

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

ЗАГАЛЬНА ФІЗИКА

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ХАРАКТЕРИСТИК ЗГАСАННЯ ВІД
ПАРАМЕТРІВ КОЛИВАЛЬНОГО КОНТУРУ**
Інструкція до лабораторної роботи

*Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського як навчальний
посібник для здобувачів ступеня бакалавра, які навчаються
за спеціальністю «Інформаційні системи та технології»*

Укладачі: Н.О.Якуніна, О.П.Довженко, О.В.Козленко

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2025

УДК 537.8
ББК 22.33
Ф 48

Рецензент: В.Й Котовський, доктор техн. наук, професор кафедри загальної фізики та моделювання фізичних процесів КПІ ім. Ігоря Сікорського

Відповідальний редактор: С.О Решетняк, завідувач кафедри загальної фізики, доктор фіз.-мат. наук, професор

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
(протокол № від 2025 р.)
за поданням Вченої ради фізико-математичного факультету
(протокол № від 2025 р.)*

Електронне мережне навчальне видання

Якуніна Наталія Олександрівна, доцент кафедри загальної фізики КПІ ім. Ігоря Сікорського, к.ф.-м. наук, доцент;

Довженко Олександр Петрович, старший викладач кафедри загальної фізики КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Козленко Олег Володимирович, старший викладач кафедри загальної фізики КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Ф 48 Загальна фізика ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ХАРАКТЕРИСТИК ЗГАСАННЯ ВІД ПАРАМЕТРІВ КОЛИВАЛЬНОГО КОНТУРУ. Лабораторна робота / Н.О.Якуніна, О.П.Довженко О.В.Козленко – К. : Вид-во «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2025 – 21 с

У лабораторній роботі представлені теоретичні відомості, опис лабораторної роботи з теми «ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ХАРАКТЕРИСТИК ЗГАСАННЯ ВІД ПАРАМЕТРІВ КОЛИВАЛЬНОГО КОНТУРУ», що викладається для майбутніх фахівців за спеціальністю «Інформаційні системи та технології», наведені методичні вказівки до виконання цієї роботи, містяться контрольні питання для самостійної роботи та підготовки до модульного контролю. Посібник призначений для студентів, які навчаються у закладах вищої освіти і вивчають нормативну навчальну дисципліну «Загальна фізика» з циклу математичної та природничо-наукової підготовки за спеціальністю «Інформаційні системи та технології».

Посібник може бути корисним для науково-педагогічних працівників, які викладають курс фізики, під час планування та підготовки завдань до лабораторних робіт та модульних контрольних робіт з навчальної дисципліни «Загальна фізика».

Лабораторна робота № 3-16 (ЗФ)

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ХАРАКТЕРИСТИК ЗГАСАННЯ ВІД ПАРАМЕТРІВ КОЛИВАЛЬНОГО КОНТУРУ

Мета роботи :

1. спостереження згасаючих коливань у коливальному контурі;
2. визначення логарифмічного декременту згасання та добротності;
3. дослідження залежності характеристик згасання від параметрів коливального контуру.

Теоретичні відомості

Коливання спостерігаються під час розгляду різних фізичних явищ і процесів – звуку, світла, змінних струмів, радіохвиль тощо.

Коливання – це будь-який рух чи зміна стану, що характеризується повторюваністю у часі значень фізичних величин, що визначають цей рух чи стан

Електромагнітні коливання - коливання електричного заряду, напруги, сили струму, векторів напруженості електричного та індукції магнітного поля, енергії електричного та магнітного полів. Електричне коло, в якому можливі вільні електромагнітні коливання, називається коливальним контуром.

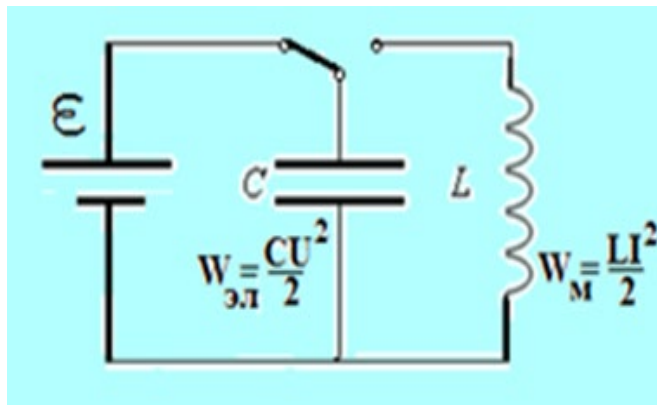


Рис.1. При замиканні на котушку індуктивності попередньо зарядженого конденсатора в коливальному контурі виникають вільні коливання заряду конденсатора і струму в котушці індуктивності

Реальний коливальний контур складається з конденсатора ємністю C , котушки з індуктивністю L і резистора з опором R .

У реальному технічному контурі роль резистора відіграє опір котушки та з'єднувальних провідників. У даній роботі використовується послідовний контур, у якому всі елементи з'єднані послідовно (рис. 1).

