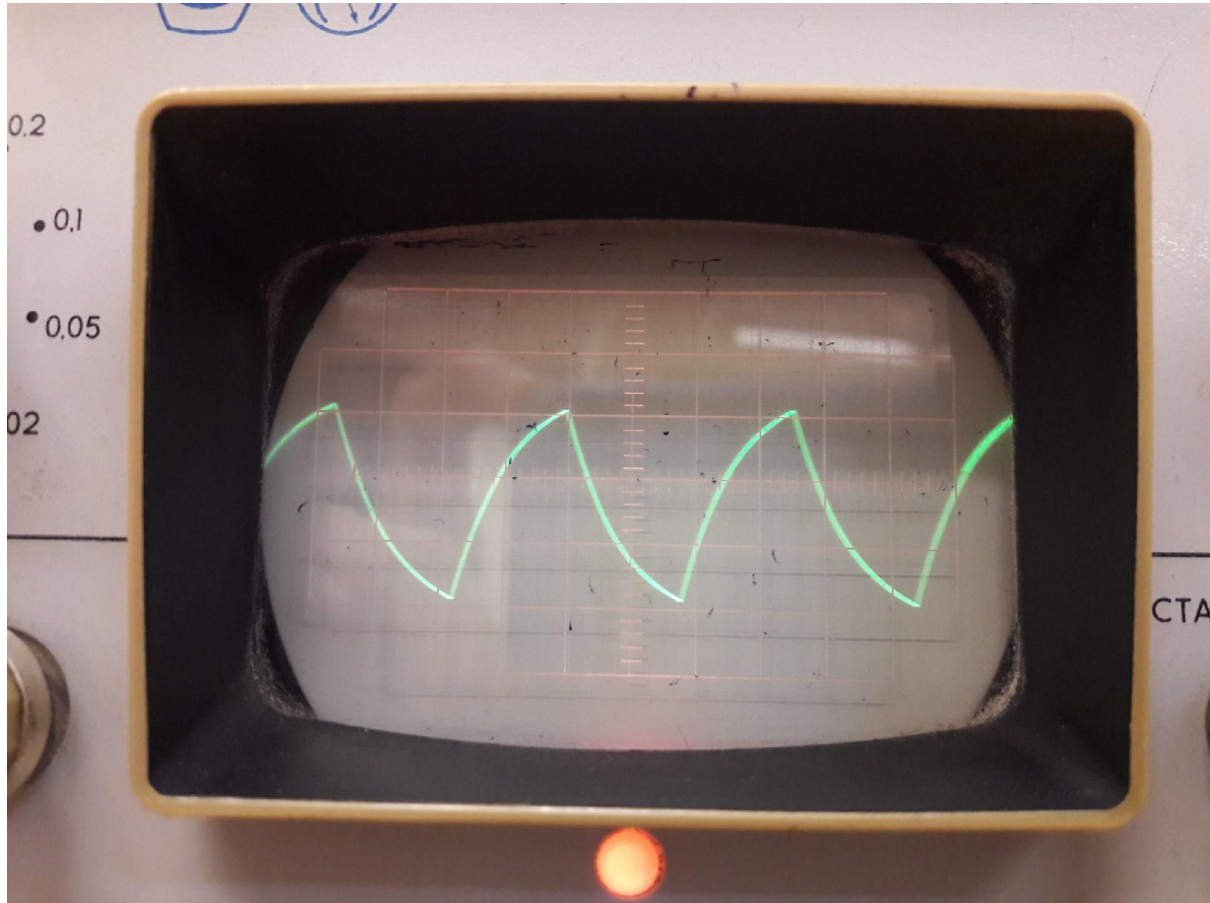
$$\frac{t_2}{\tau} - \frac{t_1}{\tau} = \frac{t_1 - t_2}{\tau} = \ln\left(\frac{U_1}{U_2}\right)$$

$$\tau = \frac{t_1 - t_2}{\ln\left(\frac{U_1}{U_2}\right)}$$

$$U_0 = \frac{U_1}{e^{-\frac{t_1}{\tau}}}$$

### **Результаты измерений**

**Пример фотографии, полученной после стабилизации сигнала на осциллографе:**



**Совмещая одну из нижних точек с одной из вершиной сетки, рассмотрим её и, например, какую-нибудь точку повыше  $\Leftrightarrow$  подальше, но в той же части волны.**

**Для конденсатора известной ёмкости было зафиксировано 2 точки**

### **Вывод**

Попытаемся применить выведенную формулу и поймём, что нельзя просто так взять и принять некую точку за ноль в данном случае, делать это можно только если  $T \gg \tau$  и только для «настоящего» нуля, так как тогда можно считать, что график подбирается к нему достаточно близко и это действительно почти ноль. В данном случае это не так, мы не можем утверждать, например, что кривая разрядки – это  $U_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$ , выбрав ноль в точке окончания, так как мы не знаем, где «настоящий» ноль, к которому оно стремится.

*P.S.* под нулём здесь понимается не нулевое напряжение, а минимально, но не суть важно.

Следует отдельно измерять максимальное напряжение и либо брать  $T \gg \tau$ , либо рассматривать сдвиг по оси ординат как отдельный параметр