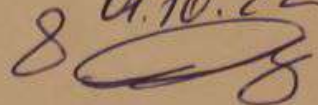


Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации федеральное государственное  
автономное образовательное учреждение высшего  
образования "Санкт-Петербургский государственный  
университет аэрокосмического приборостроения".

Кафедра ЭЗ.

Отчет  
Защиты с оценкой

Преподаватель:

8 01.10.22  


доктор, канд. техн. наук  
фамилия, инициалы, звание

01.10.2022  
подпись, дата

М. Ю. Егоров  
инициалы, фамилия

Отчет о лабораторной работе №1.  
Определение емкости конденсатора.  
по курсу: общая физика.

Работу выполнил

студент гр. ЭЗ4136

ТМС, 01.10.2022  
подпись, дата

Богров Н.С.  
инициалы, фамилия

Санкт-Петербург

2022



# Лабораторная работа №1. Определение электроемкости конденсатора.

## Протокол измерений.

Студент группы № 4136

Бобровиц Н.С.

Преподаватель каф. № 3

Егоров М.Ю.

## Параметры приборов.

Прибор	Тип	Предел измерений	Цена деления	Класс точности	Систематич. погрешность
Вольтметр	M93	20 В	0,5 В	1,0	0,2 В

Баллистический гальванометр	M95	50 дел. шк.	1 дел. шк.	1,5	0,95 дел. шк.
-----------------------------	-----	-------------	------------	-----	---------------

## Результаты измерений.

$U = 10 В$ ,  $C_0 = 4700 нФ$  (параметры установки)

	$n_0$ , дел. шк.	$n_1$ , дел. шк.	$n_2$ , дел. шк.	$n_3$ , дел. шк.	$n_4$ , дел. шк.
$C_0 = 4700 нФ$					
1.	26,0	18,0	10,0	7,0	21,0
2.	24,0	18,0	9,0	6,5	27,0
3.	25,5	20,0	10,0	5,0	28,5
4.	27,0	20,0	9,5	6,0	29,0
5.	25,0	19,5	8,0	8,0	29,0

$$\bar{n}_0 = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 n_{0i} = 25,5 \quad \bar{n}_1 = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 n_{1i} = 19,3 \quad \bar{n}_2 = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 n_{2i} = 9,3 \quad \bar{n}_3 = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 n_{3i} = 6,5 \quad \bar{n}_4 = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 n_{4i} = 27,3$$

Дата 3 " сентября 2022 г.

Б.С.  
подпись студента

подпись преподавателя



1) Цель работы:

Определить ёмкость конденсатора с помощью  
дифференциального гальванометра.

2) Описание лабораторной установки:

Схема лабораторной установки приведена на рис. 1;

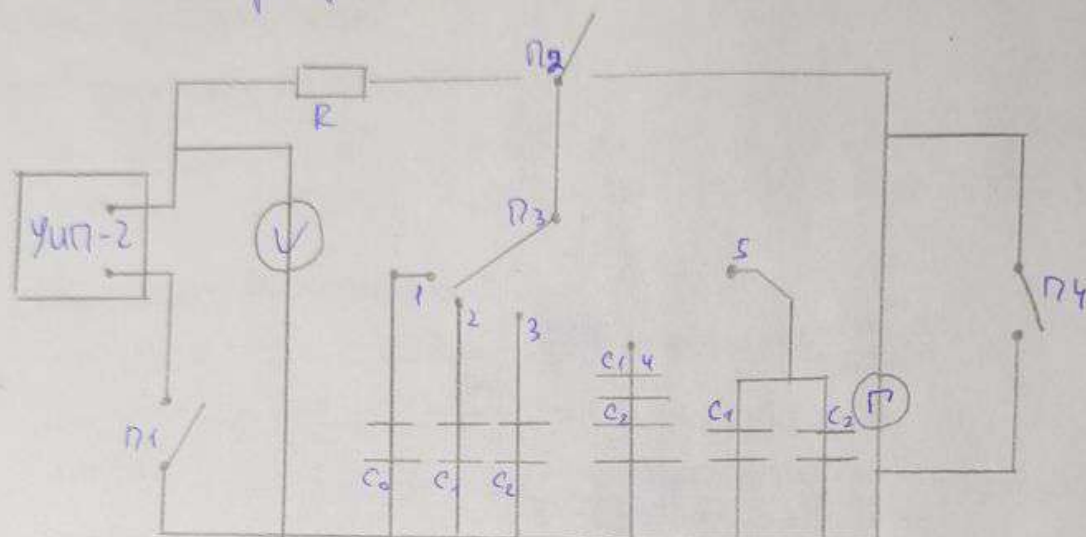


рис. 1

При замыкании ключа  $\Pi 1$  схема присоединяется к источнику питания, напряжение  $U$  на  $\text{выходе}$  которого измеряется вольтметром. Сопротивление  $R$  ограничивает зарядный ток.

