

УДК 378.147:621.3

DOI <https://doi.org/10.32782/pet-2025-2-8>

Андрій КЕВШИН

кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри експериментальної фізики, інформаційних та освітніх технологій навчально-наукового фізико-технологічного інституту, Волинський національний університет імені Лесі Українки, просп. Волі 13, м. Луцьк, Волинська обл., Україна, 43025

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3581-8852>

SCOPUS AUTHOR ID: 35422272900

Володимир ГАЛЯН

доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри експериментальної фізики, інформаційних та освітніх технологій навчально-наукового фізико-технологічного інституту, Волинський національний університет імені Лесі Українки, просп. Волі 13, м. Луцьк, Волинська обл., Україна, 43025

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0066-7174>

SCOPUS AUTHOR ID: 35422525700

Назар КЕВШИН

здобувач вищої освіти навчально-наукового фізико-технологічного інституту, Волинський національний університет імені Лесі Українки, просп. Волі 13, м. Луцьк, Волинська обл., Україна, 43025

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0009-9932-8447>

Сергій СЕМЕНЮК

старший лаборант кафедри теоретичної та комп'ютерної фізики імені А. В. Свідзинського, навчально-наукового фізико-технологічного інституту, Волинський національний університет імені Лесі Українки, просп. Волі 13, м. Луцьк, Волинська обл., Україна, 43025

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-5692-024X>

SCOPUS AUTHOR ID: 54886559900

Бібліографічний опис статті: Кевшин, А., Гальян, В., Кевшин, Н., Семенюк, С. (2025). Розвиток експериментальних компетентностей студентів у процесі дослідження згасаючих коливань в електричному контурі. *Фізика та освітні технології*, 2, 54–59, doi: <https://doi.org/10.32782/pet-2025-2-8>

РОЗВИТОК ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ СТУДЕНТІВ У ПРОЦЕСІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗГАСАЮЧИХ КОЛИВАНЬ В ЕЛЕКТРИЧНОМУ КОНТУРІ

Розвиток експериментальних умінь посідає провідне місце у сучасній системі освіти, особливо коли йдеться про технічні та природничі спеціальності. Під час вивчення фізичних явищ, зокрема коливальних процесів, практична складова має не менше значення, ніж теоретична – адже саме вона забезпечує глибоке розуміння суті досліджуваних процесів.

Дослідження коливань у RLC-контурі відкриває можливість безпосередньо поєднати теорію з практикою. Спостереження за згасаючими коливаннями, де амплітуда поступово зменшується через втрати енергії, дозволяє наочно простежити складні фізичні закономірності, які можна вивчати в лабораторних умовах. Виконання такого експерименту включає не лише вимірювання, а й аналіз, пояснення отриманих даних і представлення результатів, що сприяє формуванню широкого кола професійних навичок.

У процесі роботи над експериментом здобувачі освіти опановують кілька ключових компетентностей: уміють планувати дослідження (визначати мету, добирати прилади та методику), набувають практичного досвіду роботи з вимірювальним обладнанням – осцилографом, мультиметром, джерелами живлення. Вони вчать

впорядковувати та опрацьовувати дані, будувати графіки, визначати характеристики коливань – період, частоту, коефіцієнт згасання; порівнюють результати з теоретичними розрахунками, шукають причини відмінностей і роблять узагальнені висновки.

Важливою складовою є усвідомлення впливу параметрів кола (R , L , C) на поведінку коливань. Студенти експериментально перевіряють залежності між цими величинами, що допомагає краще зрозуміти фізичні закономірності. Наприклад, зміна опору R змінює швидкість затухання коливань і дозволяє спостерігати перехід від коливального до аперіодичного режиму. Така робота водночас формує навички оцінювання похибок вимірювань та розвиває критичне мислення при аналізі результатів.

