Лекція

ГЕНЕРАТОРИ СИНУСОЇДАЛЬНИХ КОЛИВАНЬ

1. Загальні положення

Електронними генераторами називаються пристрої, що перетворять електричну енергію джерела постійного струму (джерела живлення) в енергію електричних коливань задані форми і частоти.

За принципом керування генератори розділяються на дві групи – генератори *із самозбудженням (автогенератори)* і генератори з зовнішнім *(незалежним) збудженням.*

2. Умови самозбудження

$$\overline{K}_{\text{під}} = K_{\text{під}}\, e^{j\varphi_{\text{к}}}; \quad \bar{\gamma} = \gamma\, e^{j\varphi_{\gamma}}, \tag{1}$$

де $K_{\text{під}}$ і γ – модулі коефіцієнта підсилення підсилювача, що використано, та коефіцієнта передачі кола ЗЗ**;**

$\varphi_{\text{к}}$ і φ_{γ} – фазове зрушення сигналу при проходженні через підсилювач та коло ЗЗ.

Коефіцієнт підсилення генератора зі ЗЗ повинний бути представлений у виді:

$$K_{\text{г}} = \frac{K_{\text{під}}\, e^{j\varphi_{\text{к}}}}{1 - K_{\text{під}}\, \gamma\, e^{j(\varphi_{\text{к}}+\varphi_{\gamma})}}. \tag{2}$$

Самозбудження схеми відбудеться, коли коефіцієнт підсилення $K_{\text{г}}$ буде прагнути до нескінченності, тобто коли знаменник останнього виразу дорівнює нулю:

$$\begin{gathered} 1 - K_{\text{під}}\, \gamma\, e^{j(\varphi_{\text{к}}+\varphi_{\gamma})} = \\ 1 - K_{\text{під}}\gamma\cos\left(\varphi_{\text{к}} + \varphi_{\gamma}\right) + j\; K_{\text{під}}\, \gamma \sin\left(\varphi_{\text{к}} + \varphi_{\gamma}\right) = 0 \end{gathered} \tag{3}$$

Остання рівність буде мати місце тільки при виконанні двох умов: нулю повинні бути рівні як уявна, так і дійсна її частини.

Першу умову можна одержати, дорівнявши нулю уявну частину (3). Вона може бути рівна нулю, коли $sin(\varphi_к + \varphi_\gamma) = 0$, що можливо якщо:

$$\varphi_к + \varphi_\gamma = n\,\pi. \qquad (4)$$

де n – будь-яке ціле число.

Дорівнявши нулю дійсну частину рівності (3), одержуємо:

$$K_{під}\,\gamma\cos\left(\varphi_к + \varphi_\gamma\right) = 1 \qquad (5)$$

$$K\,\gamma = 1. \qquad (6)$$

Умова, що відповідає (6), зветься *балансом амплітуд.*

$$\varphi_к + \varphi_\gamma = 2\pi n. \qquad (7)$$

Умова, що відповідає (7), зветься *балансом фаз*.

Вимоги балансу фаз вказують, що для самозбудження зворотний зв'язок повинен бути додатнім (позитивним). Умова балансу амплітуд показує, що для існування автоколивального процесу ослаблення сигналу, яке вносить ланцюг зворотного зв'язку, повинне компенсуватися підсилювачем. Для виникнення *гармонійних* коливань, необхідно, щоб умови балансу фаз та балансу амплітуд виконувалися тільки на одній (заданій) частоті.