У теорії елементи контуру R, C, L вважаються ідеальними: резистор не має ємності та індуктивності, конденсатор заповнений ідеальним діелектриком і все електричне поле зосереджене між обкладками, а котушка не має активного опору й усе магнітне поле зосереджене всередині котушки. У свою чергу, весь контур називається ідеальним, якщо в ньому відсутній опір ($R = 0$).

Розглянемо якісно процес виникнення електричних коливань у послідовному контурі. Якщо в розімкненому контурі конденсатор зарядити до напруги U , то він отримає енергію $W_{\text{ел}} = \frac{CU^2}{2}$. Після замикання кола конденсатор почне розряджатися, і в котушці з'явиться струм та ЕРС самоіндукції. Одразу після замикання ця ЕРС, у відповідності до правила Ленца, буде перешкоджати причині свого виникнення, тобто, розряджанню конденсатора. Тому конденсатор буде розряджатися не миттєво, а поступово. При цьому електрична енергія конденсатора буде поступово переходити в магнітну енергію котушки $W_{\text{маг}} = \frac{LI^2}{2}$. Струм I у котушці буде поступово зростати і на момент повного розрядження конденсатора досягне максимального значення. Відтак конденсатор почне перезаряджатися: його напруга й енергія будуть зростати за рахунок зменшення енергії та струму в котушці, аж доки струм не припиниться. Після цього знов почнеться розрядження конденсатора при зворотному напрямі струму, тобто, в контурі виникнуть **вільні коливання** напруги та струму.

В ідеальному контурі через відсутність втрат енергії описані процеси будуть точно повторюватися необмежено, й коливання є незгасаючими. Гармонічні коливання, що існують вічно, є однією з фізичних абстракцій. Якщо реальну систему, що у коливальному русі, надати самій собі, то енергія її коливань

поступово зменшується, що зовні виявляється у безперервному зменшенні зсувів відносно стану рівноваги. Це називається **загасанням коливань**. Загасання пов'язане або з перетворенням енергії коливань на тепло (тертя, електричний опір), або з утворенням у навколишньому середовищі хвиль (променів). Кожен реальний електричний коливальний контур має активний опір, що перетворює енергію коливань на тепло.

У реальних коливальних контурах завжди є втрати електромагнітної енергії, головне через наявність опору ($R \neq 0$) і виділення на ньому джоулевого тепла за рахунок енергії коливань. Тому максимальні значення напруги на конденсаторі та струму в котушці невпинно зменшуються, і коливання є **згасаючими**.

Згасаючі коливання – це коливання, амплітуда яких внаслідок втрати енергії реальної коливальної системи з плином часу зменшується, перетворюючись в теплоту через тертя в механічних коливальних системах, омічні втрати та випромінювання електромагнітної енергії в електричних коливальних системах.

Для кількісного дослідження вільних коливань складемо рівняння коливального контуру. Будемо вважати, що струм у контурі є квазістаціонарним, тобто, миттєве значення сили струму однакове в усіх точках контуру, тож виконується закон Ома. Тоді для ділянки кола можна записати:

$$IR = (\varphi_1 - \varphi_2) + \varepsilon_{12}, \quad \backslash \quad (1)$$

де $\varepsilon_{12} = \varepsilon_c$ – ЕРС самоіндукції у котушці. Напруга на конденсаторі $(\varphi_1 - \varphi_2) = \frac{q}{C}$, а струм $I = \frac{dq}{dt}$, де q – заряд конденсатора. Відповідно,

$$\varepsilon_{12} = \varepsilon_c = -L\left(\frac{dI}{dt}\right) = -L\left(\frac{d^2q}{dt^2}\right).$$

Зробивши такі підстановки в (1), одержимо диференціальне рівняння коливального контуру:

$$L \frac{d^2q}{dt^2} + R \frac{dq}{dt} + \frac{1}{C} q = 0$$

Поділивши це рівняння на L , й, увівши позначення $2\beta = \frac{R}{L}$ і $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$, отримаємо його в стандартному вигляді:

$$\frac{d^2q}{dt^2} + 2\beta \frac{dq}{dt} + \omega_0^2 q = 0 \quad (2)$$

З математики відомо, що загальний розв'язок цього рівняння залежить від

$$q(t) = q_0 e^{-\beta t} \cos(\omega t + \alpha) = A(t) \cos(\omega t + \alpha), \quad (3)$$

де $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}$ – циклічна частота, q_0 – умовна амплітуда в момент $t = 0$, α – початкова фаза (q_0 і α визначаються з початкових умов). Отже, заряд конденсатора здійснює згасаючі коливання з циклічною частотою ω та амплітудою $A(t)$, яка монотонно зменшується з часом за експоненціальним законом: $A(t) = q_0 e^{-\beta t}$. (4)

Таким чином, амплітуда спадає тим швидше, чим більше значення має β . Тому величина $\beta = \frac{R}{2L}$ називається **коефіцієнтом згасання** контуру. З формули видно, що чим більше згасання, тим менша частота згасаючих коливань. В ідеальному контурі $\beta = 0$, і частота вільних коливань дорівнює $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$. Ця величина називається **власною частотою контура**.

