

**ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ**



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования**

**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра общей и технической физики**

## **ЭЛЕКТРИЧЕСТВО**

**Отчет по  
лабораторной работе № 3**

**«ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЗАРЯДА И РАЗРЯДА КОНДЕНСАТОРА»**

Выполнил: студент гр. АПН-22 \_\_\_\_\_  
(подпись)

/Пудов М.Д./ \_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.)

Оценка: \_\_\_\_\_

Дата: \_\_\_\_\_

Проверил: \_\_\_\_\_  
(должность)

\_\_\_\_\_  
(подпись)

/ \_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.)

Санкт-Петербург

2023

Цель работы: 1) Экспериментальная проверка экспоненциального характера процессов заряда и разряда конденсатора. 2) Экспериментальное определение постоянной времени RC-цепи

### **Краткое теоретическое содержание:**

**Явление, изучаемое в работе:** заряд и разряд конденсатора.

### **Определения основных физических понятий, объектов, процессов и величин:**

*Емкость (емкость) проводника* – коэффициент пропорциональности, равный отношению накопленного на проводнике заряда к его потенциалу,  $[C]=\Phi$ .

*Емкость конденсатора* – физическая величина, равная отношению накопленного заряда к разности потенциалов между обкладками конденсатора,  $[C]=\Phi$ .

*Конденсатор* - система из двух изолированных друг от друга проводников, называемых пластинами (обкладками)

**Законы и соотношения, описывающие изучаемые процессы, на основании которых получены расчетные формулы. Пояснения к физическим величинам и их единицы измерений.**

*Закон Ома* - сила тока в проводнике прямо пропорциональна напряжению на его концах и обратно пропорциональна сопротивлению этого проводника.

$$I = \frac{U}{R},$$

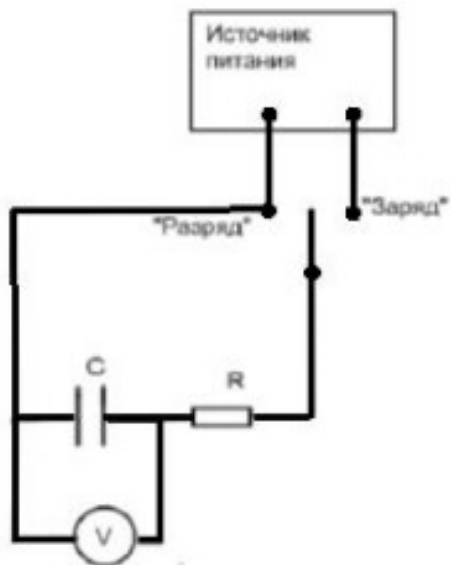
где I – сила тока,  $[I]=A$ ; U – напряжение,  $[U]=B$ ; R – сопротивление,  $[R]=\text{Ом}$ .

*Второе правило Кирхгофа* - суммы произведений алгебраических величин сил тока на внешние и внутренние сопротивления всех участков замкнутого контура равны алгебраической сумме величин сторонних электродвижущих сил (ЭДС)

$$RI + U_c = U_0,$$

где I – мгновенное значение силы тока в цепи,  $[I]=A$ ;  $U_c$  – мгновенное значение напряжения на конденсаторе,  $[U_c]=B$ ; R – сопротивление,  $[R]=\text{Ом}$ ;  $U_0$  - электродвижущая сила (ЭДС)  $[U_0] = B$ .

Схема установки:



### Основные расчетные формулы:

Напряжение на конденсаторе,  $[U_c] = В$  (при заряде конденсатора)

$$U_c = U_0 \left( 1 - \exp\left(\frac{-t}{RC}\right) \right),$$

где  $U_0$  - электродвижущая сила (ЭДС),  $[U_0] = В$ ;  $t$  - время,  $[t] = с$ ;  $R$  - сопротивление,  $[R] = Ом$ ;  $C$  - емкость конденсатора,  $[C] = Ф$ .

Напряжение на конденсаторе,  $[U_c] = В$  (при разряде конденсатора)

$$U_c = U_{нач} \exp\left(\frac{-t}{RC}\right),$$

где  $U_{нач}$  - напряжение на конденсаторе перед его разрядом,  $[U_{нач}] = В$ ;  $t$  - время,  $[t] = с$ ;  $R$  - сопротивление,  $[R] = Ом$ ;  $C$  - емкость конденсатора,  $[C] = Ф$ .

