

Лабораторная работа №5

Исследование процесса разрядки конденсатора

Цель работы – исследование процесса разрядки конденсатора на активное сопротивление, определение времени релаксации, оценка емкости конденсатора.

Приборы и принадлежности: лабораторная установка, источник питания, микроамперметр, исследуемый конденсатор, секундомер.

Электрический конденсатор или просто конденсатор – это устройство, способное накапливать и отдавать (перераспределять) электрические заряды. Конденсатор состоит из двух или более проводников (обкладок), разделенных слоем диэлектрика. Как правило, расстояние между обкладками, равное толщине диэлектрика, мало по сравнению с линейными размерами обкладок, поэтому электрическое поле, возникающее при подключении обкладок к источнику с напряжением U , практически полностью сосредоточено между обкладками. В зависимости от формы обкладок конденсаторы бывают плоские, цилиндрические, сферические.

Основной характеристикой конденсатора является его емкость C , которая численно равна заряду Q одной из обкладок при напряжении, равном единице:

$$C = Q / U$$

Пусть конденсатор емкостью C включен в электрическую цепь (рис.1),

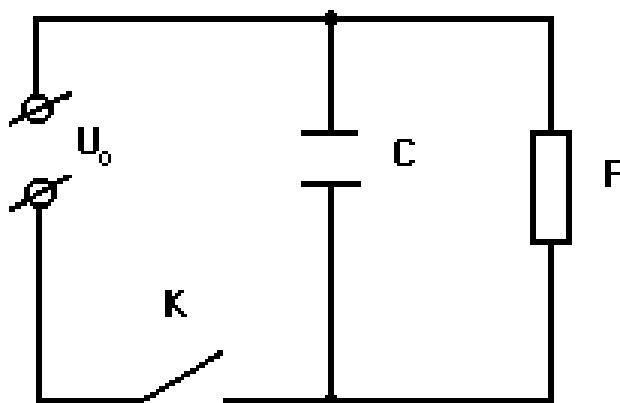


Рис.1

содержащую источник постоянного напряжения U_0 , ключ K и резистор (активное сопротивление) R . При замыкании ключа K конденсатор зарядится до напряжения U_0 . Если затем ключ K разомкнуть, то конденсатор начнет разряжаться через резистор R и в цепи возникнет электрический ток I . Этот ток изменяется со временем. Считая процессы, происходящие в цепи, квазистационарными, применим для данной цепи законы постоянного тока.

Найдем зависимость разрядного тока I от времени t . Для этого воспользуемся вторым правилом Кирхгофа применительно к цепи R - C (рис.2). Тогда получим:

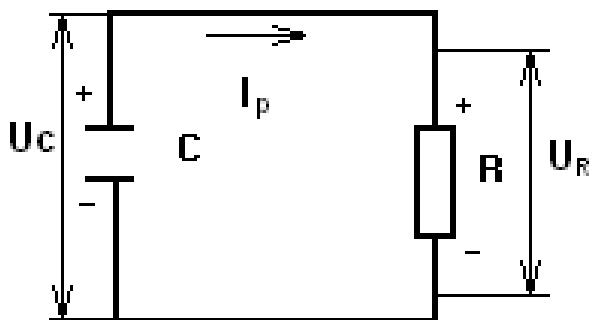


Рис.2

$$U_C - U_R = 0, \quad Q/C = IR,$$

(1)

где I – электрический ток в цепи, Q – заряд конденсатора C . Подставив в уравнение (1) значение силы разрядного тока $I = - dQ / dt$, получим дифференциальное уравнение первого порядка с разделяющимися переменными:

$$\frac{dQ}{dt} = -\frac{Q}{RC}. \quad (2)$$

После интегрирования уравнения (2) находим

$$Q(t) = Q_0 e^{-t/\tau}, \quad (3)$$

где Q_0 – начальное значение заряда конденсатора, $\tau = RC$ – постоянная, имеющая размерность времени. Она называется временем релаксации. Через время τ , заряд на конденсаторе убывает в e раз.

Продифференцировав уравнение (3), найдем закон изменения разрядного тока $I(t)$:

$$I(t) = \frac{Q_0}{\tau} \cdot e^{-t/\tau}.$$

Или

$$I(t) = I_0 e^{-t/\tau}, \quad (4)$$

где $I_0 = \frac{Q_0}{\tau}$ – начальное значение силы тока, т.е. тока при $t = 0$.

На рис.3 построены две зависимости разрядного тока I от времени t , соответствующие двум различным значениям активного сопротивления R_1 и R_2 ($\tau_1 < \tau_2$).

