
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2.8

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕМКОСТИ КОНДЕНСАТОРА

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с методами измерения электрической емкости конденсатора C .

2. БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики.- М.: Высшая школа, 1989. - параграфы 16.2, 16.3
2. Калашников С.Г. Электричество.- М.: Наука, 1977.- параграфы 31,32.

3. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ 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:

$$Q = C U \quad (1)$$

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_0 . При этом выражение

$$\gamma = C_0 U_0 / U_{\text{инт}}^0 \quad (4)$$

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_9 и C_x , предварительно измерив неизвестную емкость C_x . Сравнивая измеренное значение емкости соединенных конденсаторов $C_{экср}$ с рассчитанным по известным формулам для параллельного ($C_{парал} = \sum_{i=1}^N C_i$) и последовательного ($\frac{1}{C_{посл}} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{C_i}$) соединений, проверяем надежность градуировки.

4. ПРИБОРЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

1. Генератор напряжений.
2. Мультиметры.
3. Миниблок «Интегратор тока».
4. Миниблок «Ключ».
5. Миниблок «Конденсатор» эталонной емкости.
6. Миниблок «Конденсатор» неизвестной емкости.

5. ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ

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

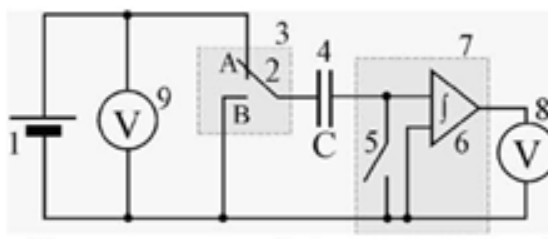


Рис.1. Электрическая схема: 1 – регулируемый источник постоянного напряжения «0...+15В» 2 – переключатель; 3 – миниблок «Ключ»; 4 – исследуемый конденсатор C ; 5 – демпфирующий ключ; 6 – интегратор тока 7 – миниблок «Интегратор тока»; 8,9 - мультиметры (режим $V-20\text{ В}$, входы COM , $V\Omega$).

Для зарядки конденсатора переключатель 2 устанавливают в положение «А», а демпфирующий 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 $U_{инт}$). В дальнейшем вследствие утечек напряжение, зафиксированное вольтметром 8, может меняться.

