

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ВОЛЖСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КАФЕДРА «ПРИКЛАДНАЯ ФИЗИКА И МАТЕМАТИКА»

Г.А. Рахманкулова, С.О. Зубович

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕМКОСТИ КОНДЕНСАТОРА С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОННОГО ВОЛЬТМЕТРА

Методические указания



Волгоград
2015

УДК 53 (075.5)

Рецензент:

Канд. физ.-мат. наук, доцент Т.А. Сухова

Издается по решению редакционно-издательского совета
Волгоградского государственного технического университета

Г.А. Рахманкулова, **Определение емкости конденсатора с помощью электронного вольтметра** [Электронный ресурс]: методические указания / Г.А. Рахманкулова, С.О. Зубович //Сборник «Методические указания» Выпуск 3.- Электрон. текстовые дан.(1файл:141Kb) – Волжский: ВПИ (филиал) ГОУВПО ВолгГТУ, 2015.-Систем.требования:Windows 95 и выше; ПК с процессором 486+; CD-ROM.

Методические указания содержат рекомендации к выполнению лабораторной работы, представленной во второй части практикума кафедры «Прикладная физика и математика» Волжского политехнического института.

Предназначены для студентов всех форм обучения.

©Волгоградский
государственный
технический
университет, 2015
© Волжский
политехнический
институт, 2015

Лабораторная работа № 211

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕМКОСТИ КОНДЕНСАТОРА С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОННОГО ВОЛЬТМЕТРА

211.1. Цель работы: Определение емкости конденсаторов и проверка законов последовательного и параллельного соединения конденсаторов.

211.2. Описание лабораторной установки

Для определения емкости неизвестного конденсатора используется эталонный конденсатор, емкость которого известна.

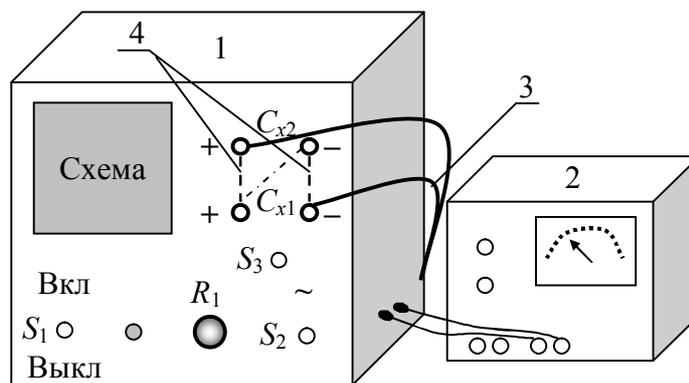


Рис.211.1

Внешний вид установки представлен на рис.211.1. Электрическая схема смонтирована в блоке 1. Напряжение на конденсаторах измеряется с помощью вольтметра 2.

Подключение конденсаторов неизвестной емкости C_x к эталонному обеспечивается кабелем 3. Конфигурация параллельного или последовательного подключения конденсаторов неизвестных емкостей C_{x1} и C_{x2} обеспечивается кабелем 4. В качестве примера на рис.211.1 штриховыми линиями показано параллельное подключение конденсаторов (кабелем 4 соединены обкладки одного знака). Если кабелем 4 соединены обкладки

разных знаков (штрих-пунктирная линия), то конденсаторы соединяются последовательно. В случае индивидуального подключения каждого из конденсаторов C_x кабель 4 не используется.

211.3. Методика эксперимента

Эталонный конденсатор $C_{эм} = 5000 \text{ мкФ}$ и электронный вольтметр V_1 подключаются через переключатель S_2 к источнику регулируемого постоянного напряжения, состоящего из источника G_1 и потенциометра R_2 (рис.211.2). Напряжение U_0 на обкладках эталонного конденсатора измеряется вольтметром V_1 и может регулироваться с помощью потенциометра R_2 . Для определения неизвестной емкости конденсатора C_x , пропускают известное количество электричества, накопленное на эталонном конденсаторе с известной емкостью $C_{эм}$ через неизвестную емкость. При этом измеряют падение напряжения на $C_{эм} - U_1$.

