

Группа М3216

К работе допущен _____

Студент Квачук Сергей и Орлов
Владимир

Работа выполнена _____

Преподаватель Тимофеева Эльвира
Олеговна

Отчет принят _____

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе №3.06

Изучение электрических свойств сегнетоэлектриков

1. Цель работы.

1. Определение значений электрического смещения насыщения D_s , остаточной поляризации P_r , коэрцитивной силы E_c для предельной петли гистерезиса сегнетоэлектрика.

2. Расчет диэлектрических потерь за цикл переполаризации сегнетоэлектрика.

3. Получение зависимостей смещения D и диэлектрической проницаемости ε от напряженности электрического поля E .

4. Определение значений начальной и максимальной диэлектрической проницаемости.

2. Задачи, решаемые при выполнении работы.

Исследование электрических свойств сегнетоэлектриков.

3. Объект исследования.

Сегнетоэлектрический конденсатор и его петля гистерезиса.

4. Метод экспериментального исследования.

Многократное изменение электрического поля и анализ различных петель гистерезиса.

5. Рабочие формулы и исходные данные.

1. Модуль вектора электрической индукции \vec{D} :

$$D = \sigma = \frac{q}{S} = \frac{C_2 U_{C_2}}{S} = \frac{C_1}{S} \cdot U_{C_1},$$

2. Напряженность электрического поля E в сегнетоэлектрике:

$$E = \frac{U_{C_2}}{d} = \frac{U}{d} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} \cdot \frac{U_{R_1}}{d}.$$

3. Тангенс угла диэлектрических потерь в сегнетоэлектриках:

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{1}{\pi} \oint \frac{D dE}{D_s E_s}.$$

4. Вектор электрического смещения \vec{D} :

$$\vec{D} = \varepsilon \varepsilon_0 \vec{E},$$

Откуда выводится формула диэлектрической проницаемости среды:

$$\varepsilon = \frac{D}{\varepsilon_0 E}$$

5. Характеристики прибора:

$$\begin{aligned} R_1 &= 47 \text{ кОм} \pm 10\% \\ R_2 &= 470 \text{ кОм} \pm 10\% \\ C_1 &= 1 \text{ мкФ} \pm 10\% \\ C_2 &= 0.01 \text{ мкФ} \pm 10\% \\ S &= 500 \text{ мм}^2 \pm 10\% \\ d &= 0.5 \text{ мм} \pm 10\% \end{aligned}$$

6. Измерительные приборы.

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Используемый диапазон	Погрешность прибора
1	ИСХ1	Цифровой	0-5 дел	± 0.1 дел

7. Схема установки (перечень схем, которые составляют Приложение 1).

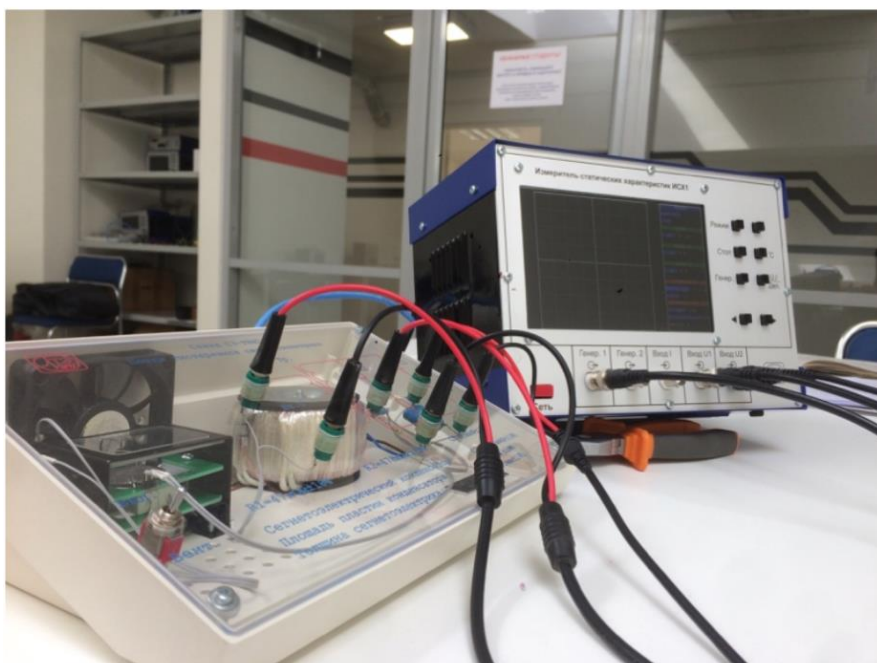


Рис. 3. Общий вид лабораторной установки

Органы управления прибором «ИСХ1» показаны на рис. 5.

