

Лабораторная работа

«Измерение ёмкости конденсатора»

Оборудование: Два магазина сопротивлений, конденсатор известной ёмкости, конденсатор неизвестной ёмкости, осциллограф, гальванометр, генератор постоянного тока, генератор переменного тока.

Цель работы: определение ёмкости конденсатора с использованием мостовой схемы.

Экспериментальная часть

Была собрана схема, представленная на рис. 1. С генератора переменного тока было подано напряжение типа «меандр»

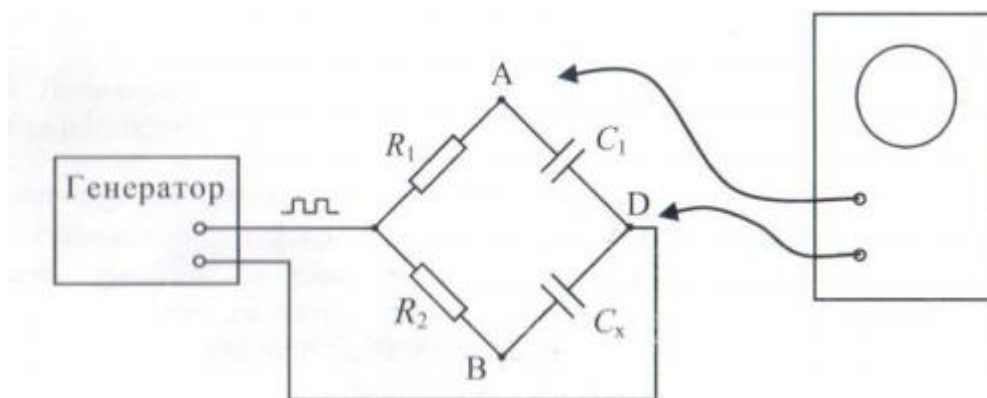
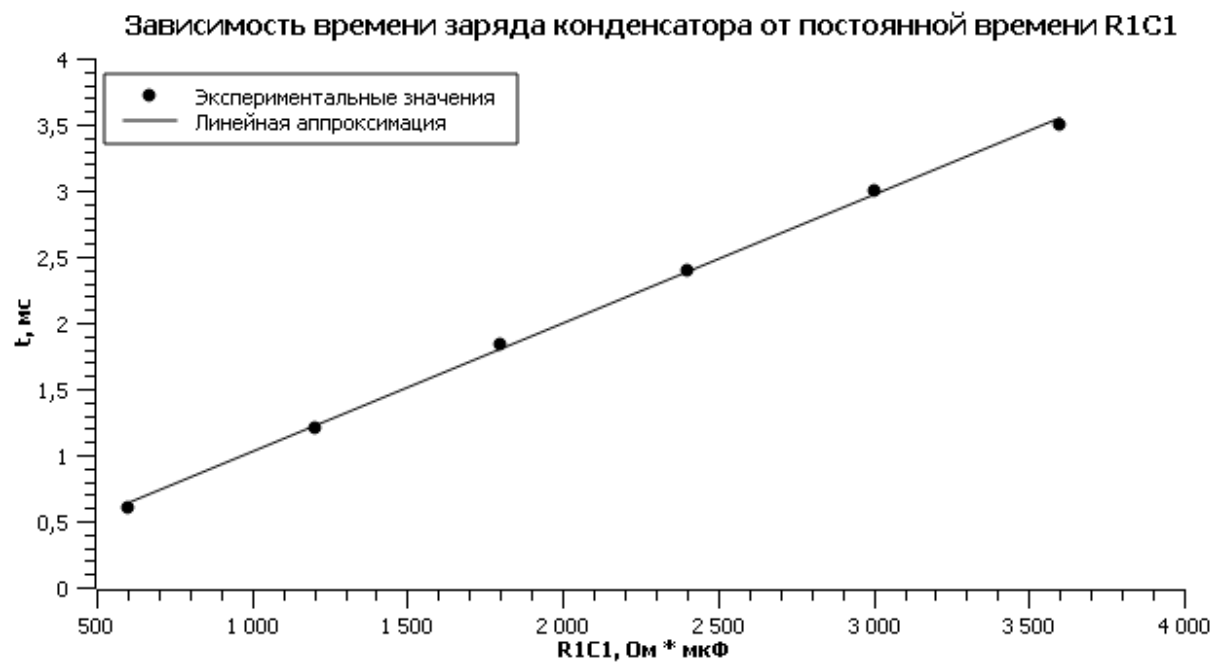


Рисунок 1 Схема для измерения ёмкости конденсатора C_x с использованием осциллографа

Сам осциллограф был подключен к точкам A, D схемы. При различных значениях R_1 и максимально возможном значении R_2 наблюдались осциллограммы напряжения. Были измерены соответствующие времена заряда конденсатора. Кроме того, был произведён расчёт величины R_1C_1 (постоянная времени) и её погрешности. Полученные результаты представлены в таб. 1

Далее был построен график зависимости времени заряда конденсатора от постоянной времени R_1C_1



Из графика видно, что полученную зависимость с хорошим приближением можно считать линейной.

