

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ЩОДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ  
З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «ФІЗИКА»  
«ОСЦИЛОГРАФІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДОДАВАННЯ  
ГАРМОНІЙНИХ КОЛИВАНЬ»  
(РОЗДІЛ «МЕХАНІКА І МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА»)  
ДЛЯ СТУДЕНТІВ ТЕХНІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ  
ДЕННОЇ ТА ЗАОЧНОЇ ФОРМ НАВЧАННЯ

КРЕМЕНЧУК 2011

Методичні вказівки щодо виконання лабораторної роботи з навчальної дисципліни «**Фізика**» «Осцилографічні дослідження додавання гармонійних коливань» (розділ «Механіка і молекулярна фізика») для студентів технічних спеціальностей денної та заочної форм навчання

Укладач: старш. викл. О.І.Лисенко

Рецензент д.т.н., проф. О.І.Єлізаров

Кафедра фізики

Затверджено методичною радою Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

Протокол №\_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_

Заступник голови методичної ради \_\_\_\_\_доц. С.А.Сергієнко

# ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 1-6 ОСЦИЛОГРАФІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДОДАВАННЯ ГАРМОНІЙНИХ КОЛИВАНЬ

**ТЕМА РОБОТИ** Додавання гармонійних коливань

**МЕТА РОБОТИ** Осцилографічні дослідження додавання гармонійних коливань і порівняння результатів з теорією додавання коливань.

**ТЕХНІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ**

Генератор звукових коливань ГЗ-53, генератор звукових коливань ГЗ -18, електронний осцилограф, з'єднувальні провідники.

## 1 ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

1.1 Додавання взаємно перпендикулярних коливань.

Одна і та сама матеріальна точка може одночасно брати участь у двох коливаннях, заданих рівняннями:

$$x = A_1 \sin(\omega t), \quad y = A_2 \sin(\omega t).$$

Задача про додавання коливань полягає в побудові траєкторії результуючого руху точки. Форма траєкторії залежить від різниці фаз коливань, що додаються, співпадаючої з початковою фазою другого коливання. Найбільшу цікавість викликають три випадки:

1.  $\varphi = 2\pi n$ , де  $n = 0, 1, 2, 3, \dots$ . Рівняння другого коливання

$$y = A_2 \sin(\omega t) = A_2 \sin(\omega t + \varphi).$$

Поділивши почленно рівняння, одержимо рівняння траєкторії:

$$y = A_2 x / A_1.$$

2.  $\varphi = (2n+1)\pi$ . Рівняння другого коливання

$$y = A_2 \sin[\omega t + (2n+1)\pi] = -A_2 \sin \omega t.$$

Так само, як у першому випадку, знаходимо рівняння траєкторії

$$y = -A_2 x / A_1.$$

3.  $\varphi = (2n+1)\pi/2$ . Рівняння другого коливання

$$y = A_2 \sin\left[\omega t + \frac{(2n+1)\pi}{2}\right] = \pm A_2 \cos \omega t.$$

Подамо обидва рівняння у вигляді:

$$\frac{x}{A_1} = \sin \omega t, \quad \frac{y}{A_2} = \pm \cos \omega t,$$

піднесемо їх до квадрату, додамо і одержимо рівняння траєкторії:

$$\frac{x^2}{A_1^2} + \frac{y^2}{A_2^2} = 1.$$

За будь-яких інших різниць фаз матеріальна точка рухається по еліпсу, вісі якого не співпадають з координатними вісями. Якщо частоти коливань, що додаються, співвідносяться як цілі числа, то

