

Вінницький національний технічний університет
Факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем
Кафедра радіотехніки

Магістерська кваліфікаційна робота

на тему: «Дослідження реактивних властивостей високочастотних транзисторів та створення на їх основі радіотехнічних пристроїв»

Виконав: студент 2-го курсу, групи РТ-16м

Сторожук С.П.

Керівник: д.т.н., професор каф. РТ

Осадчук В.С.

Вінниця ВНТУ - 2018 рік

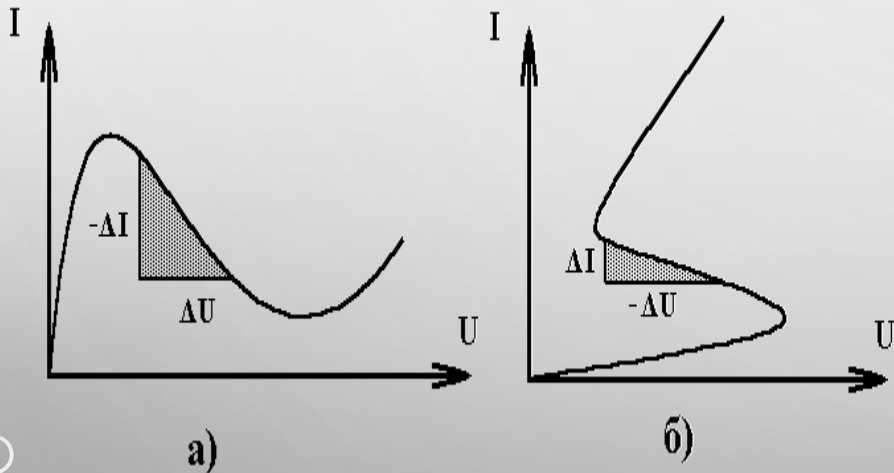
- **Метою роботи є** дослідження реактивних властивостей високочастотних транзисторів та практичне використання реактивних властивостей транзисторів у діапазоні надвисоких частот, які є технологічно сумісними з мікроелектронною елементною базою.
- **Об'єкт дослідження** є процеси перетворення електричних сигналів у пристроях на основі реактивних властивостей транзисторів у діапазоні надвисоких частот.
- **Предмет дослідження** вхідні та вихідні параметри пристроїв на основі реактивних властивостей транзисторів у діапазоні надвисоких частот.
- **Методи дослідження** ґрунтуються на використанні:
 - методу контурних струмів використано для аналізу функції перетворення та рівняння чутливості;
 - методи лінійної та нелінійної оптимізації використано для визначення параметрів пристроїв на основі реактивних властивостей високочастотних транзисторів.

Вольт-амперна характеристика і її залежність від типу зворотного зв'язку

У приладах із від'ємним опором або провідністю вольт-амперна характеристика має ділянку, на якій позитивному збільшенню напруги відповідає від'ємне збільшення струму і навпаки. На такій ділянці диференціальний опір і провідність будуть мати від'ємне значення

$$R_o^{(-)} = -\frac{dU}{dI} \approx -\frac{\Delta U}{\Delta I} \quad (1)$$

$$G_o^{(-)} = -\frac{dI}{dU} \approx -\frac{\Delta I}{\Delta U} \quad (2)$$



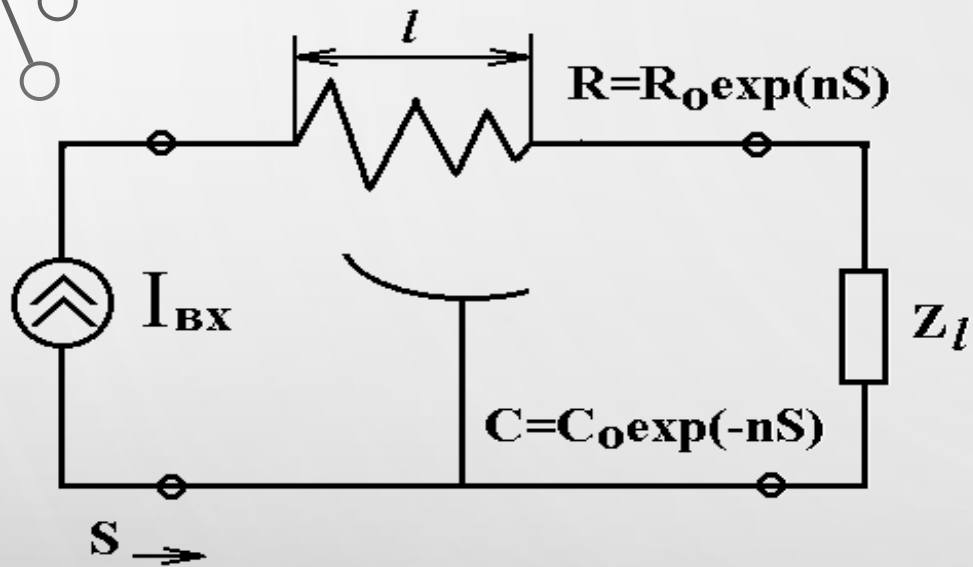
У цьому випадку такі прилади віддають у зовнішнє навантаження потужність по змінному струму, що пропорційна квадрату збільшення струму або напруги

