

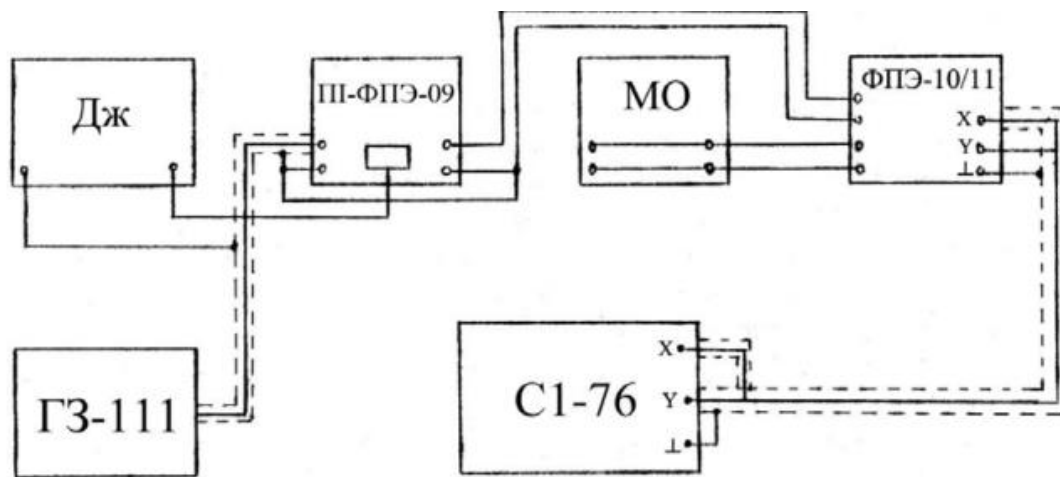
Лабораторна робота ФПЕ-10

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАГАСАЮЧИХ КОЛИВАНЬ У КОЛИВАЛЬНОМУ КОНТУРІ

Владислав Присяжнюк КІ-32

Мета роботи: визначення параметрів та характеристик реального коливального контуру.

Прилади та обладнання: Блок-схема експериментальної установки ГЗ111 – генератор звукових сигналів ГЗ-111; С1-76 – осцилограф С1-76; ФПЭ10/11 – касета з контуром ФПЕ-10/11; ПП-ФПЭ-09 – перетворювач імпульсів; Дж – джерело живлення; МО – магазин опорів.



Теоретичні відомості

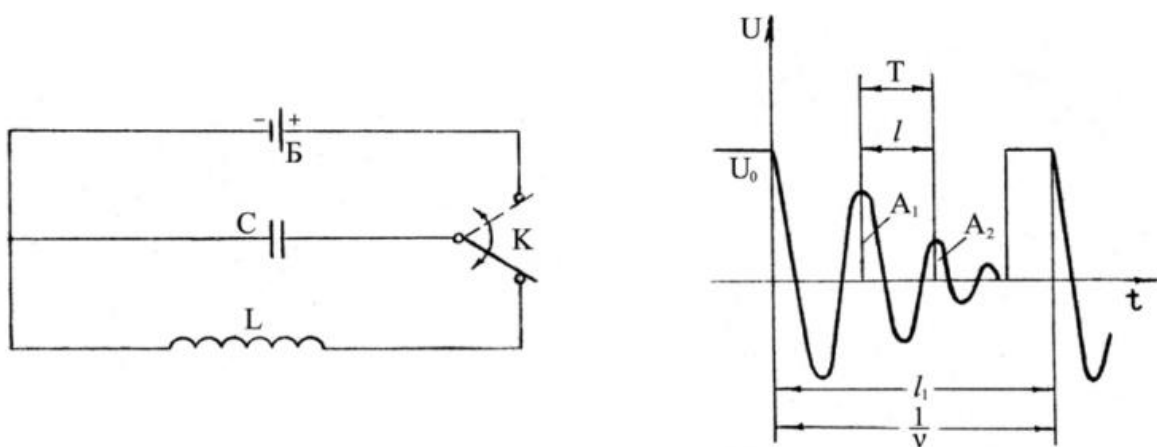
Реальний коливальний контур складається з послідовно з'єднаних конденсатора C , котушки індуктивності L і резистора R . Якщо зарядити конденсатор від батареї B до напруги U , а потім від'єднати батарею за допомогою ключа K , то конденсатор почне розряджатися через котушку і у контурі виникнуть електромагнітні коливання.

Спочатку розглянемо випадок, коли опір контуру $R = 0$.