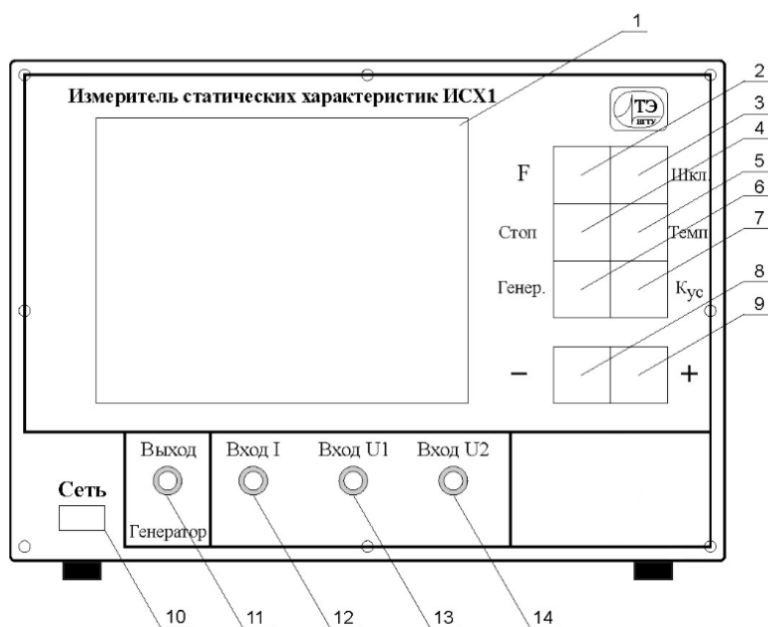


Рис. 5. Общий вид панели лицевой панели «ИСХ1»

1. графический дисплей;
2. кнопка выбора режима работы «F»;
3. кнопка выбора шкалы «Шкл.»;
4. кнопка запоминания оцифрованного сигнала «Стоп»;
5. кнопка выбора температурного режима «Темп»;
6. кнопка управления генератором «Генер.»;
7. кнопка выбора коэффициента отклонения « $K_{ус}$ »;
8. кнопка уменьшения выбранной величины «-»;
9. кнопка увеличения выбранной величины «+»;
10. кнопка выключателя «Сеть»;
11. выход генератора;
12. вход тока I ;
13. вход напряжения U_1 ;
14. вход напряжения U_2 ;

Принципиальная электрическая схема установки представлена на рис. 7.

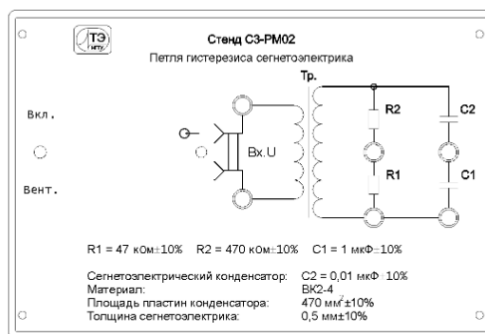
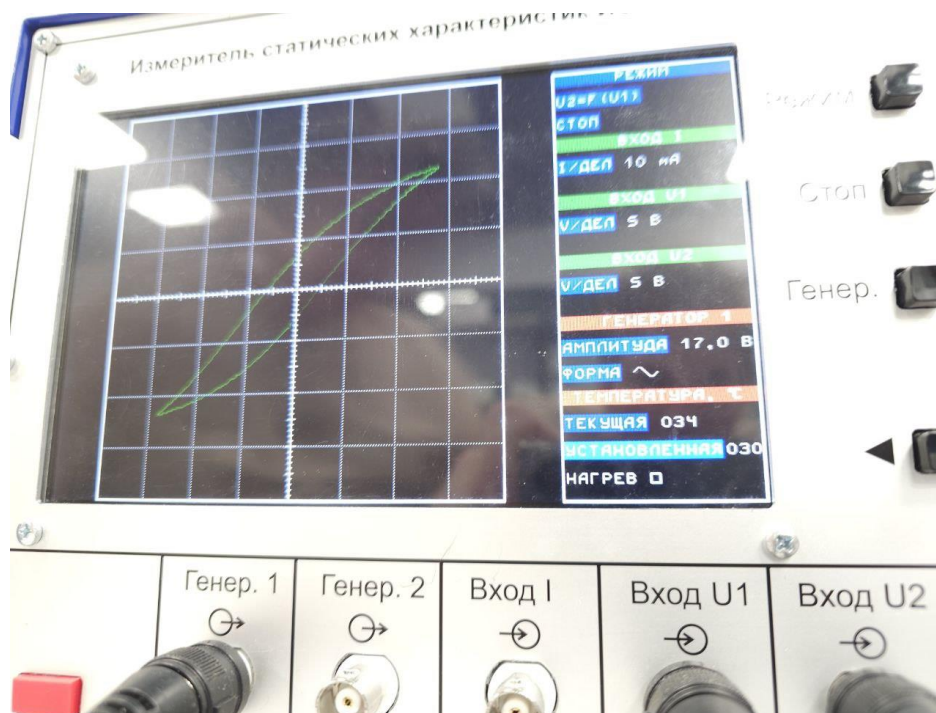