При параллельном соединении эталонного и исследуемого конденсатора заряд перераспределяется между ними $q_{эм} = q'_{эм} + q'_x$. Заряд на эталонном конденсаторе до подключения $q_{эм} = C_{эм} U_0$, после $q'_{эм} = C_{эм} U_1$. Заряд на исследуемом конденсаторе после подключения $q'_x = C_x U_1$. Подставляя в закон сохранения заряда соотношения для зарядов на конденсаторе, получим $C_{эм} U_0 = C_{эм} U_1 + C_x U_1$. Отсюда емкость исследуемого конденсатора:

$$C_x = C_{эм} \cdot \frac{U_0 - U_1}{U_1}, \quad (211.1)$$

Относительную погрешность измерения электроемкости конденсатора определим логарифмированием и дифференцированием. Прологарифмируем формулу (211.1) по основанию e :

$$\ln C_x = \ln C_{эм} + \ln |U_0 - U_1| - \ln U_1.$$

Продифференцируем:

$$\frac{dC_x}{C_x} = \frac{dC_{эм}}{C_{эм}} + \left| \frac{dU_0}{U_0 - U_1} \right| + \left| -\frac{dU_1}{U_0 - U_1} \right| - \left| \frac{dU_1}{U_1} \right|.$$

Заменяв дифференциал на конечную разность, получим формулу для оценки относительной погрешности измерений:

$$\varepsilon = \frac{\Delta C_x}{C_x} = \frac{\Delta C_{эм}}{C_{эм}} + \frac{\Delta U_0}{U_0 - U_1} + \frac{\Delta U_1 \cdot U_0}{U_0 - U_1}. \quad (211.2)$$

Приборная погрешность вольтметра:

$$\Delta U = \frac{\gamma U_{max}}{100\%}, \quad (211.3)$$

где $\gamma = 1$ – класс точности вольтметра, U_{max} – максимальный предел измерения вольтметра. Значение $C_{эм} = 5000 \text{ мкФ}$ не измеряется, поэтому абсолютную погрешность определим по последнему разряду значащей цифры (последней позиции) $\Delta C_{эм} = 1 \text{ мкФ}$. Абсолютная погрешность измерения емкости:

$$\Delta C = \varepsilon \cdot \langle C \rangle. \quad (211.4)$$

При соединении эталонного и исследуемого конденсатора в цепи выделяется количество теплоты Q , которую можно оценить по закону сохранения энергии:

$$W_{эм} = W'_{эм} + W'_x + Q.$$

Энергия заряженного эталонного конденсатора до соединения $W_{эм} = \frac{C_{эм} U_0^2}{2}$. Энергия эталонного конденсатора и исследуемого конденса-

тора после соединения $W'_{эм} = \frac{C_{эм} U_1^2}{2}$, $W'_x = \frac{C_x U_1^2}{2}$. Количество теплоты:

$$Q = \frac{C_{эм} U_0^2}{2} - \frac{C_{эм} U_1^2}{2} - \frac{C_x U_1^2}{2}. \quad (211.5)$$

Подставив (211.2) в (211.5), получим:

$$Q = \frac{C_{эм} U_0 (U_0 - U_1)}{2}. \quad (211.6)$$

Принципиальная схема установки представлена на рис.211.2.

