

---

Группа P3210

Студент Глушков Дмитрий Сергеевич

Преподаватель Боярский К.К.

## **Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе №5**

### **ИЗУЧЕНИЕ СВОБОДНЫХ ЗАТУХАЮЩИХ**

### **ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ КОЛЕБАНИЙ**

---

#### **1. Цель работы.**

Изучение основных характеристик свободных затухающих колебаний.

.....

#### **2. Замечания и вопросы преподавателя.**

### Используемое оборудование:

1. Блок генератора напряжений ГН1.
2. Осциллограф ОЦЛ2.
3. Стенд с объектом исследования СЗ-ЭМ01.
4. Проводники Ш4/Ш2 (5 шт), Ш2/Ш2 (3 шт), 2Ш4/BNC (2 шт).

### Схемы установки:

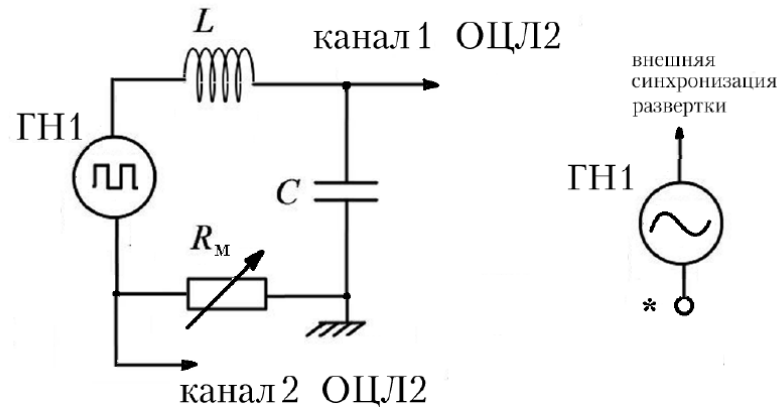


Схема установки

### Значения индуктивности L катушки емкостей конденсаторов

#### C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub> с измерительного стенда

C<sub>1</sub> (Ф)= 0,000000022

C<sub>2</sub> (Ф)= 0,000000033

C<sub>3</sub> (Ф)= 0,000000047

C<sub>4</sub> (Ф)= 0,000000047

L (Гн)= 0,01

L (мГн)= 10

### Измерения периодов колебаний

| R <sub>М</sub> , Ом | T, мс | 2U <sub>i</sub> , дел | 2U <sub>(i+n)</sub> , дел | n | λ     | R, Ом | L, мГн | Q    |
|---------------------|-------|-----------------------|---------------------------|---|-------|-------|--------|------|
| 0                   | 0.09  | 4,9                   | 2,1                       | 4 | 0,212 | 45,8  | 10,17  | 18,1 |
| 10                  | 0.09  | 4,8                   | 2,2                       | 3 | 0,260 | 55,8  | 10,1   | 15,4 |
| 20                  | 0.09  | 4,6                   | 2,2                       | 2 | 0,369 | 65,8  | 6,92   | 12,0 |
| 30                  | 0.09  | 4,5                   | 2,2                       | 2 | 0,358 | 75,8  | 9,75   | 12,2 |
| 40                  | 0.09  | 4,3                   | 2                         | 2 | 0,383 | 85,8  | 10,92  | 11,7 |
| 50                  | 0.09  | 4,1                   | 2,7                       | 1 | 0,418 | 95,8  | 11,4   | 11,0 |
| 60                  | 0.09  | 4                     | 2,5                       | 1 | 0,470 | 105,8 | 11,1   | 10,3 |
| 70                  | 0.09  | 4                     | 2,3                       | 1 | 0,553 | 115,8 | 9,5    | 9,3  |
| 80                  | 0.09  | 3,9                   | 2,1                       | 1 | 0,619 | 125,8 | 8,9    | 8,8  |
| 90                  | 0.09  | 3,7                   | 2                         | 1 | 0,615 | 135,8 | 10,5   | 8,8  |
| 100                 | 0.09  | 3,7                   | 1,8                       | 1 | 0,721 | 145,8 | 8,8    | 8,2  |
| 200                 | 0.09  | 5,2                   | 1,7                       | 1 | 1,118 | 245,8 |        | 7,0  |
| 300                 | 0.09  | 7,6                   | 1,5                       | 1 | 1,623 | 345,8 |        | 6,5  |
| 400                 | 0.09  | 5,4                   | 0,6                       | 1 | 2,197 | 445,8 |        | 6,3  |

### Вычисления

1) По формуле  $\lambda = \frac{1}{n} \ln \frac{2U_i}{2U_{i+n}} = \frac{1}{n} \ln \frac{U_i}{U_{i+n}}$  найдем значения  $\lambda$  и построим график 1

