

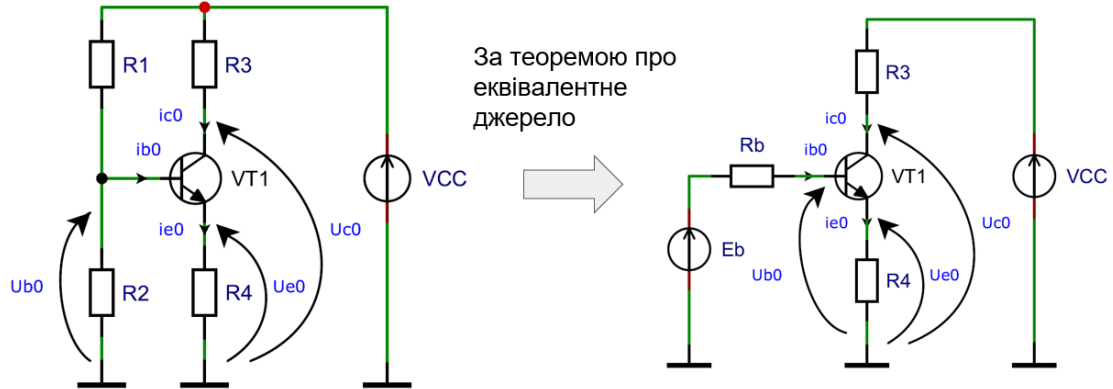
# Зміст

1. Статичний режим RC-підсилювача у схемі СЕ.	3
2. Статичний режим RC-підсилювача у схемі СБ.	4
3. Статичний режим RC-підсилювача у схемі СК.	5
4. Статичний режим RC-підсилювача у схемі СВ.	6
5. Статичний режим RC-підсилювача у схемі СЗ.	6
6. Статичний режим RC-підсилювача у схемі СС.	6
7. RC-підсилювач у схемі СЕ для смуги середніх частот. $K_U$	8
8. RC-підсилювач у схемі СЕ для смуги середніх частот. $K_I$	9
9. RC-підсилювач у схемі СЕ для смуги середніх частот. $K_P$	9
10. RC-підсилювач у схемі СЕ для смуги середніх частот. $R_{вх}$	9
11. RC-підсилювач у схемі СЕ для смуги середніх частот. $R_{вих}$	9
12. RC-підсилювач у схемі СБ для смуги середніх частот. $K_U$	10
13. RC-підсилювач у схемі СБ для смуги середніх частот. $K_I$	11
14. RC-підсилювач у схемі СБ для смуги середніх частот. $R_{вх}$	11
15. RC-підсилювач у схемі СБ для смуги середніх частот. $R_{вих}$	11
16. RC-підсилювач у схемі СК для смуги середніх частот. $K_U$	12
17. RC-підсилювач у схемі СК для смуги середніх частот. $K_I$	13
18. RC-підсилювач у схемі СК для смуги середніх частот. $R_{вх}$	13
19. RC-підсилювач у схемі СК для смуги середніх частот. $R_{вих}$	13
20. RC-підсилювач у схемі СВ для смуги середніх частот. $K_U$	14

21. RC-підсилювач у схемі СЗ для смуги середніх частот. $K_U$	15
22. RC-підсилювач у схемі СС для смуги середніх частот. $K_U$	16
23. RC-підсилювач для смуги верхніх частот.	17
24. RC-підсилювач у області малих часів. Макромодель та перехідна характеристика.	19
25. RC-підсилювач для смуги нижніх частот. Загальна макромодель та АЧХ.	21
26. RC-підсилювач у області великих часів. Макромодель та перехідна характеристика	23
27. ВЧ-корекція RC-підсилювача у схемі зі СЕ за допомогою частотнозалежного навантаження. Схеми та схемні функції	25
28. ВЧ-корекція RC-підсилювача на біполярному транзисторі за допомогою частотнозалежного НЗЗ за струмом. Схеми та схемні функції.	27
29. ВЧ-корекція RC-підсилювача на польовому транзисторі за допомогою частотнозалежного НЗЗ за струмом. Схеми та схемні функції.	29
30. ВЧ-корекція RC-підсилювача на біполярному транзисторі за допомогою частотнозалежного НЗЗ по напрузі. Схеми та схемні функції.	30
36. Широкосмуговий RC-підсилювач на біполярному транзисторі. Умова передачі без спотворень. Схеми та схемні функції.	31