Використання сучасних технологій – комп'ютерного моделювання, спеціальних програм для обробки даних – істотно розширює можливості експерименту. Це дозволяє не лише проводити фізичні вимірювання, а й зіставляти їх із результатами віртуальних моделей, що поглиблює розуміння зв'язку між теорією та практикою.

Отже, дослідження згасаючих коливань у електричному контурі є ефективним засобом комплексного розвитку експериментальних компетентностей. Воно сприяє не лише засвоєнню матеріалу з електродинаміки, а й формуванню навичок аналітичного мислення, роботи з приладами та обробки результатів. Такий підхід забезпечує не механічне запам'ятовування фактів, а глибоке, усвідомлене оволодіння знаннями, що становить основу професійної компетентності майбутнього фахівця.

Ключові слова: згасаючі коливання, RLC-контур, практичні навички, експериментальні компетентності.

Andriy KEVSHYN

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor at the Department of Experimental Physics, Information and Educational Technologies of the Educational and Scientific Institute of Physics and Technology, Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Volya ave., Lutsk, Volyn region, Ukraine, 43025

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3581-8852>

SCOPUS AUTHOR ID: 35422272900

Volodymyr HALYAN

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Head of the Department of Experimental Physics, Information and Educational Technologies of the Educational and Scientific Institute of Physics and Technology, Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Volya ave., Lutsk, Volyn region, Ukraine, 43025

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0066-7174>

SCOPUS AUTHOR ID: 35422525700

Nazar KEVSHYN

Student of the Educational and Scientific Institute of Physics and Technology, Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Volya ave., Lutsk, Volyn region, Ukraine, 43025

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0009-9932-8447>

Serhii SEMENYUK

Senior Laboratory Assistant at the Department of Theoretical and Computational Physics named after A. V. Svidzynskyi, Educational and Scientific Institute of Physics and Technology, Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Volya ave., Lutsk, Volyn region, Ukraine, 43025

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-5692-024X>

SCOPUS AUTHOR ID: 54886559900

To cite this article: Kevshyn, A., Halyan, V., Kevshyn, N., Semenyuk, S. (2025). Rozvytok eksperymentalnykh kompetentnostei studentiv u protsesi doslidzhennia zghasaiuchykh kolyvan v elektrychnomu konturi [Development of Students' Experimental Competencies through the Study of Damped Oscillations in an Electric Circuit]. *Physics and Educational Technology*, 2, 54–59, doi: <https://doi.org/10.32782/pet-2025-2-8>

DEVELOPMENT OF STUDENTS' EXPERIMENTAL COMPETENCIES THROUGH THE STUDY OF DAMPED OSCILLATIONS IN AN ELECTRIC CIRCUIT

The development of experimental skills occupies a central place in the modern education system, particularly in technical and natural science fields. When studying physical phenomena, especially oscillatory processes, the practical component is no less important than the theoretical one, as it enables a deeper understanding of the essence of the studied processes.

The investigation of oscillations in an RLC circuit provides an opportunity to directly connect theory with practice. Observing damped oscillations, where the amplitude gradually decreases due to energy losses, allows students to clearly trace complex physical laws that can be studied under laboratory conditions. Performing such an experiment involves not only measurements but also data analysis, interpretation, and presentation of results, all of which contribute to the development of a wide range of professional skills.

During the experiment, students acquire several key competencies: they learn to plan research (define objectives, select instruments and methodologies), gain hands-on experience working with measuring equipment such as oscilloscopes, multimeters, and power supplies. They also learn to organize and process data, plot graphs, determine oscillation parameters – period, frequency, and damping coefficient – compare experimental results with theoretical calculations, identify possible discrepancies, and draw generalized conclusions.

An important aspect of the experiment is understanding how the parameters of the circuit (R , L , C) influence oscillatory behavior. Students experimentally verify the relationships between these quantities, which helps them better comprehend the underlying physical laws. For instance, changing the resistance R affects the damping rate of oscillations and allows observing the transition from oscillatory to aperiodic modes. Such work simultaneously fosters skills in evaluating measurement uncertainties and develops critical thinking in data analysis.