Рис. 7. Принципиальная электрическая схема установки

8. Результаты прямых измерений и их обработки (таблицы, примеры расчетов).

Задание 1.



Значения с графика:

$$\begin{aligned} D_s &= 2.4 \text{ дел} \\ E_s &= 2.8 \text{ дел} \\ D_r &= 0.7 \text{ дел} \\ E_c &= 0.45 \text{ дел} \end{aligned}$$

Вычисления значений:

$$\begin{aligned} D_s &= \frac{C_1}{S} * U_{C1} = \frac{10^{-6}}{5 * 10^{-4}} * 2.4 = 0.0048 \frac{\text{Кл}}{\text{м}^2} \\ E_s &= \frac{U_{C2}}{d} = \frac{2.8}{5 * 10^{-4}} = 5.6 \frac{\text{кВ}}{\text{м}} \\ E_c &= \frac{0.45}{0.0005} = 0.9 \frac{\text{кВ}}{\text{м}} \\ P_r = D_r &= \frac{10^{-6}}{5 * 10^{-4}} * 0.7 = 0.014 \frac{\text{Кл}}{\text{м}^2} \end{aligned}$$

График имеет площадь примерно равную 3.965 дел². Зная, что $\oint DdE = S_0$ Воспользуемся формулой 3.

$$\text{tg} \delta = \frac{1}{\pi} \frac{S}{D_s * E_s} = \frac{1}{\pi} \frac{3.965}{2.4 * 2.8} \approx 0.188$$

Задание 2.

Физические величины								
№	U, В	$K_x, \frac{\text{В}}{\text{дел}}$	$K_y, \frac{\text{В}}{\text{дел}}$	X, дел	Y, дел	$E, \frac{\text{В}}{\text{м}}$	$D, \frac{\text{Кл}}{\text{м}^2}$	ϵ
1	17	5	5	2,8	2,2	1870000	0,00034	20,5444273
2	15	5	5	2,4	1,4	1650000	0,0003	20,5444273
3	13	5	5	2,2	1,6	1430000	0,00026	20,5444273
4	11	5	5	1,8	1,3	1210000	0,00022	20,5444273

5	9	2	2	3,7	2,5	396000	0,00018	51,3610683
6	7	2	2	2,8	1,6	308000	0,00014	51,3610683
7	5	2	2	2	1	220000	0,0001	51,3610683
8	4,4	1	1	3,6	1,7	96800	0,000088	102,722137
9	3,8	1	1	3,1	1,3	83600	0,000076	102,722137
10	3,2	1	1	2,6	1	70400	0,000064	102,722137
11	2,6	1	1	1,2	0,7	57200	0,000052	102,722137
12	2	0,5	0,2	3,2	2,5	22000	0,00004	205,444273
13	1,4	0,5	0,2	2,2	1,5	15400	0,000028	205,444273
14	0,8	0,2	0,1	3,1	1,6	3520	0,000016	513,610683
15	0,2	0,1	0,05	1,6	1	440	0,000004	1027,22137

Примеры расчетов приведены раньше.

9. Расчет результатов косвенных измерений (таблицы, примеры расчетов).

