

Группа: Р3215
Студент: Барсуков М.А.
Преподаватель: Смирнов А.В

К работе допущен:
Работа выполнена:
Отчёт принят:

Рабочий протокол и отчёт по лабораторной работе №3.10 Изучение свободных затухающих электромагнитных колебаний

1 Цель работы

Изучение основных характеристик свободных затухающих колебаний

2 Задачи, решаемые при выполнении работы

1. Изучить период колебаний в контуре с разными сопротивлениями
2. Вычислить критическое сопротивление
3. Сравнить слабозатухающие и быстрозатухающие колебания

3 Объект исследования

Объектом исследования являются свободные затухающие колебания напряжения.

4 Метод экспериментального исследования

Получение экспериментальных значений амплитуды выходного напряжения при разных значениях частоты генератора.

5 Рабочие формулы и исходные данные

Ёмкости конденсаторов

$$C_1 = 0.022_{\text{мкФ}} \pm 10\%$$

$$C_2 = 0.033_{\text{мкФ}} \pm 10\%$$

$$C_3 = 0.047_{\text{мкФ}} \pm 10\%$$

$$C_4 = 0.47_{\text{мкФ}} \pm 10\%$$

$$L = 10_{\text{мГн}}$$

Логарифмический декремент затухания

$$\lambda = \frac{1}{n} \ln \frac{U_i}{U_{i+n}}$$

- через амплитуду колебаний напряжения

$$\lambda = \beta T = \frac{R}{L} \frac{\pi}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}}$$

- через параметры элементов контура

Полное сопротивление контура:

$$R = R_M + R_0$$

Собственное сопротивление контура:

$$R_0 = -R_M|_{\lambda=0}$$

Добротность контура:

$$Q = \frac{2\pi}{1 - e^{-2\lambda}}$$

Критическое сопротивление контура:

$$R_{\text{крит}} = 2\sqrt{\frac{L}{C}}$$

Теоретическое значение периода:

$$T = 2\pi\sqrt{LC}$$

6 Измерительные приборы

| № п/п | Наименование | Тип прибора | Используемый диапазон | Погрешность прибора |
|----------|-------------------------------------------------------|-------------|--------------------------|------------------------|
| 1 | Блок генератора напряжений ГН1 | электронный | настраиваемый | настраиваемый |
| 2 | Осциллограф ОЦЛ2 | электронный | настраиваемый | настраиваемый |
| 3 | Стенд с объектом исследования СЗ-ЭМ01 | электронный | - | - |
| 4 | Проводники Ш4/Ш2 (4 шт), Ш2/Ш2 (3 шт), 2Ш4/BNC (2 шт) | электронный | - | - |