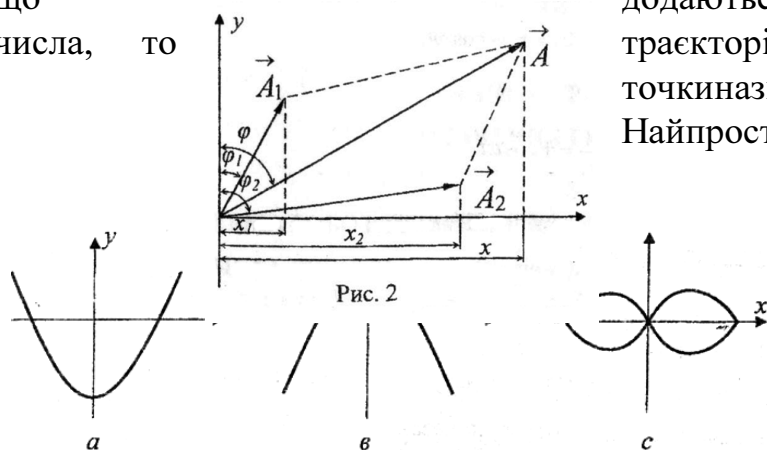


Рис. 2  
Рис. 1  
 $x = \cos \omega t, \quad y = \cos 2\omega t.$

траєкторії результуючого руху точки називаються фігурами Ліссажу. Найпростіша фігура Ліссажу виходить при додаванні двох коливань, заданих рівняннями:

$$x = \cos \omega t,$$

$$y = \cos 2\omega t.$$

Траєкторії при додаванні таких коливань з різницею фаз

$\pi$  і  $\pi/2$  показані на рис.1(a, в).

1.2 Додавання однаконо спрямованих коливань. Обидва коливання мають однакові напрямки і задані рівняннями:

$$x_1 = A_1 \sin(\omega t + \varphi_1), \quad x_2 = A_2 \sin(\omega t + \varphi_2),$$

Векторна діаграма додавання коливань показана на рис. 2.

Рівняння результуючого коливання:

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

амплітуда результуючого коливання:

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\varphi_1 - \varphi_2).$$

Окремі випадки:

при  $\varphi_2 - \varphi_1 = 2\pi n, \quad A = A_1 + A_2;$

при  $\varphi_2 - \varphi_1 = (2n + 1)\pi, \quad A = |A_2 - A_1|.$

Якщо частоти коливань, що додаються, незначно відрізняються одна від одної:

$$x_1 = A \sin \omega t, \quad x_2 = A \sin (\omega + \Delta\omega)t,$$

і амплітуди коливань, що додаються, однакові, то рівняння результуючого коливання, яке називають биттям, має вигляд:

$$x = x_1 + x_2 \approx 2A \cos \frac{\Delta\omega}{2} t \cdot \sin (\omega t)$$

Амплітуда биттів

$$A_{\text{б}} \approx 2A \cos \frac{\Delta\omega}{2} t$$

повільно змінюється протягом часу  $t$ . Картина биттів з неоднаковими амплітудами коливань, що додаються, показана на рис. 3.

## 2 МЕТОД ВИМІРЮВАННЯ

Схема установки, яку застосовують для дослідження додавання двох взаємно перпендикулярних коливань, показана на рис. 4.

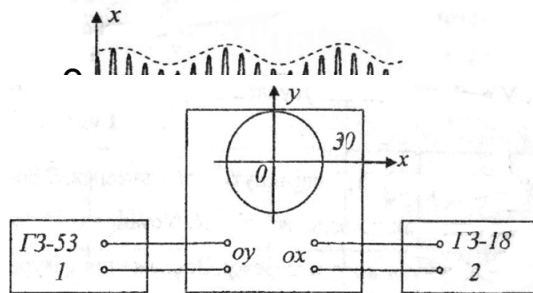


Рис. 4

Для  
обох  
ОУ.

спостереження биттів напруги від генераторів подають на вісь

Генератори ГЗ-53 і ГЗ-18 являють собою апарати для одержання синусоїдальних напруг з частотами від 0 до 20000 Гц. Генератори вмикають і вимикають тумблером "мережа". Частоту сигналу встановлюють за круглою шкалою, у генераторі ГЗ-53 шкала частот оснащена ноніусом. Амплітуда вихідного сигналу контролюється вольтметром. Рукоятку приладу "установлення нуля" обертати заборонено.

А Функціональні елементи електронного осцилографа: електронно-променева трубка з фокусуєчим пристроєм і пластинами, що відхиляють, підсилювачі сигналів, генератор сигналів по осі ОХ, блок розгортки, блок живлення і блок керування. Сигнал від досліджуваного об'єкта у вигляді синусоїдальної напруги підсилюється і подається на керуючі пластини. Якщо на осцилограф подати сигнали по обох вісях, промінь осцилографа опише на екрані траєкторію результуючого руху. Розгорнення променя по вісі ОХ може давати генератор

осцилографа. Таке розгорнення здійснюється при спостереженні биттів. Для роботи з осцилографом потрібно ознайомитися з панеллю його комутації: тумблером "мережа", рукоятками керування "зсув Х", "зсув У", "посилення Х", "посилення У", "фокус", "яскравість", "установлення частоти", "частота плавно", "синхронізація".