Постоянная времени  $RC$  - цепи,  $[RC] = с$

$$\tau = RC,$$

где  $R$  - сопротивление,  $[R] = Ом$ ;  $C$  - емкость конденсатора,  $[C] = Ф$

### Табличные данные:

t,с	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
U <sub>c</sub> , В	0	1,0 9	2,0 5	2,9 1	3,7 4	4,45	5,13	5,64	6,19	6,70	7,15	7,53	7,90
U <sub>c теор</sub> , В	0	1,2 2	2,3 0	3,3 1	4,1 9	4,99	5,71	6,35	6,93	7,46	7,92	8,35	8,72
ln(U <sub>max</sub> -U <sub>c</sub> )	2,4 7	2,3 8	2,2 9	2,2 0	2,1 1	2,01	1,93	1,83	1,74	1,65	1,56	1,47	1,38

70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
8,58	9,09	9,59	9,96	10,2 7	10,5 2	10,7 5	10,9 5	11,0 9	11,2 4	11,35	11,45	11,54
9,37	9,89	10,3 2	10,6 6	10,9 3	11,1 6	11,3 4	11,4 8	11,6 0	11,7 0	11,77	11,84	11,89
1,19	1,02	0,85	0,68	0,51	0,33	0,16	- 0,01	- 0,19	- 0,36	-0,53	-0,71	-0,89

200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300
11,6	11,66	11,72	11,76	11,79	11,83	11,84	11,86	11,87	11,9	11,92
11,93	11,96	11,99	12,01	12,03	12,04	12,05	12,06	12,07	12,07	12,08
-1,08	-1,27	-1,47	-1,71	-1,90	-2,21	-2,53	-2,81	-3,22	-3,91	-3,91

Таблица 1.1. Результаты измерения заряда конденсатора

t,с	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
U <sub>c</sub> , В	12,01	11,0 1	10, 1	9,1 6	8,3 9	7,6 5	7,0 1	6,46	5,9	5,44	4,97	4,54	4,15
U <sub>c теор</sub> , В	11,86	10,6 6	9,5 9	8,6 2	7,7 5	6,9 7	6,2 6	5,63	5,06	4,55	4,09	3,68	3,31
ln(U <sub>0</sub> / U <sub>c</sub> )	0	0,09	0,1 8	0,2 8	0,3 6	0,4 4	0,5 3	0,63	0,72	0,81	0,89	0,98	1,07

70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
3,49	2,95	2,48	2,08	1,8 0	1,5	1,29	1,1	0,94	0,79	0,68	0,58	0,49	0,42
2,67	2,16	1,75	1,41	1,1 4	0,92	0,75	0,6 0	0,49	0,39	0,32	0,26	0,21	0,17
1,24	1,42	1,59	1,76	1,9 3	2,09	2,27	2,4 3	2,60	2,76	2,92	3,09	3,25	3,39

210	220	230	240	250	260	270	280	290	300
0,36	0,31	0,27	0,23	0,20	0,17	0,15	0,13	0,12	0,10
0,14	0,11	0,09	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02
3,55	3,71	3,86	3,99	4,13	4,31	4,44	4,59	4,68	4,78

Таблица 2.1. Результаты измерения разряда конденсатора

t,с	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
U <sub>c</sub> , В	0	0,12	0,24	0,35	0,46	0,57	0,67	0,78	0,89	0,99	1,10	1,20
U <sub>c теор</sub> , В	0	0,15	0,35	0,47	0,53	0,65	0,74	0,86	0,98	1,10	1,25	1,28
$\ln(U_{\max} - U_c)$	2,38	2,20	1,99	1,80	1,64	1,46	1,28	1,08	0,92	0,74	0,57	0,40

60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
1,29	1,5	1,7	1,88	2,06	2,25	2,42	2,6	2,73	2,93	3,09	3,24	3,58	3,69
1,45	1,67	1,92	2	2,23	2,47	2,59	2,76	2,92	3,08	3,24	3,58	3,68	3,9
0,24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,17	0,45	0,76	1,08	1,39	1,71	1,97	2,30	2,53	2,81	2,22	2,51	2,91