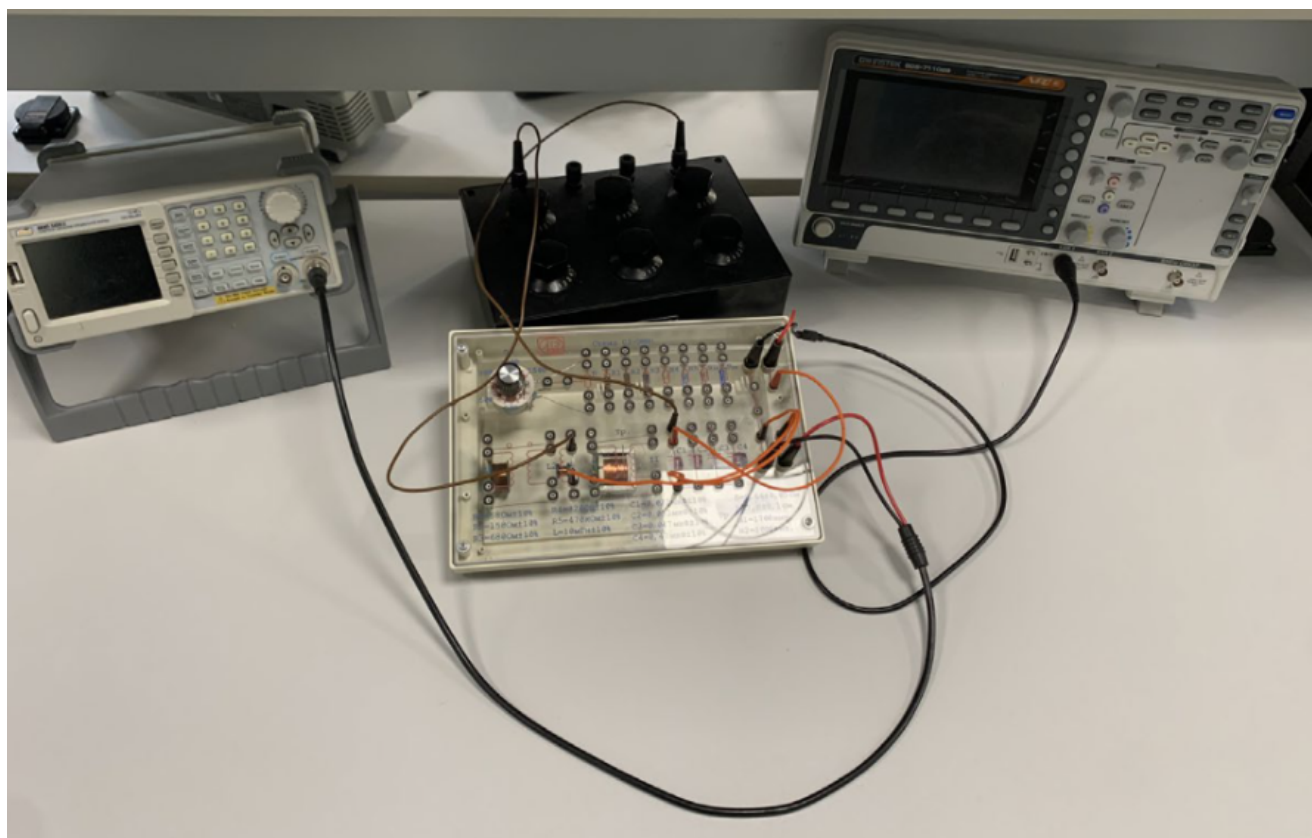


Рис. 1: Общий вид установки

7 Схема установки

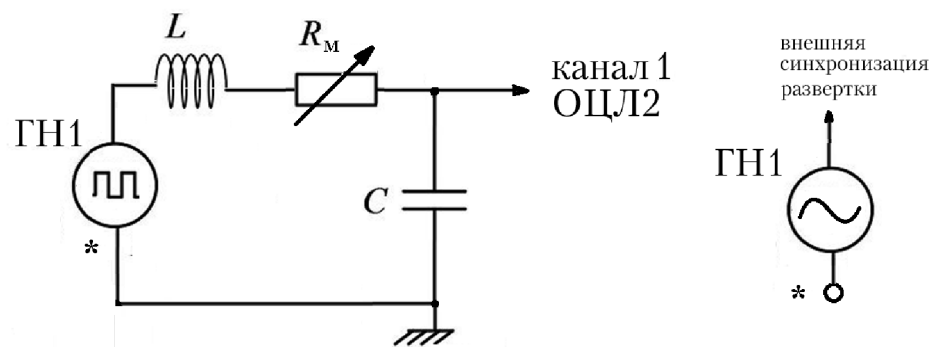


Рис. 2: Рабочая схема. Первый случай

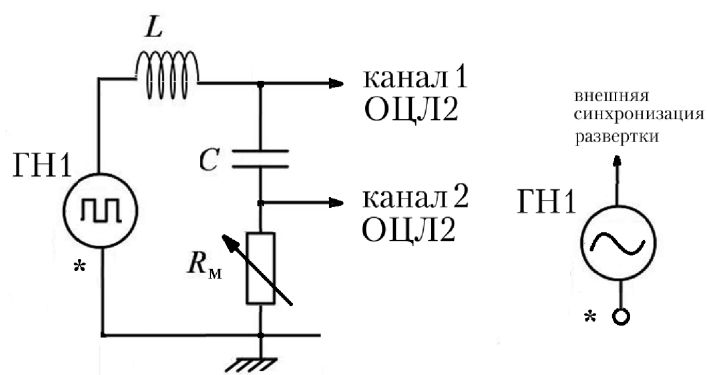


Рис. 3: Рабочая схема. Второй случай

8 Результаты прямых измерений

| R_M , Ом | T , мс | $2U_i$, дел | $2U_{i+n}$, дел | n |
|------------|----------|--------------|------------------|-----|
| 0 | 87,67 | 5,34 | 1,9 | 3 |
| 10 | 87,67 | 5 | 1,54 | 3 |
| 20 | 87,67 | 4,68 | 1,28 | 3 |
| 30 | 87,67 | 4,48 | 1,1 | 3 |
| 40 | 87,67 | 4,2 | 0,92 | 3 |
| 50 | 87,67 | 4,02 | 0,78 | 3 |
| 60 | 87,67 | 3,76 | 0,64 | 3 |
| 70 | 87,67 | 3,36 | 0,52 | 3 |
| 80 | 87,67 | 3,02 | 0,4 | 3 |