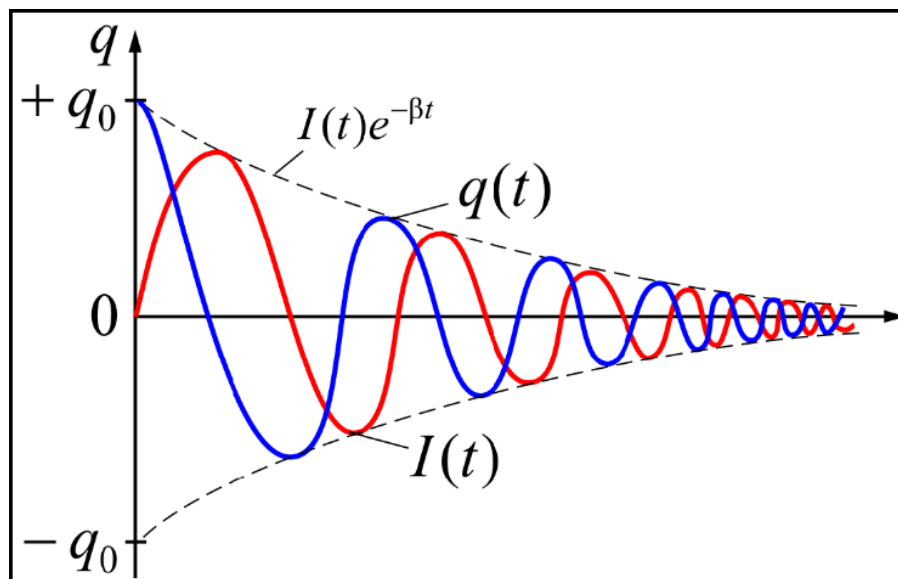


Рис.2. Залежність $q(t)$ та $I(t)$. Затухаючі коливання не є періодичними, оскільки максимальне значення величини $q(t)$ та $I(t)$, яке досягнуте у певний час, надалі ніколи не повторюється.

На рис. 2 показано графік функції $q(t)$. Треба зауважити таке: у строгому значенні згасаючі коливання не є періодичним процесом, оскільки поточні значення $q(t)$ не повторюються через рівні проміжки часу, а амплітудні значення $A(t) = q_0 e^{-\beta t}$ не повторюються взагалі. Проте коливна величина $q(t)$ через рівні проміжки часу походить через амплітудні та нульові значення. Тому період згасаючих коливань T слід розуміти тільки як проміжок часу, протягом якого фаза коливань змінюється на 2π . Частота та період загасаючих коливань визначаються параметрами контура, згідно з формулами:

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2} = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}, \quad (5)$$

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}}. \quad (6)$$

При малому згасанні частоту та період згасаючих коливань можна вважати приблизно рівними частоті та періоду незгасаючих коливань в ідеальному контурі:

$$\omega \approx \frac{1}{\sqrt{LC}} \text{ і } T = \sqrt{LC} \quad (7)$$

Рівняння згасаючих коливань заряду (3) не має безпосереднього практичного значення і його не можна перевірити в прямому експерименті, через те, що немає приладів, які дозволяють прямо вимірювати або спостерігати миттєві значення заряду конденсатора контуру. Але властивості згасаючих коливань можна експериментально дослідити, спостерігаючи за допомогою осцилографа залежність від часу напруги на конденсаторі контуру $u_c = u(t)$.

Оскільки $u_c = \frac{q}{C}$, то згідно з (3):

$$u_c = \frac{q_0}{C} e^{-\beta t} \cos(\omega t + \alpha) = U_0 e^{-\beta t} \cos(\omega t + \alpha) = U_C \cos(\omega t + \alpha), \quad (8)$$

де

$$U_C = U_0 e^{-\beta t} \quad (9)$$

– залежна від часу амплітуда напруги на конденсаторі контуру.

Кількісно згасання коливань у контурі характеризують двома типами величин: параметрами, що визначають швидкість згасання, та параметрами, які визначають якість контуру як коливальної системи, тобто, його здатність

утримувати коливання. До першої групи, крім коефіцієнта згасання (6), відноситься **логарифмічний декремент згасання λ** .

