

УДК 621.391

Сніжко Н.В.¹, Бушман І.С.²

¹ канд. фіз.-мат. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. БК-612 НУ «Запорізька політехніка»

ПОЛІРЕЗОНАНС У ЛІНІЙНОМУ КОНТУРІ

Ознакою лінійності коливальних систем є здатність резонувати на частоті збуджуючих коливань. Але разом із розповсюдженням цифрової техніки тестування таких систем все частіше здійснюється негармонічними вхідними сигналами, зокрема – послідовністю прямокутних імпульсів тривалості τ , періодом слідування T , скважністю $Q = \tau/T$. Насиченість їх спектру вищими гармоніками спричиняє появу резонансу на інших частотах, хоча коливальна система залишається лінійною. Метою роботи є розрахунок резонансної кривої з демонстрацією додаткових максимумів.

Нехай на послідовний RLC контур подано напругу $U = \sum_{(k)} U_k(t)$, де

$U_k(t) = c_k \cos(k\omega t + \varphi_k)$, а c_k і φ_k визначено формулами для коефіцієнтів Фур'є в залежності від T і Q . Кожна гармоніка напруги $U_k(t)$ спричиняє появу гармоніки струму

$$I_k(t) = c_k \left[R^2 + \left(k\omega L - \frac{1}{k\omega C} \right)^2 \right]^{-1/2} \cos(k\omega t + \varphi_k - \psi_k),$$

де фази ψ_k визначаються засобами електротехніки. Спостережуване значення струму є середньоквадратичним і обчислюється як

$$\langle I \rangle = \sqrt{\langle I^2 \rangle} = \sqrt{\left\langle \left(\sum_{(k)} I_k \right)^2 \right\rangle} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} \left(\sum_{(k)} I_k \right)^2 dt}.$$

Враховуючи ортогональність системи Фур'є, в останній сумі можна відкинути усі подвоєні добутки гармонік із різними номерами. Така особливість відповідає незалежності внесків окремих гармонік в енергію (потужність) струму в разі лінійної системи. Тоді, позначаючи $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$, $\Omega = \omega/\omega_0$, $B = R/(L\omega_0)$, отримуємо:

$$\langle I \rangle = \frac{U_0 \sqrt{2}}{\pi \omega_0 L} \left(\sum_{(k)} \frac{\sin^2 k\pi Q}{\left\{ B^2 + \left(k\Omega - \frac{1}{k\Omega} \right)^2 \right\} \cdot k^2} \right)^{1/2}.$$

Цікаво зауважити, що збільшення кількості утримуваних в цій сумі доданків призводить до фіксації усе більшої кількості додаткових резонансних максимумів кривої $\langle I \rangle(\Omega)$ на усе менших частотах Ω , але форма і розміри основного максимуму $\Omega = 1$ залишаються незмінними. При збільшенні рівня енергетичних втрат B додаткові максимуми стають нижчими, уширюю-

ються і зливаються один з одним. Крім того, при спеціальному доборі скважності (наприклад, $Q = 1/2$) деякі з них взагалі зникають (проріджуються).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Анпілогов Д. І. Ряди Фур'є. Вибрані питання : навчальний посібник / Д. І. Анпілогов, Н. В. Сніжко – Запоріжжя : Акцент Інвесттрейд, 2014. – 91 с.
2. Теорія сигналів : навчальний посібник для студентів, які навчаються за спеціальністю 153 «Мікро - та наносистемна техніка» / уклад. А. О. Попов. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 270 с.
3. Теорія сигналів та електричних кіл. Теорія сигналів : конспект лекцій / укладачі : О. М. Кобяков, О. В. Д'яченко, І. Є. Бражник, Т. О. Протасова. – Суми : Сумський державний університет, 2022. – 125 с.