$$P_{\sim}^{(-)} = 0,5(\Delta I)^2 R_o^{(-)} \quad (3)$$

$$P_{\sim}^{(-)} = 0,5(\Delta U)^2 G_o^{(-)} \quad (4)$$

Рисунок Б1 – Статичні вольт-амперні характеристики приладів з від'ємним опором N типу (а) і S-типу (б)

Електричний ланцюг моделі коефіцієнта передачі по струму в схемі з загальною базою



Коефіцієнт передачі по струму такої лінії визначається
відношенням

$$\frac{I_{вix}}{I_{вх}} = \frac{K_{01} \exp(1/2nl)}{\exp(nl)(K_{01} \cos(1/2K_{01}l) - n \cdot sh(1/2K_{01}l) + 2jU \frac{Z_e}{R_o} sh(1/2K_{01}l)} \quad (1)$$

де

$$K_{01} = \sqrt{n^2 + 4jU} \quad (2)$$

$$U = \omega \cdot C_o R_o \quad (3)$$

Рисунок В1 – Електричний ланцюг моделі коефіцієнта
передачі по струму в схемі з загальною базою

Еквівалентна схема надвисокочастотного транзистора

Вхідний опір НВЧ транзистора в схемі з загальною базою має індуктивний характер. Це зумовлено комплексністю значень коефіцієнта передачі по струму і параметрів транзистора. Еквівалентна схема НВЧ транзистора з загальною базою при короткому замиканні виходу по змінному струму приведена на рис. Г1.

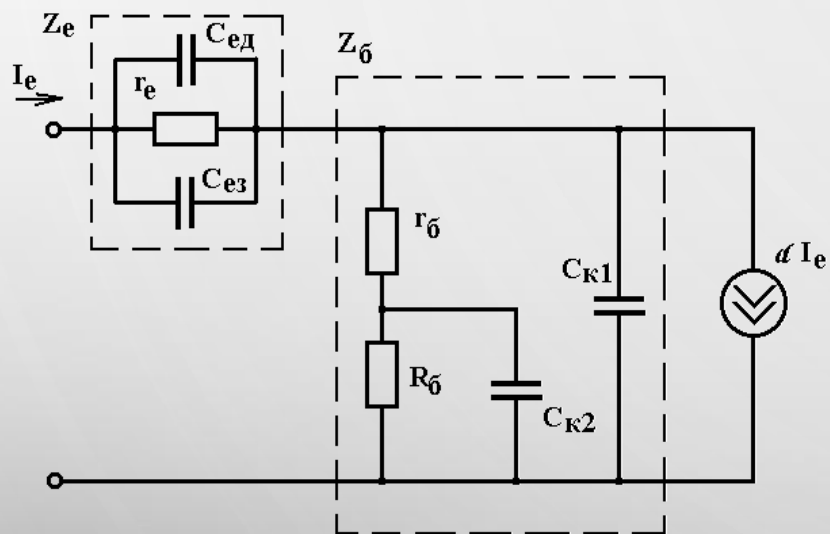


Рисунок Г1 – Еквівалентна схема надвисокочастотного транзистора

Вхідний опір

$$Z_{ex} = Z_{e1} + Z_{б2}(1 - \alpha_1) + Z_{б2}\alpha_2 + j(Z_{б1}\alpha_2 + Z_{б2}(\alpha_1 - 1) - Z_{e2}) \quad (1)$$

$$Z_{e1} = \frac{r_e}{1 + (\omega \cdot r_e (C_{e3} + C_{ed}))^2} \quad \text{- активна складова опору емітерного переходу;}$$

$$Z_{e1} = \frac{\omega \cdot r_e^2 (C_{e3} + C_{ed})}{1 + (\omega \cdot r_e (C_{e3} + C_{ed}))^2} \quad \text{- реактивна складова опору емітерного переходу;}$$

$$Z_{б1} = \frac{(r_б + R_б)(1 - \omega \cdot C_{K1}C_{K2}r_бR_б) + \omega^2 C_{K2}R_бr_б(r_б(C_{K1} + C_{K2}) + C_{K1}r_б)}{(1 - \omega^2 C_{K1}C_{K2}R_бr_б)^2 + (R_б(C_{K1} + C_{K2}) + C_{K1}r_б)^2 \omega^2} \quad (2)$$

