

Лабораторная работа № 2.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕМКОСТИ КОНДЕНСАТОРА

ЦЕЛЬ: ознакомиться с методами измерения электрической емкости конденсатора C .

ОБОРУДОВАНИЕ: генератор напряжений, мультиметры, миниблоки «Интегратор тока», «Ключ», «Конденсатор» эталонной емкости, «Конденсатор» неизвестной емкости.

Введение

Измерение емкости конденсатора можно осуществить различными методами. В данной работе в основу измерения емкости положено соотношение между зарядом конденсатора Q , его емкостью C и разностью потенциалов U на обкладках конденсатора:

$$Q = CU \quad (1)$$

Метод измерения

Метод измерения емкости конденсатора включает в себя градуировку интегратора тока, определение неизвестной емкости двумя методами, контроль правильности результата градуировки путем измерения емкости C батареи из двух конденсаторов известной емкости.

В данной работе для измерения заряда используется интегратор тока. При этом величина заряда, прошедшего через него, пропорциональна показанию вольтметра $U_{\text{инт}}$:

$$Q = \gamma U_{\text{инт}} \quad (2)$$

где γ – градуировочная постоянная интегратора.

Расчетную формулу для измеряемой емкости найдем, используя равенства (1) и (2):

$$C = \gamma U_{\text{инт}}/U \quad (3)$$

Определение градуировочной постоянной (градуировку прибора) выполняют также с помощью формулы (3), проводя измерения для эталонного конденсатора с известной емкостью $C_э$.

При этом выражение

$$\gamma = C_{\text{э}} U_{\text{э}} / U_{\text{инт}}^{\text{э}} \quad (4)$$

позволяет рассчитать величину γ (величины с индексом «э» относятся к измерениям с эталонным конденсатором). Для проверки правильности градуировки прибора необходимо с его помощью провести измерение какой-либо известной емкости. Для этого можно использовать емкость, полученную путем соединения двух конденсаторов $C_{\text{э}}$ и $C_{\text{х}}$, предварительно измерив неизвестную емкость $C_{\text{х}}$. Сравнивая измеренное значение емкости соединенных конденсаторов $C_{\text{эксп}}$ с рассчитанным по известным формулам для параллельного ($C_{\text{парал}} = \sum_{i=1}^n C_i$) и последовательного ($1/C_{\text{посл}} = \sum_{i=1}^n 1/C_i$) соединений, проверяем надежность градуировки.

Описание установки

Схема электрической цепи представлена на рис. 1, монтажная схема – на рис. 2.

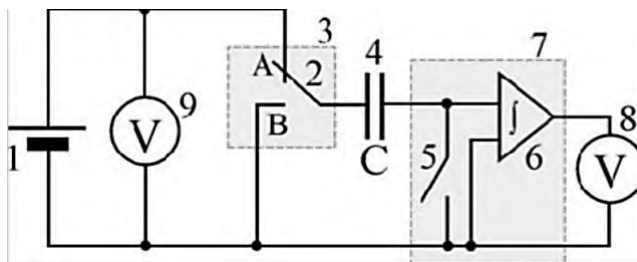


Рис.1. Электрическая схема: 1 – регулируемый источник постоянного напряжения «0...+15 В»; 2 – переключатель; 3 – миниблок «Ключ»; 4 – исследуемый конденсатор C ; 5 – демфирующий ключ; 6 – интегратор тока; 7 – миниблок «Интегратор тока»; 8, 9 – мультиметры (режим $V_{\text{э}}=20\text{В}$, входы COM, V_{Ω});

Для зарядки конденсатора переключатель 2 устанавливают в положение «А», а демфирующий ключ 5 замыкают

(положение «Сброс»). Конденсатор заряжают до напряжения U (не более 2 В), контролируемого вольтметром 9. Перед измерением демпфирующий ключ 5 размыкают, а переключатель 2 переводят в положение «В». При этом заряд, имеющийся на обкладках конденсатора, пройдет через интегратор тока и будет зафиксирован вольтметром 8 (показание вольтметра $U_{\text{инт}}$). В дальнейшем вследствие утечек напряжение, зафиксированное вольтметром 8, может меняться.