Після замикання контуру в ньому виникне розрядний струм I , який не відразу набуває максимального значення. Плавна зміна сили струму в колі зумовлена появою в котушці ЕРС самоіндукції, яка за правилом Ленца перешкоджає зміні струму, тобто гальмує розряд конденсатора. Як тільки заряд конденсатора стане рівним нулю, сила струму в контурі досягне максимуму. З

цього моменту сила струму в колі починає зменшуватися, не змінюючи свого напрямку. В цьому випадку ЕРС самоіндукції підтримує струм, який викликав її появу. Ця ж ЕРС призводить до перезарядки конденсатора, після чого процес повторюється, однак з іншим напрямом струму. У подальшому ці процеси повторюються, тобто виникають коливання.

Час, протягом якого в коливальному контурі відбувається один повний цикл змін і контур повертається в початковий стан, називають періодом електричного коливання.



Якщо активний опір в контурі дорівнює 0, то коливання в контурі можуть продовжуватися нескінченно довго. Такі коливання, які відбуваються внаслідок процесів у самому коливальному контурі без зовнішніх впливів і втрат енергії, називають власними електричними коливаннями. Вони є незагасаючими. У початковий момент, коли конденсатор був заряджений, у ньому була накопичена енергія.

$$W_e = \frac{CU^2}{2}$$

Під час розрядки енергія електричного поля конденсатора перетворюється в енергію магнітного поля котушки і, коли конденсатор повністю розряджений, енергія магнітного поля досягає максимального значення:

$$W_m = \frac{LI_0^2}{2}$$

де – амплітуда сили струму в контурі. Під час перезарядки конденсатора енергія магнітного поля знову перетворюється на енергію електричного поля. За умови у контурі відбуваються незагасаючі електромагнітні коливання.

Усі без винятку провідники за звичайних умов мають відмінний від нуля опір, тому частина енергії при коливаннях витрачається на їх нагрівання, тобто перетворюється на теплову і втрачається. В наслідок цього амплітуда електромагнітних коливань в контурі зменшується – відбувається загасання коливань

При достатньо великому опорі контуру або малій індуктивності коливання у ньому взагалі не виникають, а відбувається так званий аперіодичний розряд конденсатора.

Заряд конденсатора і сила струму у котушці коливального контуру постійно змінюються за значенням і напрямом.

Логарифмічним декрементом загасання називається натуральний логарифм відношення значень напруги, розділених інтервалом часу, який дорівнює періоду коливань T .

У деяких випадках зручно вивчати коливний процес у системі координат I та U , тобто відкладати на осі абсцис значення сили струму в контурі, а на осі ординат – напругу на конденсаторі у той же момент часу.

Дослід 1

$$l = 0.3 \text{ м} \quad l_1 = 4 \text{ м} \quad v = 250 \text{ Гц}$$

| $R_m(\text{Ом})$ | $A_1(\text{м})$ | $A_2(\text{м})$ | $A_3(\text{м})$ | λ | β | $L(\text{Гн})$ | $C(\Phi) \cdot 10^{-8}$ | $r_k(\text{Ом})$ | $R(\text{Ом})$ |
|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------|---------|----------------|-------------------------|------------------|----------------|
| 100 | 1.488 | 1.136 | 0.928 | 0.269 | 448.7 | 0.234 | 1.948 | 110 | 210 |
| 200 | 0.912 | 0.592 | 0.432 | 0.432 | 720.9 | 0.215 | 2.120 | 110 | 310 |
| 300 | 0.624 | 0.336 | 0.176 | 0.619 | 1030.2 | 0.199 | 2.291 | 110 | 410 |
| 400 | 0.337 | 0.160 | 0.064 | 0.744 | 1237.9 | 0.206 | 2.213 | 110 | 510 |
| 500 | 0.208 | 0.096 | 0.016 | 0.773 | 1220 | 0.250 | 1.824 | 110 | 610 |

$$\lambda_1 = \ln \frac{A_1}{A_2} = 0.269 \quad \lambda_2 = \ln \frac{A_1}{A_2} = \ln \frac{0.912}{0.592} = 0.432$$

$$\lambda_3 = 0.619 \quad \lambda_4 = 0.744 \quad \lambda_5 = 0.773$$

$$R_1 = r_k + R_{m1} = 110 + 100 = 210 \quad R_2 = 310$$

$$R_3 = 410 \quad R_4 = 510 \quad R_5 = 610$$

$$T = \frac{l}{4v} = \frac{0.3}{4 \cdot 250} = 0.0003 \text{ с}$$

$$L_1 = \frac{r_k + R_{m1}}{\lambda} T = \frac{110 + 100}{0.269} 0.0003 = 0.234 \text{ Гн}$$

