

Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського»
Фізико-математичний факультет

Лабораторна робота № 2-4

ВИВЧЕННЯ ЕЛЕКТРОННОГО ОСЦИЛОГРАФА

Виконана студ.групи _____

Київ-2025

ВИВЧЕННЯ ЕЛЕКТРОННОГО ОСЦИЛОГРАФА

Мета роботи: ознайомлення студентів з принципом дії та будовою осцилографа, виконання деяких вимірювань за його допомогою. Визначення чутливості електронного осцилографа.

Завдання 1. Вимірювання чутливості електронного осцилографа

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

Короткі теоретичні відомості

Чутливістю електронного осцилографа називається величина, яка показує на скільки міліметрів переміщується промінь по екрану при зміні напруги на вході підсилювача на 1 В. Якщо на вхід осцилографа подати змінну напругу (рис.1а), то при вимкненій розгортці на екрані буде спостерігатися пряма лінія (рис. 1б), довжина L , якої пропорційна подвоєному значенню амплітуди напруги.

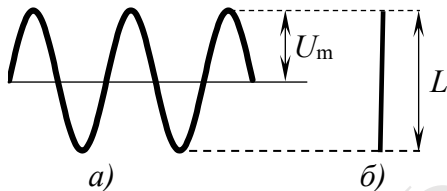


Рис.1

Чутливість електронного осцилографа залежить від чутливості електронно-променевої трубки $S_{тр}$ і коефіцієнта підсилення підсилювача k . Для експериментального визначення чутливості на вхід осцилографа треба подати змінну напругу, ефективне значення якої $U_{эф}$ вимірюється вольтметром змінного струму. Вимірявши довжину L прямої на екрані (при вимкненій розгортці), або відстань по вертикалі між точками максимуму та мінімуму синусоїди на екрані (при увімкнутій розгортці), чутливість обчислюють за формулою:

$$S = \frac{L}{2U_{эф}}. \quad (4.1)$$

Опис експериментальної установки

Схема установки для вимірювання чутливості каналу Y електронного осцилографа зображена на рис 4.2. На схемі R – регулятор напруги, V – вольтметр.

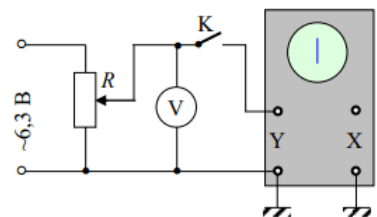


Рис. 4.2

Порядок виконання завдання по визначенню чутливості

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. Регулюючи напругу, що подається на вхід Y осцилографа, записуйте в табл. 4.1. покази вольтметра і довжину лінії на екрані (або відстань між мінімумом та максимумом синусоїди). Довжина лінії повинна знаходитися в інтервалі 2...10 см.

Табл.4.1

№	$U_{\text{эф}}, \text{В}$	$L, \text{мм}$	$S, \text{мм/В}$
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
$\langle S \rangle =$			

6. Обчислити S - максимальну чутливість вертикального входу Y осцилографа (у міліметрах на вольт).
7. Знайти середнє значення $\langle S \rangle$ максимальної чутливості каналу Y осцилографа.
8. Побудувати графік залежності L від $U_{\text{эф}}$.
9. Обчисліть тангенс кута нахилу графіка $L(U_{\text{эф}})$ і порівняйте його з $\langle S \rangle$.

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. Фігури Ліссажу утворюються при додаванні двох взаємно перпендикулярних коливань. У загальному випадку вигляд цих фігур є достатньо складним, зокрема, може виявитися незамкненою і ніколи не проходити через одну точку двічі. Проте, коли відношення частот коливань виражається

відношенням цілих чисел, тіло рухається по замкненій траєкторії, форма котрої визначається співвідношенням частот, амплітуд і початкових фаз складових коливань.

Фігури Ліссажу можна спостерігати на екрані осцилографа при подачі на його входи “X” та “Y” гармонічних коливань. Якщо відома частота одного з коливань, то за формою фігури Ліссажу можна визначити невідому частоту іншого коливання.

Рівняння, яке описує фігури Ліссажу для двох кратних частот ν та $n\nu$ (n – ціле число) можна одержати за формулами тригонометрії. Найпростішим є випадок додавання взаємно перпендикулярних коливань однієї частоти. Якщо коливання точки відбуваються вздовж координатних осей OX і OY, то їх можна описати рівняннями:

$$x = a \cos \omega t, \quad y = b \cos(\omega t + \alpha), \quad (4.2)$$

де α , по суті, є різницею фаз цих двох коливань. Для одержання рівняння фігури Ліссажу з рівнянь (4.2) треба виключити час. Виразивши з першого рівняння $\cos \omega t$ і скориставшись формулою косинуса суми, після виконання перетворень, одержимо

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - \frac{2xy}{ab} \cos \alpha = \sin^2 \alpha, \quad (4.3)$$

а це, як відомо з математики, є рівнянням еліпса. Якщо $\alpha = 0$, то

$$y = \frac{b}{a} x. \quad (4.4a)$$

Якщо $\alpha = \pi$, то

$$y = -\frac{b}{a} x. \quad (4.4b)$$

Рівняння (4.4) – це рівняння прямої, тобто на екрані осцилографа маємо пряму. Якщо ж $\alpha = \pi/2$ і $b = a$, то

$$x^2 + y^2 = a^2, \quad (4.5)$$

тобто на екрані маємо коло.

