

Государственное высшее учебное заведение
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра физики

ОТЧЁТ
по лабораторной работе №71

ИССЛЕДОВАНИЕ АПЕРИОДИЧЕСКОГО РАЗРЯДА КОНДЕНСАТОРА
И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕГО ЁМКОСТИ

Выполнил студент группы _____

Преподаватель кафедры физики

Отметка о защите _____

Лабораторная работа №71

ИССЛЕДОВАНИЕ АПЕРИОДИЧЕСКОГО РАЗРЯДА КОНДЕНСАТОРА
И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕГО ЁМКОСТИ

Цель работы – исследовать апериодический процесс и определить постоянную времени разрядки конденсатора (время релаксации), сопротивление цепи, электроёмкость конденсатора.

Приборы и принадлежности: источник напряжения (выпрямитель), потенциометр, вольтметр, конденсатор, сопротивление, микроамперметр, переключатель, секундомер.

Общие положения

Если заряженный конденсатор замкнуть проводником, то по проводу потечёт ток, и конденсатор будет разряжаться. Данный процесс является апериодическим, так как система, выведенная из состояния равновесия, возвращается в него, не совершая колебаний. Апериодические процессы наблюдаются в том случае, если коэффициент затухания больше или равен собственной частоте колебаний колебательной системы: $\beta \geq \omega_0$.

Пусть q – заряд конденсатора, U – разность потенциалов между его пластинами, C – электроёмкость, R – сопротивление проводника. Мгновенные значения заряда q , силы тока i и напряжения U на конденсаторе и проводнике будут связаны соотношениями:

$$i = \frac{U}{R}, \quad q = CU, \quad i = -\frac{dq}{dt}. \quad (1)$$

Предполагается, что ток, текущий в цепи, является квазистационарным, т.е. во всех поперечных сечениях проводника, замыкающего конденсатор, его мгновенное значение одинаково.

Исключая силу тока и напряжение из уравнений (1), получим:

$$\frac{dq}{dt} = -\frac{q}{RC}. \quad (2)$$

Из курса математики известно, что решением уравнения (2) является функция вида:

$$q = q_0 e^{-\frac{t}{RC}}. \quad (3)$$

Решение получено при условии, что в начальный момент времени $t=0$ заряд конденсатора q_0 .

По аналогичному закону будет изменяться и сила тока, текущего по проводнику:

$$i = -\frac{dq}{dt} = i_0 e^{-\frac{t}{RC}}, \quad (4)$$

где $i_0 = \frac{q_0}{RC}$ – значение силы тока при $t=0$.

Величина

$$\tau = RC \quad (5)$$

имеет размерность времени и называется постоянной времени разрядки конденсатора или временем релаксации. *Релаксация* – это самопроизвольный процесс перехода системы в устойчивое состояние. За время релаксации τ заряд конденсатора уменьшается в e раз (e – основание натуральных логарифмов).

Для определения времени релаксации прологарифмируем уравнение (4), получим:

$$\ln i = \ln i_0 - \frac{1}{RC} t. \quad (6)$$

Из соотношения (6) следует, что график зависимости $\ln i = f(t)$ будет представлять собой прямую линию (рис. 1). Из математики известно, что тангенс угла наклона прямой равен коэффициенту перед переменной

$$\operatorname{tg} \alpha = -\frac{1}{RC}. \quad (7)$$

Рассчитаем тангенс наклона прямой, используя график (см. рис. 1):

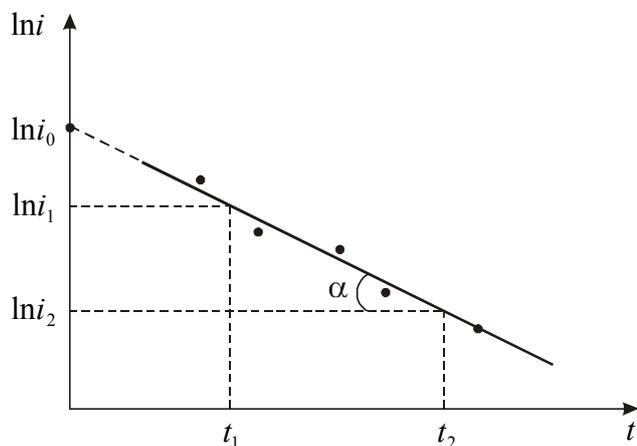


Рисунок 1

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\ln i_1 - \ln i_2}{t_1 - t_2}. \quad (8)$$

Из сопоставления формул (5) и (7) следует, что

$$\tau = RC = -\frac{1}{\operatorname{tg} \alpha}. \quad (9)$$

Сопротивление R определяем, используя закон Ома

$$R = \frac{U}{i_0}, \quad (10)$$

где U – напряжение, установленное на конденсаторе;

i_0 – начальный ток разрядки.