# 1. Статичний режим RC-підсилювача у схемі CE.↑

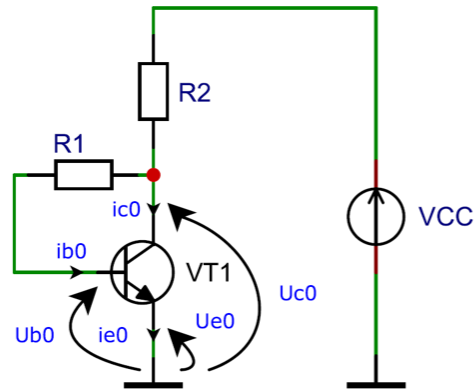
Схема забезпечення статичного режиму каскаду на біполярному транзисторі



$$U_{be0}(ib0) = U_{b0} - U_{e0} = (E_b - R_b \cdot ib0) - R_4 \cdot ie0 = VCC \cdot R_2 / (R_1 + R_2) - (R_1 || R_2) \cdot ib0 - R_4 \cdot (\beta + 1) \cdot ib0$$

$$U_{ce0}(ic0) = U_{c0} - U_{e0} = VCC - R_3 \cdot ic0 - R_4 \cdot ie0 = VCC - (R_3 + R_4 \cdot (\beta + 1) / \beta) \cdot ic0$$

Схема забезпечення статичного режиму каскаду на біполярному транзисторі із автозміщенням



$$U_{ce0}(ic0) = U_{c0} - U_{e0} = (VCC - R_2 \cdot (ic0 + ib0)) - 0 = VCC - R_2 \cdot (1 + 1/\beta) \cdot ic0$$

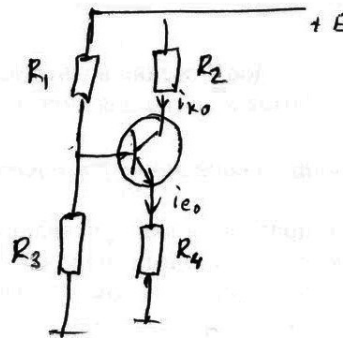
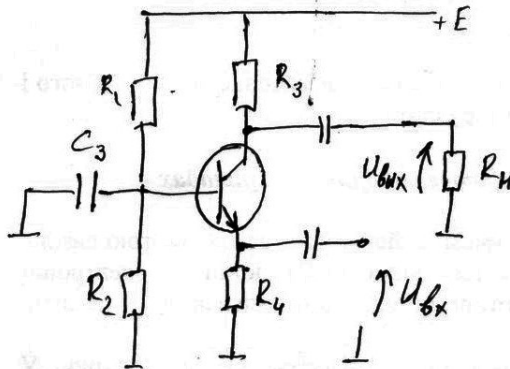
$$U_{be0}(ib0) = U_{b0} - U_{e0} = (U_{c0} - R_1 \cdot ib0) - 0 = VCC - R_2 \cdot (1 + 1/\beta) \cdot ic0 - R_1 \cdot ib0 = VCC - (R_2 \cdot (\beta + 1) + R_1) \cdot ib0$$

## 2. Статичний режим RC-підсилювача у схемі СБ.↑

2. Схема с ОБ.

Общий вид

В стат режиме!



Положение рабочей точки задается:

$i_{e0}$ ,  $U_{eб0}$  (входные)

$i_{k0}$ ,  $U_{кб0}$  (выходные) Уравнения:

$$E = i_{e0} R_4 + U_{eб0} + i_{б0} R_1$$

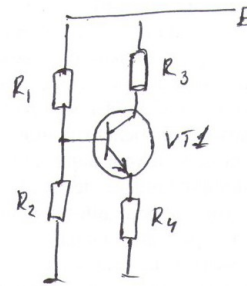
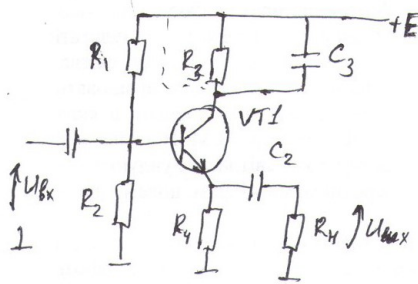
$$E = i_{k0} R_2 + U_{кб0} + i_{б0} R_1$$

$$E = i_{R1} R_1 + (i_{R1} - i_{б0}) R_3$$

$$i_{e0} = i_{б0} + i_{k0}$$

### 3. Статичний режим RC-підсилювача у схемі СК.↑

3. О.К.