| C , мкФ | $T_{\text{эксп}}$, мс | $T_{\text{теор}}$, мс | δT , % |
|-----------|------------------------|------------------------|----------------|
| 0,022 | 0,088 | 0,093194699 | 5,574 |
| 0,033 | 0,108 | 0,114139729 | 5,379 |
| 0,047 | 0,132 | 0,136216211 | 3,095 |
| 0,47 | 0,422 | 0,430753483 | 2,032 |

9 Расчёт результатов косвенных измерений

Аппроксимирующая прямая (найдена с помощью метода наименьших квадратов):

$$\lambda(R) = 0.004R + 0.348$$

Точка пересечения с осью абсцисс: $R = -87 \Rightarrow R_0 = 87$, т.к. $R_0 = -R_M|_{\lambda=0}$

| λ | Q | R | L |
|-------------|-------------|-----|-------------|
| 0,344457256 | 12,61989968 | 87 | 10,717475 |
| 0,392551832 | 11,55151081 | 97 | 10,54973961 |
| 0,432146011 | 10,85834724 | 107 | 10,83348099 |
| 0,468104289 | 10,33608496 | 117 | 11,24513653 |
| 0,506155378 | 9,869574981 | 127 | 11,50840932 |
| 0,546581087 | 9,450601697 | 137 | 11,63553916 |
| 0,590235353 | 9,068400711 | 147 | 11,61757393 |
| 0,621955814 | 8,827853501 | 157 | 12,05159716 |
| 0,673849188 | 8,488928227 | 167 | 11,71604632 |

$$L_{\text{ср}} = 11.319 \text{ мГн}$$

$$\text{Экспериментальный } R_{\text{крит}} = 1000 \text{ Ом}$$

$$\text{Полное сопротивление } R_{\text{крит}} = 1087 \text{ Ом}$$

$$\text{Теоретическое значение (при } L = 10 \text{ мГн): } R_{\text{крит}} = 1348.3997 \text{ Ом}$$

10 Расчёт погрешностей изменений

Погрешность $L_{\text{ср}}$:

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} = 0,171364634$$

$$SE_{\bar{x}} = \frac{S_{\bar{x}}}{\sqrt{n}} = 0,057121545$$

11 Графики

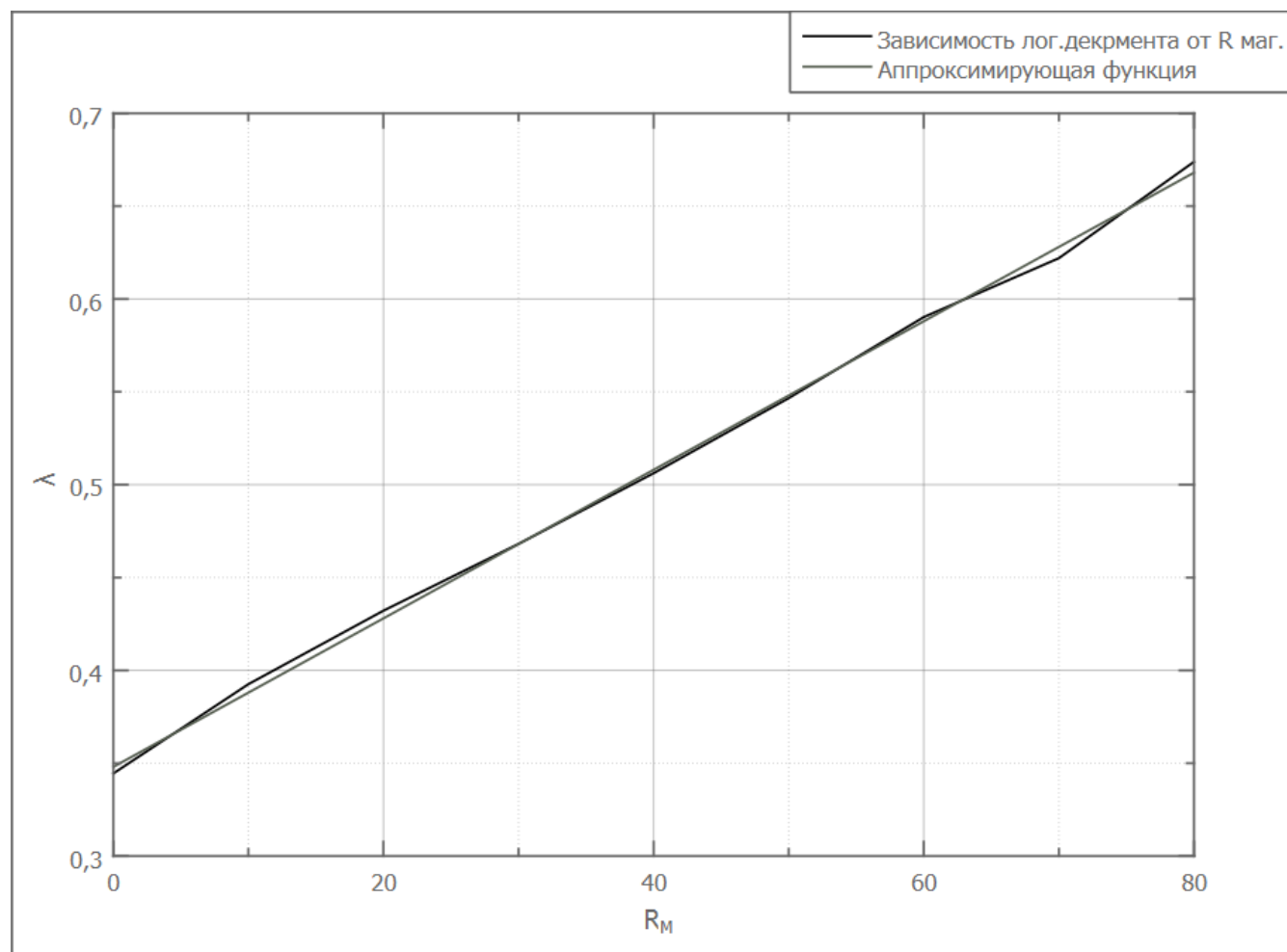


Рис. 4: График зависимости логарифмического декремента λ от сопротивления магазина R_M