У випадку кратних частот для одержання рівняння фігури Ліссажу треба скористатися формулами тригонометрії. Наприклад, якщо $x = A \sin \omega t$, $y = A \sin 2\omega t$, запишемо

$$y = 2A \sin \omega t \cos \omega t = 2A \sin \omega t \sqrt{1 - \sin^2 \omega t}. \quad (4.6)$$

Оскільки $\sin \omega t = x/A$, то

$$y = 2x\sqrt{1 - (x/A)^2}. \quad (4.7)$$

Вигляд фігури Ліссажу показаний на рис. 4.3.

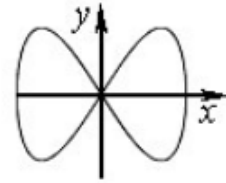


Рис. 4.3

Фігура Ліссажу, яка утворюється при додаванні частоти відносяться як цілі числа, є на екрані осцилографа стійкою і її можна використовувати для порівняння частот коливань, що додаються. Якщо додаються коливання $x = A\cos(\omega_x t + \alpha)$ та

$y = B\cos(\omega_y t + \beta)$, де $\omega_x = n_x \omega$, $\omega_y = n_y \omega$ і на екрані спостерігається стійка картина,

то можна показати, що пряма, проведена паралельно до осі ОУ перетинає фігуру n_y разів, а пряма, яка паралельна осі ОХ – n_x разів (ці прямі не проходять через точки перетину ліній самої фігури Ліссажу). Звідси випливає правило визначення частоти досліджуваного гармонічного коливання. Проводять дві взаємно перпендикулярні прямі, паралельні осям Х та Y, і підраховують відповідно числа n_x та n_y точок перетину цих прямих з фігурою Ліссажу, як показано на рис.4.4. У даному випадку $n_x = 2$, $n_y = 4$, отже співвідношення частот:

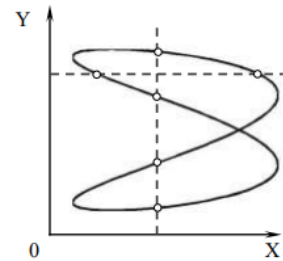


Рис.4.4

$$n = \frac{\omega_y}{\omega_x} = \frac{\nu_y}{\nu_x} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2}.$$

Опис експериментальної установки

Схема установки для вимірювання частоти зображена на рис. 4.5. На вхід Х 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).

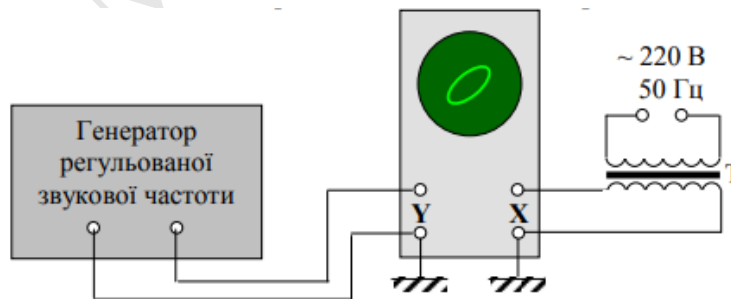


Рис. 4.5

Порядок виконання завдання по визначенню частоти

1. Встановити ручку “УСИЛЕНИЕ” каналів Х та Y осцилографа на нуль. Регулятор напруги на виході звукового генератора також установити на нуль.
2. За допомогою смужки паперу закрити поділki на шкалі звукового генератора.

3. Увімкнути в мережу осцилограф, звуковий генератор і блок живлення.
4. Підготувати осцилограф до роботи згідно з вказівками на робочому місці.
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. Схематично зобразити в протоколі вигляд фігури Ліссажу. За формулою
$$\nu_y = \frac{n_x}{n_y} \nu_x$$
, де $\nu_x = 50$ Гц, обчислити частоту гармонічних коливань на виході звукового генератора і записати одержане значення поряд з фігурою.
10. Обертаючи ручку “ЧАСТОТА” звукового генератора повторити дії пунктів 7 – 9.

Контрольні запитання

1. Яким є 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 та 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. Що таке чутливість електронного осцилографа? У яких одиницях вона вимірюється?
12. Як виглядає схема установки для вимірювання чутливості електронного осцилографа?
13. Які дані треба знати для вимірювання напруги за допомогою осцилографа?
14. Як виводиться рівняння результуючого коливання, що отримується додаванням взаємно перпендикулярних коливань однакової частоти?
15. Що таке фігури Ліссажу і як вони утворюються на екрані осцилографа?
16. У чому суть методу визначення частоти за допомогою фігур Ліссажу?
17. 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. Фізика (рівень стандарту, за навчальною програмою авторського колективу під керівництвом Локтева В. М.) : підруч. для 11 кл. закл. загал. серед. освіти / [Бар’яхтар В. Г., Довгий С. О., Божинова Ф. Я., Кірюхіна О. О.] С. 40
<https://shkola.in.ua/1149-fizyka-11-klas-bar-iakhtar-2019.html>
3. Бушок Г. В. Венгер. Курс фізики : у 3 кн. Кн. 1. Фізичні основи механіки. Молекулярна фізика і термодинаміка: Навч. посіб. – К: Вища школа, 2002 § 69 с. 194 – 196. https://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2015/Byshok_2002_375.pdf
4. Бригінець В. П., Подласов С. О. Фізика для бакалаврів. Коливання і хвилі. Додавання гармонічних коливань.
<http://physics.zfft.kpi.ua/mod/book/view.php?id=299>