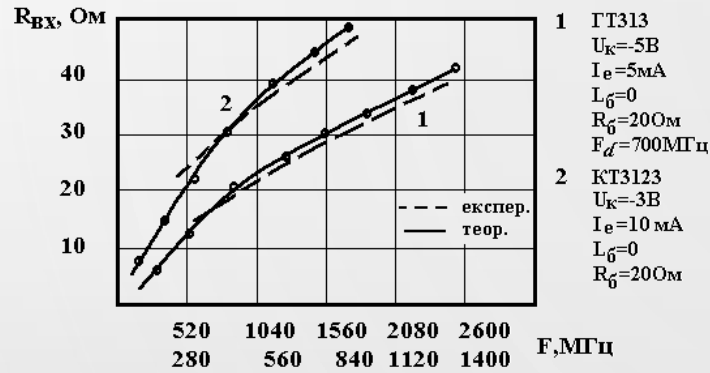
- активна складова опору бази;

$$Z_{б1} = \frac{\omega \cdot (R_б(C_{K1} + C_{K2}) + C_{K1}r_б)(r_б + R_б) - \omega \cdot C_{K2}R_бr_б(1 - \omega^2 C_{K1}C_{K2}r_бR_б)}{(1 - \omega^2 C_{K1}C_{K2}R_бr_б)^2 + (R_б(C_{K1} + C_{K2}) + C_{K1}r_б)^2 \omega^2} \quad (3)$$

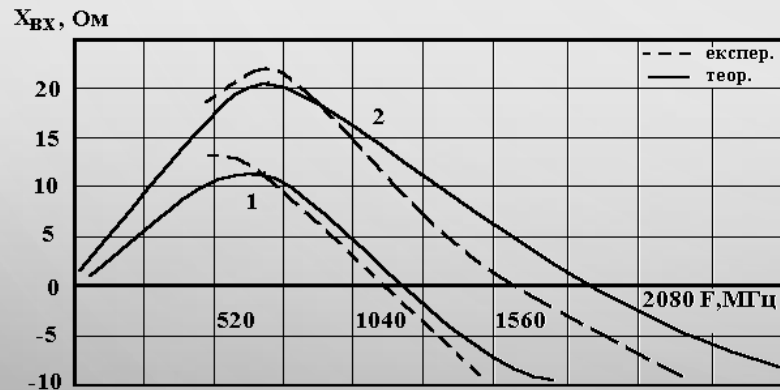
- реактивна складова опору бази.

Залежність активної і реактивної складових від частоти

Експериментальна та теоретична залежності індуктивності (а) і добротності (б) від частоти

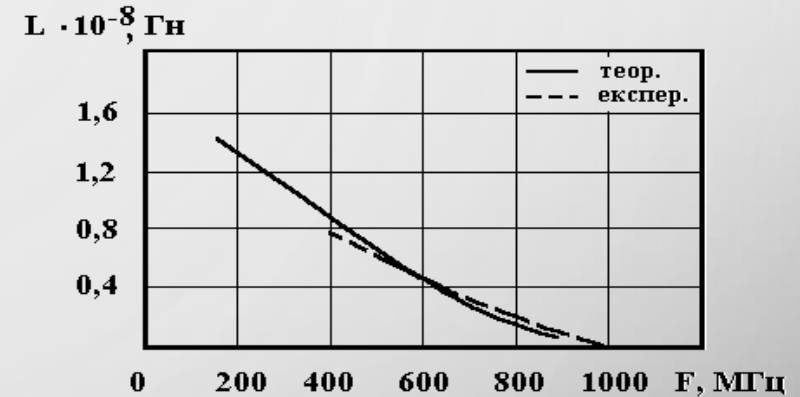


а)

