

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Фізико-математичний факультет

Лабораторна робота № 2-4

## **ВИВЧЕННЯ ЕЛЕКТРОННОГО ОСЦИЛОГРАФА**

Виконана студ. групи \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Київ-2019

## Лабораторна робота №2-4

# ВИВЧЕННЯ ЕЛЕКТРОННОГО ОСЦИЛОГРАФА

**Мета роботи:** ознайомити студентів з принципом дії та будовою осцилографа, виконати вимірювання за його допомогою. Вимірювання чутливості електронного осцилографа.

## Завдання 1. Вимірювання чутливості електронного осцилографа

**Прилади та пристрої:** осцилограф, блок живлення УІП-2, вольтметр змінного струму подільник напруги, вимикач.

### Теоретичні відомості

Чутливістю електронного осцилографа називається величина, що чисельно дорівнює відхиленню (сліду) електронного променя на екрані трубки від осі трубки за діючої (ефективної) напруги 1 В на вході підсилювача осцилографа:

$$x = \frac{x}{2U_d}. \quad (4.1)$$

Чутливість електронного осцилографа залежить від чутливості електронно-променевої трубки  $S_{\text{тр}}$  і коефіцієнта підсилення підсилювача  $k$ : Якщо коефіцієнт підсилення невідомий, то чутливість осцилографа можна визначити експериментально. Для цього на вхід осцилографа треба подати змінну напругу, ефективне значення якої  $U_{\text{эф}}$  вимірюється вольтметром змінного струму. При вимкнутій розгортці слід електронного променя на екрані трубки матиме вигляд прямої лінії. Довжина  $L$  ( $L=2x$ ) цієї лінії пропорційна подвоєному значенню ефективної напруги  $U_{\text{эф}}$ . Тому чутливість осцилографа можна визначити за формулою

$$S = \frac{L}{2U_{\text{эф}}}. \quad (4.2)$$

### Опис експериментальної установки

Схема установки для вимірювання чутливості електронного осцилографа зображена на рис 4.1. На схемі показано з'єднання елементів для визначення чутливості каналу Y. Напруга, що подається на вхід Y, вимірюється вольтметром V.

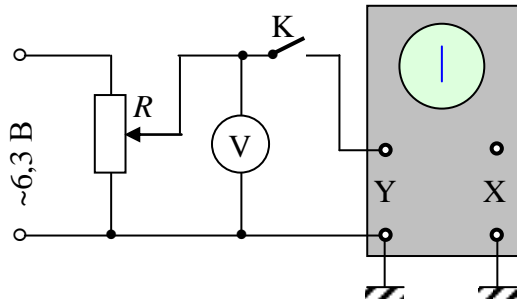


Рис. 4.1

Для вимірювання максимальної чутливості цього каналу осцилографа встановити перемикач “Делитель Y” в позицію 1:1, а потенціометр плавного регулювання підсилення каналу “УСИЛИТЕЛЬ Y” – у крайню праву позицію.

### Порядок виконання роботи

1. Підготувати осцилограф до роботи.
2. Установити перемикач “ВЕРТ. ПЛАСТИНЫ” в позицію “УСИЛ. Y”, “ГОРИЗ. ПЛАСТИНЫ” – в позицію “ЗАКОР”. Перемикач “ДЕЛИТЕЛЬ Y” повинен знаходитися в позиції 1:1, а потенціометр “УСИЛЕНИЕ Y” - у крайній правій позиції.
3. Повзун потенціометра  $R$  поставити в позицію, що відповідає відсутності напруги на виході подільника напруги.
4. Увімкнути блок живлення в мережу і замкнути вимикач  $K$ .
5. Переміщенням повзуна потенціометра домогтися, щоб довжина  $L$  лінії на екрані осцилографа була 8...10 см. Покази вольтметра і довжину лінії занести до табл. 4.1.

Таблиця 4.1

$n$	$U_{\text{эф}}, \text{В}$	$L, \text{мм}$	$S, \text{мм/В}$
1			
			$\langle S \rangle = \dots\dots\dots$

6. Обчислити  $S$  - максимальну чутливість вертикального входу  $Y$  осцилографа (у міліметрах на вольт).
7. Виміряти максимальну чутливість входу  $Y$  3-5 разів для інших значень поданої на вхід осцилографа напруги. Довжина лінії повинна знаходитися в інтервалі 2...10 см. Результати вимірювань занести до табл.4.1.
8. Знайти  $\langle S \rangle$  - середнє значення максимальної чутливості каналу  $Y$  осцилографа.
9. Побудувати графік залежності  $L$  від  $U_{\text{эф}}$ .