200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300
3,87	3,99	4,05	4,12	4,26	4,39	4,52	4,65	4,76	4,89	5,01
3,98	4,04	4,15	4,3	4,5	4,6	4,71	4,82	4,98	5,09	5,21
-3,21	-3,25	-3,27	-3,4	-3,52	-3,61	-3,72	-3,82	-3,95	-3,96	-4,01

Таблица 1.2. Результаты измерения заряда конденсатора

t,с	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
U <sub>c</sub> , В	12,01	11,92	11,79	11,66	11,55	11,43	11,31	11,19	11,07	10,96	10,85	10,74	10,63
U <sub>c теор</sub> , В	12,01	11,89	11,75	11,56	11,51	11,42	11,29	11,15	11,01	10,89	10,75	10,63	10,52
ln(U <sub>0</sub> /U <sub>c</sub> )	0	0,41	0,44	0,61	0,79	0,99	1,16	1,33	1,49	1,63	1,81	1,97	2,13

70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
10,42	10,21	10	9,80	9,61	9,42	9,24	9,06	8,88	8,74	8,54	8,37	8,21
10,22	10,20	9,97	9,77	9,55	9,39	9,22	9	8,82	8,71	8,49	8,35	8,17
2,42	2,73	3,01	3,29	3,55	3,81	3,99	4,21	4,42	4,59	4,79	4,91	5,04

200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	
8,03	7,90	7,74	7,59	7,44	7,30	7,15	7,02	6,88	6,75	6,62	
7,99	7,86	7,65	7,54	7,35	7,25	7,14	6,96	6,78	6,79	6,6	
5,19	5,37	5,37	5,59	5,59	5,88				6,29		

Таблица 2.2. Результаты измерения разряда конденсатора

### Пример вычисления:

Исходные данные:

Напряжение на источнике  $U_0=12,1$  В

Максимально допустимая сила тока  $I=1$  А

Емкость конденсатора  $C_1=470$  мкФ

Сопротивление резистора  $R_1=100$  кОм

Емкость конденсатора  $C_2=22$  мкФ

Сопротивление резистора  $R_2=1$  МОм

Погрешность прямых измерений:

$\Delta U = 0,01$  В

$\Delta t = 0,1$  с

### Вычисления:

Примеры вычислений для таблицы 1.1.

Напряжение на конденсаторе при его заряде

$$U_c = U_0 \left( 1 - \exp\left(\frac{-t}{RC}\right) \right) = 12,01 * \left( 1 - \exp\left(\frac{-5}{470 * 10^{-6} * 10^5}\right) \right) = 1,22 \text{ В}$$

$$\ln(U_{max} - U_c) = \ln(12,01 - 1,09) = 2,38$$

Примеры вычислений для таблицы 2.1.

Напряжение на конденсаторе при его разряде

$$U_c = U_{нач} \exp\left(\frac{-t}{RC}\right) = 12,01 * \exp\left(\frac{-5}{470 * 10^{-6} * 10^5}\right) = 10,66 \text{ В}$$

$$\ln\left(\frac{U_0}{U_c}\right) = \ln\left(\frac{12,01}{11,01}\right) = 0,09$$

Вычисление  $\tau_{экс}$  и  $\tau_{теор}$ :

Для  $C_1=470$  мкФ и  $R_1=100$  кОм:

$$\tau_{теор} = 470 \cdot 10^{-6} \cdot 10^5 = 47 \text{ с}; \quad \tau_{экс} = \frac{U_{c0} \cdot 50}{2,72 \cdot 4,86} = 45 \text{ с}$$

Для  $C_2=22$  мкФ и  $R_2=1$  МОм:

$$\tau_{теор} = 22 \cdot 10^{-6} \cdot 10^6 = 22 \text{ с}; \quad \tau_{экс} = \frac{U_{c0} \cdot 25}{2,72 \cdot 4,0} = 25 \text{ с}$$

График 1:

$U_c(t)$  и  $U_c теор(t)$  для  $C_1=470$  мкФ и  $R_1=100$  кОм (заряд и разряд)