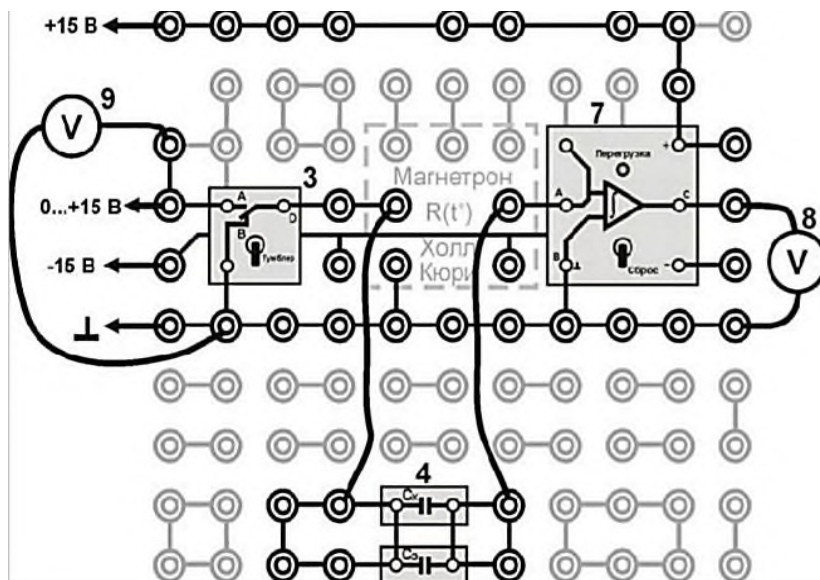


Рис.2. Монтажная схема:

3-миниблок «Ключ»; 7 – миниблок «Интегратор тока»; 8, 9 – мультиметры

Порядок выполнения работы

Выполнение измерений

1. Соберите электрическую цепь по схеме, приведенной на рис. 2, подключив конденсаторы C_x и C_z **параллельно**. Значение эталонной емкости C_z запишите в таблицу 1.
2. Включите кнопками «Сеть» питание блока генераторов напряжения и блока мультиметров. Нажмите кнопку «Исходная установка» (поз. 19, см. рис. 1 на стр. 93).
3. Зарядите конденсаторы, для этого:
 - а) демпфирующий ключ 5 установите в положение «Сброс»;
 - б) переключатель 2 (тумблер) установите в положение «А»;
 - в) изменяя напряжение зарядки конденсатора рис. кнопками установки напряжения «0...+15 В» (поз.14, рис 1, стр. 93), установите его не более 2 В (отсчет по мультиметру 9).
4. Разрядите заряженные конденсатор через интегратор, для этого:
 - а) разомкните демпфирующий ключ 5;
 - б) переведите переключатель 2 в положение «В». Если при этом загорится индикатор перегрузки у интегратора тока, уменьшите напряжение зарядки конденсаторов. Запомните показания мультиметра 8 непосредственно после разряда конденсатора.
5. Повторите пункты 3 и 4 несколько раз, подобрав такое напряжение зарядки (*показания мультиметра 9*) $U_{\text{парал}}$, при котором напряжение разрядки (*показания мультиметра 8*) $U_{\text{инт}}^{\text{парал}}$ составили 8–10 В (величина, пропорциональная заряду

конденсатора). Запишите это напряжение в табл.1 и далее в ходе лабораторной работы **не изменяйте его**.

Таблица 1.

№	Эталонный конденсатор $C_э =$ мкФ	Определение емкости		
		Неизвестный конденсатор	Соединение конденсаторов	
			параллельное	последовательное
	$U_э =$ В	$U_x =$ В	$U_{\text{парал}} =$ В	$U_{\text{посл}} =$ В
	$U_{\text{инт}}^э$, В	$U_{\text{инт}}^x$, В	$U_{\text{инт}}^{\text{парал}}$, В	$U_{\text{инт}}^{\text{посл}}$, В
1				
2				
3				
4				
5				
Среднее				

6. Не меняя напряжение зарядки $U_{\text{парал}}$, выполните 5 измерений $U_{\text{инт}}^{\text{парал}}$ записывая значения в табл. 1.

7. Соедините C_x и $C_э$ **последовательно**. Напряжение $U_{\text{посл}}$ **оставьте равным** $U_{\text{парал}}$. Выполните 5 измерений $U_{\text{инт}}^{\text{посл}}$ и запишите результаты в табл 1.

8. Проведите отдельно измерения величины $U_{\text{инт}}^э$ для эталонного конденсатора $C_э$ и величины $U_{\text{инт}}^x$ для конденсатора неизвестной емкости C_x . Величины $U_э$ и U_x **остаются равными** $U_{\text{парал}}$ и $U_{\text{посл}}$. Результаты измерений записываются в табл. 1.

9. Для проверки правильности градуировки с помощью мультиметра измерьте неизвестную емкость конденсатора (см. стр. 100), результат $C_{\text{изм}}^x$ запишите в табл. 2, точность измерения мультиметра $\delta = 5\%$.

10. Выключите кнопками «Сеть» питание блока генераторов напряжения и блока мультиметров.

