

Дослідження автогенератора

У даній роботі досліджується RC-автогенератор, який, звичайно, використовується для генерації коливань низької частоти.

1. Складові частини RC-автогенератора

У загальному випадку автогенератор складається з підсилювача та кола зворотного зв'язку, причому для сигналу, який обійшов повне коло зворотного зв'язку, мають виконуватися амплітудна (1) та фазова (2) умови самозбудження:

$$k \cdot \beta > 1 \quad (1)$$

$$\varphi_k + \varphi_\beta = 2\pi n \quad (2)$$

де k та φ_k – коефіцієнт передачі та фазовий зсув для підсилювача, β та φ_β – відповідні величини для кола зворотного зв'язку, n – ціле число.

Як підсилювач, у даному генераторі буде використовуватися каскад, що був досліджений у лабораторній роботі № 3 (рис.1).

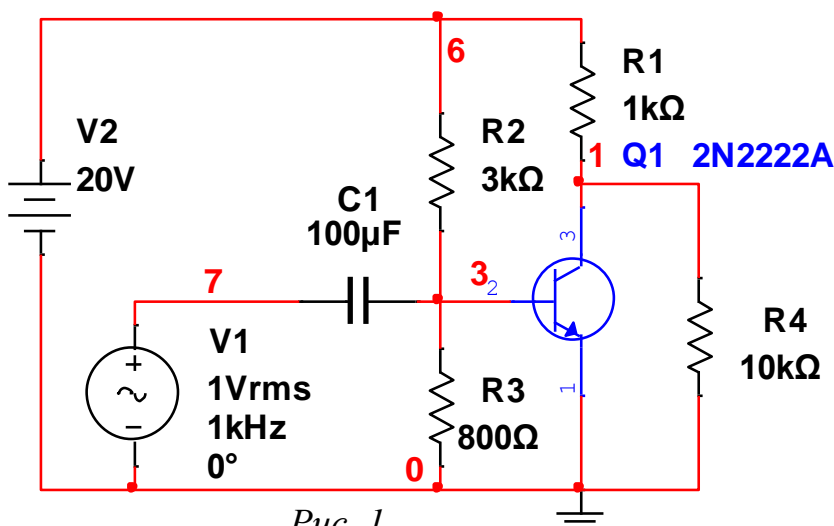


Рис. 1.

Для зручності роботи, коефіцієнт підсилення такого каскаду k має складати порядку 30-100. Фазовий зсув φ_k на середніх частотах буде складати π внаслідок інверсії сигналу транзистором, увімкненим із спільним емітером.

Як коло зворотного зв'язку застосовується фазовообертальне коло, складене з кількох RC-фільтрів нижніх частот (рис.2).

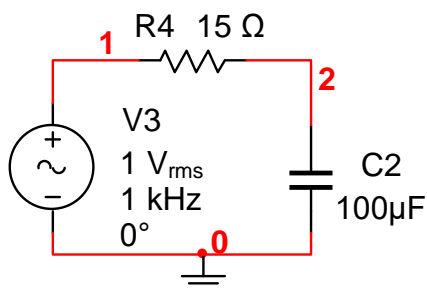


Рис. 2.

Якщо кожен фільтр – ланка даного ланцюжка на якійсь частоті буде забезпечувати фазовий зсув $\varphi_\beta = \pi/3$, то на цій частоті виконається амплітудна умова самозбудження. Якщо на цій частоті коефіцієнт передачі β буде більшим за $1/k$, автогенератор, складений з такого підсилювача та кола зворотного зв'язку, почне генерувати коливання.

2. Схема RC-автогенератора із фазовообертальним колом

На рис.3 зображено схему RC-автогенератора, що складається з підсилювача та фазовообертального кола, про які йшлося вище.