Варто пам'ятати, що всі марні перемикання елементів комутації в кращому випадку викликають передчасний знос приладу. У першій частині роботи сигнали генераторів викликають зсув електронного променя по обох координатних осях, промінь малює на екрані траєкторію. Для усіх фігур Ліссажу:

$$\frac{m_x}{m_y} = \frac{\nu_x}{\nu_y}$$

де  $\nu_x$ ,  $\nu_y$  - частоти коливань, що додаються, а  $m_x$ ,  $m_y$  - число перетинів фігури з вісями ОХ і ОУ.

### **3 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ**

**А. Вивчення додавання взаємно перпендикулярних коливань.**

1.Скласти установку, показану на рис. 4. Частоту розгорнення осцилографа встановити у положення "нуль". Включити в мережу осцилограф і спостерігати на екрані світну точку. У разі потреби фокусувати зображення і змістити його в центр екрана.

2.Встановити частоту 2-го генератора 200 Гц і ввімкнути його в мережу. Зображення точки на екрані розтягти в лінію вздовж осі ОХ. Установити частоту 1-го генератора 200 Гц і ввімкнути його в мережу. Зображення фігури можна розтягти або стиснути по обох осях рукоятками "посилення". Спостерігають на екрані найпростішу фігуру - еліпс, що вироджується у дві прямі. Зображення картини на екрані можна стабілізувати повільною зміною частоти одного з генераторів на 5-20 Гц. Якщо фігура нестійка, запрошують для налаштування осцилографа чергового лаборанта або викладача. Підраховують максимальне число перетинів фігури з осями  $m_x$  і  $m_y$  і роблять замальовку фігури. Частоту одного з генераторів залишити 200 Гц, частоту другого генератора установити 300 Гц. Одержати стійке зображення фігури, підрахувати  $m_x$  і  $m_y$ , зробити зарисовку фігури.

3.Частоту одного з генераторів залишити 200 Гц, частоту другого генератора установити 400 Гц, 600 Гц, 800 Гц, 1000 Гц і повторити описані вище виміри  $m_x$  і  $m_y$ . Вимкнути апаратуру.

4.Знайти відношення  $\nu_y / \nu_x$ ,  $m_x/m_y$ . і порівняти їх.

**В. Спостереження биттів.**

1.Вихід сигналу 2-го генератора підключити до клем ОУ осцилографа. Частоту розгорнення установити в положення "150". Частоту коливань одного генератора установити 1000 Гц, другого - на 30-50 Гц більше або менше, ніж першого.

2. Увімкнути обидва генератори й осцилограф і спостерігати картину биттів. "Біг" уздовж екрана картини биттів можна зупинити рукояткою осцилографа "частота плавно". Картина биттів найбільш цікава при рівних за величиною сигналах обох генераторів. Зробити зарисовку картини биттів. Результати роботи занести до табл. 1.

Таблиця 1

№ пор	$v_x$ , Гц	$v_y$ , Гц	$m_x$	$m_y$	$v_x/v_y$	$m_x/m_y$	Зарисовка фігури
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							

Зміст звіту: назва і номер лабораторної роботи, схема установки, таблиця результатів роботи, зарисовка картини биттів.

Методичні вказівки щодо виконання лабораторної роботи з навчальної дисципліни «Фізика» «Осцилографічні дослідження додавання гармонійних коливань» (розділ «Механіка і молекулярна фізика») для студентів технічних спеціальностей денної та заочної форм навчання

Укладач: старш. викл. О.І.Лисенко

Відповідальний за випуск зав. кафедри фізики О.І.Єлізаров

Підп. до др. \_\_\_\_\_. Формат 60×84 1/16. Папір тип. Друк ризографія.

Ум. друк. арк. \_\_\_\_\_. Наклад \_\_\_\_\_ прим. Зам. № \_\_\_\_\_. Безкоштовно.

Видавничий відділ  
Кременчуцького національного університету  
імені Михайла Остроградського  
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600