The use of modern technologies – computer modeling and specialized software for data processing – significantly enhances the experimental experience. This approach enables not only physical measurements but also comparison with virtual models, deepening the understanding of the relationship between theory and practice.

Thus, the study of damped oscillations in an electrical circuit serves as an effective means of comprehensive development of experimental competencies. It contributes not only to mastering the fundamentals of electrodynamics but also to forming analytical thinking, practical instrument-handling skills, and data-processing abilities. This approach ensures not mechanical memorization of facts, but a profound and conscious mastery of knowledge, forming the foundation of the professional competence of future specialists.

Key words: damped oscillations, RLC circuit, practical skills, experimental competencies.

Актуальність проблеми. У добу стрімкого технологічного розвитку від випускників очікують не лише глибоких теоретичних знань, а й умінь застосовувати їх на практиці. Традиційні підходи, зосереджені лише на теорії, уже не відповідають потребам сучасного ринку праці. Тому формування експериментальних умінь стає важливою складовою фахової підготовки.

Дослідження згасаючих коливань у електричному контурі є ефективним способом розвитку таких компетентностей. Під час експерименту студенти працюють із реальним обладнанням, виконують вимірювання, аналізують результати й порівнюють їх із теоретичними моделями. Це сприяє глибшому розумінню фізичних процесів, формує критичне мислення та навички оцінки похибок.

Актуальність теми полягає у вдосконаленні навчально-експериментальних методик, що поєднують теорію з практикою та готують конкурентоспроможних фахівців для високотехнологічних галузей.

Мета дослідження – на основі розробленої лабораторної роботи розробити ефективні методичні підходи до формування й розвитку

експериментальних компетентностей студентів під час вивчення згасаючих коливань в електричному контурі.

Виклад основного матеріалу. Згасаючі електричні коливання становлять один із базових розділів електродиніки та є невід'ємною складовою низки фундаментальних дисциплін технічного й природничого спрямування. Їхнє вивчення має не лише теоретичне, а й практичне значення, адже принципи, що лежать в основі цих процесів, застосовуються у більшості сучасних електронних і радіотехнічних систем.

У межах навчальної дисципліни «Фізика з основами радіоелектроніки» студенти опановують основи теорії електричних коливань – від ідеалізованих незгасаючих процесів в LC-контурі до більш реалістичних моделей, у яких враховується вплив опору. Значну увагу приділено введенню поняття резистивного елемента (R) та дослідженню його ролі у формуванні динаміки коливального процесу. Здобувачі освіти розв'язують диференціальні рівняння, що описують поведінку RLC-контур, аналізують режими розряду (коливальний, критичний, аперіодичний) і визначають основні параметри, такі як

частота згасаючих коливань, коефіцієнт зату-
хання та добротність системи (Кевшин, 2022).

Освітній компонент «Електротехніка» роз-
ширює це розуміння, акцентуючи увагу на
практичному аспекті. Тут згасаючі коливання
розглядаються як перехідні процеси, що вини-
кають під час комутацій у колах постійного
та змінного струму. Студенти досліджують
вплив цих процесів на роботу електричного
обладнання, системи захисту та вимірювальну
апаратуру. Розуміння механізмів згасання
є необхідним для забезпечення стабільності,
енергоефективності та надійності електроенер-
гетичних систем (Кевшин, 2021).

У курсі «Електроніка» знання про згасаючі
коливання використовуються як основа для
вивчення резонансних контурів, фільтрів, гене-
раторів та інших елементів електронних схем.
Студенти вчаться налаштовувати параметри
контуру для досягнення необхідної частоти
та добротності, аналізують умови мінімізації
небажаних втрат енергії у генераторах, а також
вивчають застосування затухаючих проце-
сів у фільтрах для виділення окремих частот-
них діапазонів. Такі знання є ключовими для
розробки та оптимізації радіотехнічних при-
строїв – приймачів, передавачів, підсилювачів
та інших систем, що працюють у високочастот-
ному діапазоні (Кевшин, 2018).

