

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

Методичні вказівки
до лабораторної роботи
№ 4.27.1

ВИМІРЮВАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ОСЦИЛОГРАФА

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 кафедру фізики, канд.фіз.-мат., наук, проф. І.П. Гаркуша.

ВИМІРЮВАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ОСЦИЛОГРАФА

Прилади та обладнання: 1) електронний осцилограф (РО); 2) генератор електромагнітних коливань звукової частоти (РQ); 3) джерело живлення (ДЖ).

Мета роботи: 1) ознайомлення з функціональною схемою і принципом роботи електронного осцилографа, 2) дослідження гармонійних коливань та принципа суперпозиції.

Опис приладу та теоретичні відомості

Осцилограф (від латинського *oscilo* – коливаюсь і грецького *grapho* – пишу) – вимірювальний прилад, який використовують для візуального спостереження сигналів, дослідження їх форми, вимірювання основних параметрів сигналів: амплітуди, частоти, фазових зсувів та ін.

Найпоширенішими сигналами є електричні (струм або напруга), які змінюються за часом.

В електронних осцилографах сигнал зображується за допомогою сфокусованого електронного променя, який збуджує світіння люмінофора електронно-променевої трубки.

Функціональна схема осцилографа має такі основні блоки: базовий блок, до складу якого входить електронно-променева трубка (ЕПТ), схема керування променем (яскравість, фокус, зсув зображення по вертикалі і горизонталі), блок живлення; блок підсилення вертикального відхилення променя; блок розгортки, в складі якого є генератор розгортки та підсилювач горизонтального відхилення променя.

В осцилографі передбачена можливість подачі зовнішньої напруги безпосередньо на вихід підсилювача горизонтального відхилення променя. При цьому підсилювач горизонтального відхилення відключають від генератора розгортки і сигнал подають на вхід «Х».

Принцип дії осцилографа оснований на використанні властивостей електронно-променевої трубки, яка зображена на рис.1.

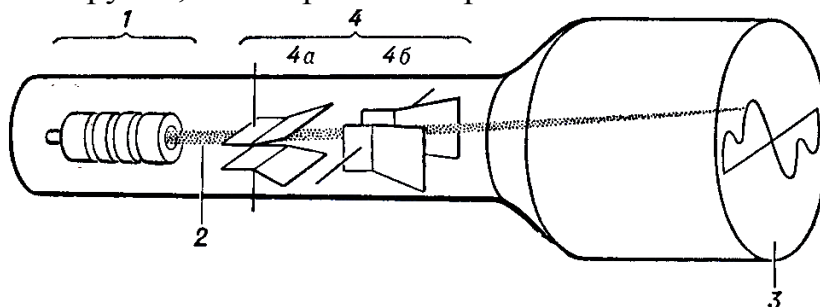


Рис. 1

Основними елементами ЕПТ є поміщені у вакуумну оболонку: а) електронний прожектор 1, який формує вузький пучок електронів 2; б) люмінесцентний екран 3, який світиться під впливом електронного пучка; в) електростатична система 4, яка відхиляє пучок у двох взаємно перпендикулярних напрямках. Відхиляюча система утворюється двома ортогонально розташованими парами пластин 4а і 4б, кожна з яких після подачі на них напруги створює електричне поле, поперечне до осі трубки.

Відхилення електронного пучка по вертикалі відбувається під дією змінної напруги досліджуваного сигналу, яка підводиться до пластин 4а. Їх називають Y пластинами. На екрані буде прокреслена вертикальна світна лінія.

Якщо подати змінну напругу на пластини 4б (відповідно їх називають X пластинами, а змінну напругу – розгорткою), то на екрані буде прокреслена горизонтальна світна лінія.

Для того щоб на екрані осцилографа можна було спостерігати, як у якомусь фізичному процесі величина y змінюється залежно від зміни другої фізичної величини x ($y = f(x)$), необхідно подати змінні напруги одночасно на обидві пари пластин. В експерименті часто доводиться вимірювати фізичні величини, які змінюються за часом – $y = f(t)$. При цьому на пластини Y необхідно подати напругу U_y , яка пропорційна вимірюваній величині, а на горизонтально відхилювальні пластини – напругу U_x , яка змінюється за часом лінійно. Це необхідно для того, щоб світна точка по горизонталі переміщувалася пропорційно часу, тобто зі сталою швидкістю. Тому в складі осцилографа обов'язково є генератор розгортки, що виробляє напругу, яка змінюється так, як зображено на рис. 2. Таку напругу називають пілкоподібною.