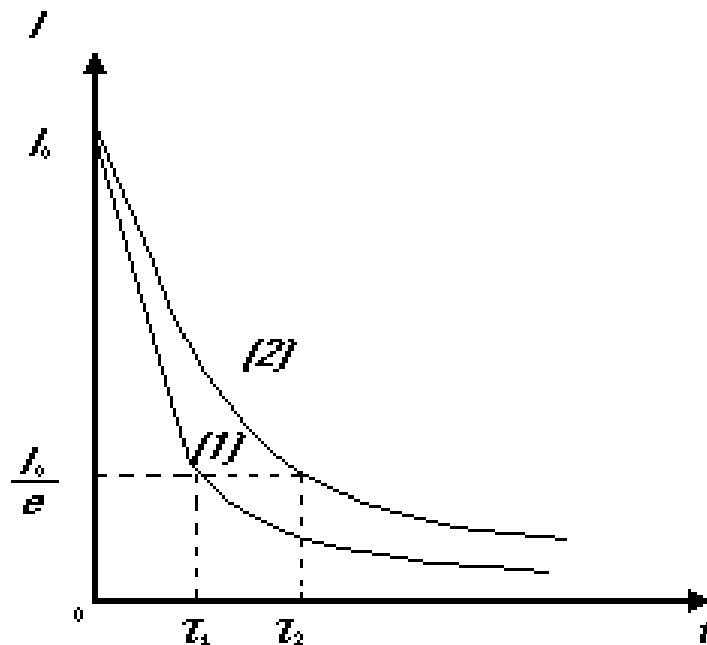


Рис.3

Описание лабораторной установки

В данной лабораторной работе предлагается исследовать процесс разрядки конденсатора на экспериментальной установке, схема которой показана на рис.4.

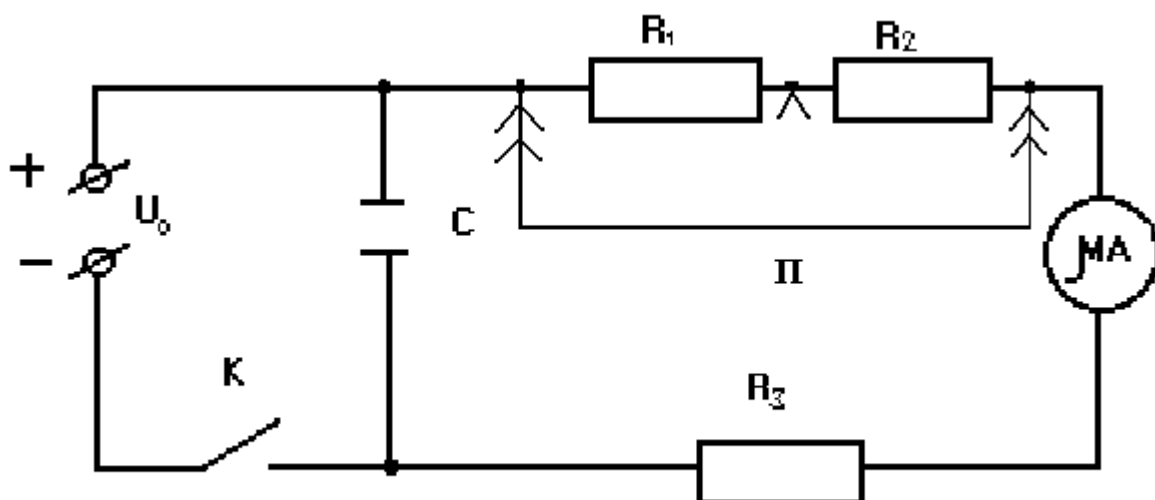


Рис.4

Она состоит из источника постоянного напряжения U_0 , емкости C , резисторов R_1 , R_2 , R_3 и микроамперметра. Так как резисторы R_1 , R_2 , R_3 включены последовательно, активное сопротивление цепи можно изменять при помощи перемычек Π , замыкая поочередно накоротко резисторы R_1 , R_2 или оба вместе.

Порядок измерений. Обработка результатов измерений

1. Соберите электрическую цепь по схеме рис.4 и по заданию преподавателя выберите необходимое значение сопротивления цепи R .
2. Замкните ключ K и зарядите конденсатор C до напряжения U_0 . При полной зарядке конденсатора микроамперметр покажет максимальное значение тока I_0 .
3. Разомкните ключ K и одновременно включите секундомер. Измерьте время t_0 , в течение которого показания микроамперметра уменьшатся в 10 раз. Определите интервал времени $\Delta t \approx t_0 / 10$.
4. Вновь замкните ключ K и зарядите конденсатор.
5. Разомкните ключ K и зафиксируйте показания микроамперметра через интервалы времени Δt , $2\Delta t$, $3\Delta t$, и т.д. до времени $10 \Delta t$. Такие измерения проделайте три раза, и результаты занесите в табл.1.

Вычислите \bar{I} (среднее значение тока) и отношение \bar{I}/I_0 .

Таблица 1

t, c	0	Δt	$2\Delta t$	$3\Delta t$	$4\Delta t$	$5\Delta t$	$6\Delta t$	$7\Delta t$	$8\Delta t$	$9\Delta t$	$10\Delta t$
I_1											
I_2											
I_3											
\bar{I}											
\bar{I}/I_0											

6. Опыты повторите три раза для различных значений R .
7. По результатам измерений постройте график зависимости отношения \bar{I}/I_0 от времени (см. формулу 4), и определите из графика постоянную $\tau = RC$. Оцените погрешность σ_τ (см. приложение 1).
8. Зная значения τ и R , найдите емкость конденсатора $C = \tau / R$. Оцените погрешность σ_C .
9. Запишите окончательный результат с погрешностью: $\bar{C} \pm \sigma_{\bar{C}}$.

Контрольные вопросы:

1. Что называется конденсатором? Выведите формулу емкости плоского конденсатора.
2. Выведите формулы (3) и (4).
3. Оцените, какое тепло выделяется в цепи при разрядке конденсатора в Вашем эксперименте.
4. Выведите формулу емкости сферического конденсатора.