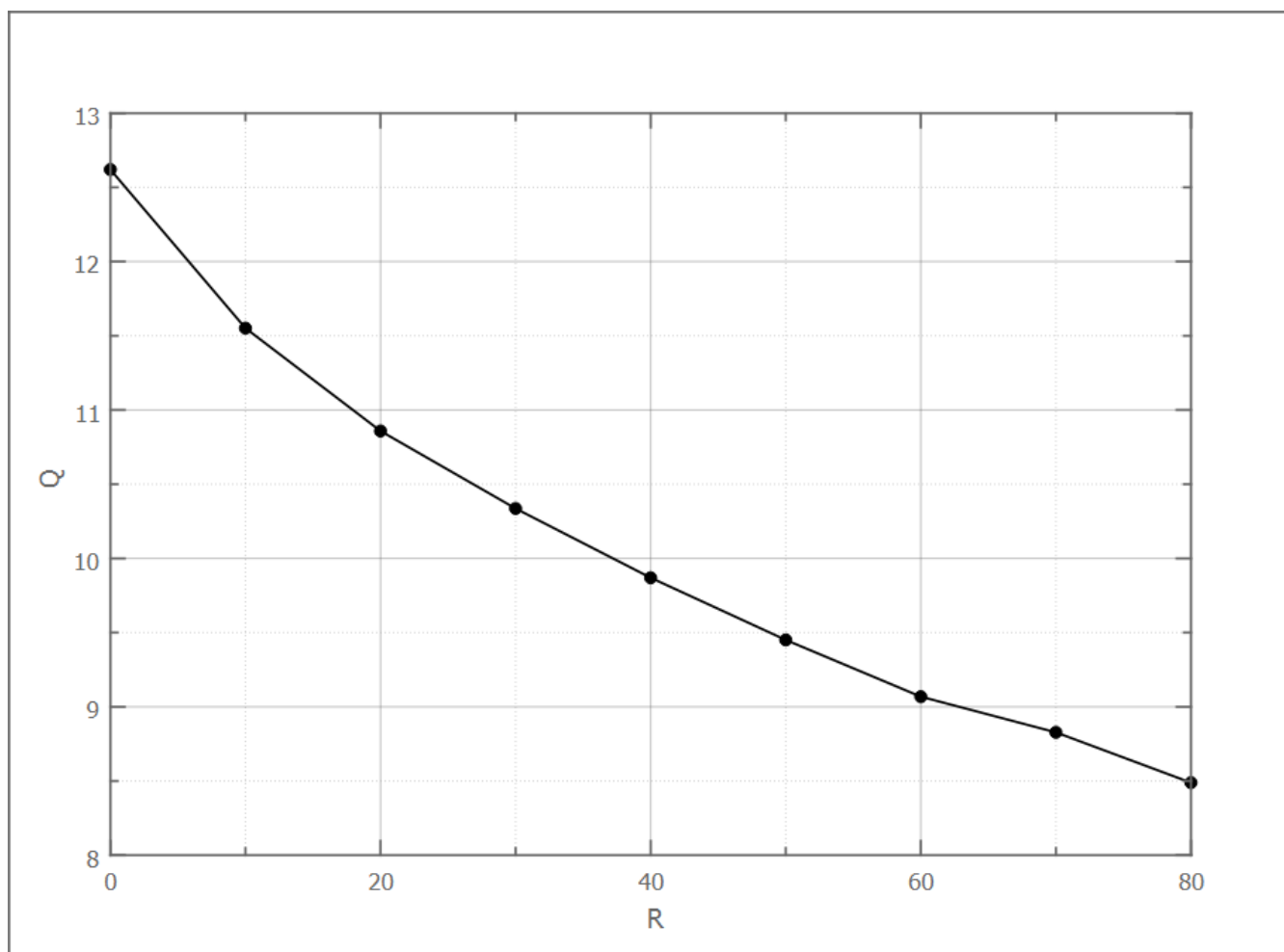


Рис. 5: График зависимости добротности контура от сопротивления контура

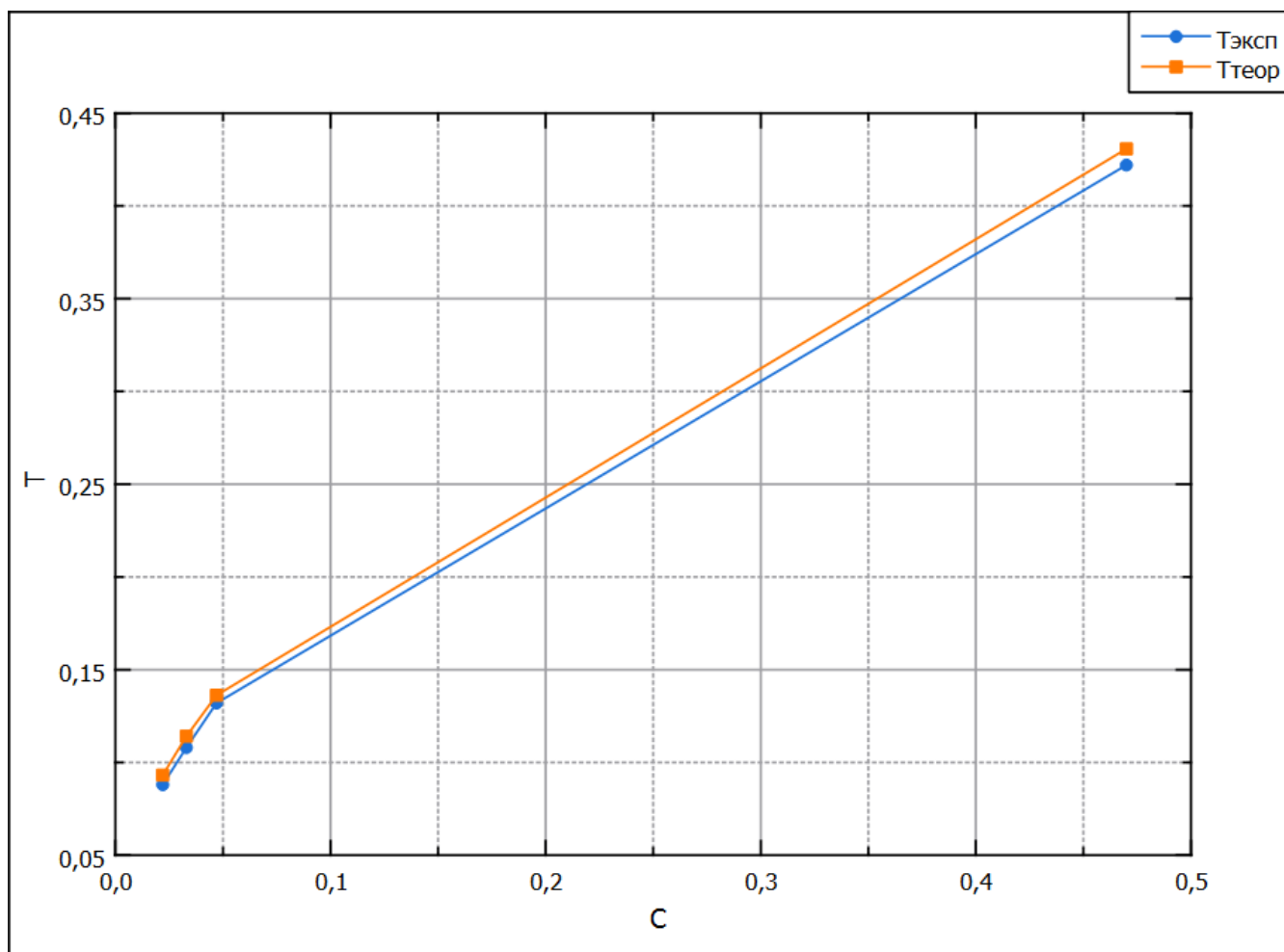


Рис. 6: Графики зависимости $T_{\text{эксп}}$ и $T_{\text{теор}}$ от ёмкости конденсатора

12 Окончательные результаты

Индуктивность катушки $L_{\text{ср}} = 11,319$ мГн

Сопротивление контура $R_0 = 87$ Ом

Экспериментальное критическое сопротивление контура $R_{\text{крит}} = 1087$ Ом

Теоретическое критическое сопротивление контура $R_{\text{крит}} = 1348.3997$ Ом

13 Вывод и анализ результатов

В рамках лабораторной работы были изучены ключевые характеристики свободных затухающих колебаний. В ходе экспериментов было установлено, что логарифмический декремент возрастает пропорционально увеличению сопротивления в контуре. Графические данные наглядно подтвердили эту зависимость, что является важным результатом.

Кроме того, было выявлено, что добротность контура снижается при увеличении сопротивления, что указывает на обратную пропорциональность между этими величинами. Период колебаний, как показали исследования, увеличивается при возрастании емкости конденсатора, что соответствует теоретическим предсказаниям.