Ключ  $\Pi 2$  служит для переключения конденсаторов в режим зарядки и разрядки.

При помощи ключа  $\Pi 3$  производится попеременное подключение конденсатора  $C_0$ , конденсаторов  $C_1$  и  $C_2$ , ёмкости которых нужно определить, а также  $C_3$  и  $C_4$ , которые представляют собой последовательно и параллельно соединённые конденсаторы  $C_1$  и  $C_2$ .

Ключ  $\Pi 4$  служит для быстрого успокоения рамки гальванометра.

3) Рабочие формулы:

3.1)  $K = \frac{C_0 U}{I_0}$ , где  $K$  - постоянная дифференциального гальванометра ( $\frac{\text{мм}}{\text{дел.шк.}}$ );  $C_0$  - известная ёмкость конденсатора ( $4700 \text{ пФ}$ );  $U$  - напряжение, В;  $I_0$  - макс. смещение "зайчика" по шкале у  $C_0$  (дел.шк.).



3.2)  $C = \frac{C_0 n}{n_0}$ , где  $C$  - емкость конденсатора (Ф);  $C_0$  - известная емкость конденсатора (Ф);  $n$  - макс. смещение для конденсатора (дел. ин.)

3.3)  $C_{\text{звнч}} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$ , где  $C_{\text{звнч}}$  - емкость системы конденсаторов, соединенных последовательно (Ф)

3.4)  $C_{\text{звнч}} = C_1 + C_2$ , где  $C_{\text{звнч}}$  - емкость системы конденсаторов, соединенных параллельно (Ф)

4) Результаты вычислений:

$K$ , $\frac{\text{нКи}}{\text{дел. ин.}}$	$C_1$ , нФ	$C_2$ , нФ	$C_{\text{звнч}}$ , нФ	$C_{\text{звнч}}$ , нФ	$C_{\text{звнч}}$ , нФ	$C_{\text{звнч}}$ , нФ
1446,15	3481,48	1807,69	1078,52	1189,00	5192,32	5288,00

5) Примеры вычислений:

$$\text{по (1): } K = \frac{C_0 n}{n_0} = \frac{4700 \cdot 10^{-12} \cdot 26}{19} \approx 1446,15 \left( \frac{\text{нКи}}{\text{дел. ин.}} \right)$$

$$\text{по (2): } C_1 = \frac{C_0 n_1}{n_0} = \frac{4700 \cdot 10^{-12} \cdot 26}{19} \approx 3481,48 \text{ (нФ)}$$

$$\text{по (3): } C_{\text{звнч}} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{3481,48 \cdot 1807,69 \cdot 10^{-24}}{(3481,48 + 1807,69) \cdot 10^{-12}} \approx 1189 \text{ (нФ)}$$

$$\text{по (4): } C_{\text{звнч}} = C_1 + C_2 = (3481,48 + 1807,69) \cdot 10^{-12} \approx 5288 \text{ (нФ)}$$

6) Вычисление погрешностей:

6.1) Сист. погрешность:

$$6.1.1) \Theta_n = 0,2 \text{ В}$$

$$6.1.2) \Theta_n = 0,75 \text{ дел. ин.}$$

6.1.3) Вывод формулы для сист. погрешности косвен.

Измерения эл. конденсатора:

$$C = \frac{C_0 n}{n_0}; C = C(n, n_0) \Rightarrow \Theta_C = C \left( \frac{\Theta_{n_0}}{n_0} + \frac{\Theta_n}{n} \right)$$

$$\Theta_n = \Theta_{n_0}$$

$$\Theta_{C1} = C_1 \cdot \left( \frac{\Theta_{n_0}}{n_0} + \frac{\Theta_{n1}}{n_1} \right) = 3481,48 \cdot \left( \frac{0,75}{26} + \frac{0,75}{19} \right) \approx 237,86 \text{ (нФ)}$$

$$\Theta_{C2} = 1807,69 \cdot \left( \frac{0,75}{26} + \frac{0,75}{10} \right) \approx 187,65 \text{ (нФ)}$$

$$\Theta_{C3} = 1078,52 \cdot \left( \frac{0,75}{26} + \frac{0,75}{7} \right) \approx 138,96 \text{ (нФ)}$$

$$\Theta_{C4} = 5192,32 \cdot \left( \frac{0,75}{26} + \frac{0,75}{25} \right) \approx 311,53 \text{ (нФ)}$$