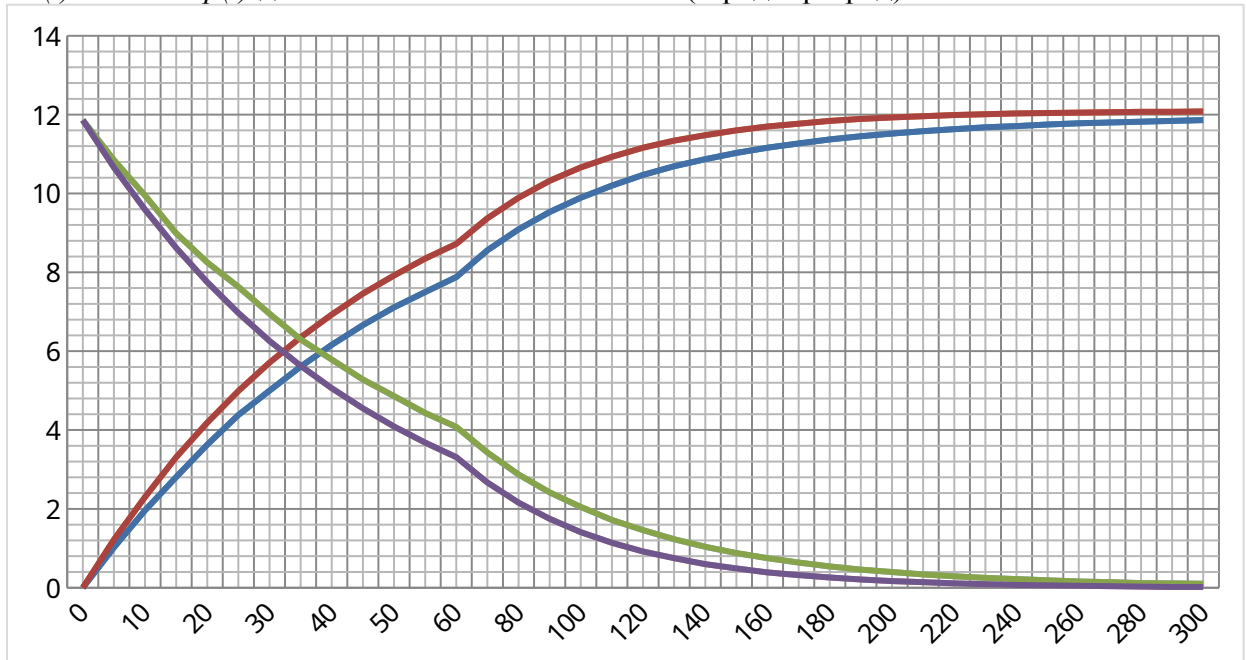


График 2

$U_c(t)$  и  $U_c теор(t)$  для  $C_2=22$  мкФ и  $R_2=1$  МОм (заряд и разряд)