$i_{\delta_0}, U_{\delta_{к0}}$  - входные  
 $i_{\partial_0}, U_{\partial_{к0}}$  - выходные

$$E = i_{\delta_0} R_1 + U_{\delta_{к0}} + i_{к_0} R_3$$

$$E = i_{\partial_0} R_4 + U_{\partial_{к0}} + i_{к_0} R_3$$

$$E = i_{к_1} R_1 + (i_{к_1} - i_{\delta_1}) R_3$$

$$i_{e_0} \approx i_{\delta_0} + i_{к_0}$$

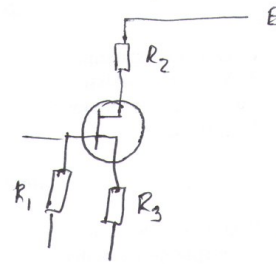
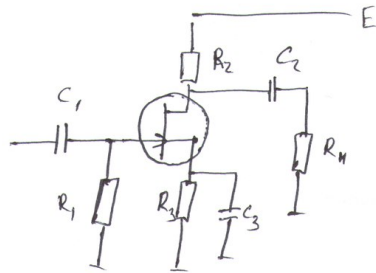
4. Статичний режим RC-підсилювача у схемі СВ.↑

5. Статичний режим RC-підсилювача у схемі СЗ.↑

6. Статичний режим RC-підсилювача у схемі СС.↑

В скрині ниже- ответы на вопросы с 4 по 6.

4. Схема польового підсилювача з СВ  
в стат. режимі

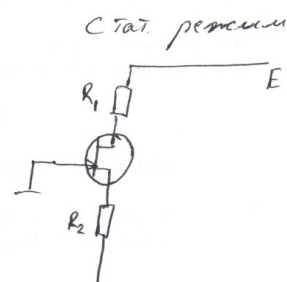
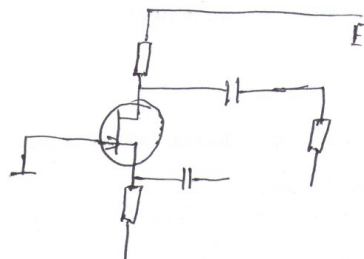


$$E = i_{c0} R_1 + U_{cB0} + i_{B0} R_3$$

$$U_{B0} = -i_{B0} R_3$$

$$i_{c0} = i_{B0}$$

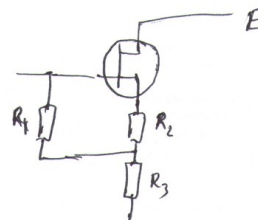
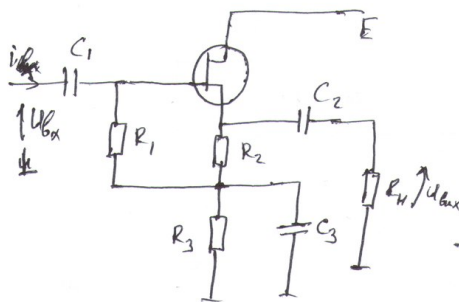
5. Схема з СЗ.