Отже, послідовне та взаємопов'язане
вивчення згасаючих електричних коливань
у курсах «Фізика з основами радіоелектроніки»,
«Електротехніка» та «Електроніка» забезпечує
формування цілісного уявлення про явище – від
фундаментальних фізичних принципів і мате-
матичних моделей до практичних технічних
застосувань. Такий підхід створює міцне теоре-
тичне підґрунтя та водночас розвиває необхідні

експериментальні та аналітичні навички, які
є запорукою професійної компетентності май-
бутніх інженерів та науковців.

У реальних електричних колах коливання
завжди мають згасаючий характер через наяв-
ність сил опору, унаслідок чого частина енер-
гії електромагнітного поля перетворюється на
тепло (Гресь, 2023). Схематичне зображення
RLC-контуру подано на рисунку 1.

Відповідно до другого правила Кірхгофа
можемо записати: $U_R + U_C = U_L$. Спад напруги на
опорі виразимо через заряд dq : $U_R = IR = \frac{dq}{dt} R$.
У свою чергу, різницю потенціалів на обкладках
конденсатора виразимо через його ємність C
і заряд q : $U_C = \frac{q}{C}$. Згідно із законом самоіндук-
ції напруга на індуктивності буде рівна:

$$U_L = -L \frac{dI}{dt} = -L \frac{d^2q}{dt^2}.$$

З вище написаних виразів маємо:

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

Перепишемо останній вираз по іншому:

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

Позначимо власну частоту коливального
контуру як: $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$, а коефіцієнт згасання
як: $\beta = \frac{R}{2L}$.

У результаті одержимо диференціальне рів-
няння згасаючих коливань:

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

Розв'язок даного рівняння запишемо
у наступному виді:

$$q = q_0 \exp(-\beta t) \cos(\omega t + \varphi_0), \quad (1)$$

де q_0 – максимальне значення заряду на обклад-
ках конденсатора у момент часу $t = 0$; φ_0 –
початкова фаза коливань; ω – циклічна частота
загасаючих коливань, яка розраховується за
формулою:

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2} = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}.$$

Диференціюючи вираз (1) по часу, отримаємо
рівняння згасаючих коливань струму в контурі:

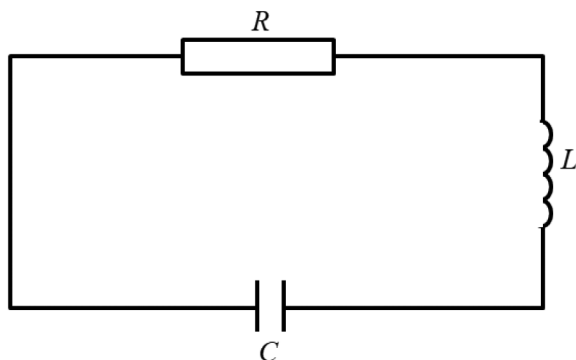


Рис. 1. Електрична схема коливального
контуру

$$I = \frac{dq}{dt} = I_0 \exp(-\beta t) \cos(\omega t + \varphi_1), \quad (2)$$

де $I_0 = \omega q_0$ – початкова амплітуда сили струму у колі; $\varphi_1 = \varphi_0 - \frac{\pi}{2}$ – початкова фаза коливань сили струму.