- 2) По графику 1 определим  $R_0$  – точка пересечения аппроксимированной прямой с осью абсцисс  $R_0 = R_m | \lambda=0$
- 3) По формуле  $R = R_m + R_0$  найдем значения  $R$
- 4) По формуле  $L = \frac{\pi^2 R_m^2 C}{\lambda^2}$  найдем значения  $L$
- 5) Определим значение  $L_{cp}$  и  $\Delta L_{cp}$

$$L_{cp} = 9,8$$

$$\Delta L = \sqrt{\Delta L_1^2 + \Delta L_2^2 + \Delta L_3^2}, \text{ где}$$

$$\Delta U_i = 0,05 \text{ дел}$$

$$\Delta R_m = 0,5 \text{ Ом}$$

$$\Delta C = 0,05 * 10^{-8} \text{ Ф}$$

$$\Delta \lambda = \lambda \sqrt{\left(\frac{\Delta U_i}{U_i \cdot \ln \frac{U_i}{U_{i+n}}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta R_m}{R_m}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C}{C}\right)^2}$$

$$\Delta L_{cp} = 0,04$$

- 6) По формуле  $Q = \frac{2\pi}{1 - e^{-2\lambda}}$  найдем значения добротности контура  $Q$  и построим график 2
- 7) Для малых сопротивлений найдем значения  $Q$  по формуле  $Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$ , получим

значение  $\Delta Q$  по формуле  $\Delta Q = Q \sqrt{\left(\frac{\Delta L}{L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta R}{R}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C}{C}\right)^2}$  и сравним

| R    | Q    | $\Delta Q$ |
|------|------|------------|
| 45,8 | 14,8 | 3,6        |
| 55,8 | 12,6 | 3,1        |
| 65,8 | 9,7  | 2,7        |

1. 14,8 входит в доверительный интервал  $18,1 \pm 3,5$
2. 12,1 входит в доверительный интервал  $15,4 \pm 3,1$
3. 9,7 входит в доверительный интервал  $12,0 \pm 2,7$
- 8) Сопротивление магазина, при котором исчезает периодичность процесса разряда конденсатор равно  $R_{max} = 1300$ , тогда полное критическое сопротивление равно  $R_{пр} = 1345,8$ .

По формуле  $R_{кр} = 2 * \sqrt{\frac{L}{C}}$  получим значение  $R_{кр} = 1337,1$  и сравним его с  $R_{пр}$ :

$$\Delta R_m - R_k \vee \frac{\Delta R_m}{R_m} * 100 \% = \frac{|1345,8 - 1337,1|}{1345,8} * 100 \% = 0,6 \%$$

### Измерение периодов колебаний с конденсаторами разной емкости и нулевым сопротивлением магазина

| C, мФ | T эксп, мс | T теор, мс | $\delta T = \frac{T_{эксп} - T_{теор}}{T_{теор}}, \%$ |
|-------|------------|------------|---|
| 0,022 | 0,09       | 0,088      | 2,33  |
| 0,033 | 0,11       | 0,11       | 2,09  |
| 0,047 | 0,14       | 0,13       | 8,82  |

|       |      |      |      |
|-------|------|------|------|
| 0, 47 | 0,41 | 0,41 | 0,49 |
|-------|------|------|------|

и построим график зависимости периода колебаний от ёмкости конденсатора (график 3).

Оценим формулу Томсона для расчета периода

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

| С, мФ | Т эксп, мс | Т т, мс | $\delta T = \frac{T_{\text{эксп}} - T_m}{T_m}, \%$ |
|-------|------------|---------|--|
| 0,022 | 0,09       | 0,09    | 3,42   |
| 0,033 | 0,11       | 0,11    | 3,62   |
| 0,047 | 0,14       | 0,13    | 2,77   |
| 0, 47 | 0,41       | 0,43    | 4,81   |

Проверим условие  $\beta \ll \omega_0$

$$\beta = \frac{R}{2L} \cdot 2291,9 \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 67419,9$$

Сравнивая экспериментальный и подсчитанный периоды можно сделать вывод, что формула Томсона дает достаточно высокую точность.

Установив частоту 1200 Гц, был подобран масштаб по времени и масштабы отображения напряжения каналов, при которых на экране осциллографа в режиме «Х-У» наблюдается плавная и яркая фазовая кривая I(U). Наблюдаемая картина состоит из двух симметричных частей, поскольку возбуждение затухающих колебаний происходит как передними, так и задними фронтами входных прямоугольных импульсов. Картинка изображена на рисунке 1.

### Вывод

В результате выполнения произведено изучение основных характеристик свободных затухающих колебаний. Произведено измерение напряжений для разных сопротивлений магазина. Произведены вычисления логарифмического декремента, добротности контура, периода колебаний, индуктивности контура. Построены графики логарифмического декремента, добротности контура, период колебаний. Выяснена надежность применимости формулы Томпсона.