



Виртуальная лабораторная работа

ЗАРЯДКА КОНДЕНСАТОРА

Цели работы: с помощью компьютерной модели исследовать процесс зарядки конденсатора.

Оборудование: персональный компьютер;
математическая программа GeoGebra
<https://www.geogebra.org/>

(Android-смартфон и мобильная версии GeoGebra 2D)
<https://play.google.com/store/apps/details?id=org.geogebra.android>

Модель: 2D GeoGebra-апплет (ЭЛД - Зарядка конденсатора)
<https://www.geogebra.org/material/download/format/file/id/QJXvKJAp>

Краткие теоретические сведения

Процесс зарядки конденсатора ёмкостью C через резистор сопротивлением R от источника питания напряжением U_0 можно описать уравнением на основе закона Ома для полной цепи:

$$I(t) \cdot R + U(t) = U_0,$$

где $U(t)$ - напряжение на конденсаторе в момент времени t , а сила тока в цепи - $I(t) = \frac{dq(t)}{dt} = \frac{d(C \cdot U(t))}{dt} = C \frac{dU(t)}{dt}$. Таким образом,

мы приходим к дифференциальному уравнению первого порядка для функции $U(t)$

$$RC \frac{dU(t)}{dt} + U(t) = U_0.$$

Решением этого уравнения при начальном условии $U(0) = 0$ является функция

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

В данной работе получим этот результат опытным путём.

Порядок выполнения работы

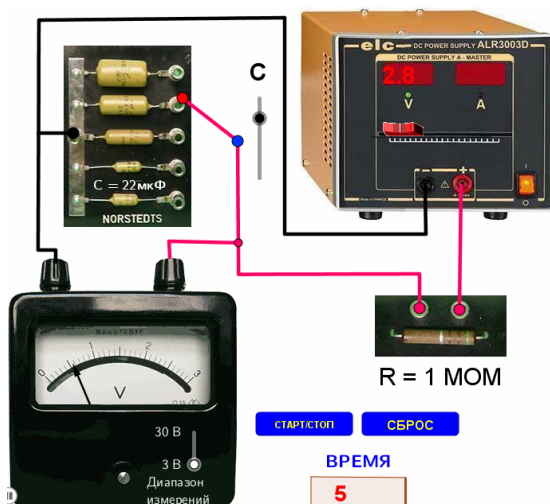


Рис. 1. GeoGebra-апплет

1. **Откройте** апплет "ЭЛД - Зарядка конденсатора" (Файл/Открыть файл с GeoGebra..., а далее воспользоваться поиском по названию апплета "ЭЛД - Зарядка конденсатора").
2. **Изучите** апплет, изображающий электрическую цепь, состоящую из лабораторного блока питания, магазина конденсаторов C , вольтметра, резистора R и секундомера. Пользуясь виджетами Вы можете выбирать конкретный конденсатор из магазина, менять диапазон измерения вольтметра ($0 \dots 3 \text{ В}$ / $0 \dots 30 \text{ В}$), устанавливать напряжение U на блоке питания, включать и останавливать секундомер, начинать эксперимент заново. способы соединения конденсаторов (кнопка "Изменить цепь"), а также задавать значения

$U, \text{ В}$	0	2	4	6	8	10
$t, \text{ с}$	0	0,63	1,47	2,27	3,23	4,03	

Табл. 1. Зависимость напряжения U на конденсаторе от времени t

ёмкостей C конденсаторов и величину напряжения U источника питания.

3. **Составьте и зарисуйте** электрическую схему лабораторной установки, представленной в апплете.

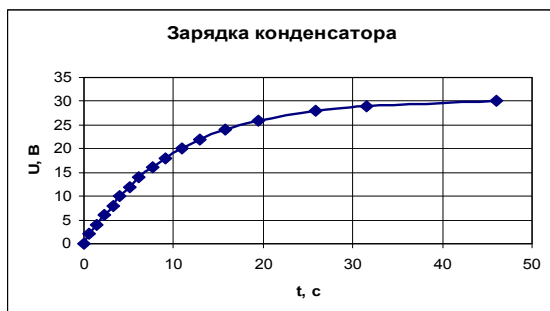


Рис. 2. Зависимость напряжения $U(t)$

4. Исследуйте процесс зарядки конденсатора. Для этого с помощью виджетов на апплете выберите произвольное значение ёмкости C конденсатора, напряжение U_0 на блоке питания и соответствующий ему диапазон измерений на вольтметре. Используя клавишу **СТАРТ/СТОП** для управления процессом **снимите не менее 15 значений** с вольтметра. Это удобнее

делать через равные интервалы напряжения ΔU , а не интервалы времени Δt .

Занесите свои данные в таблицу 1.

5. Пользуясь данными *таблицы 1* **постройте график зависимости $U(t)$** на миллиметровой бумаге или с помощью электронной таблицы *Excel*.
6. Убедитесь, что исследуемая зависимость $U(t)$ действительно описывается формулой

$$U(t) = U_0 \left(1 - e^{-t/\tau} \right), \quad (1)$$

Для этого данное выражение можно преобразовать следующим образом:

$$U_0 - U(t) = U_0 e^{-t/\tau},$$

$$\frac{U_0 - U(t)}{U_0} = e^{-t/\tau},$$

$$\ln \left(1 - \frac{U(t)}{U_0} \right) = -\frac{t}{\tau}. \quad (2)$$

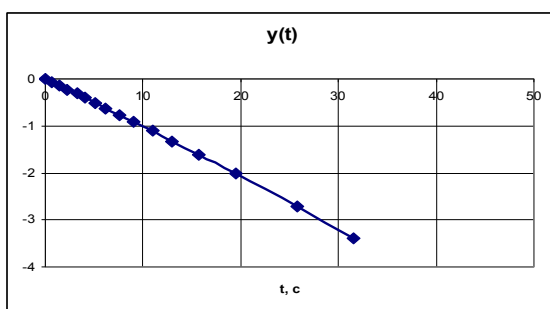


Рис. 3. Зависимость $y(t)$

из формулы (2) следует, что $\tau = -\Delta y(t) / \Delta t$.

7. Обозначим $\ln(1 - U(t)/U_0) = y(t)$. Пользуясь *таблицей 1* **вычислите значения $y(t)$** и **постройте график** этой зависимости.
8. Если она получается линейной, то верна и зависимость $U(t)$, описываемая формулой (1). **Сделайте вывод** по своим построениям.
9. **Найдите** по графику зависимости $y(t)$ **значение константы τ** . Очевидно, что
10. **Убедитесь**, что постоянная времени релаксации τ связана с параметрами электрической цепи $\tau = R \cdot C$. Для этого **сравните** вычисленное Вами значение τ и произведение $R \cdot C$.
11. Зная значение τ , **проверьте**, что процесс зарядки конденсатора завершается примерно через время, равное 3τ . **Отметьте** это на *рисунке 2*.
12. По *рисунку 2* **убедитесь**, что за время τ от начала зарядки напряжение U на конденсаторе достигает значения U_0 / e . **Отметьте** это на *рисунке 2*.
13. **Сделайте выводы** по своему исследованию.
14. * (Дополнительная оценка). Поясните, как решается дифференциальное уравнение, указанное в кратких теоретических сведениях.
15. * (Дополнительная оценка). Исследуйте зависимость силы тока $I(t)$ в данной цепи.