Логарифмічний декремент згасання λ визначається як натуральний логарифм відношення амплітуд, відділених проміжком часу в один період:

$$\lambda = \ln \frac{A(t)}{A(t+T)} \quad (10)$$

Між логарифмічним декрементом та коефіцієнтом згасання є зв'язок:

$$\lambda = \ln \frac{A_0 e^{-\beta t}}{A_0 e^{-\beta(t+T)}} = \beta T. \quad (13a)$$

Узявши до уваги (6) і (7), можна записати:

$$\lambda = \frac{\pi R}{\omega L}, \quad (14)$$

а при малому згасанні, коли $\omega \approx \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$,

$$\lambda = \pi R \sqrt{\frac{C}{L}} \quad (14a)$$

До параметрів якості контуру відносяться **час релаксації** та **добротність**. **Часом релаксації τ називається величина, обернена до коефіцієнта згасання: $\tau = 1/\beta$.**

Амплітуда згасаючих коливань (5) через час релаксації виражається, як $A(t) = A_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$. Цей вираз дозволяє побачити наочний зміст величини τ , а саме, в момент $t = \tau$ амплітуда

$$A(t) = A_0 e^{-1} = \frac{A_0}{e}.$$

Час релаксації – це проміжок часу, протягом якого амплітуда згасаючих коливань зменшується в $e \approx 2,72$ разів.

Отже, чим більший час релаксації, тим повільніше згасають і, тим самим, довше зберігаються вільні коливання в контурі. Більш наочною характеристикою здатності контуру зберігати коливання **кількість вільних коливань N_e , які здійснюються в контурі за час релаксації:**

$$N_e = \frac{\tau}{T} = \frac{1}{\beta T} = \frac{1}{\lambda}.$$

На практиці, особливо в радіотехніці, для визначення якості контуру як коливальної системи використовують параметр, який називається **добротністю** контуру і визначається виразом

$$Q = \frac{\pi}{\lambda} = \pi N_e. \quad (15)$$

Добротність пропорційна числу коливань, що здійснюються системою за той час, за яке амплітуда коливань зменшується в e раз

У реальних контурах згасання завжди слабке, і, згідно з (14а),

$$Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (15a).$$

Можна показати, що добротність визначає втрати в контурі енергії коливань: при слабкому загасанні

$$Q = 2\pi \frac{W}{\delta W}, \quad (16)$$

де δW – зменшення енергії коливань за один період, W – енергія коливань у контурі на даний момент.

З виразу (5) випливає, що вільні коливання в контурі можливі не завжди, а тільки за умови $\beta < \omega_0$. При заданих значеннях L і C ця умова, як видно з (14а), виконується, якщо опір контура $R < 2\sqrt{\frac{L}{C}}$.

Величина $R_k = 2\sqrt{\frac{L}{C}}$ називається **критичним опором** контуру. При $R \geq R_k$ вільні коливання в контурі не виникають, а система повертається у вихідний стан, не роблячи коливань. Отримана енергія з деякою затримкою у часі перетворюється на теплову. Цей надкритичний процес отримав назву **аперіодичного (неперіодичного) розряду**.

Аперіодичним називається такий розряд, при якому конденсатор увесь час розряджається, тобто функція $u_c(t)$ є спадаючою, а струм $i(t)$ не змінює свого напрямку.

При аперіодичному розряді напруга на конденсаторі зменшується від початкового значення до нуля, а струм спочатку зростає по модулю, потім

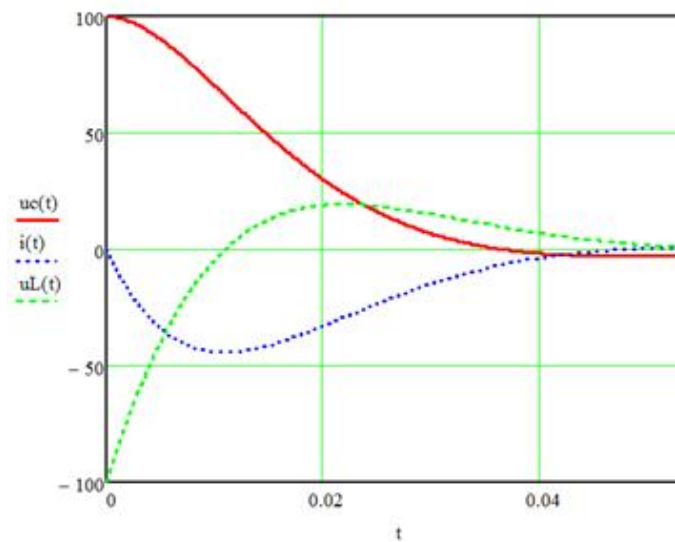


Рис.3. При збільшенні коефіцієнта загасання умовний період загасаючих коливань зростає і перетворюється на нескінченність за умови $\beta = \omega_0$.

зменшується, проходячи через максимальне значення. Напруга на котушці зменшується від початкового значення, проходить через нульове значення, змінюючи знак й, досягши найбільшого значення, зменшується до нуля.

Опис установки й методу вимірювань

Вільні електромагнітні коливання можна спостерігати за допомогою лабораторної установки, зовнішній вигляд якої показано на рис.4.



Рис.4. Зовнішній вигляд лабораторної установки для дослідження вільних електромагнітних коливань.

Повна принципова схема лабораторної установки наведена в додатку 1 до даної інструкції. Спрощена принципова схема лабораторної установки показана на рис.5.