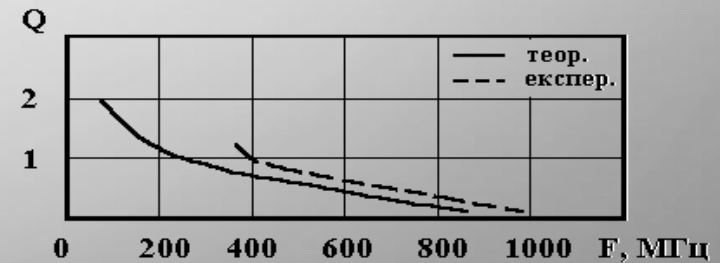


б)

Рисунок Д1 - Залежність активної і реактивної складових від частоти



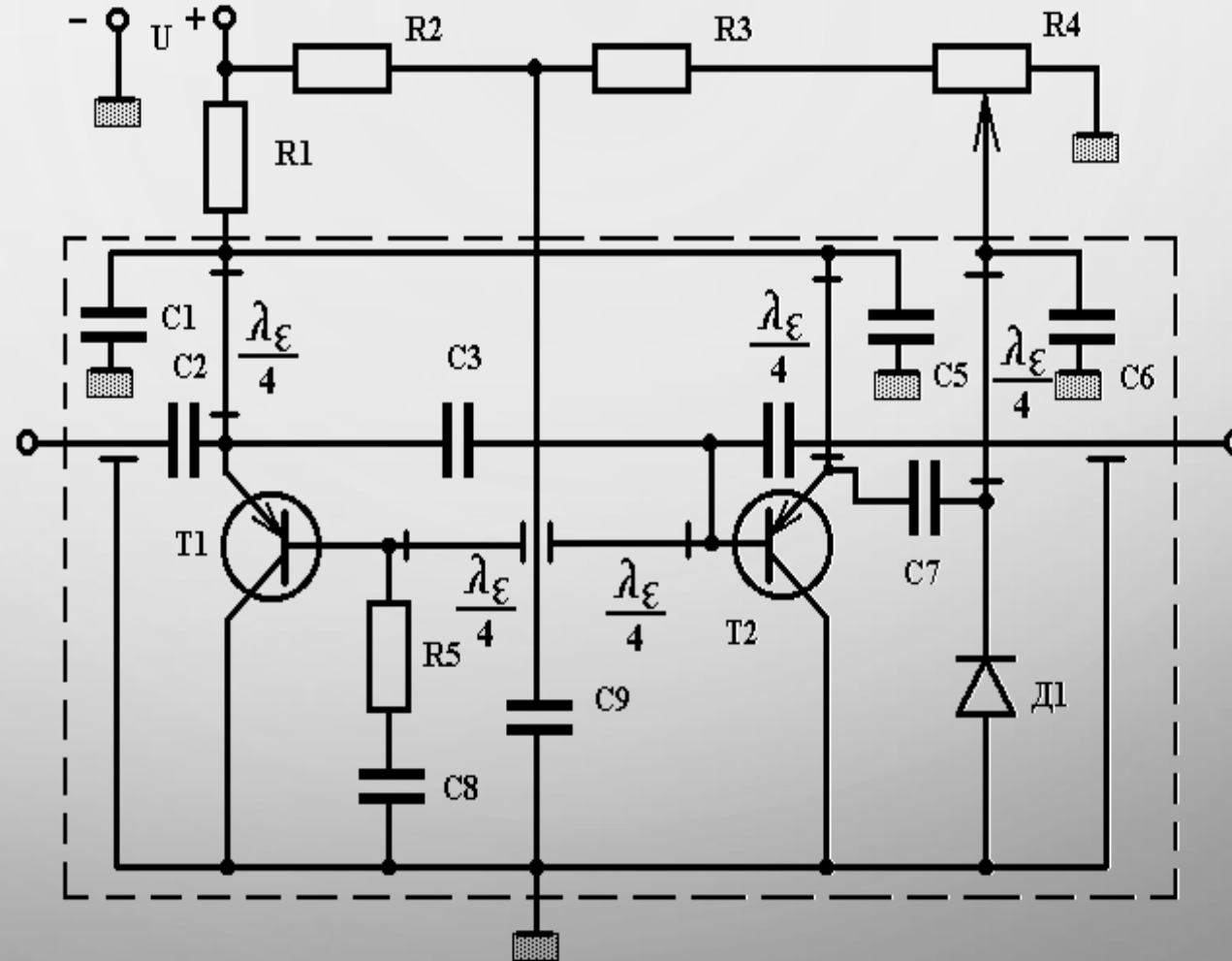
а)