$$E = i_{c0} R_1 + U_{c30}$$

$$U_{B3} = -i_{B3} R_2$$

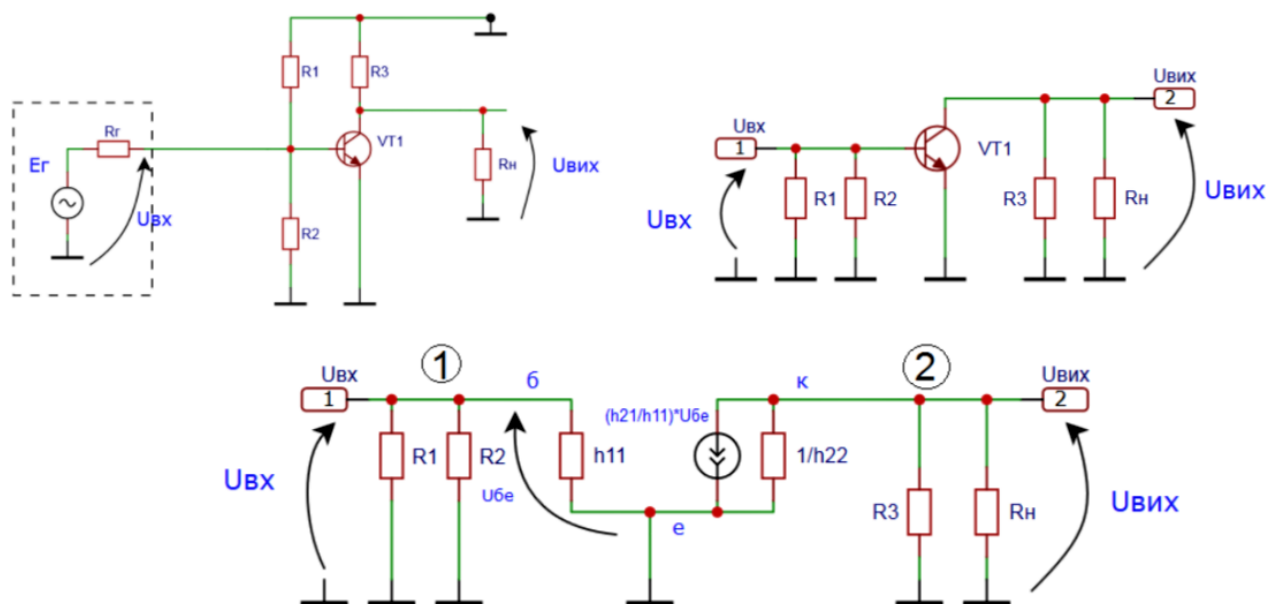
6. Схема СС



$$E = i_{B0} R_3 + (i_{B0} - i_{R1}) R_2 + U_{B0}$$

$$U_{3C} = -E$$

## 7. RC-підсилювач у схемі СЕ для смуги середніх частот. $K_U \uparrow$



$$R_I = R_1 \parallel R_2 \parallel h_{11}, G_I = G_1 + G_2 + \frac{1}{h_{11}}$$

$$R_{II} = \frac{1}{h_{22}} \parallel R_3, G_{II} = h_{22} + G_3$$

$$S = \frac{h_{21}}{h_{11}}$$

	$U_{be} \rightarrow$	①	2
1		$GI$	$0$
$S \cdot U_{be}$	$\leftarrow$	$S$	$G_{II} + G_H$

Рис. 1: Еквівалентна схема підсилювального каскаду зі СЕ у смугі РЧ

Рис. 2: Матриця провідності

$$K_U^{XX} = \frac{U_{вих}}{U_{вх}} = \frac{\Delta_{12}}{\Delta_{11}} = \frac{(-1)^{1+2} \cdot S}{(-1)^{1+1} \cdot (G_{II} + G_H)} = -\frac{S}{(G_{II} + G_H)}$$



## 8. RC-підсилювач у схемі СЕ для смуги середніх частот. $K_I \uparrow$

Дальше для СЕ рисунок одинаковый, будут меняться токо формулы.

$$K_I^{K3} = \frac{\Delta_{12}}{\Delta_{22}} = \frac{(-1)^{1+2} \cdot S}{G_I} = -\frac{S}{G_I}$$

## 9. RC-підсилювач у схемі СЕ для смуги середніх частот. $K_P \uparrow$

Тут просто перемножаєш  $K_I \times K_P$

## 10. RC-підсилювач у схемі СЕ для смуги середніх частот. $R_{\text{вх}} \uparrow$

$$R_{\text{вх}}^{XX} = \frac{\Delta_{11}}{\Delta} = \frac{(-1)^{1+1} (G_{II} + G_H)}{G_I (G_{II} + G_H)} = \frac{1}{G_I} = R_I$$