6.1.4) Вывод формулы для сист. погрешности косвен. измерения постоянной баллистического гальванометра,

$$K = \frac{C_0 U}{n_0} = C_0 \cdot \frac{U}{n_0}; K = K(U, n_0) \Rightarrow \Theta_K = K \cdot \left( \frac{\Theta_U}{U} + \frac{\Theta_{n_0}}{n_0} \right)$$



$$\Theta_k = 1446,15 \cdot \left( \frac{0,2}{8} + \frac{0,75}{26} \right) = 77,87 \left( \frac{\text{нКи}}{\text{мм.сел}} \right)$$

6.2) Случайные погрешности:

6.2.1) Среднеквадратическое отклонение баллистического гальванометра:

$$S_{h_0} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (h_0 - h_i)^2}{N(N-1)}} = \sqrt{\frac{(26-26)^2 + (26-24)^2 + (26-25,5)^2 + (26-27)^2 + (26-25)^2}{5 \cdot (5-1)}} \approx 0,59 \text{ (дел.мм.)}$$

$$S_{h_1} = \sqrt{\frac{(20-19)^2 + (20-18)^2 + (20-20)^2 + (20-20)^2 + (20-19,5)^2}{5(5-1)}} \approx 0,5 \text{ (дел.мм.)}$$

$$S_{h_2} = \sqrt{\frac{(10-10)^2 + (10-9)^2 + (10-10)^2 + (10-9,5)^2 + (10-8)^2}{5(5-1)}} \approx 0,5 \text{ (дел.мм.)}$$

$$S_{h_3} = \sqrt{\frac{(7-6,5)^2 + (7-5)^2 + (7-6)^2 + (7-8)^2}{5(5-1)}} \approx 0,67 \text{ (дел.мм.)}$$

$$S_{h_4} = \sqrt{\frac{(25-29)^2 + (25-27)^2 + (25-28,5)^2 + (25-29)^2 + (25-27)^2}{5(5-1)}} \approx 0,89 \text{ (дел.мм.)}$$

6.2.2) Среднее квадратическое отклонение емкостей конденсатора:

$$S_{C1} = C_1 \cdot \sqrt{\left( \frac{S_{h_0}}{h_0} \right)^2 + \left( \frac{S_{h_1}}{h_1} \right)^2} = 3481,48 \cdot \sqrt{\left( \frac{0,6}{26} \right)^2 + \left( \frac{0,5}{19} \right)^2} \approx 118,6 \text{ (нФ)}$$

$$S_{C2} = 1807,69 \cdot \sqrt{\left( \frac{0,6}{26} \right)^2 + \left( \frac{0,5}{10} \right)^2} \approx 105,64 \text{ (нФ)}$$

$$S_{C3} = 1028,52 \cdot \sqrt{\left( \frac{0,6}{26} \right)^2 + \left( \frac{0,67}{7} \right)^2} \approx 53,29 \text{ (нФ)}$$

$$S_{C4} = 5192,32 \cdot \sqrt{\left( \frac{0,6}{26} \right)^2 + \left( \frac{0,89}{25} \right)^2} \approx 123,45 \text{ (нФ)}$$

6.3) Полная погрешность:

В дан. работе проводится измерение случайных по своей природе величин. Проверим неравенство:

$$S_x < \Theta_x; S_h \leq \Theta_h \quad S_{C1} < \Theta_{C1}$$

$$0,59 < 0,75 \quad 120 < 237,9$$

П.к. неравенства выполняются, полная погрешность будет равна сист.:  $\Delta h_0 = \Theta_{h_0}$ ;  $\Delta C_1 = \Theta_{C1}$

7) Выводы:

В ходе данной лабораторной работы я опред. постоянную баллистического гальванометра, вычислил емкости конденсаторов.



$$K = (1446,15 \pm 97,87) \frac{nK_{\omega}}{\text{grad. u.s.}}$$

$$C_1 = (3481,48 \pm 237,86) n^{\circ}$$

$$C_2 = (1807,69 \pm 187,05) n^{\circ}$$

$$C_{303\omega} = (1078,52 \pm 138,96) n^{\circ}$$

$$C_{\text{vuzm}} = (5192,32 \pm 311,53) n^{\circ}$$