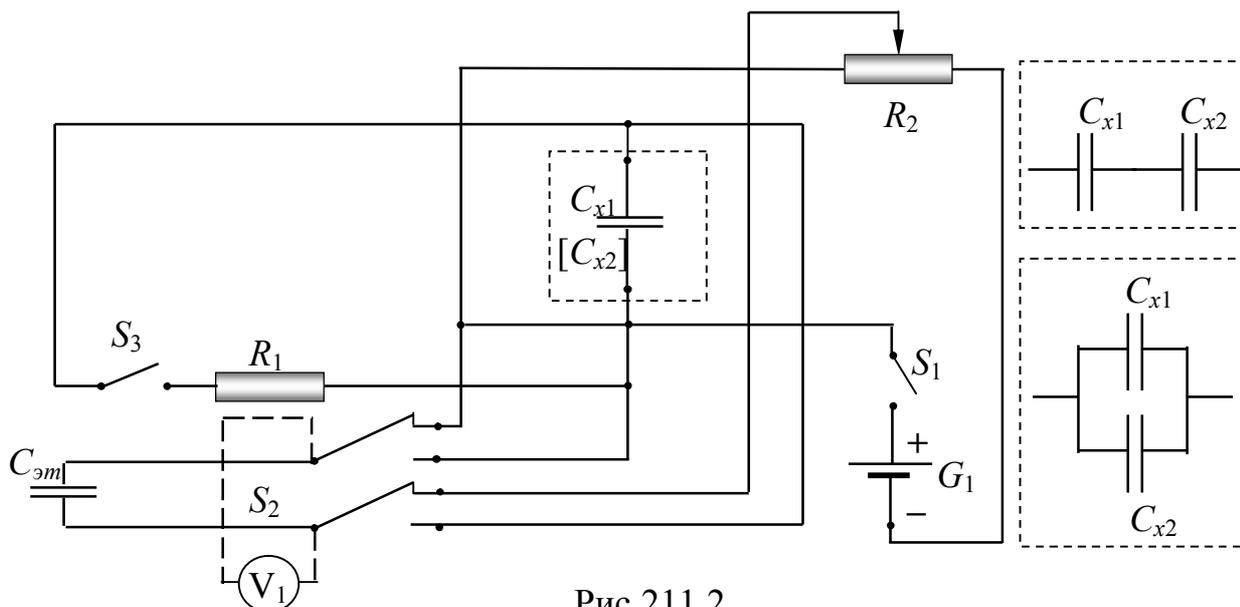


Рис 211.2.

G_1 – источник питания; R_1 – ограничительное сопротивление; R_2 – потенциометр; $C_{эм}$ – эталонный конденсатор ($C_{эм} = 5000 \text{ мкФ}$); C_{x1} , C_{x2} – исследуемые конденсаторы; S_1 – переключатель «вкл/выкл»; S_2 – переключатель эталонного конденсатора на «источник тока/исследуемый конденсатор», S_3 – кнопка разрядки конденсаторов, V_1 – электронный вольтметр.

211.4. Порядок выполнения работы

Установка собрана и готова к работе.

1. Включите блок 1 в цепь (рис.211.1).
2. Проверьте установку электронного вольтметра 2 на нуль, при необходимости установите его на нуль с помощью корректора.
3. Определите цену деления шкалы вольтметра 2.
4. Включите блок 1 переключателем S_1 .
5. С помощью кабеля 3 подключите исследуемый конденсатор C_{x1} .
6. Замкните переключатель S_2 на потенциометр R_2 .
7. Установите движком потенциометра R_2 напряжение в пределах от 1 до 3 вольт, на эталонном конденсаторе $C_{эм}$. Запишите показание вольтметра (U_0) в таблицу 211.1.

8. Переключателем S_2 включите исследуемую емкость C_{x1} . При этом эталонная емкость $C_{эм}$ отключается от источника тока и подключается к исследуемой емкости C_{x1} . Запишите показание вольтметра (U_1) в таблицу 211.1.

9. После каждого измерения исследуемый конденсатор обязательно разрядите на активное сопротивление R_1 нажатием кнопки S_3 .

Внимание: Запрещается нажимать кнопку S_2 при подаче напряжения на конденсаторы от источника питания.

10. Опыт повторите еще два раза (пп.6–9), изменяя напряжение U_0 на обкладках эталонного конденсатора в пределах от 1 до 3 вольт. Показания вольтметра занесите в таблицу 211.1.

11. С помощью кабеля 3 подключите вместо конденсатора C_{x1} конденсатор с неизвестной емкостью C_{x2} , конденсатор C_{x2} и выполните все измерения, указанные в пунктах 6-10. Результаты измерений занесите в таблицу 211.1.

12. Соедините конденсаторы с электрическими емкостями C_{x1} и C_{x2} параллельно (рис.211.1) с помощью кабеля 4 (замыкаются обкладки одного знака), и выполните все измерения, указанные в пунктах 6-10. Результаты измерений занесите в таблицу 211.2.

13. Соедините конденсаторы с электрическими емкостями C_{x1} и C_{x2} последовательно (рис.211.1) с помощью кабеля 4 (замыкаются обкладки разных знаков), и выполните все измерения, указанные в пунктах 6-10. Результаты измерений занесите в таблицу 211.2.

14. Переключателем S_1 выключите блок 1 и отключите его от цепи.

