

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Державний вищий навчальний заклад
«Національний гірничий університет»

Методичні вказівки
до лабораторної роботи
№ 4.27.10

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗГАСАЮЧИХ КОЛИВАНЬ

г. Дніпропетровськ
2011

Електродинаміка. Частина II. Матеріали методичного забезпечення дисципліни «Фізика» для студентів усіх спеціальностей. / Л.І. Барташевська, А.С. Зайцев, В.М. Мандрікевич, Т.В. Морозова, А.В.Чернай, – Д.: Національний гірничий університет, 2011

Автори:

Л.І. Барташевська, А.С. Зайцев, кандидати фіз.-мат. наук;

В.М. Мандрікевич, Т.В. Морозова, старші викладачі;

А.В. Чернай, д-р фіз.-мат. наук, професор.

Усі укладачі приймали участь в розробці методичних вказівок до лабораторних робіт та удосконаленні їх макетів.

Затверджено до видання редакційною радою НГУ (протокол № від) за наказом методичної комісії напряму підготовки 6.050301 Гірництво (протокол №_від_2011р.)

Методичні матеріали призначені для самостійної підготовки студентів усіх інженерних спеціальностей до лабораторних робіт та контролю практичних і лабораторних занять з нормативної дисципліни «Фізика».

Розглянуто теоретичні відомості, прилади та установки, що використовуються у лабораторних роботах.

Рекомендації орієнтовано на активацію навчальної діяльності студентів.

Відповідальний за випуск завідувач кафедри фізики, канд.фіз.-мат., наук, проф. І.П. Гаркуша.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗГАСАЮЧИХ КОЛИВАНЬ

Прилади та обладнання: 1) касета ФПЕ-10; 2) перетворювач імпульсів (ка-сета ФПЕ-ПІ); 3) електронний осцилограф; 4) генератор електромагнітних коли-вань звукової частоти; 5) магазини опорів та ємностей; 6) джерело живлення.

Мета роботи: 1) вивчення згасаючих коливань у коливальному контурі при різних величинах його активного опору контуру; 2) розрахунок логарифмі-чного декременту згасання та параметрів коливального контуру.

Опис приладу та теоретичні відомості

Принципова електрична схема лабораторної установки зображена на рис. 1. Прямокутний імпульс напруги надходить від перетворювача імпульсів (ПІ) на кон-денсатор C коливального контуру. Конденсатор заряджається практично миттєво, тому що опір кола заряджання малий. Потім конденсатор розряджається через опір R і котушку індуктивності L . Якщо $R < R_{\text{крит}}$, то у коливальному контурі виникають згасаючі коливання. При проходженні наступного імпульсу процеси заряджання та розряджання повторюються.

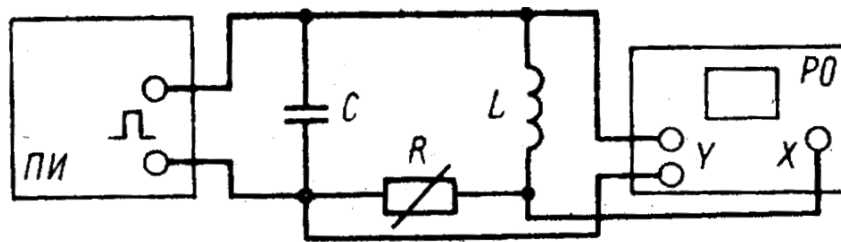


Рис. 1

Напруга з конденсатора коливального контуру надходить на вхід Y елект-ронного осцилографа РО. При увімкненій розгортці на екрані осцилографа можна спостерігати за процесом згасання коливань. При $R \geq R_{\text{крит}}$ коливальний процес пе-реходить у аперіодичний. У ряді випадків коливальний процес зручно вивчати у си-стемі координат $I - U$, де I – струм у контурі, а U – напруга на конденсаторі.

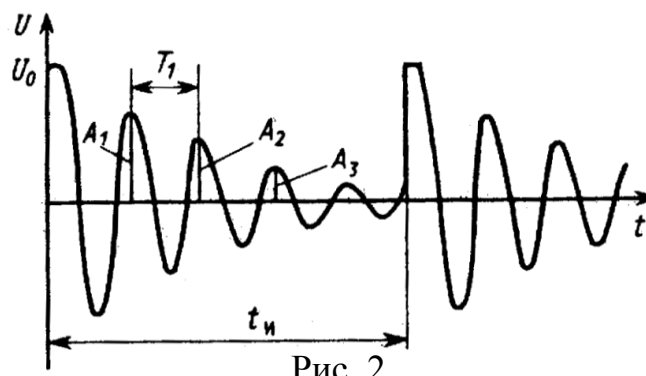


Рис. 2

Площу $I - U$ називають фазовою, і криву, яка зображує залежність сили струму від напруги, також називають фазовою.