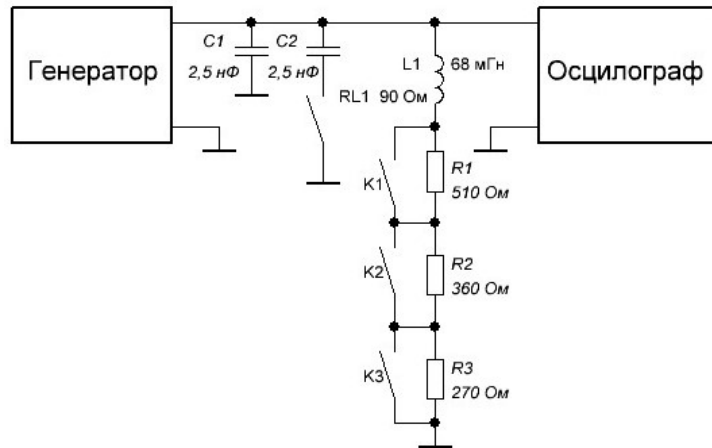


Рис.5. Спрощена принципова схема лабораторної установки

Лабораторна установка (рис.5) складається з наступних основних вузлів: генератора імпульсів, контуру і осцилографа.

Генератор імпульсів формує імпульси напруги, що надходять на конденсатор C контуру. При розряді конденсатора в контурі виникають вільні згасаючі коливання.

Реєструється цей коливальний процес за допомогою осцилографа: на його екрані одержимо картину загасаючих коливань, показану на рис. 2.

Тривалість імпульсів τ_i генератора багато менше періоду T_r їхнього повторення так, що в інтервалі між імпульсами $(T_r - \tau_i)$ коливання в контурі встигають згасати до надходження на конденсатор наступного імпульсу.

Порядок виконання роботи

1. З'єднати вхід осцилографа з виходом макета.
2. Перемикач $C1/(C1 + C2)$ (рис.6) встановити в положення «0». При цьому ємність конденсатора контуру буде дорівнювати $C1$. Перемикачі $R1, R2, R3$

встановити в положення «I». В цьому випадку в контурі (рис.5) будуть задіяні котушка індуктивності L_1 зі своїм внутрішнім опором R_{L1} і конденсатор C_1 .



Рис.6.

3. Увімкнути осцилограф і лабораторний макет у мережу.

4. Натиснути на кнопку «Auto Setup» (рис.7).

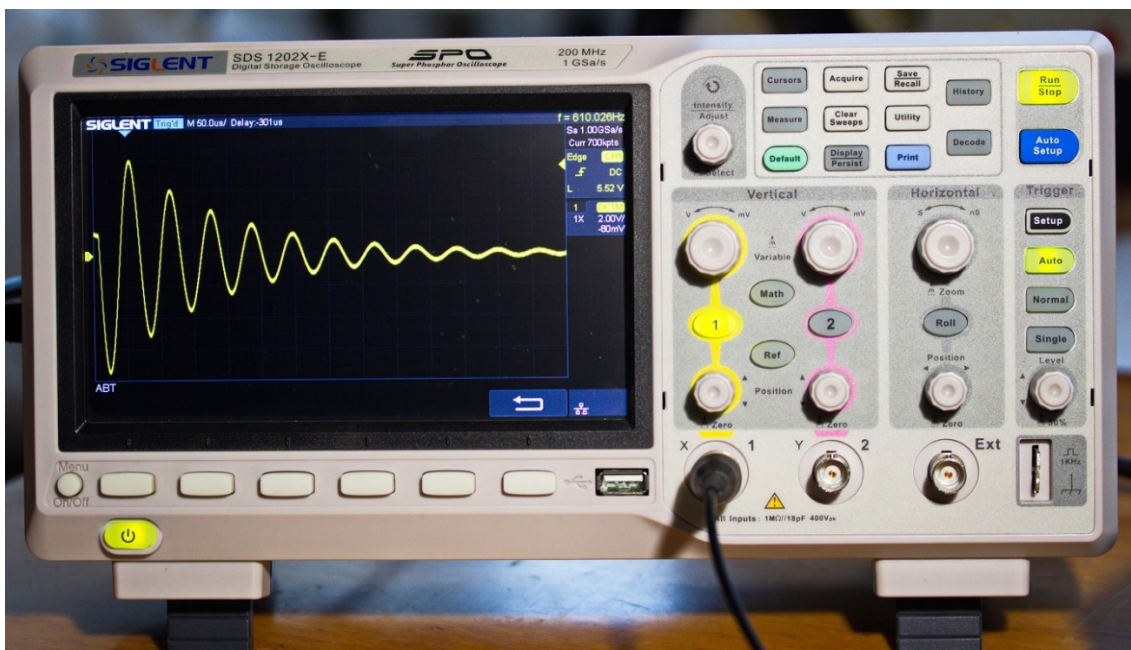


Рис.7. Лицьова панель електронного осцилографа

5. За допомогою ручки «Vertical Variable» підібрати підсилення каналу “Y” осцилографа таким чином, щоб амплітуда вертикального зміщення променю була дещо меншою від висоти екрана.
6. За допомогою ручки «Horizontal Zoom» підібрати частоту розгортки осцилографа такою, щоб зображення згасаючих коливань зайняло більшу частину екрана.
7. Визначити величини послідовності максимумів A_1, A_2, A_3, A_4, A_5 згасаючого коливання (рис.8). Для цього задіяти опцію «Cursors» осцилографа.