По графику 2 можно заметить, что зависимость имеет вид похожий на обратную пропорциональность, соответственно, чем меньше E , тем больше ε . Исходя из этого, диэлектрическая проницаемость стремится к бесконечности. При этом $\varepsilon_{\text{нач}} = \varepsilon_{\text{макс}}$. Исходя из значений полученных в результате обработки измерений, то $\varepsilon_{\text{макс}} = 1072.22$ при $E = 440 \frac{\text{В}}{\text{м}}$

10. Расчет погрешностей измерений (для прямых и косвенных измерений).

Погрешности для 1 задания:

$$\Delta D_s = 0.00049 \frac{\text{Кл}}{\text{м}^2}; \varepsilon_{D_s} = 8.16\%$$

$$\Delta P_r = 0.001265 \frac{\text{Кл}}{\text{м}^2}; \varepsilon_{P_r} = 11.5\%$$

$$\Delta E_c = 78.84 \frac{\text{В}}{\text{м}}; \varepsilon_{E_c} = 8.76\%$$

Погрешности для 2 задания:

К сожалению, погрешности нет возможности рассчитать.

11. Графики (перечень графиков, которые составляют Приложение 2).

График 1. Функция зависимости $D(E)$:

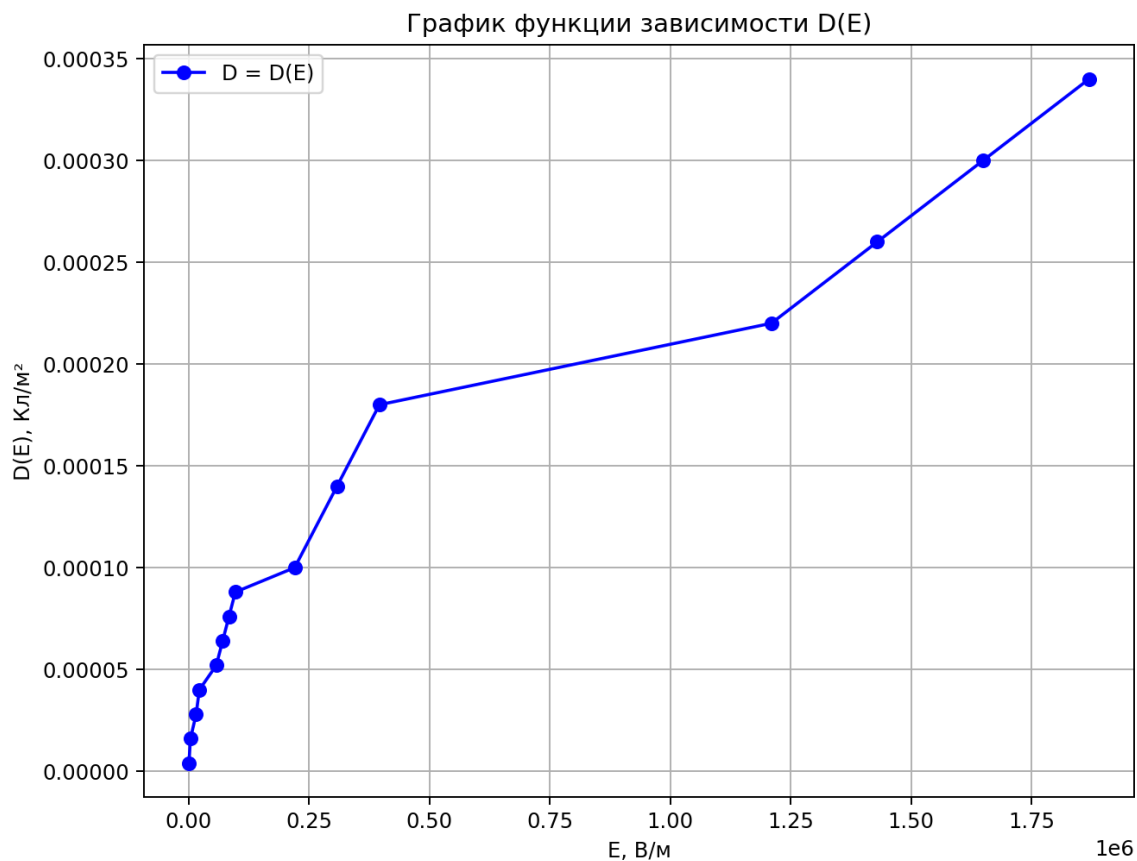
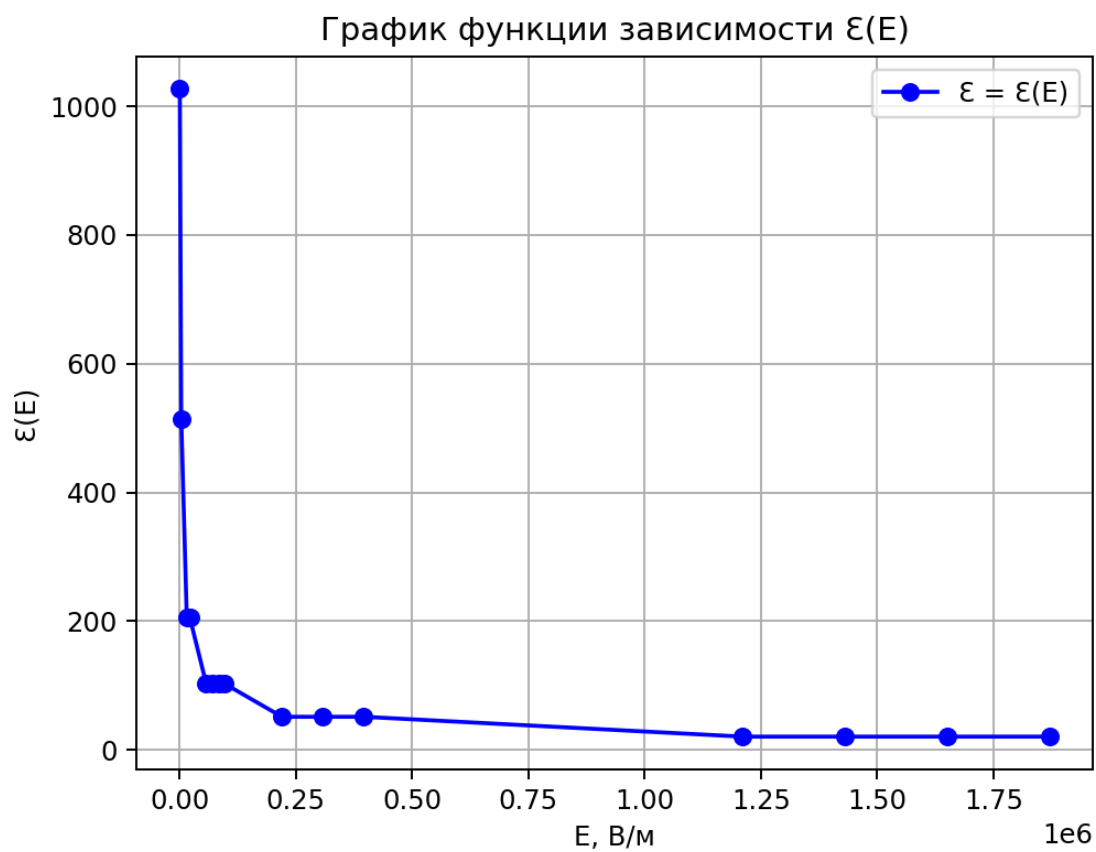