На рис. 2 показано залежність сили струму від часу при згасаючих коливаннях:

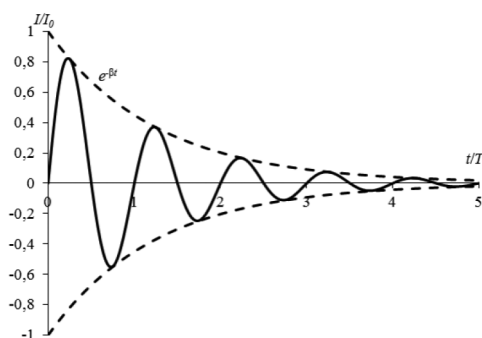


Рис. 2. Залежність сили струму від часу при згасаючих коливаннях

Як бачимо з формули (2), амплітуда коливань змінюється з часом за експоненційним законом:

$$I_m = I_0 \exp(-\beta t).$$

Коефіцієнт згасання β характеризує швидкість зменшення амплітуди коливань. За час релаксації $\tau = \frac{1}{\beta}$ амплітуда коливань зменшиться в e раз. При збільшенні коефіцієнта згасання β період згасаючих коливань зростає і при $\beta = \omega_0$ прямує до нескінченності, тобто процеси, що протікають у контурі при розряді конденсатора, не носять періодичного характеру. Такі коливання називають аперіодичними.

Із збільшенням коефіцієнта згасання період згасаючих коливань також зростає. Якщо коефіцієнт згасання досягає певного критичного значення $\beta = \omega_0$, цей період стає нескінченно великим. Це означає, що

коливання перестають бути періодичними, і процеси в контурі, що відбуваються під час розряду конденсатора, набувають аперіодичного характеру.

Однією з характеристик загасаючих коливань є логарифмічний декремент згасання θ : $\theta = \ln \left(\frac{I_m(t)}{I_m(t+T)} \right) = \beta T$, де $N = \frac{1}{\theta}$ – кількість коливань, після яких амплітуда зменшиться в e раз.

Втрату енергії за період коливань T характеризує добротність коливального контуру Q , яка пропорційна відношенню запасеної енергії $W(t)$ до втрати енергії за період коливання $\Delta W(t+T)$: $Q = 2\pi \frac{W(t)}{\Delta W(t+T)}$. У випадку слабого згасання

$$\beta \ll \omega_0: Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{\pi}{\theta}.$$

Щоб визначити коефіцієнт згасання, необхідно виміряти, як змінюється амплітуда напруги з часом, зафіксувавши при цьому обране значення опору: $\ln \left(\frac{U}{U_0} \right) = -\beta t$.

Декремент згасання рівний відношенню двох сусідніх амплітуд коливань: $\chi = \frac{U_m}{U_{m+1}}$.

Порядок виконання роботи для дослідження згасаючих електромагнітних коливань у коливальному контурі.

1. Зберіть схему послідовного резонансного контуру, відповідно до рис. 3. На схемі ГН – генератор напруги спеціальної форми.

2. Встановіть мінімальний опір на магазині опорів. Ключ К розімкніть.

3. Включіть осцилограф та генератор напруги спеціальної форми. Кнопкою вибору форми сигналів встановіть виберіть імпульси П подібної форми, а частоту 200 Гц.

4. На осцилографі одержіть осцилограму, як показано на рис. 4. Стійке зображення кривої та