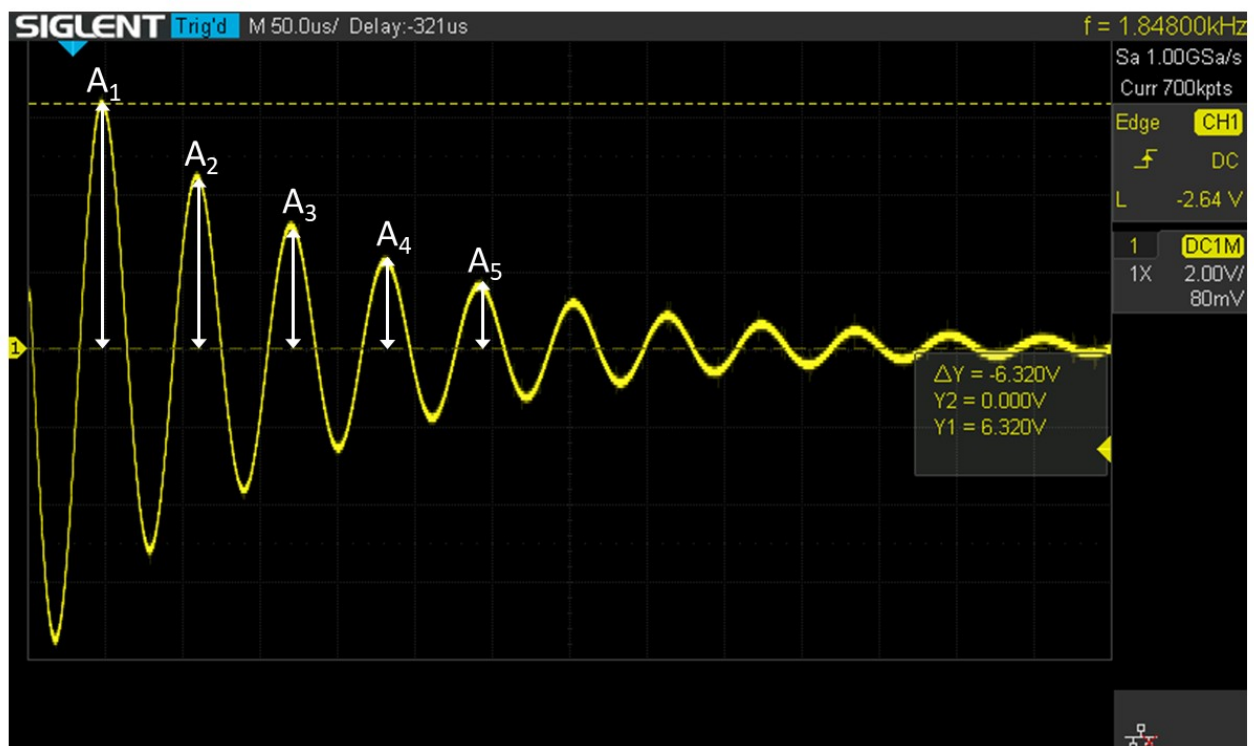


Рис.8. Зразковий вид осцилограми

8. За даними таблиці для опору котушки індуктивності R_{L1} обчислити чотири значення логарифмічного декременту згасання λ_i за формулою $\lambda_i = \ln \frac{A_i}{A_{i+1}}$.
Результати занести до таблиці 1.
9. Знайти середнє значення логарифмічного декременту згасання $\langle \lambda_{R_{L1}} \rangle$

і відповідну до нього добротність контуру $Q_{R_{L1}} = \frac{\pi}{\langle \lambda_{R_{L1}} \rangle}$ при параметрах контуру C_1, R_{L1} .

Примітка1. Номінали опорів, ємностей та індуктивності вказані на рис.5.

Таблиця 1.

$C = C_1 = 2,5 \text{ нФ}$

R_{L1}	i	A_i	A_{i+1}	A_i/A_{i+1}	λ_i	$\langle \lambda_1 \rangle$	Q_1
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						

10. Досліди повторити ще тричі, послідовно підключаючи до контуру резистори R_1, R_2, R_3 . Дані вимірів занести до таблиць 2 – 4

Таблиця 2.

$C = C_1 = 2,5 \text{ нФ}$

$R1 = 510 \text{ Ом}$

$R_{\Sigma} = R_{L1} + R1$	i	A_i	A_{i+1}	A_i/A_{i+1}	λ_i	$\langle \lambda_2 \rangle$	Q_2
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						

Таблиця 3.

