

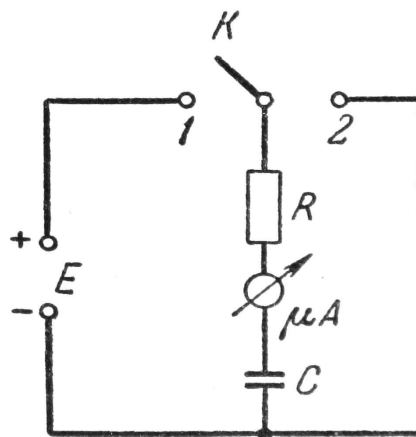
## Изучение процессов зарядки и разрядки конденсатора

Ток зарядки и разрядки конденсатора  $C$  через сопротивление  $R$  изменяется во времени  $t$  по закону

$$I = I_0 e^{-t/RC} . \quad (1)$$

Можно проверить этот закон, если собрать схему, изображённую на рисунке. При замыкании ключа  $K$  в положение  $1$  конденсатор  $C$  заряжается через значительное активное сопротивление  $R$  до напряжения источника постоянной э.д.с.  $E$ .

При переключении ключа  $K$  в положение  $2$  конденсатор разряжается через то же сопротивление. В схему включён микроамперметр, позволяющий измерять ток зарядки и разрядки конденсатора в различные моменты времени.



Включая в цепь различные известные ёмкости и сопротивления, подобранные так, что произведение  $RC$  для всех пар остаётся одинаковым, легко убедиться, что экспериментально измеренные значения  $RC$  для любой пары лягут на одну и ту же кривую

$$\frac{I}{I_0} = f(t) , \text{ или на одну и ту же прямую } \ln \frac{I}{I_0} = \phi(t) .$$

Подобрав пару  $R$  и  $C$  с другими известными значениями произведения  $RC$ , можно убедиться в том, что тангенс угла наклона прямой равен  $\frac{1}{RC}$ .

Время, в течение которого ток разрядки уменьшится в  $e$  раз, называется постоянной времени системы или её временем релаксации. Очевидно, что по прямой

$$\ln \frac{I}{I_0} = \phi(t) \text{ легко найти время } \tau = RC . \text{ Оно равно абсциссе той точки,}$$

для которой значение ординаты  $\ln \frac{I}{I_0} = -1$ .

Для более точного определения постоянной времени  $\tau$  по экспериментальным данным прямую следует проводить по способу наименьших квадратов или найти аналитически параметры этой прямой.

Если теоретически существует линейная зависимость  $y = Ax + B$  (в нашем случае  $y = -\frac{1}{RC}t$ ), то измеренные значения отличаются от истинных на

ошибку измерения  $\Delta y_i = y_i - y$ . Параметры прямой  $A$  и  $B$  ищутся в предположении, что средние квадратичные отклонения измеренных

значений от прямой являются минимальными, то есть выражение минимально. В этом случае, очевидно,

$$\frac{\partial}{\partial A} \sum_i (y_i - Ax_i - B)^2 = 0$$

и

$$\frac{\partial}{\partial B} \sum_i (y_i - Ax_i - B)^2 = 0 .$$

Отсюда для  $A$  получаем выражение

$$A = \frac{\sum x_i y_i - \frac{\sum x_i \sum y_i}{n}}{\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}} , \quad (2)$$

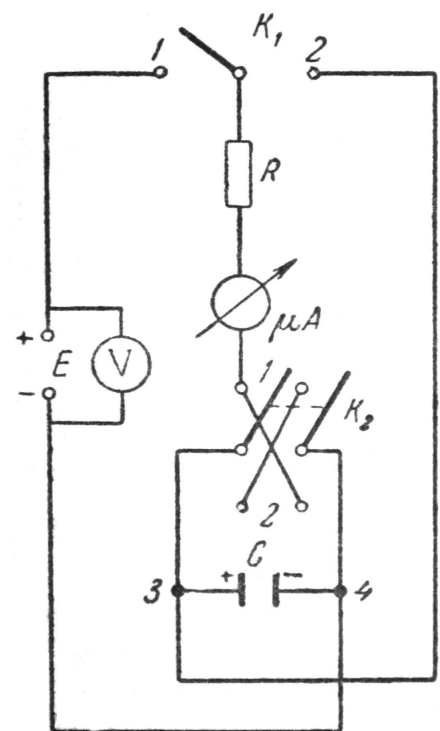
где  $n$  — полное число измеренных значений,  $x_i$  — абсциссы, а  $y_i$  — ординаты экспериментальных точек. Найденное таким образом значение  $A$  есть экспериментальное значение постоянной времени  $\tau$ .

Обратите внимание, что теоретически  $B$  должно быть равно нулю, но значение тока также измеряется с ошибкой, что может привести к параллельному переносу прямой и она уже не будет проходить через начало координат.

### Рабочая схема и выполнение измерений

Собирают рабочую схему. Она отличается от первоначальной только наличием дополнительного переключателя  $K_2$ . При зарядке конденсатора он устанавливается в положение 1, при разрядке — в положение 2. Как видно из схемы, этим достигается такое переключение микроамперметра, что направление тока в нём при обоих процессах остаётся неизменным и соответствующим расположению его шкалы. Питание схемы осуществляется от источника постоянного тока и контролируется вольтметром.

Собрав схему и установив должным образом все ключи, начинают измерения с процесса зарядки конденсатора. Для этого одновременно с замыканием ключа  $K_1$  в положение 1 пускают в ход секундомер и измеряют значения силы тока сначала через каждые 15 секунд, а затем каждые 30



секунд, вплоть до убывания её до нуля. По окончании измерений в процессе зарядки конденсатора сразу же переходят к измерению силы тока в процессе разрядки конденсатора. Для этого переключают ключи  $K_1$  и  $K_2$  в их положения 2.

Начальное значение силы тока  $I_0$  в момент  $t = 0$  при описанных измерениях произвести не удаётся. Но его можно найти, замкнув конденсатор накоротко при одном из процессов его зарядки.

Следует произвести измерения по крайней мере для двух пар  $R$  и  $C$  с одинаковым значением произведения  $RC$ . Каждая кривая разрядки и зарядки конденсатора снимается дважды.

Результаты измерений представляются в виде графиков  $\frac{I}{I_0} = f(t)$

и в виде графиков  $\ln \frac{I}{I_0} = \phi(t)$ . Производят также измерения для схемы с неизвестным значением произведения  $RC$  и определяют  $\tau$  как по графику, так и по формуле 2. Неизвестное сопротивление можно найти, зная  $I_0$  и значение поданного в схему напряжения. Зная  $R$  и  $\tau$ , надо определить  $C$  для этого случая.

Таким же способом, включив параллельно конденсатору электростатический или ламповый вольтметр, можно проследить за изменениями напряжения на конденсаторе и, проделав такие измерения, убедиться, что временной ход процесса опять зависит только от значения произведения  $RC$ . В этом случае только для зарядки конденсатора надо строить графики  $\ln \frac{E_0}{(E_0 - E)} = \phi(t)$ , а при разрядке графики  $\ln \frac{E_0}{E} = \phi(t)$ .