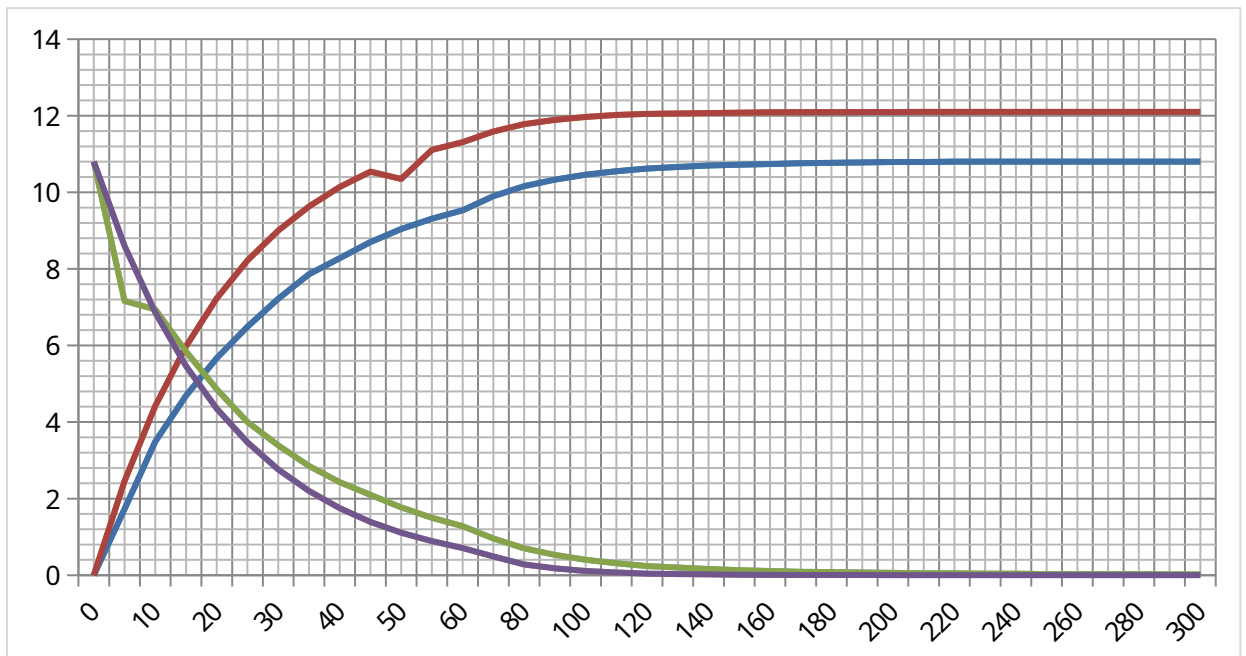




График 3:

$\ln(U_{\max}-U_C)$  от времени  $t$  для  $C_1=470$  мкФ и  $R_1=100$  кОм, и для  $C_2=22$  мкФ и  $R_2=1$  МОм