После этого, при различных сопротивлениях и частотах, но при фиксированной скорости развертки, были наблюдаемы следующие конфигурации показаний осциллографа (рис. 2)

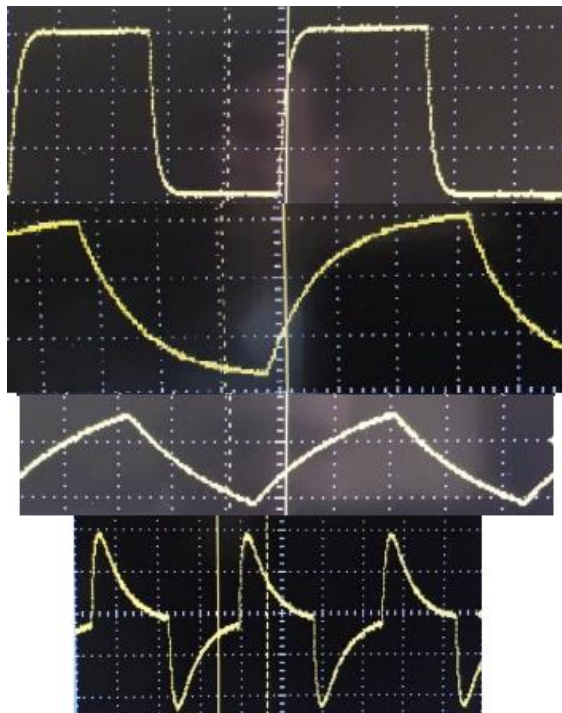


Рисунок 2 Различные конфигурации показаний осциллографа

Отметим, что конденсатор успевает зарядиться только в первом и втором случае, когда наблюдается плато. В третьем и четвёртом случае, зарядка не успевает совершиться.

Далее было произведено определение неизвестной ёмкости конденсатора C_x . Для этого было выбрано напряжение U_{\min} , такое, что при меньших показаниях напряжения считаем, что

выполняется условия равновесия. Фиксируя различные значения R1 находим диапазон значений R2, при котором показания напряжения не превосходят Umin. Результаты представлены в таб. 2

Umin = 100 мВ					
R1, Ом	3000	1000	300	100	30
R20, Ом	730	244	73	25	7
R2+, Ом	746	254	77	29	12
R2-, Ом	718	234	69	20	3

Таблица 2 Диапазон значений сопротивления R2 (От R2- до R2+) который удовлетворяет условию равновесия при заданном R1

Неизвестная ёмкость вычисляется по формуле $C_x = C_1 * R_1/R_2$

Выполним вычисления и рассчитаем погрешность результата.

В качестве R2 будем брать среднее значение из диапазона. При расчёте погрешностей учтём погрешность магазина сопротивлений и погрешность, вносимую конечной чувствительностью осциллографа. Тогда полная погрешность будет вычисляться по формуле:

$$\Delta R_2 = R_2 \sqrt{((0,2 + 0,5 m/R_2)/100)^2 + ((e * U_{min})/E)^2}$$

Где m – число декад магазина с ненулевыми показаниями. Получим

Cx, мкФ	4,10	4,10	4,11	4,05	4,09
ΔCx, мкФ	0,11	0,11	0,11	0,12	0,14

Откуда по формуле неравноточных измерений получаем $C_x = (4,09 \pm 0,01)$ мкФ

Далее была собрана схема, представленная на рис. 2, с гальванометром в качестве измерительного прибора. Было проведено две серии экспериментов с разными значениями напряжения на генераторе. Аналогично, для различных значений R1 определялся диапазон R2, такой что показания прибора не превосходили минимальной величины (а именно отклонение стрелки не превосходила одного деления). Результаты измерений представлены в таб. 3

U = 6,6 В						U = 12 В				
R1, Ом	3000	1000	300	100	30	3000	1000	300	100	30
R20, Ом	730	230	60	10	3	720	240	60	21	8
R2+, Ом	749	260	90	40	19	740	255	82	35	10
R2-, Ом	705	223	46	3	0,3	700	224	56	8	0,5

Таблица 3 Диапазон значений сопротивления R2 (От R2- до R2+) который удовлетворяет условию равновесия при заданном R1 и U

Аналогично проводим расчёты, учитывая погрешность, вносимую конечной чувствительностью гальванометра. Получаем:

U = 6,6 В					
Cx, мкФ	4,12	4,21	4,59	5,66	4,04
ΔCx, мкФ	0,12	0,16	0,34	0,98	2,13
U = 12 В					
Cx, мкФ	4,17	4,17	4,55	4,69	4,86

ΔC_x , мкФ	0,07	0,10	0,19	0,46	1,42
--------------------	------	------	------	------	------

И далее

$$C_x (U = 6,6V) = (4,13 \pm 0,15) \text{ мкФ}$$

$$C_x (U = 12V) = (4,15 \pm 0,05) \text{ мкФ}$$

Отметим, что при использовании гальванометра имеем большую погрешность, чем при использовании осциллографа.

В конечном итоге получаем

Графики погрешностей от R1

Вывод: В ходе данной лабораторной работы была измерена ёмкость конденсатора с использованием мостовой схемы с осциллографом и гальванометром в качестве измерительных приборов. Полученное значение $C_x = (4,09 \pm 0,01) \text{ мкФ}$. Установлено, что безынерционное измерение имеет меньшую погрешность, чем инерционное.