Обработка результатов измерений

1. Используя данные табл. 1, рассчитайте градуировочную постоянную γ (формула 4) $\gamma = C_3 U_3 / U_{\text{инт_сред}}^3$.

2. По формуле (3) рассчитайте емкости неизвестного конденсатора:

$$C_{\text{эксп}}^x = \gamma \frac{U_{\text{инт_сред}}^x}{U_x},$$

емкость параллельно соединенных конденсаторов

$$C_{\text{эксп}}^{\text{парал}} = \gamma \frac{U_{\text{инт_сред}}^{\text{парал}}}{U_{\text{парал}}},$$

и емкость последовательно соединенных конденсаторов

$$C_{\text{эксп}}^{\text{посл}} = \gamma \frac{U_{\text{инт_сред}}^{\text{посл}}}{U_{\text{посл}}},$$

Результаты расчетов записывайте в табл. 2.

Таблица 2

Неизвестная емкость C_x , мкФ		Емкость соединения C , мкФ			
		Параллельное		Последовательное	
экспер $C_{\text{эксп}}^x$	измерен. $C_{\text{изм}}^x$	экспер. $C_{\text{эксп}}^{\text{парал}}$	Расчетное $C_{\text{расч}}^{\text{парал}}$	экспер $C_{\text{эксп}}^{\text{посл}}$	расчетное $C_{\text{расч}}^{\text{посл}}$
		$\delta_{\text{Спарал}} =$		$\delta_{\text{Спосл}} =$	

3. Оцените относительную погрешность величины C_x :

$$\delta_{C_x} = \sqrt{\delta_{C_{\varepsilon}}^2 + \delta^2_{U_{\text{инт_сред}}^{\varepsilon}} + \delta^2_{U_{\text{инт_сред}}^x}},$$

$\delta_{C_{\varepsilon}}$ - относительная погрешность эталонной емкости (задана на миниблоке), $\delta_{U_{\text{инт_сред}}^{\varepsilon}} = \delta_{U_{\text{инт_сред}}^x} = \delta_U = 1.2\%$

точность (относительная погрешность) измерения мультиметром напряжения.

4. Используя значения емкостей C_{ε} и $C_{\text{эксп}}^x$, по формулам для параллельного и последовательного соединений конденсаторов рассчитайте

$$C_{\text{расч}}^{\text{парал}} = C_{\varepsilon} + C_{\text{эксп}}^x \quad \text{и} \quad C_{\text{эксп}}^{\text{посл}} = \frac{C_{\varepsilon} \cdot C_{\text{эксп}}^x}{C_{\varepsilon} + C_{\text{эксп}}^x}$$

Результаты расчетов запишите в таблицу 2.

5. Найдите относительное отклонение экспериментальных значений от расчетных в %:

$$\delta_{C_{\text{парал}}} = \frac{|C_{\text{эксп}}^{\text{парал}} - C_{\text{расч}}^{\text{парал}}|}{C_{\text{расч}}^{\text{парал}}} \cdot 100\%$$

$$\delta_{C_{\text{посл}}} = \frac{|C_{\text{эксп}}^{\text{посл}} - C_{\text{расч}}^{\text{посл}}|}{C_{\text{расч}}^{\text{посл}}} \cdot 100\%.$$

Полученные результаты расчетов запишите в таблицу 2.

6. Сопоставляя эти отклонения с относительной погрешностью измерений δ_{C_x} сделайте заключение о точности измерений.

7. Сравните результаты измерения неизвестной емкости ($C_{\text{изм}}^x$ и $C_{\text{эксп}}^x$)

Контрольные вопросы

1. Дайте определения величин емкости проводника и конденсатора.
2. От каких величин зависит емкость проводника и конденсатора?
3. Как изменится емкость конденсатора при изменении проницаемости диэлектрика ϵ_r или расстояния между обкладками d в случае: а) конденсатор отключен от источника тока; б) без отключения?
4. Запишите формулы для расчета емкости при последовательном и параллельном соединениях конденсаторов. Как изменяется емкость в соединении по сравнению с емкостью одного конденсатора?
5. Сравните параметры (заряд, напряжение) одного конденсатора и батареи конденсаторов, соединенных:
а) последовательно; б) параллельно.
6. Какую величину измеряют интегратором? От чего зависят показания $U_{\text{прибора}}$?
7. Что показывает величина градуировочной постоянной γ ?
8. Какие величины необходимо измерить для градуировки прибора?
9. Какие формулы используют для определения градуировочной постоянной γ , емкости неизвестного конденсатора C_x и емкости соединения конденсаторов $C_{\text{экс}}$ и $C_{\text{расч}}$?