$C = C_1 = 2,5 \text{ нФ}$

$R2 = 360 \text{ Ом}$

$R_{\Sigma} = R_{L1} + R2$	i	A_i	A_{i+1}	A_i/A_{i+1}	λ_i	$\langle \lambda_3 \rangle$	Q_3
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						

Таблиця 4.

$$C = C_1 = 2,5 \text{ нФ}$$

$$R_3 = 270 \text{ Ом}$$

$R_{\Sigma} = R_{L1} + R_3$	i	A_i	A_{i+1}	A_i/A_{i+1}	λ_i	$< \lambda_4 >$	Q_4
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						

11. Розрахувати значення логарифмічних декрементів загасання $< \lambda_2 >$ $< \lambda_3 >$, $< \lambda_4 >$ та відповідні значення добротностей Q_2, Q_3, Q_4 .

12. Перемикач $C1/C1 + C2$ (рис.6) перевести у положення «I». При цьому ємність конденсатора контуру буде дорівнювати сумі ємностей $C1$ та $C2$.

13. Повторити вимірювання та розрахунки п.4-11.

14. Дані вимірів занести в табл. 5 – 8.

Таблиця 5.

$$C = C_1 + C_2 = 5,0 \text{ нФ}$$

R_{L1}	i	A_i	A_{i+1}	A_i/A_{i+1}	λ_i	$< \lambda_5 >$	Q_5
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						

Таблиця 6.

$$C = C_1 + C_2 = 5,0 \text{ нФ}$$

$$R_1 = 510 \text{ Ом}$$

$R_{\Sigma} = R_{L1} + R_1$	i	A_i	A_{i+1}	A_i/A_{i+1}	λ_i	$< \lambda_6 >$	Q_6
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						

Примітка2. Якщо в процесі виконання роботи неможливо зробити виміри п'ятьох амплітуд коливань (їх менше), виміряти існуючі амплітуди і для них розрахувати декремент загасання і добротність

Таблиця 7.

$$C = C_1 + C_2 = 5,0 \text{ нФ}$$

$$R_2 = 360 \text{ Ом}$$

	i	A_i	A_{i+1}	A_i/A_{i+1}	λ_i	$\langle \lambda_7 \rangle$	Q_7
$R_\Sigma = R_{L1} + R_2$	1						
	2						
	3						
	4						
	5						

Таблиця 8.

$$C = C_1 + C_2 = 5,0 \text{ нФ}$$

$$R_3 = 270 \text{ Ом}$$

	i	A_i	A_{i+1}	A_i/A_{i+1}	λ_i	$\langle \lambda_8 \rangle$	Q_8
$R_\Sigma = R_{L1} + R_3$	1						
	2						
	3						
	4						
	5						

15. За даними табл.1 - 4 та табл.5 - 8 побудувати графіки залежності $\lambda(R)$.

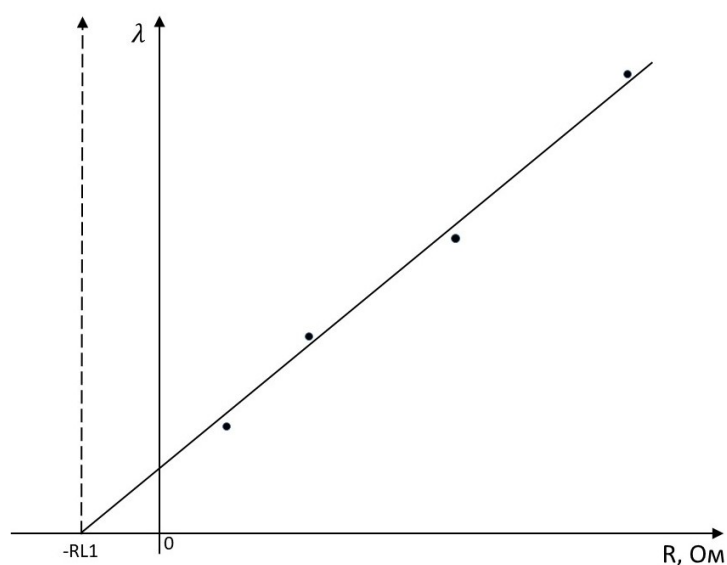


Рис.9. Приблизний вигляд залежності декременту загасання від опору

Повний опір контуру R_{Σ} складається з опорів R_{L1} котушки індуктивності та додаткового резистора R_i : $R_{\Sigma} = R_{L1} + R_i$.

Побудуйте графік залежності логарифмічного декременту λ від опору додаткових резисторів: цей графік є пряма лінія.

Продовжіть графік до перетину з віссю абсцис (рис. 9).

Відрізок $0 \dots -R_{L1}$ дорівнює за модулем опору котушки коливального контуру.

Справді, оскільки $\lambda = \beta T = \pi R \sqrt{\frac{C}{L}}$, то λ звертається в нуль при нульовому повному опорі контура, що й впливає з графіка.

Виходячи з графіка визначте опір котушки індуктивності R_{L1} .

Перенесіть початок відліку опору контуру R в точку $-R_{L1}$ і отримайте графік залежності декременту загасання від повного опору контуру.