Розглянемо, який вигляд буде мати фазова крива, якщо $R = 0$. У цьому

випадку напруга на пластинах конденсатора змінюється за законом

$$U = U_0 \cos(\omega_0 t + \varphi), \quad (1)$$

а сила струму у контурі –

$$I = -C \frac{dU}{dt} = CU_0 \omega \sin(\omega_0 t + \varphi). \quad (2)$$

Якщо вилучити з рівнянь (1) та (2) час, то можна отримати рівняння фазової кривої вигляду

$$\left(\frac{U}{U_0}\right)^2 + \left(\frac{I}{CU_0 \omega_0}\right)^2 = 1. \quad (3)$$

Це буде рівняння еліпса. У разі згасаючих коливань амплітуди напруги та сили струму в контурі безперервно зменшуються, а фазова крива перетворюється у спіраль, яка безперервно наближається до фокуса 0 (рис. 3,а). При $R \geq R_{\text{крит}}$ коливальний процес у контурі припиняється і спіраль має вигляд кривої, як це видно на рис. 3,б.

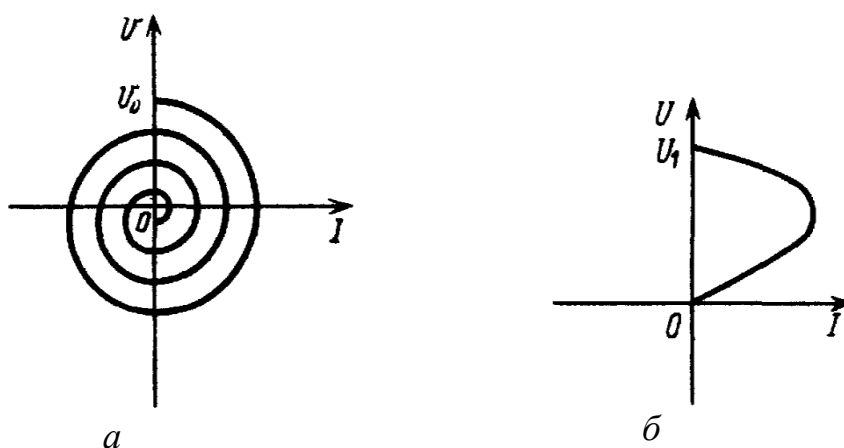


Рис. 3

Послідовність вимірювань

1. Зберіть схему установки відповідно до рис. 4.
 2. Установіть на магазині опорів $R_1 = 100 \text{ Ом}$.
 3. Натисніть на кнопки $\square$ і "СКВАЖНОСТЬ – ГРУБО" на перетворювачі імпульсів.
 4. Установіть такі значення параметрів вихідної напруги генератора PQ: частота 250 Гц, вихідна напруга не повинна бути більшою за 3 В.
 5. Осцилограф підготуйте для спостереження сигналів, параметри яких наведені у п. 4.
- Після перевірки схеми викладачем, починайте виконувати завдання роботи.

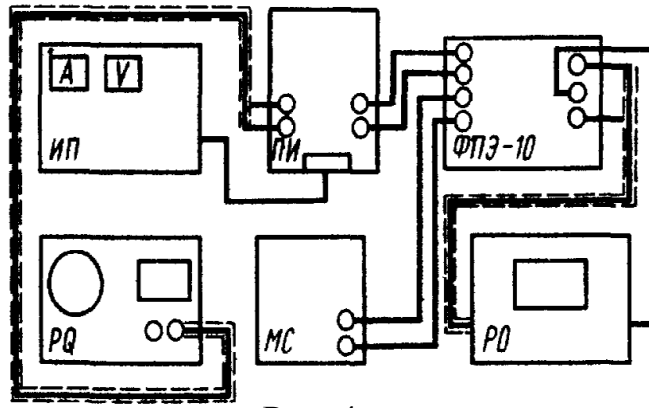


Рис. 4

Завдання 1. Вивчення згасаючих коливань з різними опорам контуру

1. Підключіть лабораторний стенд і прилади до джерела живлення, установіть за шкалою вольтметра звукового генератора напругу 2 – 3 В, яка необхідна для роботи перетворювача імпульсів.

2. На екрані осцилографа отримайте стійку картину з одного – двох періодів згасаючих коливань (див. рис. 2). У разі необхідності змінійте частоту проходження імпульсів, повільно змінюючи частоту звукового генератора так, щоб згасання коливань було достатньо повним. Обертаючи ручку "СКВАЖНОСТЬ" перетворювача імпульсів, зробіть так, щоб спадання імпульсів не спотворювало криву першого періоду згасаючих коливань.