$$L_2 = 0.215 \text{ Гн} \quad L_3 = 0.199 \text{ Гн} \quad L_4 = 0.206 \text{ Гн}$$

$$L_5 = 0.250 \text{ Гн}$$

$$B_1 = \frac{R}{2L} = \frac{210}{2 \cdot 0.234} \approx 448.7 \quad B_2 \approx 720.9$$

$$B_3 \approx 1030.2 \quad B_4 \approx 1237.9 \quad B_5 \approx 1220$$

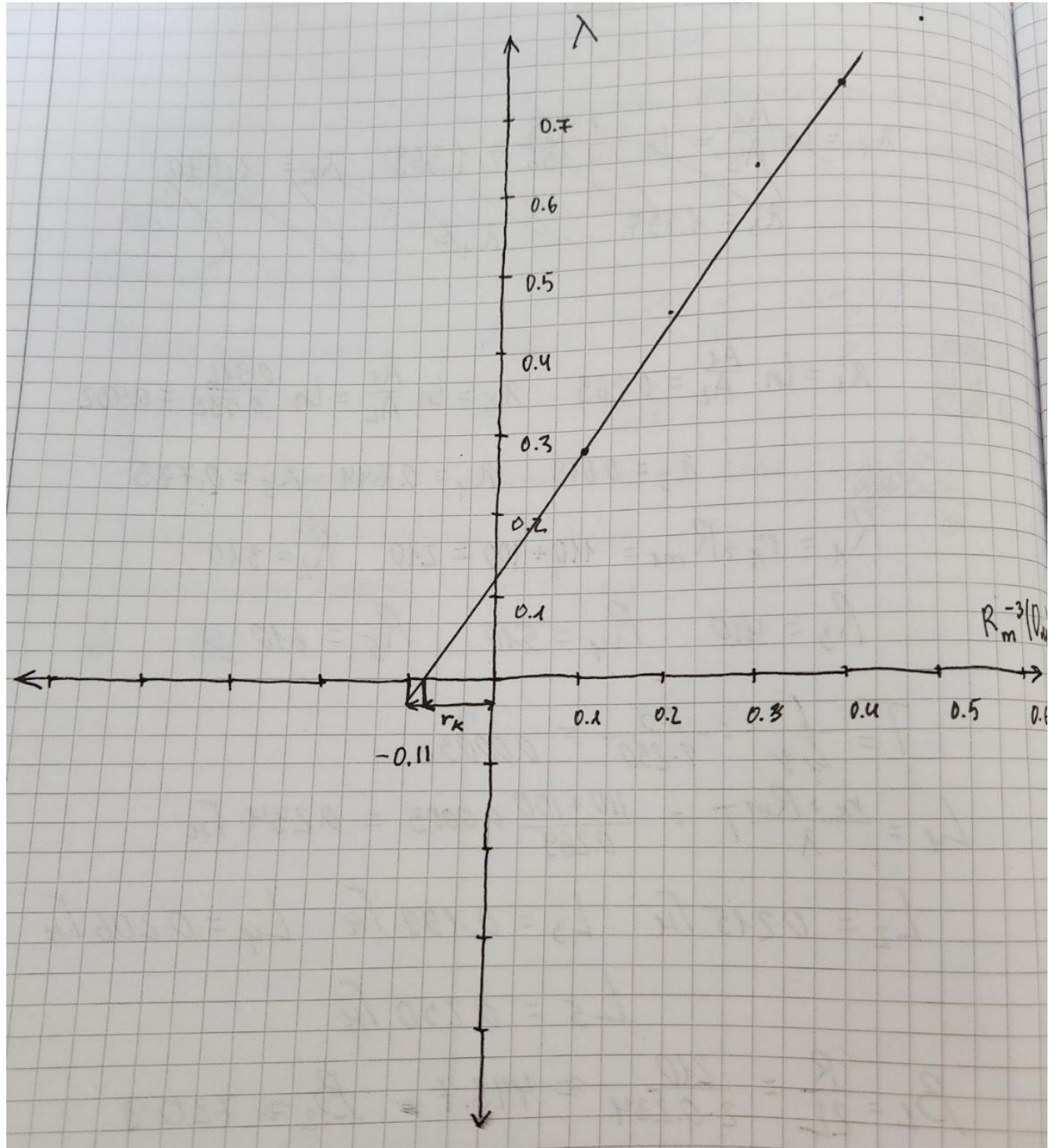
$$C_1 = \frac{T^2}{2\pi^2 L_1} = \frac{0.0003^2}{2\pi^2 \cdot 0.234} \approx 1.948 \times 10^{-8} \quad C_2 \approx 2.120 \times 10^{-8}$$

