

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ЗГАСАЮЧИХ КОЛИВАНЬ

Мета роботи:

1. Вивчити згасаючі коливання у коливальному контурі, визначити логарифмічний декремент згасання.

Теоретична частина.

Електромагнітні коливання відіграють дуже важливу роль у техніці, зокрема, у техніці зв'язку.

Електромагнітні коливання виникають у коливальному контурі який складається з конденсатора C , котушки індуктивності L і активного опору R (рис. 1).

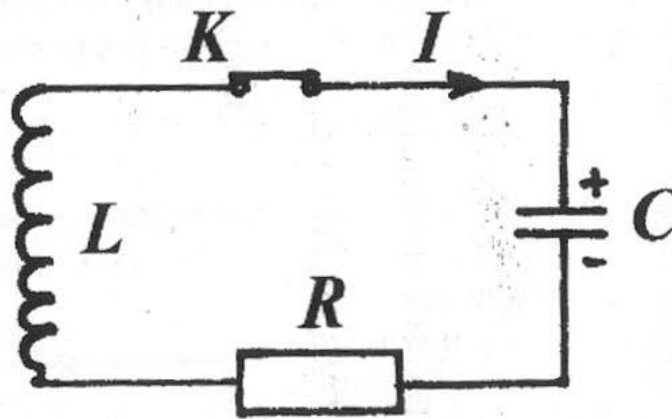


Рис. 1

Якщо зарядити конденсатор C , замкнути ключ K , то конденсатор почне розряджатися. У колі потече струм, який плавно буде зростати через появу струму самоіндукції. При цьому енергія електричного поля конденсатора переходитиме в енергію магнітного поля котушки.

Струм у коливальному контурі наростає до максимального значення за $1/4$ періода. Далі за наступну $1/4$ частину періода відбувається поступове спадання струму (через виникнення струмів

самоіндукції) спадання струму, яке закінчується перезарядкою конденсатора. Протягом другої половини періоду процес відбувається у зворотньому напрямку. Таким чином, у колі відбувається періодичне перетворення енергії електричного поля конденсатора в енергію магнітного поля струму котушки. Повна енергія ідеалізованого контуру ($R = 0$) дорівнює сумі електричної і магнітної енергії і вона зберігається з часом.

Однак у реальному контурі енергія зменшується у зв'язку з тим, що існує активний опір R , у якому виділяється тепло, і амплітуда коливань буде зменшуватись. Тобто, електромагнітні коливання у реальному коливальному контурі завжди є згасаючими.

Тому напруга на конденсаторі з часом буде змінюватись за законом:

$$U(t) = U_0 e^{-\beta t} \cos(\omega_3 t + \alpha), \quad (1)$$

де

$$U_a = U_0 e^{-\beta t} \quad (2)$$

є «амплітудою» коливання (1), яка залежить від часу (експотенціально спадає з часом).

Колівання (1) називаються згасаючими і відбуваються вони з частотою:

$$\omega_3 = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}, \quad (3)$$

де $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$ – частота гармонічного коливання (без згасання),

$$\beta = \frac{R}{2L} \quad (4)$$

має назву коефіцієнта згасання. Період згасаючих коливань

$$T = \frac{2\pi}{\omega_3} = \frac{2\pi}{\sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}} > \frac{2\pi}{\omega_0} = T_0$$

більший періоду гармонічних коливань T_0 . Це обумовлено тим, що в реальному коливальному контурі є опір R , який збільшує період коливань.

Графіки гармонічних (незгасаючих (а)) і згасаючих коливань (б) представлені на рис.2.

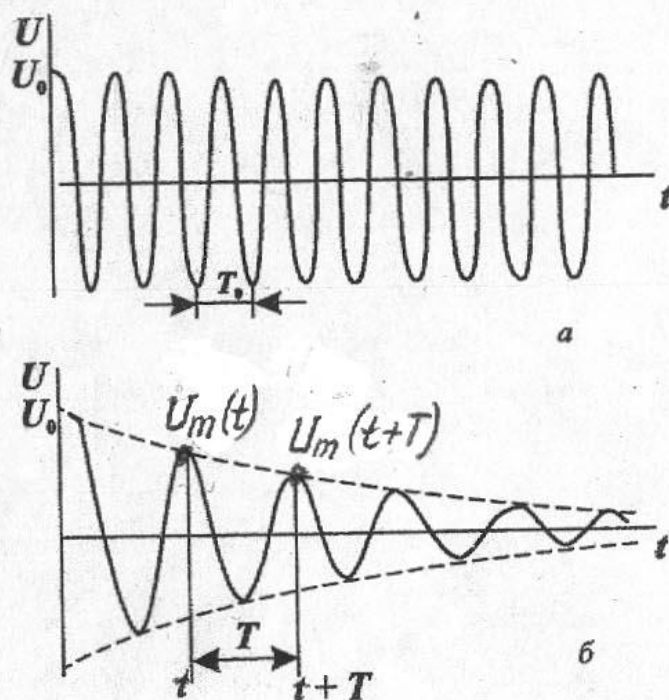


Рис. 2.