3. Визначіть у поділках сітки на екрані осцилографа період згасаючих коливань T_1 та відстань між сусідніми імпульсами t_i (див. рис. 2). Розрахуйте період згасаючих коливань у секундах за формулою

$$T = \frac{T_1}{t_i f}, \quad (4)$$

де f – частота звукового генератора.

4. Одержані результати занесіть у табл. 1.

Таблица 1

R_m	T	A_1	A_2	A_3	λ	β	R_L	L	$R_{крит}$

5. Визначіть у поділках сітки осцилографа амплітуди A_1 , A_2 , A_3 згасаючих коливань і запишіть їх значення у табл. 1. За формулою $\lambda = \ln \frac{A_1}{A_2}$ розрахуйте логарифмічний декремент згасання λ для кожної пари значень амплітуд A . Знайдіть середнє значення $\lambda = \frac{(\lambda_1 + \lambda_2)}{2}$ і занесіть його у табл. 1.

6. Розрахуйте коефіцієнт згасання $\beta = \lambda/T$. Занесіть його у табл. 1.

7. Виконайте вимірювання і розрахунки (пп. 3 і 5) з іншими значеннями R_m ($R_m = 300, 500, 600 \text{ Ом}$).

8. Виберіть такий опір магазина $R_{м_{крит}}$, при якому починається аперіодичне розрядження конденсатора. Запишіть його значення.

9. Побудуйте графік залежності логарифмічного декременту λ від R_m і продовжте його до перетину з віссю абсцис (рис. 5). Відрізок R_L дорівнює опору котушки коливального контуру.

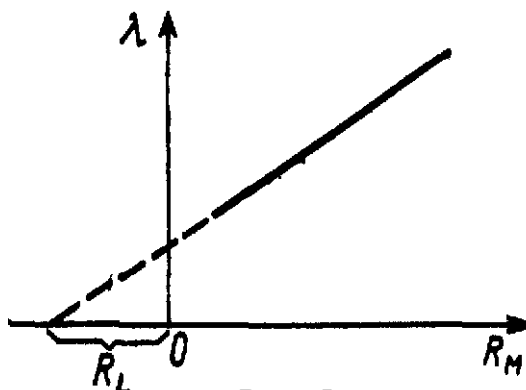


Рис. 5

Повний опір контуру $R = R_m + R_L$.

$$\lambda = \beta T = \frac{R_m + R_L}{2L} T. \quad (5)$$

10. Використовуючи дані табл. 1 і виразивши з формули (5) індуктивність котушки, розрахуйте її. Використовуючи значення ємностей конденсатора, які наведені на касеті ФПЕ-20, розрахуйте критичний опір $R_{крит}$ контуру за формулою

$$R_{крит} = 2\sqrt{\frac{L}{C}}.$$

Порівняйте розраховане з експериментальним значенням критичного опору, тобто

$$R_{кр_{екс}} = R_{м_{крит}} + R_L.$$

Завдання 2. Вимірювання логарифмічного декременту згасання за допомогою фазової кривої

1. На магазині опорів увімкніть опір $R_m = 100$ Ом.
2. Підключіть розгортку осцилографа і спостерігайте на екрані за фазовою кривою. Перемістіть фазову криву так, щоб фокус знаходився у центрі екрана.
3. Виміряйте за фазовою кривою напруги і сили струмів, які розділені періодом коливань, тобто відстані від фокуса фазової кривої до точок перетину витків спіралі з віссю напруги або сили струму. Вимірювання виконуйте у поділках сітки на екрані осцилографа для трьох витків фазової кривої. Результати занесіть у табл. 2.

Таблиця 2

R_m	U_1	U_2	U_3	λ	I_1	I_2	I_3	λ

4. Здійсніть вимірювання (п. 3) при інших значеннях опорів магазина

($R_M = 200; 500 \text{ Ом}$). Для кожного значення R_M розрахуйте логарифмічний декремент згасання, результати запишіть у табл. 2.

5. Увімкніть $R_M \geq R_{\text{крит}}$. Накресліть фазову криву аперіодичного процесу.

6. Вимкніть прилади і лабораторний стенд.

Контрольні питання

1. У коливальному контурі за 1 с відбувається 100 коливань. Амплітуда коливань за цей час зменшується в $e = 2,72$ рази. Визначте логарифмічний декремент згасання.

2. Що являє собою критичний опір коливального контуру $R_{\text{крит}}$?

3. Який вигляд має залежність логарифмічного декременту згасання $\lambda = f(R)$, де R – опір коливального контуру?

Література

1. Кучерук І.М., Горбачук І.Т., Луцик П.П. Загальний курс фізики. – К.: Техніка, 2001. – Т.2. с. 389 – 392.