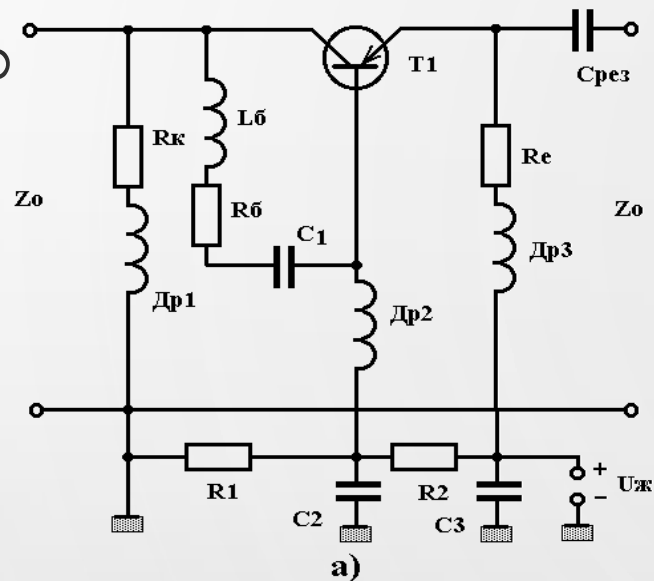


б)

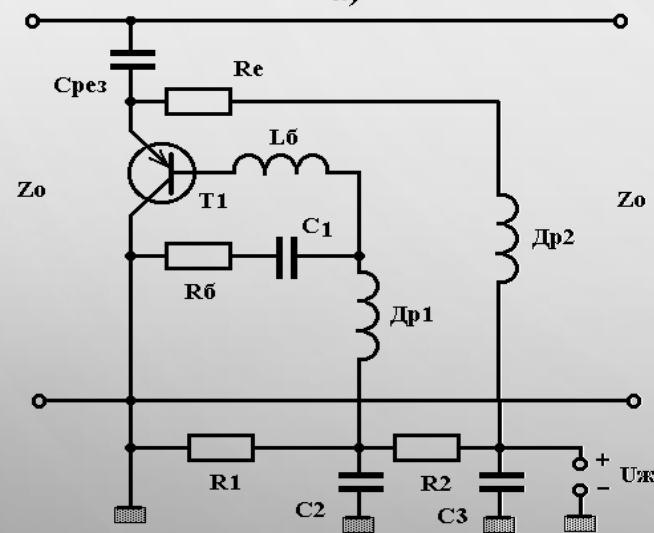
Рисунок Д2 - Експериментальна та теоретична залежності індуктивності (а) і добротності (б) від частоти

Електрична принципова схема коливального НВЧ контуру





а)



б)

Рисунок Ж1 - Електрична схема смугопропускаючого (а) і смугозакриваючого активних НВЧ фільтрів (б)

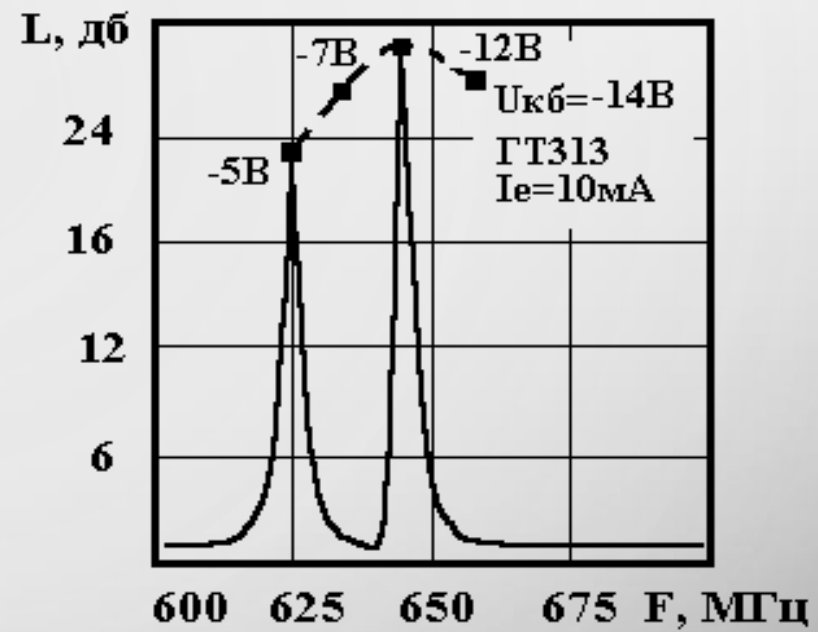


Рисунок Ж2 - Частотна характеристика смугозакриваючого активного НВЧ фільтра при різних напругах на колекторі транзистора