График 2. Функция зависимости $\varepsilon(E)$:



12. Окончательные результаты.

В ходе выполнения данной лабораторной работы были рассчитаны следующие значения:

$$D_s = 0.0048 \pm 0.00049 \frac{\text{Кл}}{\text{м}^2}; \varepsilon_{D_s} = 8.16\%$$

$$P_r = 0.011 \pm 0.001265 \frac{\text{Кл}}{\text{м}^2}; \varepsilon_{P_r} = 11.5\%$$

$$E_c = 900 \pm 78.84 \frac{\text{В}}{\text{м}}; \varepsilon_{E_c} = 8.76\%$$

$$\text{tg } \delta = 0.186$$

Значение начальной диэлектрической проницаемости не было найдено.

$$\varepsilon_{\text{макс}} = 1027.22$$

13. Выводы и анализ результатов работы.

В результате выполнения данной лабораторной работы были изучены электрические свойства сегнетоэлектриков и определены значения электрического смещения насыщений, остаточной поляризации и коэрцитивной силы для предельной петли гистерезиса. Рассчитаны диэлектрические потери за цикл переполяризации, и так как тангенс угла диэлектрических потерь мал (равен 0.186), то сами потери энергии малы.

Получены зависимости смещения и диэлектрической проницаемости от напряжения электрического поля. График функции зависимости смещения возрастает и имеет вид ветви параболы. График функции зависимости диэлектрической проницаемости убывает и имеет вид ветви гиперболы.