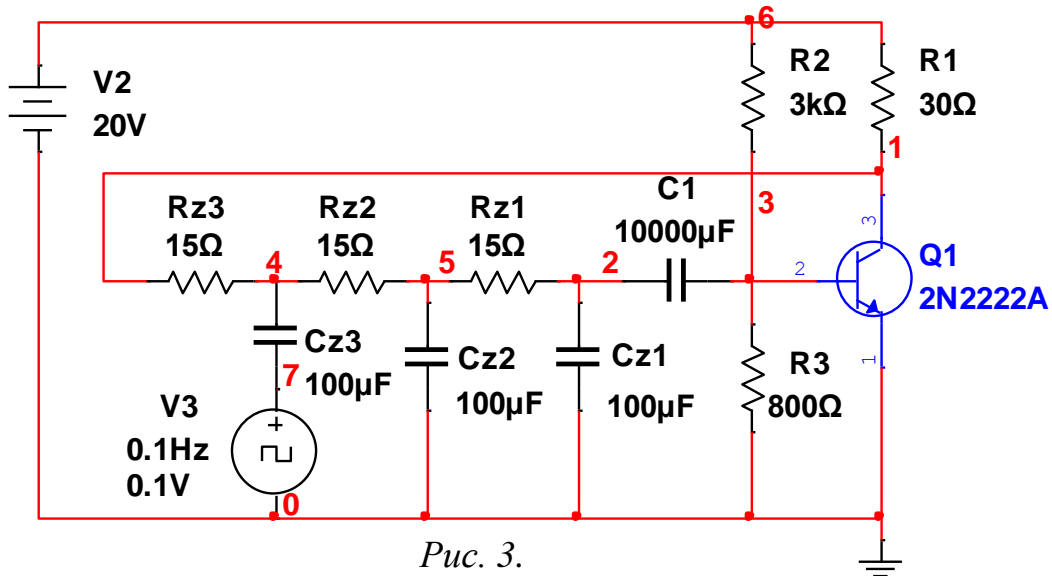


Рис. 3.

У даній схемі резистори зворотного зв'язку R_z повинні мати невеликий опір (близько 10 Ом) для забезпечення виконання амплітудної умови самозбудження. Кількість ланок може становити 3 або більше. Роздільна ємність $C1$ повинна бути досить великою, щоб вона становила малий опір для сигналу на частоті самозбудження автогенератора. Імпульсне джерело $V3$ виконує роль початкової флуктуації, від якої починається зростання автоколивань. Його частоту слід обрати дуже малою (щоб півперіод був більший за час моделювання).

3*. Вимушена синхронізація автогенератора

Якщо на автогенератор діє зовнішній періодичний ЕРС., він може перейти в режим вимушеної синхронізації, коли частота автоколивань буде рівною частоті джерела ЕРС. Такий режим буде забезпечуватися у випадку, коливання напруги на базі транзистора за рахунок зовнішнього джерела зменшують його середній коефіцієнт підсилення настільки, що перестав виконуватися амплітудна умова самозбудження (1). На рис.4 зображений RC-автогенератор, який розглядався вище, із джерелом ЕРС $V3$. У випадку досить значної амплітуди напруги джерела $V3$ відбувається вимушена синхронізація автогенератора. Ємність $C2$ потрібна для розв'язки колектора транзистора та джерела $V3$ за постійною складовою.