## Завдання 2. Вимірювання частоти

**Прилади та пристрої:** осцилограф, звуковий генератор, джерело змінної напруги з частотою 50 Гц.

### Теоретичні відомості

Для визначення частоти електричних гармонічних коливань широко використовується метод фігур Ліссажу (див. п.20.3.2.2.) (V20-03-2-2.htm). Якщо гармонічне коливання відомої частоти  $\nu_x$  подати на вхід "X" електронного осцилографа, а перпендикулярне до нього гармонічне коливання невідомої частоти  $\nu_y$  - на вхід "Y", то на екрані можна бачити результуюче коливання, що утворилося внаслідок додавання двох взаємно перпендикулярних коливань. Результуюче коливання, яке має вигляд складної кривої, називається фігурою Ліссажу. За виглядом фігури Ліссажу можна визначити невідому частоту  $\nu_x$  гармонічного коливання.

Рівняння для фігур Ліссажу можна отримати, записавши рівняння гармонічних коливань:

$$x = x_0 \cos 2\pi \nu t, \quad y = y_0 \cos (2\pi n \nu t + \varphi), \quad (4.3)$$

де  $\nu$  - частота коливань, які подаються на вхід X осцилографа,  $n$  - множник (коефіцієнт);  $\varphi$  - різниця початкових фаз цих коливань.

Додавання взаємно перпендикулярних коливань з однаковими частотами ( $n = 1$ ) детально розглянуто в п.20.3.2.2. (V20-03-2-2.htm) В ньому показано, що при  $\varphi = 0$  та  $\varphi = \pm \pi$  фігура Ліссажу має вигляд прямої лінії, нахиленої під кутом  $\alpha$ , тангенс якого визначається виразом

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{y}{x} = \frac{y_0 \cos(2\pi \nu t + \varphi)}{x_0 \cos 2\pi \nu t}.$$

Якщо ж  $\varphi = \pm \pi/2$ , то Ліссажу у загальному випадку має вигляд еліпса, рівняння якого записується як

$$\frac{x^2}{x_0^2} + \frac{y^2}{y_0^2} = 1.$$

При додаванні взаємно перпендикулярних коливань різних частот утворюються доволі складні фігури Ліссажу. Якщо частоти коливань кратні, то рівняння, що описують такі фігури можна легко одержати на основі формул тригонометрії, але у загальному випадку це може бути досить складним завданням. Наочне уявлення про вигляд фігур Ліссажу дає анімація, в якій можна змінювати в невеликих межах співвідношення частот та початкових фаз коливань.

Фігури Ліссажу, які утворюються при додаванні коливань, у яких число  $n$  може бути представлене у вигляді відношення двох цілих чисел  $n_x$  та  $n_y$ , то фігура Ліссажу на екрані осцилографа буде стійкою і її можна використовувати для порівняння частот коливань, що додаються. Можна показати, що пряма, проведена паралельно осі OY перетинає фігуру  $n_y$  разів, а пряма, яка паралельна осі OX -  $n_x$  разів.

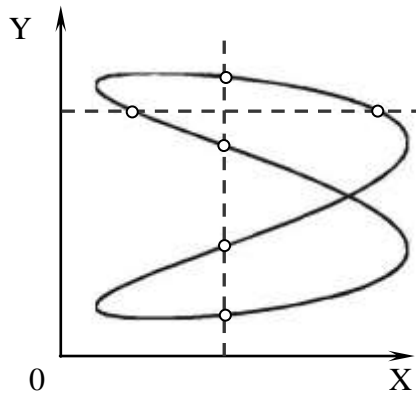


Рис. 4.2

Звідси впливає правило визначення частоти досліджуваного гармонічного коливання. Проводять дві взаємно перпендикулярні прямі, паралельні осям  $x$  та  $y$ , і підраховують відповідно числа  $n_x$  та  $n_y$  точок перетину цих прямих з фігурою Ліссажу, як показано на рис.4.2. У даному випадку  $n_x = 2$  і  $n_y = 4$ . Отже:

$$n = \frac{\nu_y}{\nu_x} = \frac{n_x}{n_y} = \frac{2}{4}; \quad \frac{\nu_y}{\nu_x} = \frac{1}{2}.$$

Рекомендується не проводити прямі через точку перетину гілок кривої, тому що в цьому випадку точку перетину потрібно враховувати двічі (кратні корені).