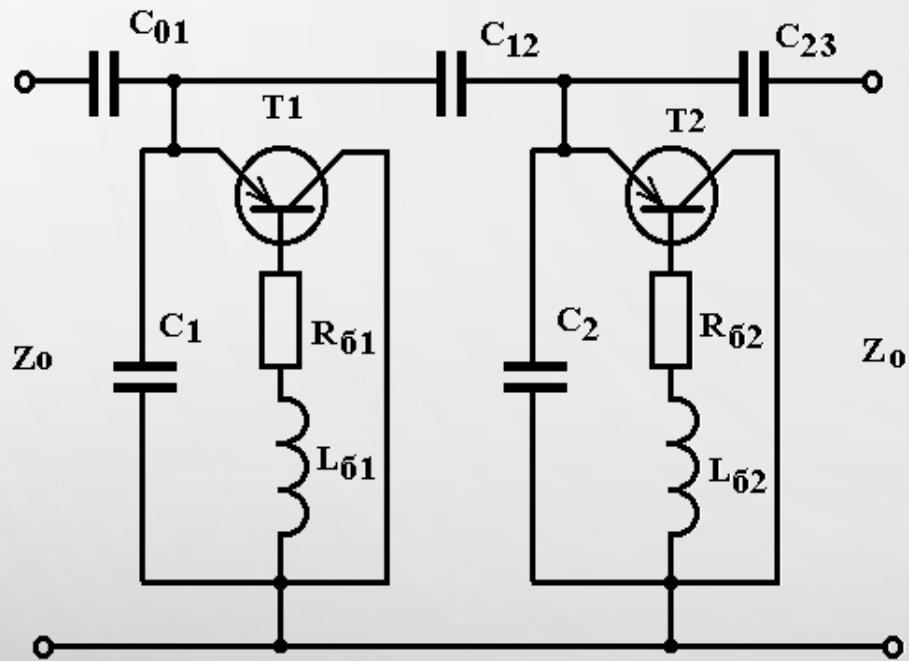


Рисунок Ж3 - Електрична схема двохрезонаторного активного смугопропускаючого НВЧ фільтра по змінному струму