Для характеристики згасаючих коливань вводять такі характеристики:

1. Логарифмічний декремент згасання

$$\lambda = \ln \frac{U_m(t)}{U_m(t+T)} = \beta T. \quad (5)$$

Фізичний зміст λ можна зрозуміти, якщо визначити число коливань, що здійснює коливальна система за час релаксації τ (час за який «амплітуда»(2) зменшується $e = 2,72$ рази). Тобто

$$N_e = \frac{\tau}{T} = \frac{1/\beta}{T} = \frac{1}{\beta T} = \frac{1}{\lambda}.$$

Звідки $\lambda = 1/N_e$. Це означає, що логарифмічний декремент згасання величина обернена до кількості коливань за час релаксації. Якщо $\lambda \ll 1$, то згасання вважають слабким: $T \approx T_0$ і $\omega_0^2 \gg \beta$.

2. Добротність коливальної системи

$$Q = \pi / \lambda = \pi N_e. \quad (6)$$

Фізичний зміст добротності видно із формули (6). Більш глибокий фізичний зміст Q розглядається на прикладі вимушених коливань. Добротність реальних коливальних контурів досягає значень 100 і більше.

Опис установки.

Для вивчення згасаючих коливань використовують електричну схему з генератором П-подібних імпульсів (рис. 3). У коливальний контур, який складається з конденсатора C , котушки L і опору R , від генератора Γ_{Π} через розмежовуючий конденсатор C' подаються періодичні П – подібні імпульси напруги. Кожен імпульс збуджує в коливальному контурі коливання, які є згасаючими. Ці коливання йдуть одне за одним і на екрані осцилографа можна одержати стійку картину згасаючих коливань.

Вмикаючи в коливальний контур різні активні опори можна вивчити їх вплив на характер згасання коливань.

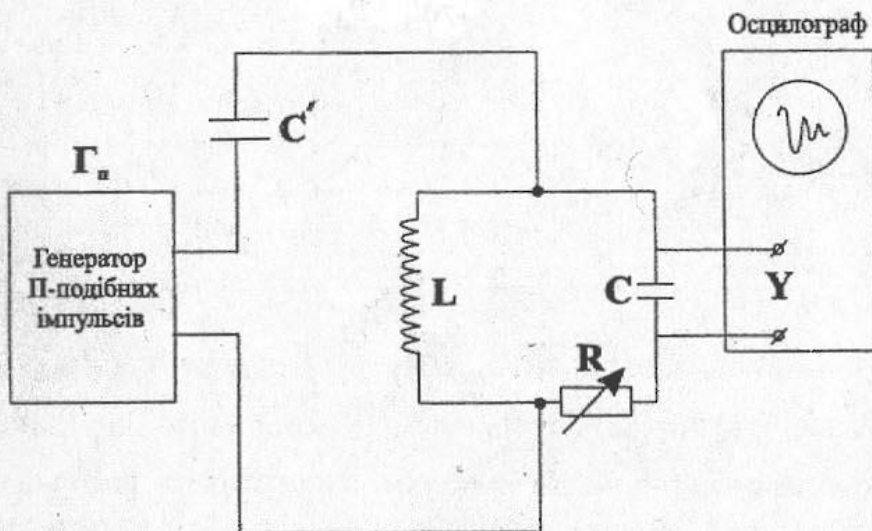


Рис.3.

Прилади та приладдя.

1. Установка для вивчення згасаючих коливань.
2. Генератор П-подібних імпульсів.
3. Осцилограф.

Порядок виконання роботи.

1. Зібрати схему відповідно до рис.3.
2. Увімкнути осцилограф і добитися чіткого зображення розгорнутого променя на екрані.
3. Від генератора П-подібних імпульсів подати напругу на осцилограф і домогтися стійкого зображення згасаючих коливань на екрані.
4. Зарисувати або сфотографувати картинку згасаючих коливань, одержану на екрані осцилографа.
5. Виміряти (у відносних одиницях) два сусідні значення амплітуди для трьох значень активного опору (R_1, R_2, R_3).
6. За формулами (5) розрахувати логарифмічний декремент коливальної системи для різних значень R .
7. Дані вимірювань і розрахунків занести у таблицю.
8. У висновках дати оцінку одержаних результатів.

Контрольні питання.

1. Які коливання називаються гармонічними?
2. Дати означення амплітуди, фази, періоду, частоти та циклічної частоти гармонічного коливання.
3. Коливання яких величин відбувається в електричному коливальному контурі?
4. Записати диференціальне рівняння згасаючих коливань та його розв'язок.
5. Зобразити графік згасаючого коливання.
6. Що таке коефіцієнт згасання та логарифмічний декремент?
7. Дати означення добротності коливального контура.
8. Записати формулу, що пов'язує коефіцієнт згасання та логарифмічний декремент.
9. Який зв'язок є між коефіцієнтом згасання та логарифмічним декрементом?
10. Зобразити та пояснити схему для дослідження згасаючих коливань.

Література

1. Сусь Б.А., Заболотний В.Ф., Мислицька Н.А. Коливання і хвилі: навчальний посібник студентів з електронним представленням. для самостійної роботи. – К.: ВІТІ НТУУ "КПІ", 2008. – 192 с.

С.М.Ільїн Космонавтика імені Сергія Павловича Корольова.

• Т.6 Головні конструкції.

• Т.2 Ілюст.

• Т.4 Кваліфікація.

• Т.3 Освіта.

• Т.5 Янни Бокл.

• Т.7 Роботи.

Т.Ріогіфія Сергія Павловича Корольова.

Зміст