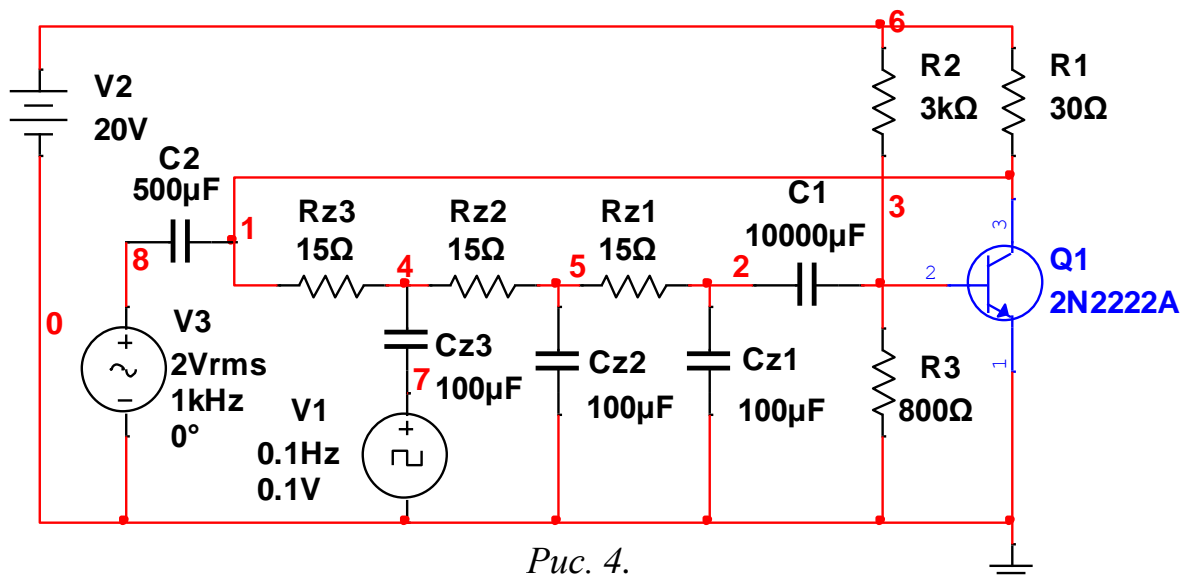


Рис. 4.

4*. Конкуренція мод, генерованих автогенераторами

У випадку, коли два автогенератори із різними частотами автоколивань впливають один на одного, кожен з них може стати джерелом вимушеної синхронізації для іншого. На рис.5 показано два RC- автогенератори, пов'язаних між собою через ємність C3. Автогенератори побудовані відповідно на 3 та 4 однакових фазовообертальних ланках. Оскільки кожен генератор тут впливає на інший, має місце взаємний зв'язок. У випадку слабого взаємного зв'язку кожен генератор генерує коливання на своїй частоті, і між цими коливаннями має місце суперпозиція. У випадку сильного взаємного зв'язку Коливання в одному з автогенераторів зростають настільки швидко, що встигають зменшити середній коефіцієнт підсилення транзистора іншого автогенератора раніше, ніж у ньому встигнуть істотно зрости свої автоколивання. У цьому випадку обидва автогенератори генерують одну і ту саму частоту.