Ток i_0 не может быть определен непосредственно, т.к. стрелка микроамперметра дает большой начальный отброс по инерции. Поэтому для нахождения i_0 экстраполируем график $\ln i = f(t)$, т.е. продолжаем его до пересечения с осью $\ln i$. Точка пересечения графика и оси дает значение $\ln i_0$. По найденному значению $\ln i_0$ определяем i_0 .

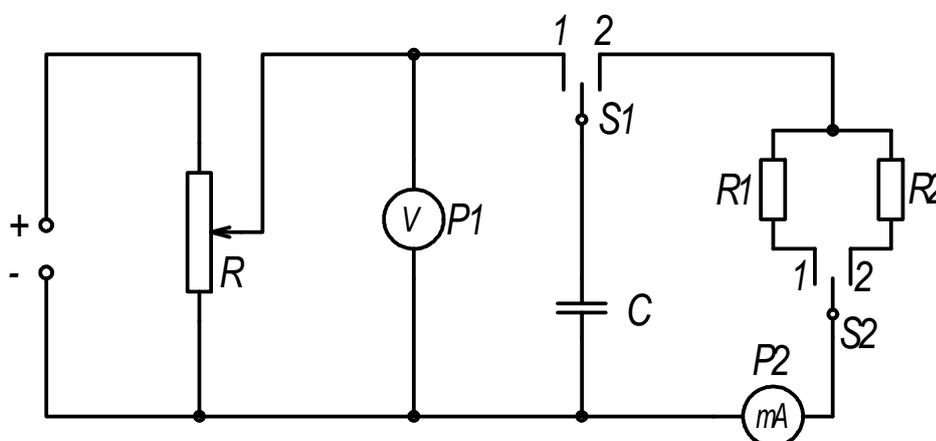
Подготовка к работе

(ответы представить в письменном виде)

1. Какова цель работы?
2. Какие величины Вы будете измерять непосредственно?
3. Какой график необходимо построить по результатам работы?
4. Как определить значение тока i_0 ?
5. Запишите формулы, по которым Вы будете рассчитывать сопротивление, тангенс угла наклона прямой, время релаксации и ёмкость конденсатора.

Выполнение работы

1. Электрическая цепь собрана и смонтирована на стенде. Включить схему в сеть.



2. Переключатель B_1 на стенде (на схеме S_2) установить в положение 1. При этом в цепь включается сопротивление R_1 .
3. Ручкой потенциометра R установить напряжение U_1 , указанное преподавателем.
4. Перевести переключатель B (на схеме S_1) в положение 1, при этом производится зарядка конденсатора C .
5. Перевести переключатель B в положение 2, при этом конденсатор разряжается через сопротивление R_1 . Проследить за разрядом без включения секундомера.
6. Когда конденсатор разрядится, снова зарядить его, поставив переключатель B в положение 1.
7. Снять показания силы тока при разрядке конденсатора. Для этого перевести переключатель B в положение 2 и включить секундомер в тот момент, когда стрелка микроамперметра как бы приостановится после своего движения по инерции, а затем через каждые 5 секунд записывать показания силы тока.
8. Повторить измерения согласно п. 6, 7 еще два раза с тем же сопротивлением R_1 .
9. Аналогично провести измерения с другим сопротивлением R_2 , установив предварительно напряжение U_2 .

Оформление отчёта

1. Расчёты

1. Рассчитать среднее значение силы тока по результатам каждого опыта и найти $\ln i$.
2. Построить графики $\ln i = f(t)$ для каждого сопротивления.
3. Используя графики, определить значения $\ln i_0$ (см. рис. 1) и рассчитать i_0 .
4. Рассчитать сопротивления R_1 и R_2 по формуле (10).
5. Используя графики и формулу (8), найти значение $\operatorname{tg} \alpha$, а затем вычислить значение времени релаксации τ для каждого случая.
6. Рассчитать ёмкость конденсатора, используя формулу (5). Найти среднее значение ёмкости.

2. Защита работы

(ответы представить в письменном виде)

1. Какой процесс называется апериодическим?
2. При каком условии колебательный процесс переходит в апериодический?
3. Дайте определение времени релаксации.
4. Почему ток i_0 нельзя измерить непосредственно?
5. Дайте определение электроёмкости. В каких единицах она измеряется?

ПРОТОКОЛ
измерений к лабораторной работе № 71

Выполнил(а) _____

Группа _____

Таблица 1

Напряжение, установленное на конденсаторе $U_1 =$ _____

№ п/п	t , с	i_1 , мкА	i_2 , мкА	i_3 , мкА	$i_{\text{ср}}$, мкА	$\ln i$
1	5					
2	10					
3	15					
4	20					
5	25					
6	30					
7	35					
8	40					
9	45					
10	50					

Таблица 2

Напряжение, установленное на конденсаторе $U_2 =$ _____

№ п/п	t , с	i_1 , мкА	i_2 , мкА	i_3 , мкА	$i_{\text{ср}}$, мкА	$\ln i$
1	5					
2	10					
3	15					
4	20					
5	25					
6	30					
7	35					
8	40					
9	45					
10	50					

Дата _____

Подпись преподавателя _____