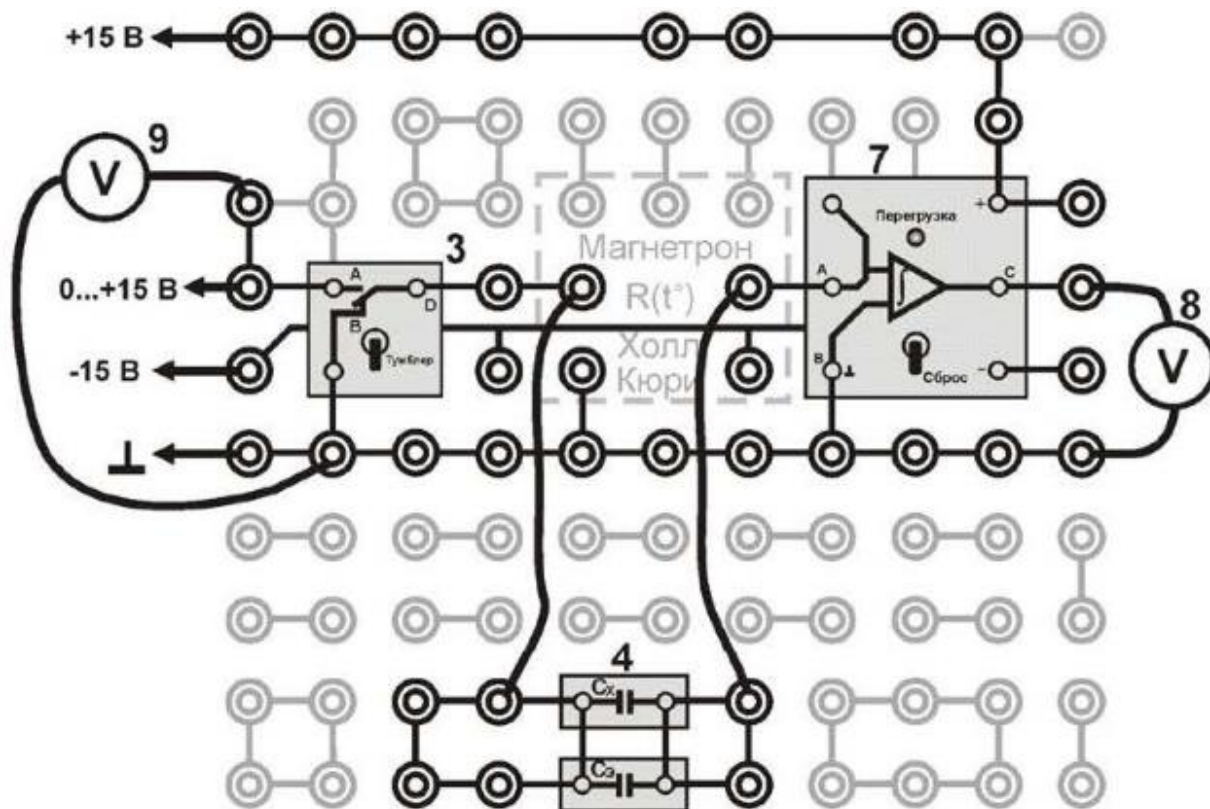


Рис.2. Монтажная схема: 3 – миниблок «Ключ»; 7 – миниблок «Интегратор тока»; 8, 9 – мультиметры.

6. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

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».
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 кнопками установки напряжения «0...+15 В», установите его не более 2 В (отчет по мультиметру 9).
4. Разрядите заряженный 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 $C_9 = \dots$ мкФ	Определение емкости		
		Неизвестный конденсатор	Соединение конденсаторов	
			параллельное	последовательное
	$U_9 =$ В	$U_x =$ В	$U_{\text{парал}} =$ В	$U_{\text{посл}} =$ В
	$U_{\text{инт}}^9$, 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_9 **последовательно**. Напряжение $U_{\text{посл}}$ **оставьте равным** $U_{\text{парал}}$. Выполните 5 измерений $U_{\text{инт}}^{\text{парал}}$ и запишите результаты в табл.1.
8. Проведите отдельно измерения величины $U_{\text{инт}}^9$ для эталонного конденсатора C и величины $U_{\text{инт}}^x$ для конденсатора неизвестной емкости C_x .
9. Для проверки правильности градуировки с помощью мультиметра измерьте неизвестную емкость конденсатора, 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.

7. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

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

2. По формуле (3) рассчитайте емкости неизвестного конденсатора

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

емкость параллельно соединенных конденсаторов

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

емкость последовательно соединенных конденсаторов

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

Результаты расчетов записать в табл. 2.

Таблица 2

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

3. Оцените относительную погрешность величины $C_{\text{х}}$:

$$\delta_{C_{\text{х}}} = \sqrt{\delta_{C_{\text{э}}}^2 + \delta_{U_{\text{инт_сред}}^{\text{э}}}^2} + \delta_{U_{\text{инт_сред}}^{\text{х}}}^2$$

где $\delta_{C_{\text{э}}}$ - относительная погрешность эталонной емкости (задана на миниблоке), $\delta_{U_{\text{инт_сред}}^{\text{э}}} = \delta_{U_{\text{инт_сред}}^{\text{х}}} = \delta_U = 1,2 \%$ -точность (относительная погрешность) измерения мультиметром напряжения.

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

$$C_{\text{расч}}^{\text{парал}} = C_{\text{э}} + C_{\text{эксп}}^{\text{х}} \quad \text{и}$$

$$C_{\text{расч}}^{\text{посл}} = \frac{C_{\text{э}} \cdot C_{\text{эксп}}^{\text{х}}}{C_{\text{э}} + C_{\text{эксп}}^{\text{х}}}$$

Результаты расчетов запишите в табл. 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 $C_{\text{эксп}}^x$).

К о н т р о л ь н ы е в о п р о с ы

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 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 $C_{\text{эксп}}$ и $C_{\text{расч}}$?