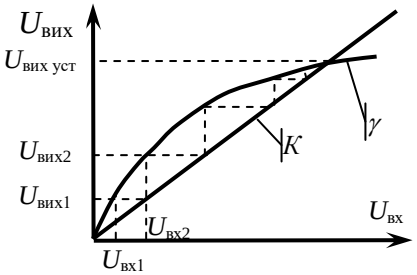


Рис. 1. Коливальна характеристика автогенератора

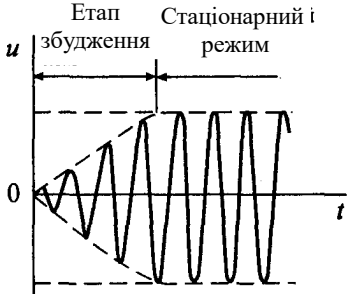


Рис. 2. Процес встановлення коливань в генераторі

3. Автогенератори на RC ланцюгах

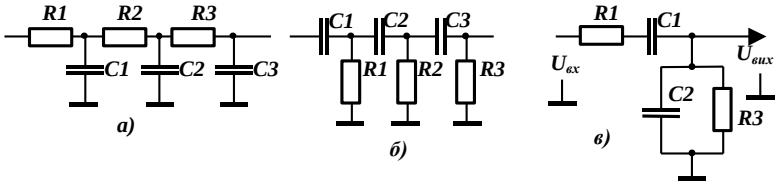


Рис. 3. Триланкові *RC* ланцюги (а,б) та схема моста Віна (в)

Сходові ланцюги представляють послідовне з'єднання зазвичай трьох *RC* ланок бо одна *RC* ланка змінює фазу на кут менший 90°. В залежності від того, який з елементів ланцюга є кінцевим вони носять найменування або *С-паралель* (рис. 3,а), або *R-паралель* (рис. 3,б). Ко-

жна ланка при однакових елементах (*R1 = R2 = R3 = R* і *C1 = C2 =C3 = C*) забезпечує зрушення фази сигналу на 60°. В результаті вихідна напруга в колі ЗЗ буде зрушена відносно до вхідної на 180°. Тому для виникнення коливань підсилювач також повинний мати зрушення по фазі рівне 180°, тобто він повинний бути інвертуючим.

Частота генератора визначається постійною часу *RC* ланцюгів. За умови *R1 = R2 =R3 =R* і *C1 =C2 =C3 = C*:

- для схеми *C-паралель*

$$f_0 = \frac{\sqrt{6}}{2\pi RC} = \frac{0{,}39}{RC}, \qquad (8)$$

- для схеми *R-паралель*

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{6RC}} = \frac{0{,}065}{RC}. \qquad (9)$$

Міст (ланцюг) Вина (рис. 3,в) складається з двох *RC* ланок. Перша ланка формується з послідовного з'єднання резистора *R* та конденсатора *C* і має опір

$$Z_1 = R + \frac{1}{j\omega C} = \frac{1 + j\omega C}{j\omega C}. \qquad (10)$$

Друга ланка формується паралельним з'єднанням таких же *R* і *C* та має опір

$$Z_2 = \frac{R\dfrac{1}{j\omega C}}{R + \dfrac{1}{j\omega C}} = \frac{R}{1 + j\omega C}. \qquad (11)$$

Коефіцієнт передачі ланки позитивного зворотного зв'язку визначається виразом

$$\gamma = \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2},$$

$$\gamma = \frac{j\omega C R}{1 - \omega^2 C^2 R^2 + 3 j\omega C R}. \qquad (12)$$

Якщо виконати умову

$$1 - \omega^2 C^2 R^2 = 0, \qquad (13)$$

то фазовий зсув буде дорівнює нулю, а $\gamma = 1/3$. В цьому випадку частоту генератора можна буде визначити за формулою

$$f = \frac{1}{2\pi RC}. \qquad (14)$$

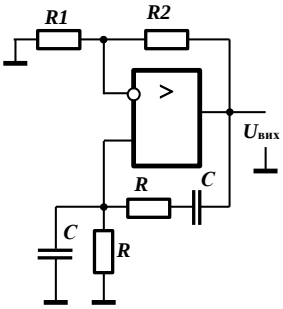


Рис. 4. Генератор на основі операційного підсилювача і мосту Віна

$$R_2 / R_1 \geq 2,$$