Таблица 211.1. *Определение электрических емкостей C_{x1} и C_{x2} .*

Конденсаторы	$U_0, В$	$U_1, В$	$C_x, В$	$\langle C_x \rangle, Ф$	ε	$\Delta C, мкФ$	$Q, Дж$
C_{x1}							
C_{x2}							

Таблица 211.2. *Определение электрической емкости батареи конденсаторов при их параллельном и последовательном соединении.*

Батареи конденсаторов	$U_0, В$	$U_1, В$	$C_{эксп}, Ф$	$\langle C_{эксп} \rangle, Ф$	$C_{теор}, Ф$	ε	$\Delta C, мкФ$	$Q, Дж$
C_{x1} и C_{x2} , соединенные параллельно								
C_{x1} и C_{x2} , соединенные последовательно								

211.5. Обработка результатов измерений

1. По формуле (211.1) вычислите электрические емкости C_{x1} и C_{x2} для каждого опыта. Рассчитайте среднее арифметическое значение электроемкости для каждого конденсатора.

2. По формуле (211.2) рассчитайте относительную погрешность измерений ε , учитывая (211.3).

3. По формуле (211.4) рассчитать абсолютную погрешность измерений ΔC .

4. Определить по формуле (211.6) количество теплоты Q , которое выделяется в цепи. Результаты расчетов запишите в табл.211.1.

5. По формуле (211.1) вычислите электрические емкости батарей конденсаторов для каждого опыта. Рассчитайте среднее арифметическое значение электроемкости для каждого случая подключения.

6. По формуле (211.2) рассчитайте относительную погрешность измерений ϵ , учитывая (211.3).

7. По формуле (211.4) рассчитать абсолютную погрешность измерений ΔC .

8. Определить по формуле (211.6) количество теплоты Q , которое выделяется в цепи. Результаты расчетов запишите в табл.211.2.

9. Используя найденные значения электрических емкостей конденсаторов C_{x1} и C_{x2} , вычислите теоретическое значение электрических емкостей батарей конденсаторов по формулам:

$$C_{\text{теор пар.}} = C_{x1} + C_{x2},$$
$$\frac{1}{C_{\text{теор посл.}}} = \frac{1}{C_{x1}} + \frac{1}{C_{x2}}.$$

10. Сравните теоретические расчетные значения электрических емкостей батарей конденсаторов с измеренными значениями. Сделайте вывод.

211.6. Контрольные вопросы

1. Дайте определение электростатической индукции.
2. Емкость уединенного проводника.
3. Что такое конденсатор?
4. Как классифицируют конденсаторы?
5. Чему равна энергия заряженного проводника, конденсатора?
6. В чем заключается физический смысл диэлектрической восприимчивости и проницаемости среды?
7. Емкость и заряд при параллельном и последовательном соединении конденсаторов.
8. Чему равна энергия и плотность энергии электрического поля?
9. Выведите формулы энергии и емкости заряженного шара.

10. От каких факторов зависят случайные погрешности в данной экспериментальной работе?

Литература, рекомендуемая для обязательной проработки: [1], §2.6; [2], §§31, 32, 34, 35, 37; [3], §§24,..., 30; [4], §26; [5], §§92,..., 95; [6], §§IV.1.6, IV.1.9.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иродов И.Е. Электромагнетизм. Основные законы: Учебное пособие для физич. спец. вузов. – 9-е изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. – 319 с.
2. Калашников С.Г. Электричество. – 6-е изд., стер. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 624 с.
3. Савельев И.В. Курс общей физики в 4-х томах. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. – М.: КноРус, 2012. – Т.2. – 576 с.
4. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Электричество. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – Т.3. – 656 с.
5. Трофимова Т.И. Курс физики. – 20-е изд., стер. – М.: Изд-во «Академия», 2014. – 560 с.
6. Яворский Б.М., Детлаф А.А. Справочник по физике. – 8-е изд., испр. и перераб. – М.: Изд-во «Оникс», 2008. – 1056 с.

Учебное издание

Галлия Алиевна **Рахманкулова**
Сергей Олегович **Зубович**

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕМКОСТИ КОНДЕНСАТОРА С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОННОГО ВОЛЬТМЕТРА

Методические указания

в авторской редакции

Темплан 2007 г., поз.№ __27. В_
Лицензия ИД № 04790 от 18.05.2001 г.

Подписано в печать _____. Формат 60x84 1/16.

Усл. печ. л. _1,16__.

Уч.-изд. л. _1,2 на магнитоносителе

Волгоградский государственный технический университет.
400131, г. Волгоград, просп. им. В.И. Ленина 28.

РПК “Политехник” Волгоградского государственного
технического университета.
400131, Волгоград, ул. Советская, 35.