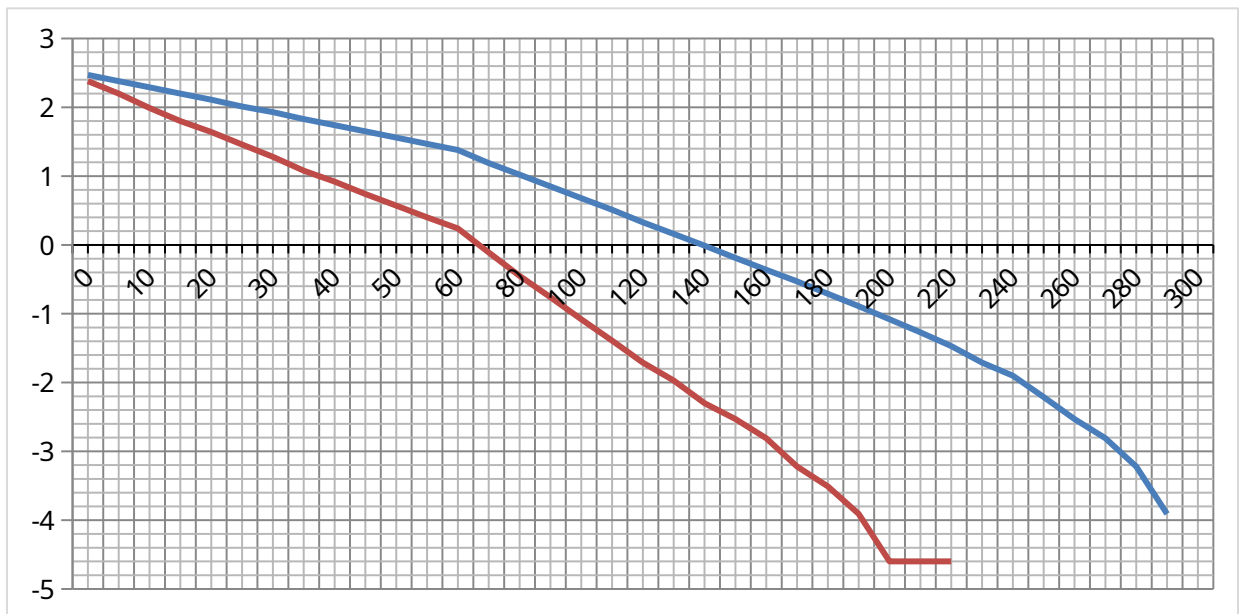
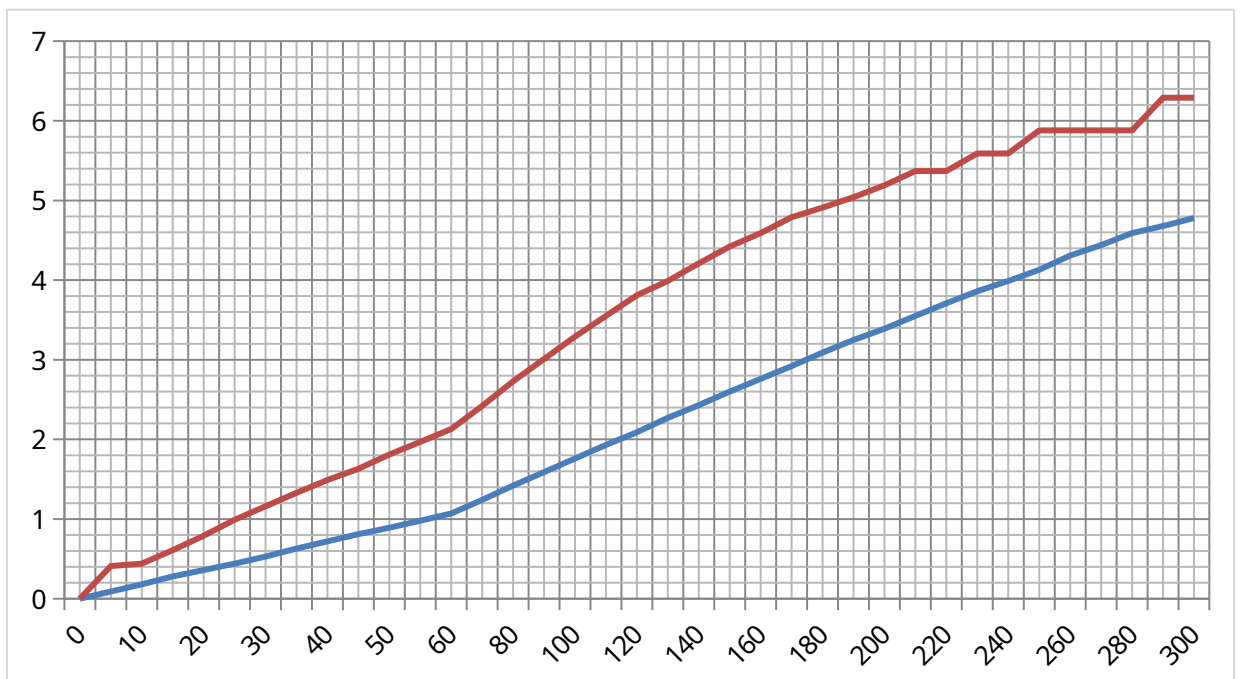


График 4:

$\ln(U_0/U_C)$  от времени  $t$  для  $C_1=470$  мкФ и  $R_1=100$  кОм, и для  $C_2=22$  мкФ и  $R_2=1$  МОм



**Расхождение теоретического и экспериментального значений:**

$$\%_{ош} = \frac{|U_c - U_{c теор}|}{U_{c теор}} * 100\% = \frac{|1,02 - 1,22|}{1,22} * 100\% = 16,4\%$$

$$\%_{ош} = \frac{|U_c - U_{c теор}|}{U_{c теор}} * 100\% = \frac{|10,85 - 10,66|}{10,66} * 100\% = 1,8\%$$

$$\%_{ош} = \frac{|\tau_{эксп} - \tau_{теор}|}{\tau_{теор}} * 100\% = \frac{|45 - 47|}{47} * 100\% = 4\%$$

$$\%_{ош} = \frac{|\tau_{эксп} - \tau_{теор}|}{\tau_{теор}} * 100\% = \frac{|25 - 22|}{22} * 100\% = 14\%$$

**Вывод:** в ходе выполнения данной лабораторной работы было измерено напряжение конденсатора при его заряде и разряде в течение 300 секунд. Расхождение с теоретическими значениями в одном из измерений составило 16,4%. А также экспериментальное значение постоянной времени RC-цепи составило 45с и 25с для двух значений емкости конденсатора и сопротивления резистора.