

Группа _____ м3115 _____ К работе допущен _____

Студент Кочубеев Николай Сергеевич Работа выполнена _____

Преподаватель: Рахманова Гульназ Раифовна Отчет принят _____

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе № 3.06

«Изучение электрических свойств сегнетоэлектриков»

1. **Цель работы:** определение значений начальной и максимальной диэлектрической проницаемости сегнетоэлектрика;
2. **Задачи:**
 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;
3. **Объект исследования:** сегнетоэлектрический конденсатор (вариконд) ВК2-4;
4. **Метод экспериментального исследования:** фиксирование изменения размеров петли гистерезиса по убыванию от размеров предельной петли;

5. Рабочие формулы и постоянные величины:

$D = \sigma = \frac{q}{S} = \frac{C_2 U_{C_2}}{S} = \frac{C_1}{S} \cdot U_{C_1}$	модуль электрической индукции в состоянии насыщения
$E = \frac{U_{C_2}}{d} = \frac{U}{d} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} \cdot \frac{U_{R_1}}{d}$	значение коэрцитивного поля
$U_{R_1} = U \frac{R_1}{R_1 + R_2}$	напряжение на резисторе
$\operatorname{tg} \delta = \frac{1}{\pi} \oint \frac{D dE}{D_s E_s}$	тангенс угла диэлектрических потерь
$\vec{D} = \vec{P} + \varepsilon_0 \vec{E}$	вектор электрического смещения
$\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$	электрическая постоянная

6. Измерительные приборы:

Наименование	Предел измерений	Цена деления	Погрешность измерения
Измеритель статистических характеристик «ИСХ1»	$I: 0,002 \text{ А}$ $U: 2 \text{ В}$	$I: 0,0000001 \text{ А}$ $U: 0,001 \text{ В}$	$I: \pm 0,0002 \text{ А}$ $U: \pm 0,2 \text{ В}$

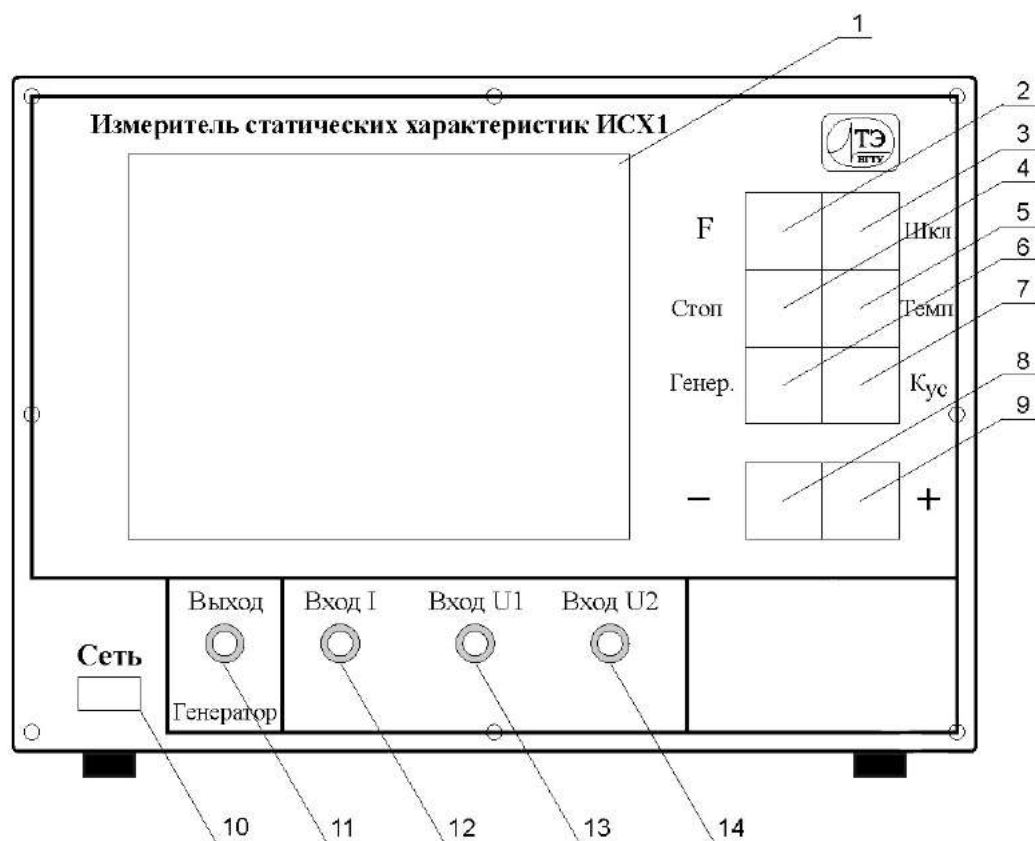


Рис 3. Органы управления прибором «ИСХ1»