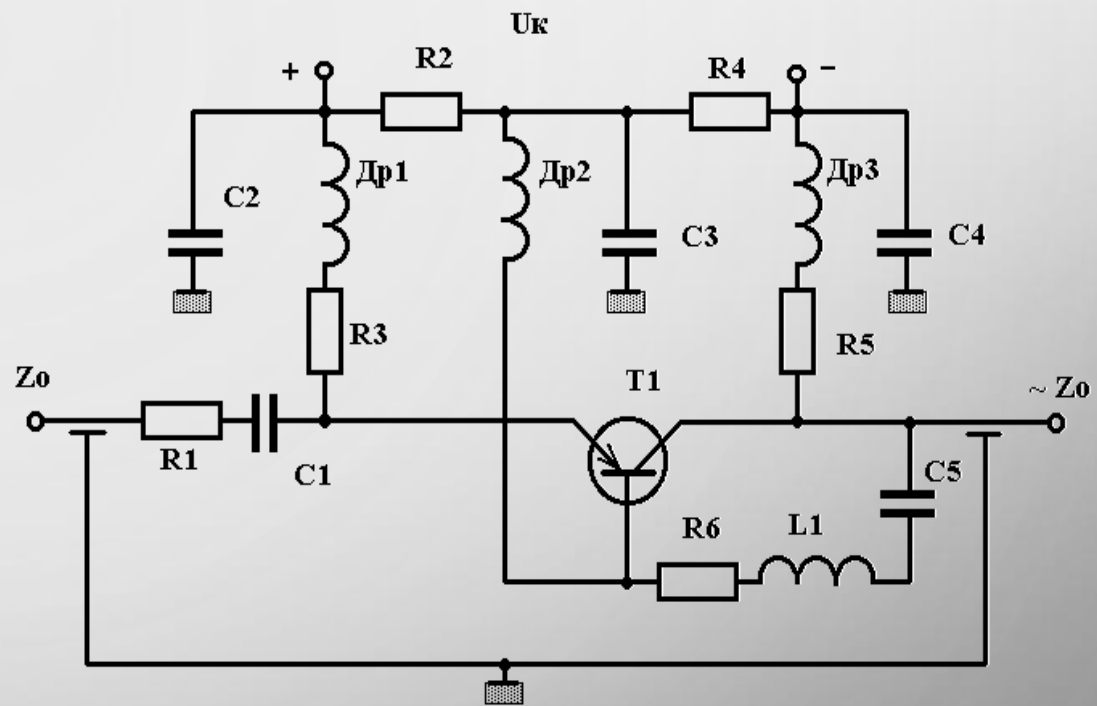
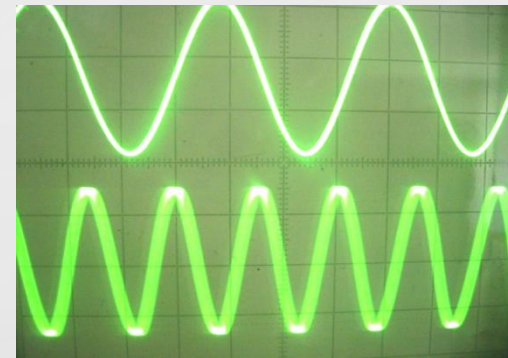
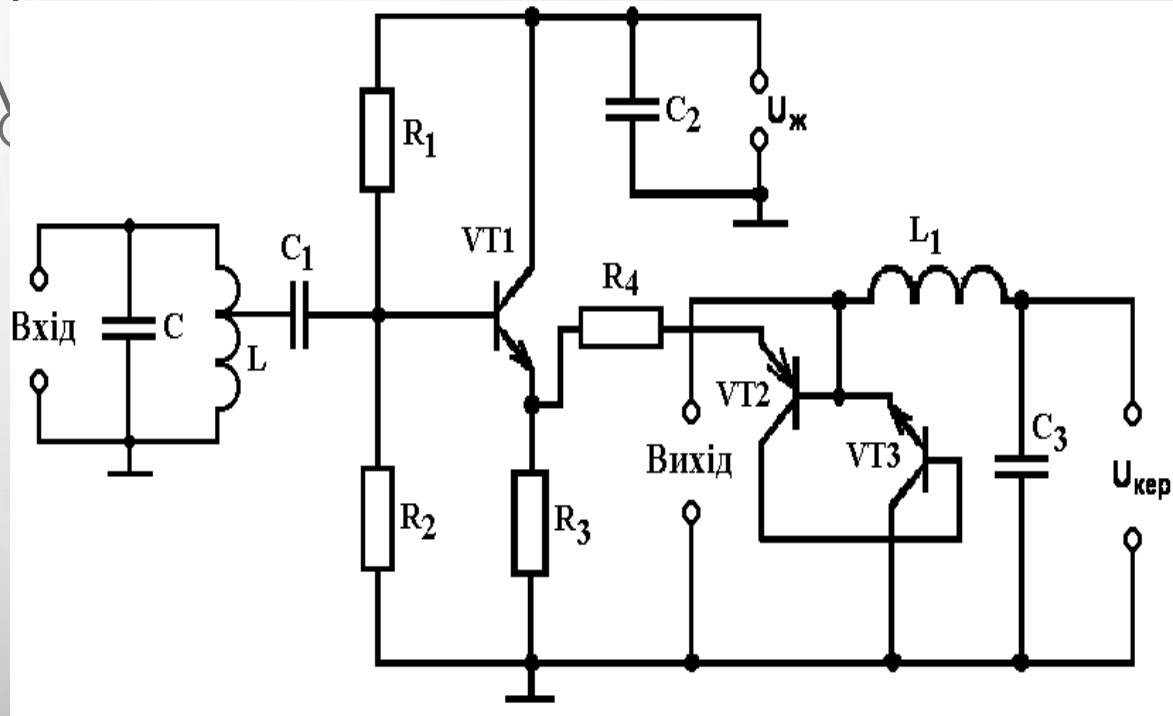
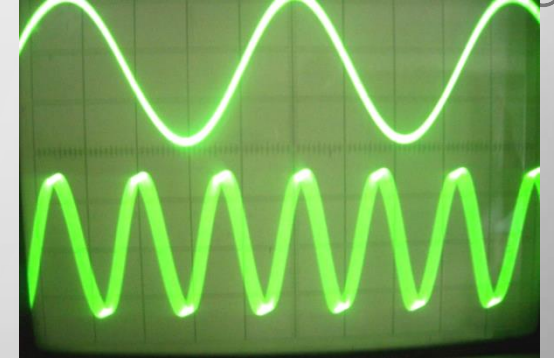


