Нижегородский государственный университет имени Н. И. Лобачевского
Радиофизический факультет

Отчет по лабораторной работе №218

Измерение емкости конденсатора

Выполнил студент 420 группы
Сарафанов Ф.Г.

Нижний Новгород, 2017

Содержание

Введение

Существует лишь то, что можно измерить.

Цитата приписывается Максу Планку

Для измерения сопротивлений, емкостей и индуктивностей часто применяют компенсационный метод, заключающийся в компенсации измеряемой величины некой эталонной величиной.

В схеме типа «мост» элементы цепи соединяют «четырехугольником», в одну диагональ которого включают источник напряжения, а в другую – измерительный прибор. При определенном соотношении между параметрами элементов измерительный прибор показывает отсутствие напряжения в диагонали (баланс моста).

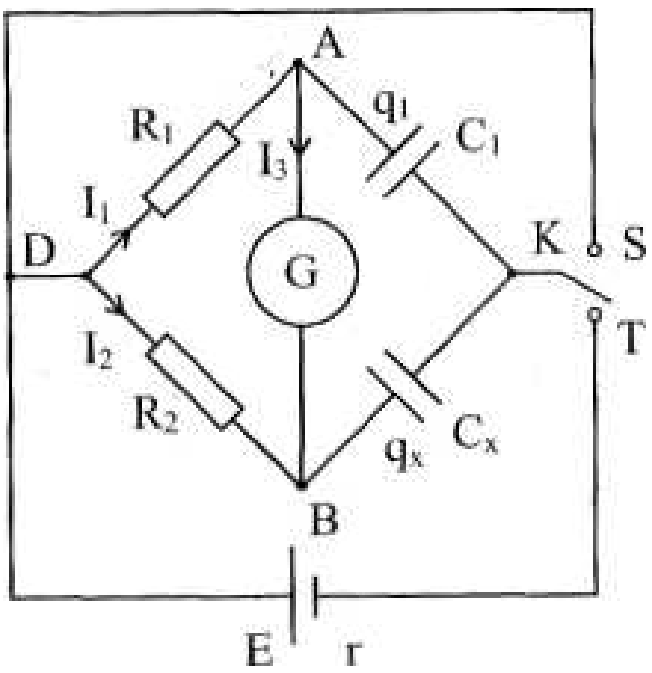

Рис. 1: Принципиальная схема установки

1 Вывод формул

1.1 Напряжение на диагонали моста

Применяя к контуру DATD второе правило Кирхгофа, получаем

$$i_1 R_1 + \frac{q_1}{C_1} = \varepsilon \tag{1}$$

гдеi_1 – ток, текущий через сопротивление R_1, а q_1 – заряд конденсатора C_1. Поскольку ток через измерительный прибор пренебрежимо мал (R_G велико), то $i_1 = \frac{\mathrm{d}q_1}{\mathrm{d}t}$ и уравнение (1) принимает вид:

$$i_1 = \frac{\mathrm{d}q_1}{\mathrm{d}t} + \frac{q_1}{R_1 C_1} = \frac{\varepsilon}{R_1} \tag{2}$$

Разделяя переменные и интегрируя:

$$\int\limits_0^{q_1} \frac{\mathrm{d}q_1}{q_1 - \epsilon C_1} = -\int\limits_0^{t} \frac{\mathrm{d}t}{R_1 C_1} \tag{3}$$

$$q(t)_1 = C_1 \varepsilon \cdot \left(1 - \exp\left[-\frac{t}{R_1 C_1}\right]\right) \tag{4}$$

Отсюда следует, что

$$U_1(t) = \varepsilon \cdot \left(1 - \exp\left[-\frac{t}{R_1 C_1}\right]\right) \tag{5}$$

Аналогично рассматривая контур DBTD:

$$i_2 R_2 + \frac{q_2}{C_x} = \varepsilon \tag{6}$$

$$i_2 = \frac{\mathrm{d}q_2}{\mathrm{d}t} + \frac{q_2}{R_2 C_x} = \frac{\varepsilon}{R_2} \tag{7}$$

$$\int\limits_0^{q_2} \frac{\mathrm{d}q_2}{q_2 - \varepsilon C_x} = -\int\limits_0^{t} \frac{\mathrm{d}t}{R_2 C_x} \tag{8}$$

$$q_x(t) = C_x \varepsilon \cdot \left(1 - \exp\left[-\frac{t}{R_2 C_x}\right]\right) \tag{9}$$

$$U_x(t) = \varepsilon \cdot \left(1 - \exp\left[-\frac{t}{R_2 C_x}\right]\right) \tag{10}$$

Напряжение U_G на измерительном приборе можно получить из соотношений

$\phi_1 - \phi_2 = U_1$; $-(\phi_2 - \phi_3) = U_x$ Получаем, что

$$\phi_1 - \phi_3 = U_G(t) = U_1(t) - U_x(t) = \varepsilon \cdot \left(\exp\left[-\frac{t}{R_2 C_x}\right] - \exp\left[-\frac{t}{R_1 C_1}\right]\right) \tag{11}$$

1.2 Отклонение стрелки в баллистическом режиме

Пусть мы знаем колличество витков на рамке N

Рамка помещена в постоянное магнитном поле и может поворачиваться вокруг своей оси. На неё подаётся ток $I \equiv I_G$

Сила Ампера, действующая на один виток равна $F_A = IBL$, где L – ширина рамки

Момент, создаваемый этой силой равен $\overrightarrow{M} = \left[\overrightarrow{r}; \overrightarrow{F_A}\right]$

Сила Ампера, действующая на всю рамку в целом тогда будет равна $F_{AO} = NIBL$

Таким образов, равнодействующий момент по модулю будет равен $M_o = HNF_A = HNIBL = IBSN$, где S – площадь рамки

В гальванометре положение рамки фиксируется пружинами специальной формы, по которым к ней подводится измеряемый ток. На рамку действует момент сил Ампера и момент упругих сил пружинок, пропорциональный углу отклонения этой рамки от положения равновесия.

$$I\frac{\mathrm{d}\omega_z}{\mathrm{d}t} = I_G NSB - D \cdot \alpha \tag{12}$$

I – момент инерции рамки, $\omega_z = \frac{\mathrm{d}\alpha}{\mathrm{d}t}$ – её угловая скорость вращения.

Если ток протекает кратковременно, рамка практически не успевает отклониться. В этом случае уравнение (1) легко проинтегрируется:

$I\mathrm{d}\omega_z = I_G NSB\mathrm{d}t$,

$$\omega_{z0} = \frac{NSB}{J} \cdot \int I_G dt = \frac{NSB}{I} Q, \tag{13}$$

где ω_{z0} – угловая скорость, полученная рамкой, Q – заряд, прошедший через гальванометр. После прекращения действия сил Ампера рамка, продолжая вращаться, отклоняется на некоторый угол, который можно найти, используя закон сохранения энергии:

$$\frac{I\omega_{z0}^2}{2} = \frac{D\alpha_{max}^2}{2} \tag{14}$$

Откуда

$$\alpha_{max} = \frac{NSB}{\sqrt{JD}} \cdot Q \tag{15}$$