Экспериментально было определено значение сопротивления, при котором разряд конденсатора перестает быть периодическим. Этот критический показатель также совпадает с теоретическими расчетами, что подтверждает правильность выполнения лабораторной работы и достоверность полученных данных.

| R | T, мкс | 2U _i | 2U _i +n | n lambda | Q | R | L |
|-----|--------|-----------------|--------------------|----------|---|---|---|
| 0 | 87,67 | 5,34 | 1,9 | 3 | | | |
| 10 | 87,67 | 5 | 1,54 | 3 | | | |
| 20 | 87,67 | 4,68 | 1,28 | 3 | | | |
| 30 | 87,67 | 4,48 | 1,1 | 3 | | | |
| 40 | 87,67 | 4,2 | 0,92 | 3 | | | |
| 50 | 87,67 | 4,02 | 0,78 | 3 | | | |
| 60 | 87,67 | 3,76 | 0,64 | 3 | | | |
| 70 | 87,67 | 3,36 | 0,52 | 3 | | | |
| 80 | 87,67 | 3,02 | 0,4 | 3 | | | |
| 90 | 87,67 | 2,56 | 0,28 | 3 | | | |
| 100 | 87,5 | 2,08 | 0,2 | 2 | | | |
| 200 | 87,5 | 6,32 | 0,56 | 2 | | | |
| 300 | 87,5 | 5,8 | 0,32 | 2 | | | |
| 400 | 87,5 | 5,44 | 0,2 | 2 | | | |

1. Барсуков ^K 0 - 80 Ом.
2. Ходнаев 20 - 100 Ом.
3. Термиков 0,400 - 0,4.

23.05.24

[Signature]

| C, мкФ | Tэкз7 ^{мкс} | Tтеор | delta T |
|--------|----------------------|-------|---------|
| 0,022 | 88 | | |
| 0,033 | 108 | | |
| 0,047 | 132 | | |
| 0,47 | 422 | | |

Барсуков
Ходнаев
Термиков

Рис. 7: Результаты измерений