На рис. 4.3 показані деякі з фігур Ліссажу при різних співвідношеннях частот і зсувах фаз.

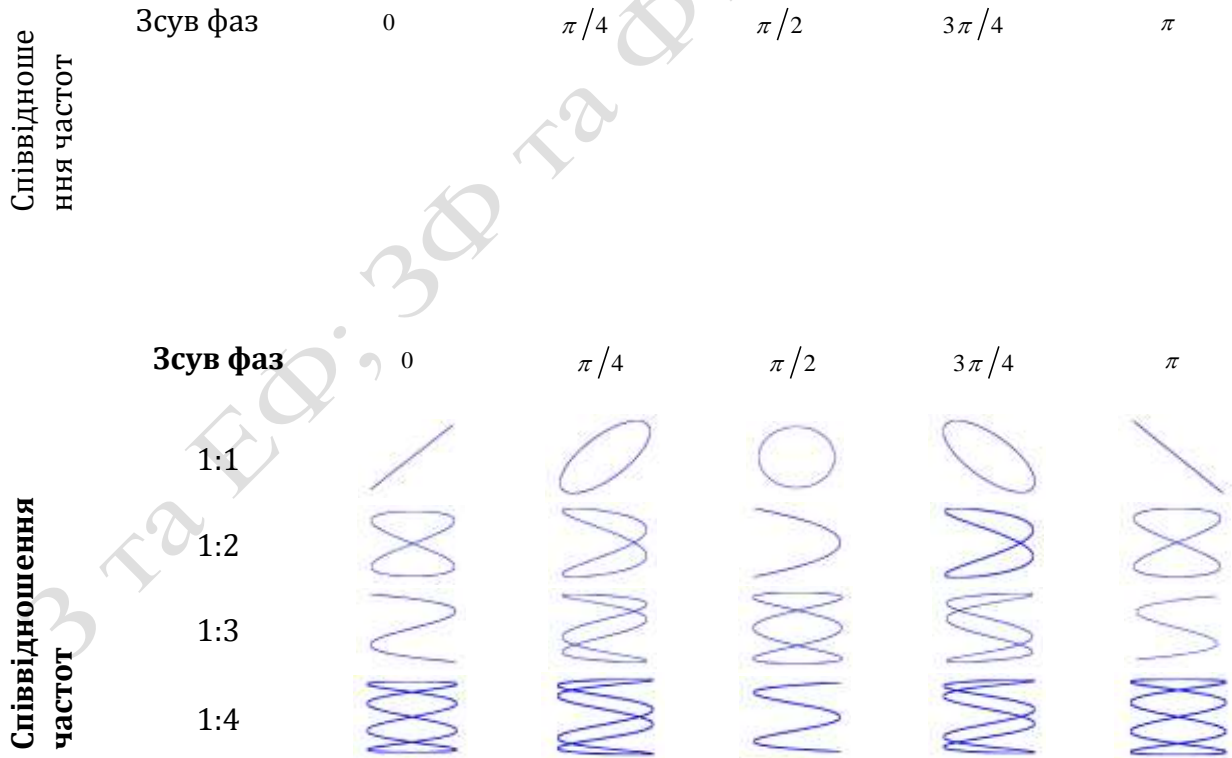


Рис. 4.3

## Опис експериментальної установки

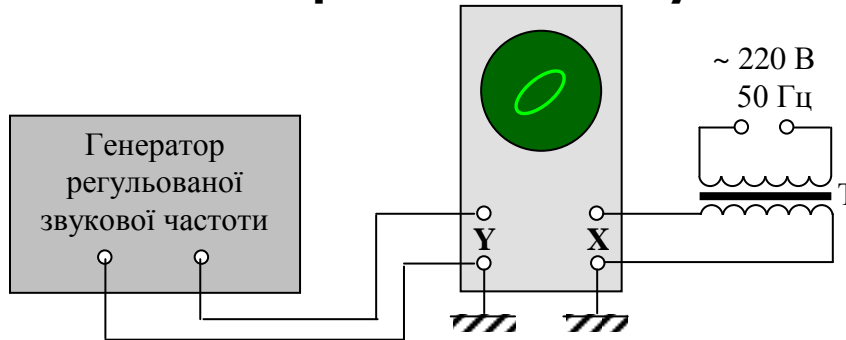


Рис. 4.5

Схема установки для вимірювання частоти зображена на рис. 4.5. На вхід X осцилографа подається змінна напруга від знижувального трансформатора Т, а на вхід Y – з виходу звукового генератора, частоту якого можна регулювати в широких межах (в реальному експерименті використовується генератор ГЗ-36).