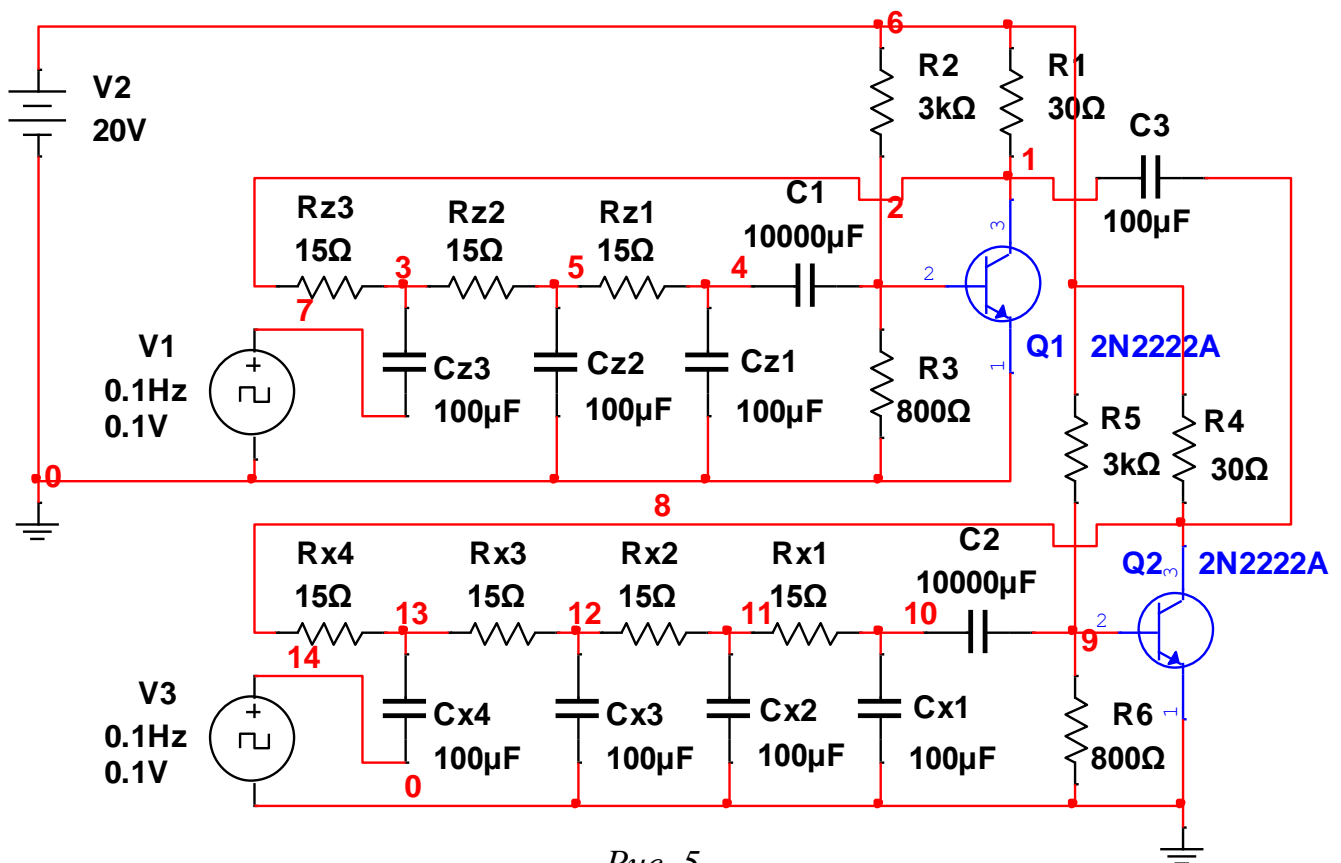


Рис. 5.

Лабораторне завдання.

1. Для свого варіанту транзистора зібрати схему, подібну до рис.1 і забезпечити коефіцієнт підсилення каскаду порядку 30-100 (слід використати результати лабораторної роботи №3).
2. Зібрати схему, зображену на рис.2. Розрахувати теоретично та визначити шляхом моделювання (AC Analysis) граничну частоту фільтра. Розрахувати, на якій частоті буде самозбуджуватися автогенератор із 3 та 4 такими ланками в колі зворотного зв'язку.
3. Зібрати схему RC-автогенератора, зображену на рис.3. Провести аналіз часових залежностей (Transient Analysis) для сигналу на колекторі транзистора. Для свого варіанту транзистора (шляхом зміни R та C в кожній ланці таким чином, щоб гранична частота не змінювалася) забезпечити самозбудження автогенератора. Визначити шляхом моделювання (Transient Analysis) частоту та амплітуду автоколивань, інкремент їхнього зростання та коефіцієнт нелінійних спотворень для встановлених коливань.
4. Повторити п.3 для випадку 4 ланок у фазовообертальному колі.
5. Зібрати схему, зображену на рис.4. Провести аналіз часових залежностей (Transient Analysis) для сигналу на колекторі транзистора. Шляхом зміни амплітуди джерела ЕРС V3 та ємності розв'язки C2 отримати режими наявності та відсутності вимушеної синхронізації. Визначити мінімальне (порогове) значення амплітуди джерела ЕРС V3, при якому відбувається вимушена синхронізація.
6. Зібрати схему, зображену на рис.5. Провести аналіз часових залежностей (Transient Analysis) для сигналів на колекторах транзисторів. Змінюючи ємність зв'язку C3, отримати режими сильного та слабого взаємного зв'язку.
7. Зменшуючи інкремент автоколивань (цього можна досягти шляхом зміни R та C в кожній ланці зворотного зв'язку відповідного генератора таким чином, щоб гранична частота не змінювалася) у автогенераторі, що встановлював свою частоту в режимі сильного взаємного зв'язку в п.6, добитися, щоб свою частоту встановлював інший автогенератор.