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 «Кус»;
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 ;

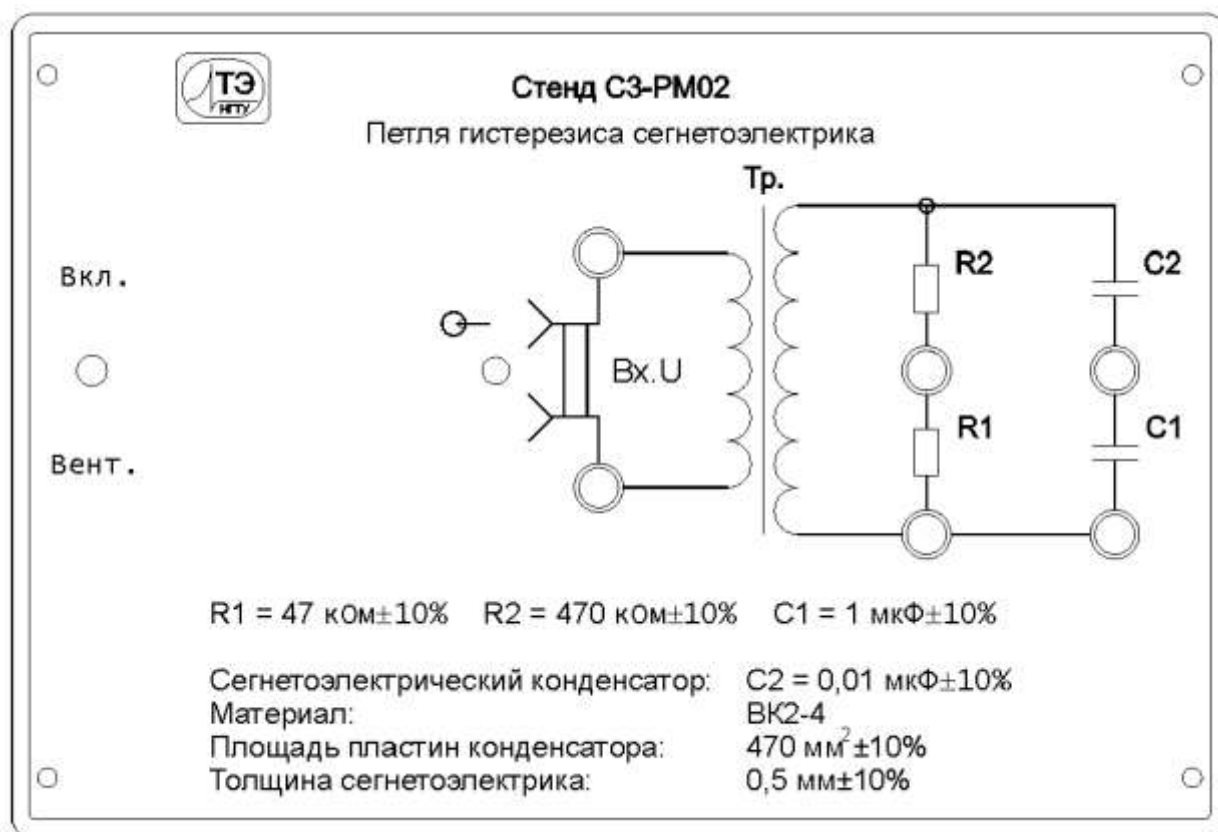


Рис. 4. Принципиальная схема электрической установки

8. Результаты прямых измерений:

№	U, В	K _x , В/дел	K _y , В/дел	X, дел	Y, дел	E, В/м	D, Кл/м²	ε
1	17	5	5	2,7	3,2			
2	12,6	5	5	2	2,4			
3	9,8	5	5	1,5	1,5			
4	7,8	5	5	1,2	1			
5	5,8	2	2	2,3	1,1			
6	5,2	2	2	2,1	0,8			
7	4,6	2	2	1,8	0,6			
8	4	1	1	3,2	1			
9	3,4	1	1	2,6	0,5			
10	2,8	1	1	2,2	0,4			
11	2,2	0,5	0,5	3,5	0,5			
12	1,6	0,5	0,5	2,5	0,3			
13	1	0,2	0,1	4	0,5			
14	0,4	0,2	0,2	1,5	0,1			

$$P_s = 3,2 \text{ Дж/м}^2$$

$$E_s = 2,7 \text{ Дж/м}^2$$

$$P_r = 1 \text{ Дж/м}^2$$

$$E_L = 0,3 \text{ Дж/м}^2$$

$$K_x = 5$$

Копышев, Шаткинский

090621

9. Расчёт результатов косвенных измерений:

Значение коэрцитивного поля: $E_c = 33000 \frac{\text{В}}{\text{м}}$;

Значение электрической индукции в состоянии насыщения: $D_s = 0,032 \frac{\text{Кл}}{\text{м}^2}$;

Значение остаточной поляризации: $P_r = 0,01 \frac{\text{Кл}}{\text{м}^2}$;

Площадь петли гистерезиса есть мера потерь энергии в единице объема за один цикл перемагничивания \Rightarrow площадь петли $S_r \cong 6,25 \frac{\text{Дж}}{\text{дел}^2}$;

Тангенс угла диэлектрических потерь $\tan \delta \cong 0,043024$;

$$\varepsilon_{\text{нач}} = 5649,72 \frac{\Phi}{\text{м}};$$

$$\varepsilon_{\text{макс}} = 107613,67 \frac{\Phi}{\text{м}}.$$

№	$U, \text{В}$	$K_x, \frac{\text{В}}{\text{дел}}$	$K_y, \frac{\text{В}}{\text{дел}}$	$X, \text{дел}$	$Y, \text{дел}$	$E, \frac{\text{В}}{\text{м}}$	$D, \frac{\text{Кл}}{\text{м}^2}$	$\varepsilon, \frac{\Phi}{\text{м}}$
1	17	5	5	2,7	3,2	34000	0,032	106347,62
2	12,6	5	5	2	2,4	25200	0,024	107613,67
3	9,8	5	5	1,5	1,5	19600	0,015	86475,27
4	7,8	5	5	1,2	1	15600	0,01	72432,28
5	5,8	2	2	2,3	1,1	11600	0,0044	42859,93
6	5,2	2	2	2,1	0,8	10400	0,0032	34767,49
7	4,6	2	2	1,8	0,6	9200	0,0024	29476,79
8	4	1	1	3,2	1	8000	0,002	28248,59
9	3,4	1	1	2,7	0,6	6800	0,0012	19940,18
10	2,8	1	1	2,2	0,4	5600	0,0008	16142,05
11	2,2	0,5	0,5	3,5	0,5	4400	0,0005	12840,27
12	1,6	0,5	0,5	2,5	0,3	3200	0,0003	10593,22
13	1	0,2	0,2	4	0,5	2000	0,0002	11299,44
14	0,4	0,2	0,2	1,5	0,1	800	0,00004	5649,72

10. Расчет погрешностей:

$$D_s = 0,032 \pm 0,046 \frac{\text{Кл}}{\text{м}^2}$$

11. Графики:

График 1. Отражение хода основной кривой поляризации

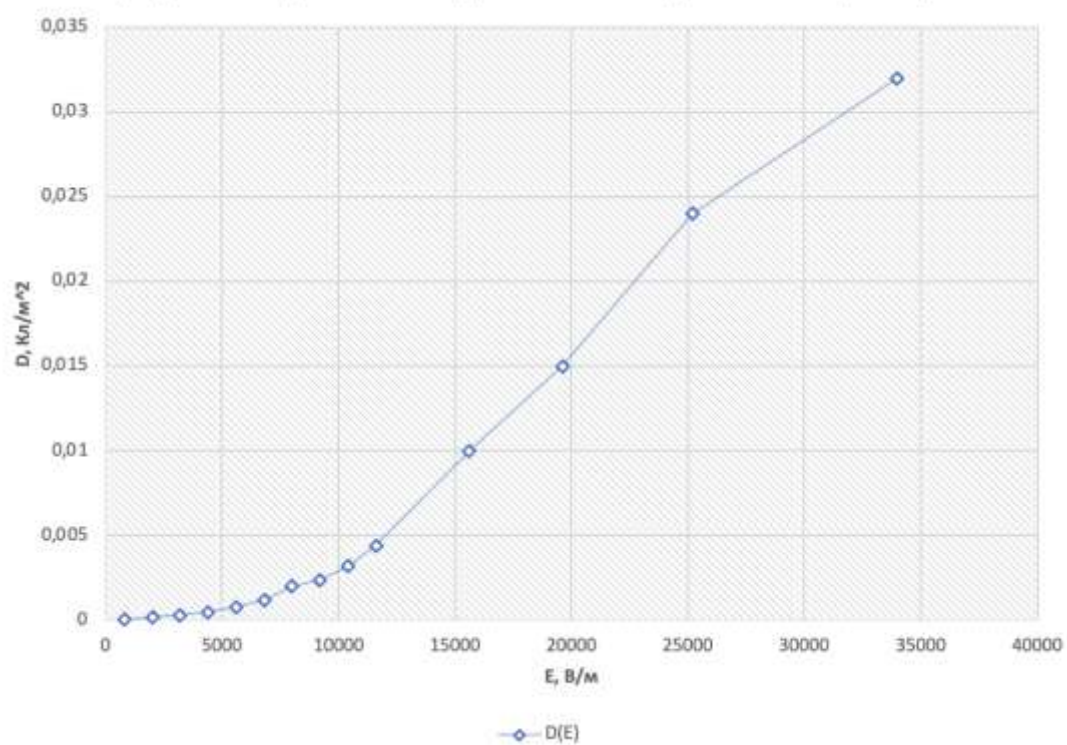
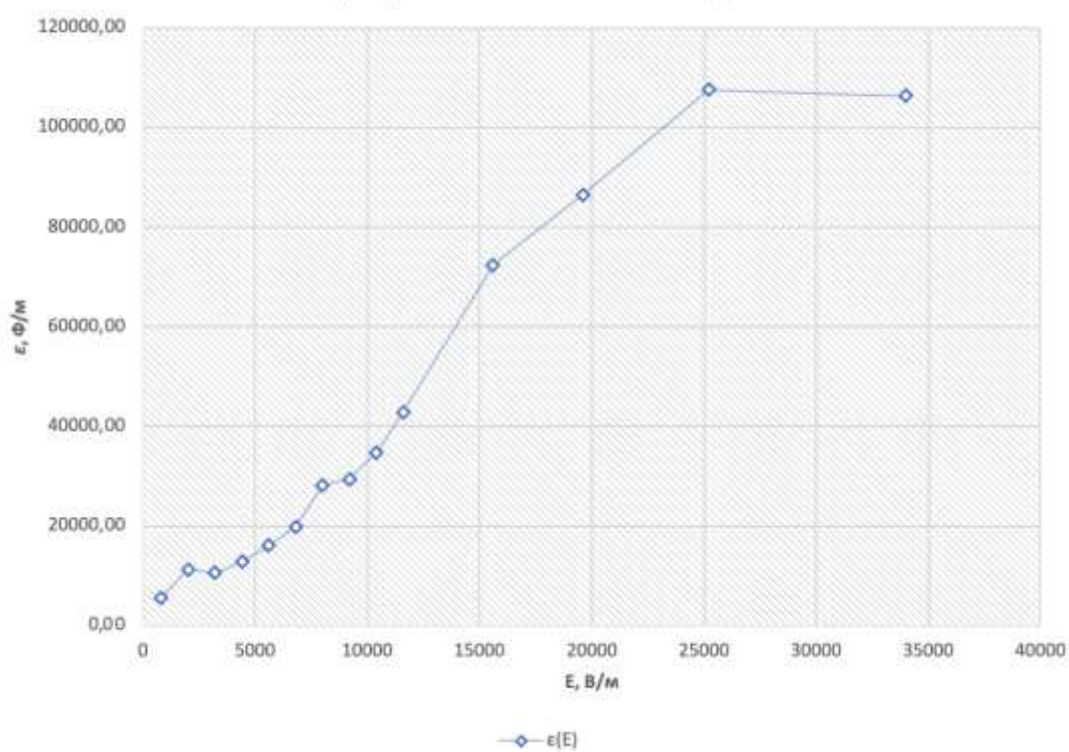


График 2. Зависимость ϵ (E)



12. Результат:

Мы получили значения коэрцитивного поля, электрического смещения насыщения, остаточной поляризации для предельной петли гистерезиса, получили криволинейные зависимости смещения и диэлектрической проницаемости напряженности электрического поля и определили начальное и максимальное значения диэлектрической проницаемости.