$$C_3 \approx 2.291 \times 10^{-8} \quad C_4 \approx 2.213 \times 10^{-8} \quad C_5 \approx 1.824 \times 10^{-8}$$

$$\langle L \rangle = \frac{L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5}{5} = \frac{0.234 + 0.215 + 0.199 + 0.206 + 0.250}{5} = 0.221$$

$$\langle C \rangle = \frac{(1.948 + 2.120 + 2.291 + 2.213 + 1.824) \times 10^{-8}}{5} = 2.079 \times 10^{-8}$$

$$R_{mKP} + r_k = 2 \sqrt{\frac{\langle L \rangle}{\langle C \rangle}} = 2 \sqrt{\frac{0.221}{2.079 \times 10^{-8}}} = 6520 \text{ Ом}$$



Дослід 2

| $R_m(\text{ОМ})$ | $R_m + r_k(\text{ОМ})$ | $U_1(\text{В})$ | $U_2(\text{В})$ | $U_3(\text{В})$ | $\lambda_U(\text{ГН})$ | $I_1(\text{А})$ | $I_2(\text{А})$ | $I_3(\text{А})$ | $\lambda_I(\text{ГН})$ |
|------------------|------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| 100 | 150 | 2.480 | 2.112 | 1.776 | 0.161 | 3.312 | 2.800 | 2.416 | 0.168 |
| 200 | 250 | 2.176 | 1.648 | 1.280 | 0.280 | 2.928 | 2.240 | 1.648 | 0.268 |
| 300 | 350 | 1.952 | 1.344 | 0.864 | 0.373 | 2.560 | 1.712 | 1.152 | 0.402 |
| 400 | 450 | 1.712 | 1.008 | 0.624 | 0.530 | 2.272 | 1.360 | 0.832 | 0.513 |
| 500 | 550 | 1.520 | 0.784 | 0.432 | 0.662 | 1.984 | 1.056 | 0.560 | 0.630 |

$$\Delta U_1 = 0.1$$

$$\Delta U_2 = 0.1$$

Handwritten calculations on grid paper:

$$\lambda_{U_1} = \ln \frac{U_1}{U_2} = \ln \frac{2.480}{2.112} = 0.161$$

$$\lambda_{U_2} = 0.280 \quad \lambda_{U_3} = 0.373$$

$$\lambda_{U_4} = 0.530 \quad \lambda_{U_5} = 0.662$$

$$\lambda_{I_1} = \ln \frac{I_1}{I_2} = 0.168 \quad \lambda_{I_2} = 0.268$$

$$\lambda_{I_3} = 0.402 \quad \lambda_{I_4} = 0.513$$

$$\lambda_{I_5} = 0.630$$

Обчислення похибки

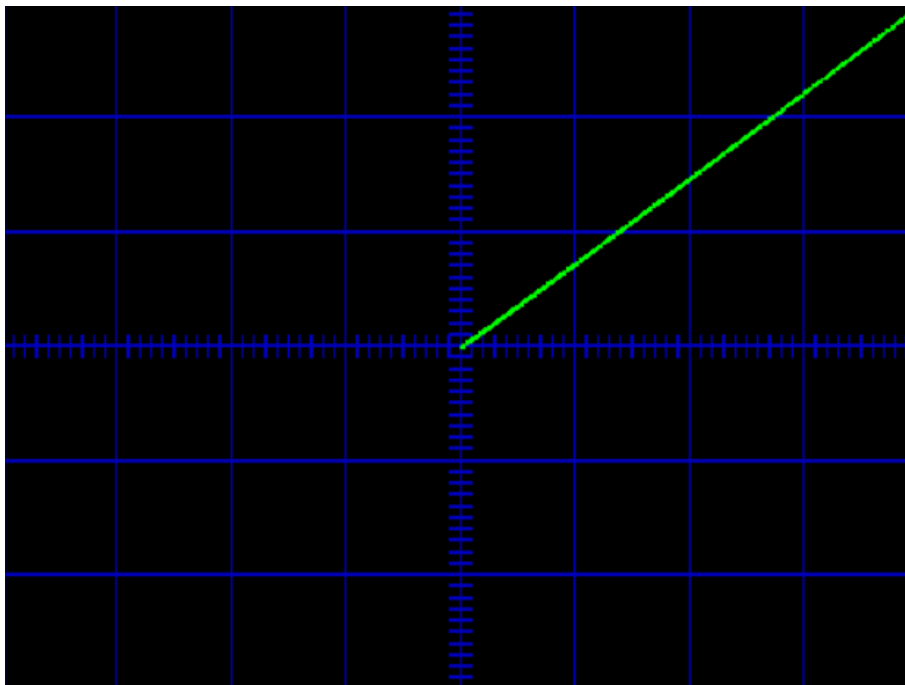
$$\Delta \lambda_{U_1} = \sqrt{\frac{\Delta U_1^2}{U_{11}^2} + \frac{\Delta U_2^2}{U_{12}^2}} = \sqrt{\frac{0.1^2}{2.480^2} + \frac{0.1^2}{2.112^2}} = 0.062$$