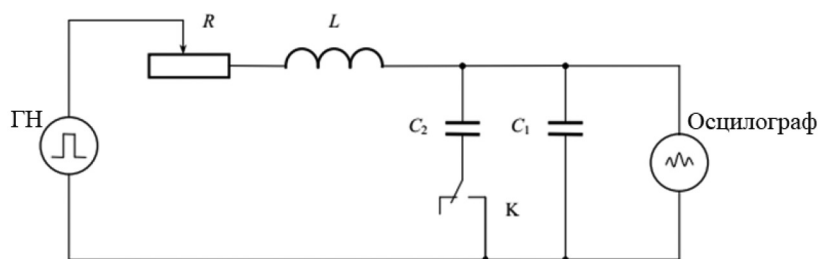


Рис. 3. Схема установки для дослідження згасаючих коливань

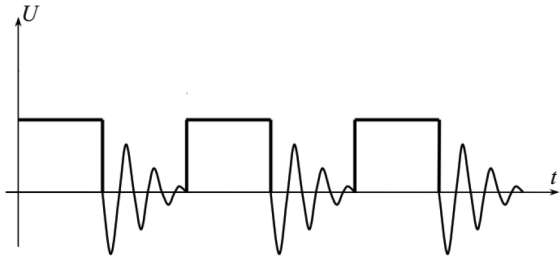


Рис. 4. Осцилограма напруги на конденсаторі

необхідні розміри осцилограми забезпечується регулюванням відповідними ручками осцилографа.

5. Виміряйте період згасаючих коливань для двох значень ємності: C_1 та $C = C_1 + C_2$. Перевірте виміряні значення періоду з теоретично розрахованими за допомогою формули Томсона: $T = 2\pi\sqrt{LC}$.

6. Виміряйте критичний опір для двох значень ємності, збільшуючи опір магазину опорів R_m (з кроком 20 Ом) до встановлення аперіодичного режиму. Експериментальне значення $R_{кр}$ визначається як сума опору магазину опорів R та активного опору котушки $R_{кр}$.

Порівняйте з теоретично розрахованим значенням за допомогою формули $R_{кр} = 2\sqrt{\frac{L}{C}}$.

7. Побудуйте графік залежності логарифмічного декременту $\theta = f(R_m)$.

Висновки. Згасаючі електричні коливання – природна властивість будь-якого реального кола, адже опір завжди спричиняє втрати енергії. Це явище є основою електродинаміки та важливим для розуміння багатьох фізичних і технічних процесів.

Вивчення згасаючих коливань у курсах «Фізика з основами радіоелектроніки», «Електротехніка» та «Електроніка» поєднує теорію з практикою. Студенти аналізують RLC-контур, визначають коефіцієнт згасання, добротність і режими розряду, а також працюють з осцилографом, вимірюють період коливань і спостерігають перехід до аперіодичного процесу.

Таке поєднання теоретичних і практичних знань формує цілісне розуміння явища, розвиває аналітичне мислення та готує фахівців до моделювання й проєктування сучасних електронних систем.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Кевшин А. Г., Галян В. В. Фізика з основами радіоелектроніки: конспект лекцій. Луцьк : Вежа-Друк, 2022. 113 с.
2. Кевшин А. Г., Новосад О. В., Федосов С. А. Електротехніка : навч. посіб. Луцьк, 2021. 127 с.
3. Кевшин А. Г., Галян В. В. Електроніка : конспект лекцій. Луцьк : Вежа-Друк, 2018. 87 с.
4. Гресь В., Глейзер Н., Наземцева Л. Коливання і хвилі: Конспект лекцій. Харків : УкрДУЗТ, 2023. 71 с.

REFERENCES:

1. Kevshyn, A. H., & Halian, V. V. (2022). *Fizyka z osnovamy radioelektroniky: Konspekt lektzii* [Physics with fundamentals of radio electronics: Lecture notes]. Lutsk : Vezha-Druk. [in Ukrainian].
2. Kevshyn, A. H., Novosad, O. V., & Fedosov, S. A. (2021). *Elektrotekhnika: Navchalnyi posibnyk* [Electrical engineering: Textbook]. Lutsk. [in Ukrainian].
3. Kevshyn, A. H., & Halian, V. V. (2018). *Elektronika: Konspekt lektzii* [Electronics: Lecture notes]. Lutsk : Vezha-Druk. [in Ukrainian].
4. Hres, V., Hleizer, N., & Nazemtseva, L. (2023). *Kolyvannia i khvyli: Konspekt lektzii* [Oscillations and waves: Lecture notes]. Kharkiv : UkrDUZT. [in Ukrainian].

Дата надходження статті: 29.09.2025

Дата прийняття статті: 18.10.2025

Опубліковано: 30.12.2025