### Порядок виконання роботи

1. Встановити ручку “УСИЛЕНИЕ” каналів X та Y осцилографа на нуль. Регулятор напруги на виході звукового генератора також установити на нуль.
2. За допомогою смужки паперу закрити поділки на шкалі звукового генератора.
3. Увімкнути в мережу осцилограф, звуковий генератор і трансформатор.
4. Підготувати осцилограф до роботи згідно з вказівками, викладеними в [ 1, §4].
5. Обертаючи ручку “УСИЛЕНИЕ X”, домогтися, щоб на екрані з’явилася смужка довжиною 7...8 см.
6. Поворотом ручок “АМЛИТУДА ВХОДА” звукового генератора та “УСИЛЕНИЕ Y” осцилографа отримати на екрані фігури Ліссажу.
7. Обертаючи ручку “ЧАСТОТА” звукового генератора, домогтися стійкого зображення фігури Ліссажу.
8. Провести через фігуру Ліссажу уявні вертикальну та горизонтальну лінії і порахувати число точок перетину цих прямих з фігурою Ліссажу ( $n_x$  - з горизонтальною прямою,  $n_y$  - з вертикальною).
9. За формулою  $\nu_y = \nu_x \frac{n_x}{n_y}$ , де  $\nu_x = 50$  Гц, обчислити частоту гармонічних коливань на виході звукового генератора. Отримане значення частоти нанести на саморобну шкалу.
10. Обертаючи ручку “ЧАСТОТА” звукового генератора повторити дії пунктів 7 – 9 і нанести значення  $\nu_y$  на паперову шкалу.
11. Вимірювання провести для 8-10 фігур Ліссажу, переходячи за потребою на вищі височастотні діапазони звукового генератора.
12. Зняти саморобну шкалу з лімба звукового генератора та порівняти результати проведених вимірювань із заводською шкалою генератора.

### Контрольні запитання

1. Яке призначення електронного осцилографа?
2. Будова і принцип дії електронно-променевої трубки.
3. Що таке чутливість електронно-променевої трубки за напругою?
4. Як виводиться формула чутливості електронно-променевої трубки в залежності від геометричних розмірів її елементів?

5. Чи буде однаковою чутливість для пластин  $x$  і  $y$  електронно-променевої трубки? Чому?
6. Для чого призначені підсилювачі та послаблювачі вхідних сигналів осцилографа?
7. Яке призначення генератора розгортки?
8. Як здійснюється нанесення позначок часу на екран осцилографа?
9. Для чого потрібна синхронізація роботи генератора розгортки і досліджуваного сигналу?
10. Які ручки на панелі осцилографа служать для: а) керування електронним променем, б) регулювання досліджуваного сигналу, в) керування розгорткою?
11. У чому полягає попереднє регулювання осцилографа?
12. Що таке чутливість електронного осцилографа? У яких одиницях вона вимірюється?
13. Як виглядає схема установки для вимірювання чутливості електронного осцилографа?
14. Які дані треба знати для вимірювання напруги за допомогою осцилографа?
15. Як виводиться рівняння результуючого коливання, що отримується додаванням взаємно перпендикулярних коливань однакової частоти?
16. Що таке фігури Ліссажу і як вони утворюються на екрані осцилографа?
17. У чому суть методу визначення частоти за допомогою фігур Ліссажу?
18. За яких умов фігури Ліссажу на екрані стійкі?

## Рекомендована література

1. Кучерук І.М., Горбачук І.Т., Луцик П.П. Загальний курс фізики. Т.2. –К.: “Техніка”, 2001.
2. Савельев І.В. Курс общей фізики. Т.3. – М.: Наука, 1989.
3. Сивухин Д.В. Общий курс фізики. Т.3. – М.: Наука, 1977.
4. Черкашин А.В. Фізика, електричество и магнетизм. – К.: Вища шк., 1986.