$$\Delta \lambda_{U_2} = 0.076$$

$$\Delta \lambda_{U_3} = 0.090$$

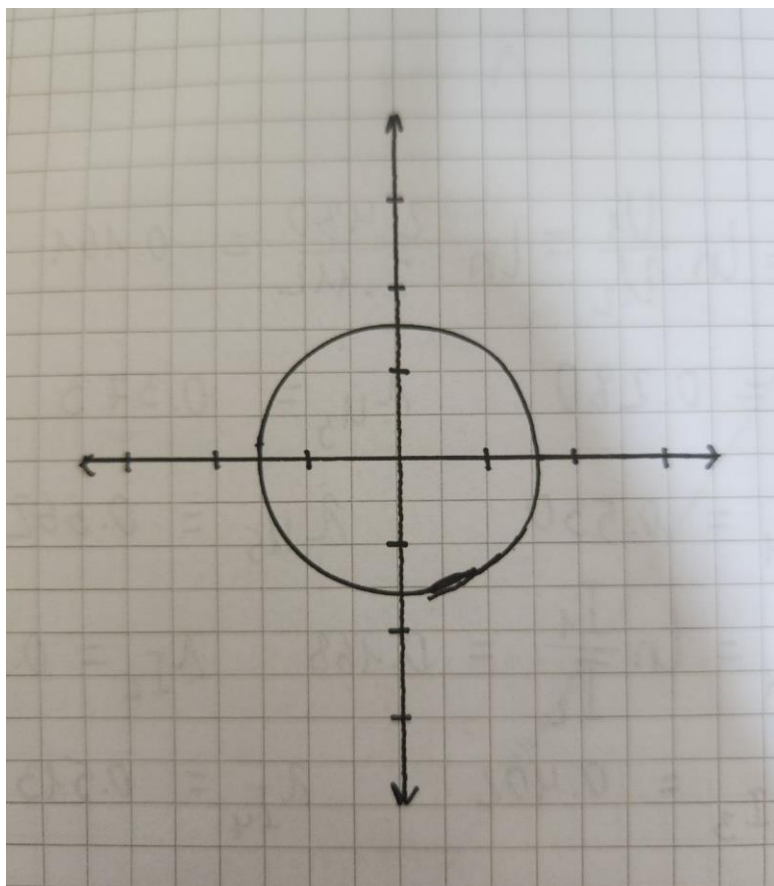
$$\Delta \lambda_{U_4} = 0.109$$

$$\Delta \lambda_{U_5} = 0.144$$



Фазова картина при аперіодичному розряді конденсатора.

$$R=5100 \text{ Ом}$$



Фазова крива незагасаючих коливань у контурі

Висновок

Під час виконання лабораторної роботи було досліджено поведінку реального коливального контуру, складеного з послідовно з'єднаних конденсатора, котушки індуктивності та резистора. Згідно з експериментальними та теоретичними даними, наданими формулами і графіками, коливання можуть тривати нескінченно довго при умові відсутності опору в контурі. Однак при наявності опору енергія поступово витрачається на теплові втрати, що призводить до загасання коливань. У реальних умовах незагасаючі коливання є ідеалізацією, оскільки кожна система має деякий рівень втрат енергії, що призводить до загасання. Були вивчені основні принципи та характеристики реальних коливальних контурів, демонструючи їхню важливість у різних областях фізики та техніки.