Рисунок Ж4 - Електрична схема транзисторного НВЧ вимикача

Помножувач частоти на біполярній транзисторній структурі з від'ємним опором



а)



б)

Рисунок 32 - Осцилограми режиму а) подвоєння та б) потроєння частоти помножувача частоти на біполярній транзисторній структурі

Рисунок 31 - Електрична схема помножувача частоти на біполярній транзисторній структурі з від'ємним опором

Помножувач частоти на польовій транзисторній структурі з від'ємним опором

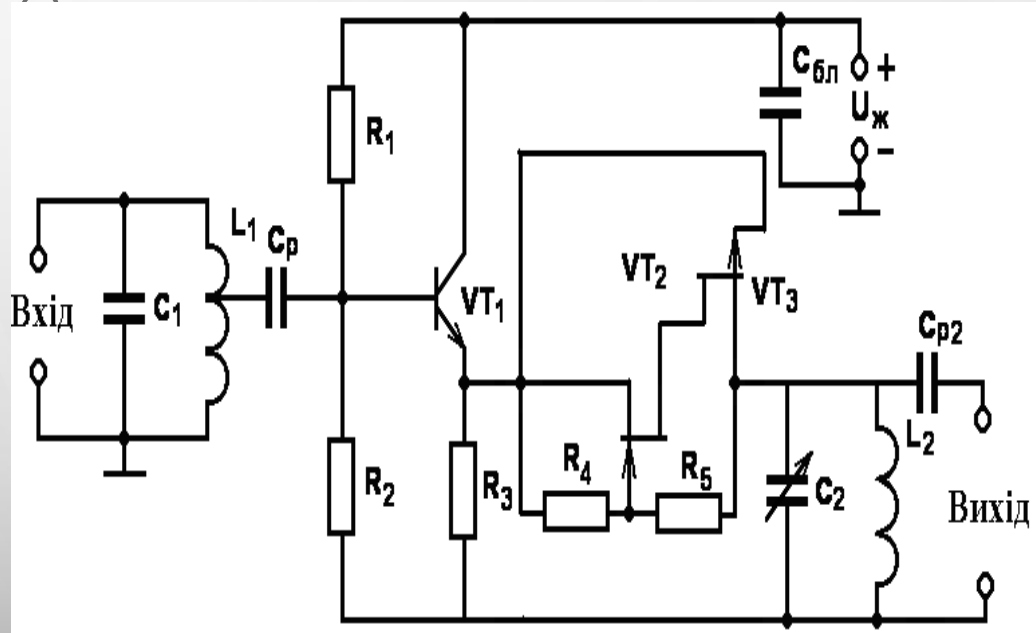
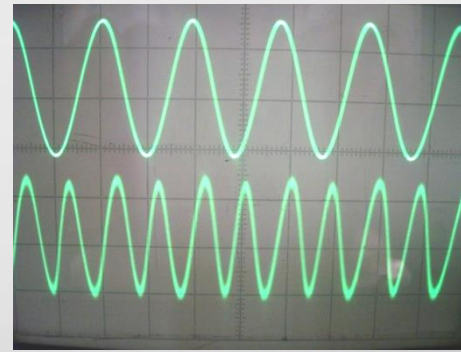
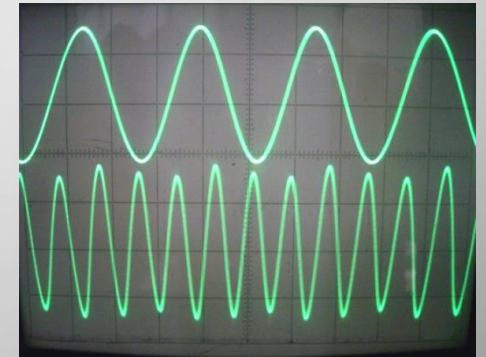


Рисунок Є1 - Електрична схема помножувача частоти на польовій транзисторній структурі з від'ємним опором



а)



б)

Рисунок Є2 - Осцилограми режиму а) подвоєння та б) потроєння частоти помножувача частоти на польовій транзисторній структурі

The image features a light gray background with a subtle, large-scale pattern of overlapping circles. In the four corners, there are decorative elements resembling circuit board traces, consisting of thin black lines and small white circles.

ДОПОВІДЬ ЗАВЕРШЕНО, ДЯКУЮ ЗА УВАГУ