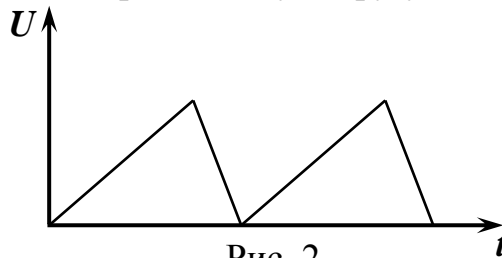


Рис. 2

Якщо розгортальна напруга (розгортка) буде синусоїдною, то на екрані осцилографа можна спостерігати фігури Ліссажу, які не відтворюють безпосередньо форму кривої досліджуваного сигналу. Використовуючи такі фігури, можна визначити частотні, фазові або амплітудні співвідношення напруг, що підведені до відхилювальних пластин ЕПТ. Напругу на відхилювальні пластини подають через підсилювачі. Характеристики підсилювачів відхилювальних пластин багато в чому визначають можливості осцилографа.

Послідовність вимірювань

У лабораторній роботі вимірюють: амплітуди (завдання 1), частоти гармонійних коливань (завдання 2), а також спостерігають за складанням гармонійних коливань одного напрямку (завдання 3) і фігури Ліссажу, які є результатом складання двох гармонійних коливань, що відбуваються у взаємно перпендикулярних напрямках (завдання 4).

Дослідження синусоїдного сигналу

Завдання 1 і 2. Вимірювання амплітуди та частоти гармонічних коливань

1. Зберіть схему, зображену на рис. 3.
2. Увімкніть осцилограф і генератор електромагнітних коливань звукової частоти (ЗГ). На екрані осцилографа отримайте стійку картину сигналу (ЗГ).

3. Визначить період T і частоту $\nu = \frac{1}{T}$ декількох синусоїдних сигналів, виходячи з того, що період сигналу є добутком трьох величин: розміру координати по осі X (см), тривалості розгортки та множника тривалості.

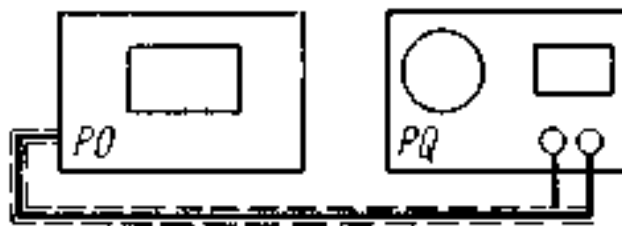


Рис.3

4. За визначеним періодом сигналу розрахуйте його частоту й порівняйте отриманий результат з частотою, що знайдена за шкалою частот звукового генератора.

Результати вимірювань занесіть у табл. 1.

Таблиця 1

№ з/п	Період коливаний, поділка	Тривалість розгортки, поділка/см	Множник	Період коливаний, с	Частота коливаний, Гц	Частота коливаний ЗГ, Гц
1						
2						
3						
4						
5						

5. Установіть за допомогою перемикача V/cm і множника синусоїду в межах робочої частини екрана.
6. Розрахуйте амплітуду сигналу у вольтах. Амплітуда у вольтах є добутком трьох величин: розміру координати по осі Y (см), коефіцієнта підсилення по осі Y і множника (для зручності вимірювання амплітуди сигналу можна убрати розгортку).
7. Визначте діюче значення вихідного сигналу U_d звукового генератора за допомогою вольтметра, який розташований на його головній панелі, і розрахуйте амплітуду сигналу за формулою $U_a = U_d \sqrt{2}$. Порівняйте одержаний результат з результатом виміру амплітуди сигналу на екрані осцилографа.
8. Вимірювання, зазначені в пп. 5 – 7, треба повторити декілька разів і результати записати у табл. 2.

Таблиця 2

№ з/п	Амплітуда сигналу, поділка	Коефіцієнт підсилення по осі Y , В/см	Множник	Амплітуда сигналу, В	Діюче значення напруги, В
1					
2					
3					
4					
5					

Завдання 3. Складання гармонічних коливань

Колівальна система може одночасно виконувати декілька коливань. Окремі коливання при цьому складаються в результуюче коливання. Ґрунтується складання коливань на принципі суперпозиції. Цей принцип є наслідком лінійності рівнянь руху, які описують гармонічні коливання.

Треба відрізнити складання коливань, які здійснюються в одному напрямку, і складання коливань, які відбуваються у взаємно перпендикулярних напрямках.

Якщо два коливання відбуваються в одному напрямку і з однаковими частотами, а рівняння коливань мають вигляд

$$x_1 = A_1 \cos(\omega t + \varphi_1) \quad \text{і} \quad x_2 = A_2 \cos(\omega t + \varphi_2),$$

то результуюче коливання буде відбуватися у тому самому напрямку і з тією ж частотою та буде мати вигляд

$$x = A \cos(\omega t + \varphi),$$

де A – амплітуда результуючого коливання.