16. За даними таблиць 1 - 4 та таблиць 5 - 8 побудувати графіки залежності добротності контур Q у від оберненого опору ($1/R$). Порівняйте отриманий графік та наведений на рис.10 приблизний вигляд залежності добротності контуру від оберненого опору (провідності) контуру.

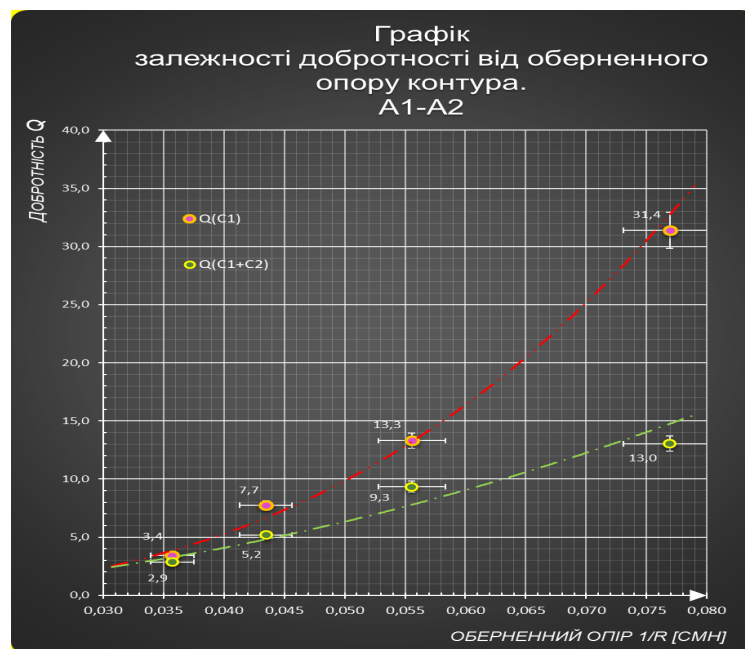


Рис.10. Приблизний вигляд залежності добротності контуру від оберненого опору (провідності) контуру

Контрольні запитання

1. Чи можливі вільні гармонічні коливання в реальній механічній системі? Чому?
2. Чи є вільні згасаючі коливання гармонічними? Строго періодичними?
3. Зобразити схему вільного послідовного коливального контуру та скласти його диференціальне рівняння.
4. Записати загальне рівняння вільних згасаючих коливань заряду на конденсаторі контуру та формулу для частоти таких коливань.
5. Чому частота вільних згасаючих коливань менша, ніж його власна частота?
6. Пояснити, чому вільні коливання в контурі згасають.
7. Назвіть ті величини, що визначають швидкість згасання коливань і ті, що характеризують їхню тривалість
8. Записати вираз для залежної від часу амплітуди згасаючих коливань $A(t)$ заряду конденсатора контуру. Чи можна розглядати величину q_0 як початкову амплітуду заряду? Чому?
9. Що називається логарифмічним декрементом згасання? Як він пов'язаний з часом релаксації?
10. Яку кількість вільних коливань здійснює точка за час релаксації при логарифмічному декременті згасання λ ?
11. Доказати, що логарифмічний декремент згасання можна визначати як за формулою $\lambda = \frac{1}{5} \ln \frac{A_i}{A_{i+5}}$.
12. Який зміст має час релаксації згасаючих коливань і як він виражається через параметри контуру?
13. Що називається добротністю контуру? Отримати зв'язок між добротністю контуру та часом релаксації коливань.

14. Знайти вираз добротності через параметри контура R, L, C при великому та при малому згасанні.
15. Який зв'язок існує між втратами енергії згасаючих коливань і добротністю системи?
16. Що таке критичний опір контуру й від чого та як він залежить?
17. Який вигляд має залежність напруги на конденсаторі контуру від часу, якщо активний опір контуру дорівнює критичному?
18. Які коливання будуть аперіодичними?
19. Знайти зв'язок між добротністю та критичним опором контуру при слабкому згасанні.

Література

1. Кучерук І.М., Горбачук І.І., Загальний курс фізики, т. 2, § 12.2, Техніка, К., 2001.
2. Иродов И.Е., Электромагнетизм. Основные законы, § 11.2, Физ-мат. лит., М., 2002.
3. Вивчення вільних коливань в електричному коливальному контурі: Метод. вказівки до виконання лаборатораторної роботи з курсу „Загальна фізика”, В.П.Бригинець, О.О.Гусева, І.В. Лінчевський, Н.О.Якуніна. - К.: НТУУ”КПІ”, 2008.- 12 с.
4. Дослідження характеристик загасаючих вільних коливань в електричному коливальному контурі: Метод. вказівки до виконання лаборатораторної роботи з курсу „Загальна фізика”, І.В. Лінчевський, Н.О.Якуніна. - К.: НТУУ”КПІ”, 2021.- 12 с.

Додаток 1.

Повна принципова схема лабораторної установки.