Амплітуду A та початкову фазу φ результуючого коливання можна визначити за допомогою векторної діаграми, тобто

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)}. \quad (3)$$

Із рівняння (3) випливає, що коли різниця фаз $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$ дорівнює нулю, то $A = A_1 + A_2$, а якщо $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = \pi$, то $A = A_1 - A_2$. У першому випадку здійснюється складання синфазних коливань, у другому – протифазних.

При складанні двох гармонічних коливань одного напрямку з різними частотами ω_1 і ω_2 виникає негармонічне коливання.

Якщо частоти гармонічних коливань одного напрямку мало відрізняються одна від одної ($\omega_2 = \omega_1 + \Delta\omega$, а $\Delta\omega \ll \omega_1$), то при складанні таких коливань одержимо коливання з амплітудою, яка періодично змінюється. Такі коливання мають назву биття (рис. 4).

При припущенні, що $A_1 = A_2 = A$ і $\varphi_1 = \varphi_2$, зміщення x результуючого коливання визначається за такою формулою:

$$x = \left(2A \cos \frac{\omega_1 - \omega_2}{2} t \right) \cos \frac{\omega_1 + \omega_2}{2} t. \quad (4)$$

Коливання (4) можна розглядати як гармонічне з амплітудою биття

$$A_{\delta} = 2A \cos \frac{\omega_1 - \omega_2}{2} t. \quad (5)$$

Період биття – це проміжок між сусідніми моментами часу, в які амплітуда дорівнює нулю. Період биття визначається так

$$T_{\delta} = \frac{2\pi}{\omega_1 - \omega_2}. \quad (6)$$

Частота биття
$$V_{\delta} = V_1 - V_2. \quad (7)$$

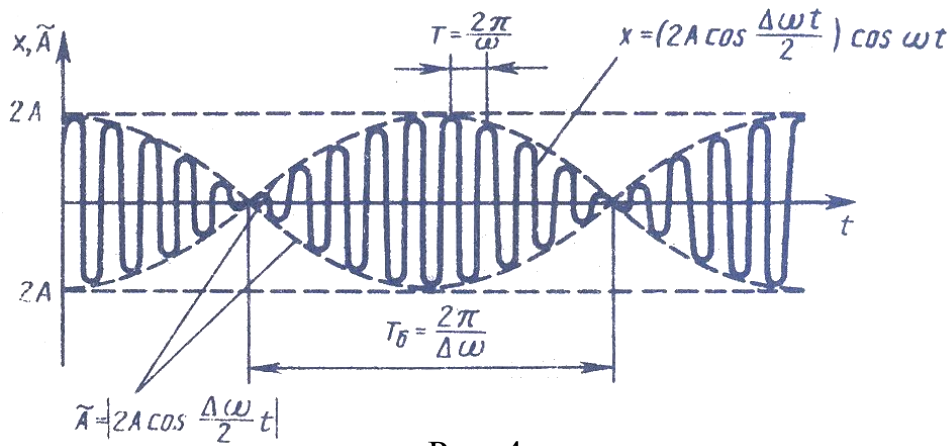


Рис. 4

Якщо тіло здійснює гармонічні коливання з однаковими частотами, що відбуваються у двох взаємно перпендикулярних напрямках уздовж x і y , рівняння яких мають вигляд

$$x = A_1 \cos \omega t \quad \text{і} \quad y = A_2 \cos \omega t, \quad (10)$$

тоді рівняння результуючого коливання можна отримати, якщо з рівнянь (10) виключити час, тобто

$$\frac{x}{y} = \frac{A_1}{A_2}, \quad y = \frac{A_2}{A_1} x. \quad (11)$$

Таким чином, тіло, яке здійснює коливання у двох взаємно перпендикулярних напрямках і зі зсувом фаз між ними, що дорівнює нулю, буде коливатися вздовж відрізка прямої, яка лежить у I і III чвертях (рис. 5).

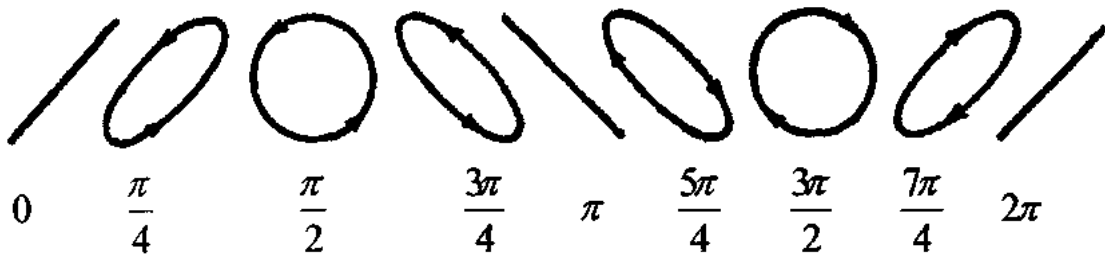


Рис. 5

Якщо зсув фаз коливань дорівнює π , то траєкторія результуючого коливання буде відрізком прямої, яка лежить у II і IV чвертях.

Вигляд фігур Ліссажу (замкнених траєкторій, що описує точка, яка бере одночасно участь у двох взаємно перпендикулярних коливаннях) наведений на рис. 6.

Послідовність вимірювань

1. Зберіть схему, яка зображена на рис. 7.
2. Перемикач "РАЗВЕРТКА" встановіть у положення "ВНІШ". При цьому на вхід підсилювача горизонтального відхилення буде подана змінна напруга, частота якої 50 Гц.
3. Змінюючи частоту генератора, отримайте на екрані стійке зображення фігури. Визначте число точок перетину кривої з осями $X - n_x$ та $Y - n_y$. Якщо вісь проходить через точку перетину гілок кривої, то кількість перетинів

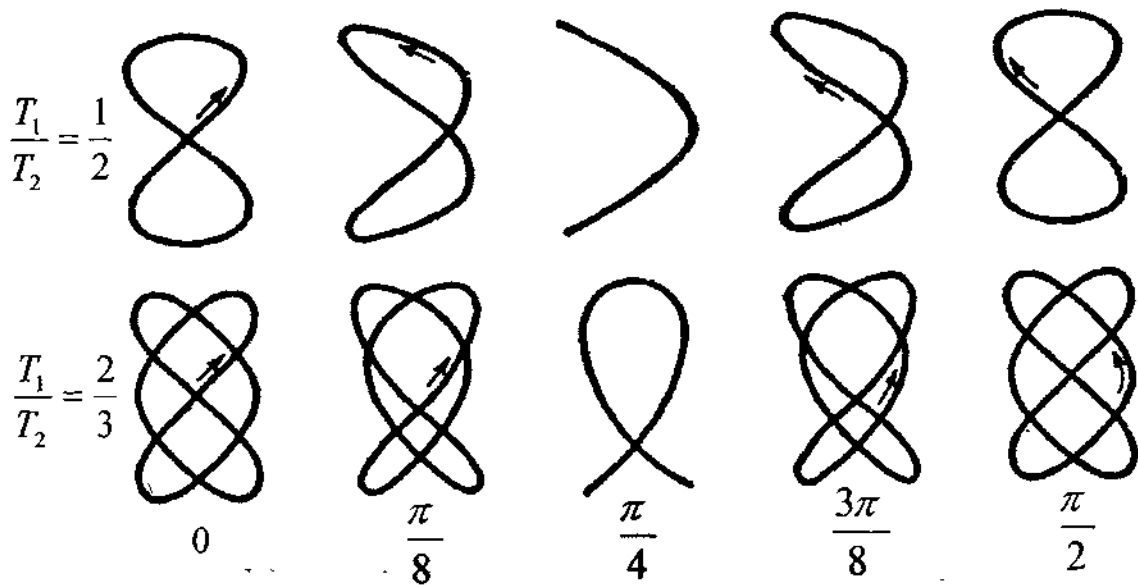


Рис. 6

у цьому випадку рахують двічі.
За формулою

$$v_y = \frac{n_x}{n_y} v_x$$

розрахуйте частоту v_y і порівняйте отриманий результат з показаннями генератора.

4. Отримайте фігури Ліссажу при співвідношенні частот 2:1, 1:1, 1:2, 1:3 та ін.

Результати вимірювань та рисунки фігур Ліссажу занесіть у табл. 3.

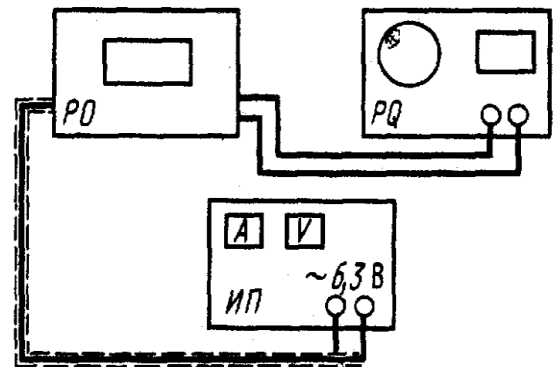


Рис. 7

Таблиця 3.

№	n_x	n_y	v_x	v_y	v (генератора НЧ)	Фігури Ліссажу
1						
2						
3						
4						
5						

Контрольні питання

1. Яке призначення має осцилограф?
2. На який вхід осцилографа подають сигнал, що треба дослідити?
3. Як підготувати осцилограф до роботи?
4. Як вимірюють амплітуду та тривалість сигналу?

Література

1. Кучерук І.М., Горбачук І.Т., Луцик П.П. Загальний курс фізики. – К.: Техніка, 2001. – Т.2. с. 204 – 211.