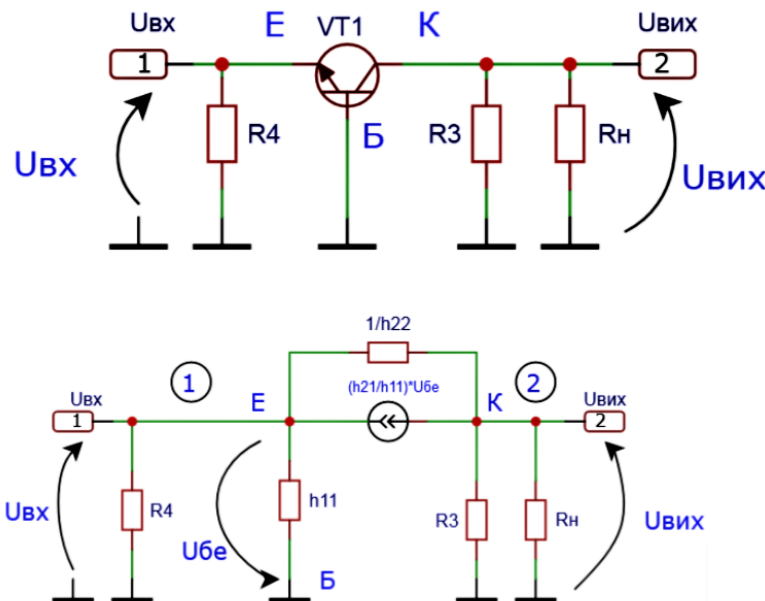
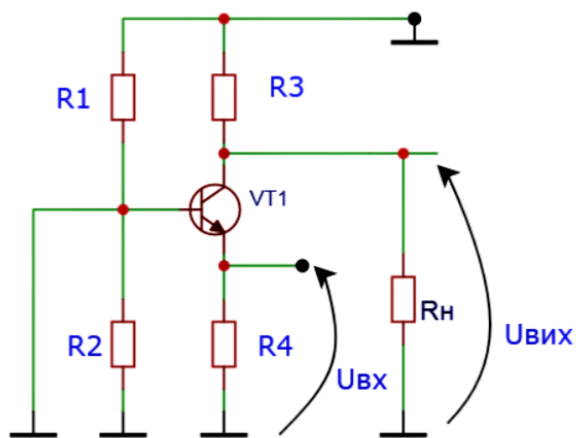
$$R_{\text{вх}}^{K3} = \frac{\Delta_{11,22}}{\Delta_{22}} = \frac{1}{(-1)^{2+2} G_I} = R_I$$

## 11. RC-підсилювач у схемі СЕ для смуги середніх частот. $R_{\text{вих}} \uparrow$

$$R_{\text{вих}}^{XX} = \frac{\Delta_{22}}{\Delta} \Big|_{G_H=0} = \frac{G_I}{G_I (G_{II} + G_H)} \Big|_{G_H=0} = \frac{1}{G_{II}} = R_{II}$$

$$R_{\text{вих}}^{K3} = \frac{\Delta_{11,22}}{\Delta_{11}} = \frac{1}{G_{II} + G_H} = \frac{R_{II} R_H}{R_{II} + R_H}$$

## 12. RC-підсилювач у схемі СБ для смуги середніх частот. $K_U \uparrow$



$$R_I = R_4 \parallel h_{11}, G_I = G_4 + \frac{1}{h_{11}}$$

$$R_{II} = R_3, G_{II} = G_3$$

$$R_{III} = \frac{1}{h_{22}}, G_{III} = h_{22}$$

$$S = \frac{h_{21}}{h_{11}}$$

	① → Uбe	2
①	$G_I + G_{III} + S$	$-G_{III}$
②	$-G_{III} - S$	$G_{II} + G_{III} + G_H$

Рис. 3: Еквівалентна схема підсилювального каскаду зі СБ у смугі РЧ

Рис. 4: Матриця провідності

$$K_U^{XX} = \frac{\Delta_{12}}{\Delta_{11}} = \frac{(-1)^{1+2} \cdot (-G_{III} - S)}{(-1)^{1+1} \cdot (G_{II} + G_{III} + G_H)} = \frac{G_{III} + S}{G_{II} + G_{III} + G_H} > 0$$

13. RC-підсилювач у схемі СБ для смуги середніх частот.  $K_I \uparrow$

$$K_I = \frac{\Delta_{12}}{\Delta_{22}} = \frac{(-1)^{1+2} \cdot (-G_{III} - S)}{G_I + G_{III} + S} = \frac{G_{III} + S}{G_I + G_{III} + S} < 1$$

14. RC-підсилювач у схемі СБ для смуги середніх частот.  $R_{\text{вх}} \uparrow$

$$R_{\text{вх}}^{XX} = \frac{\Delta_{11}}{\Delta} = \frac{(-1)^{1+1} \cdot (G_{II} + G_{III} + G_H)}{(G_I + G_{III} + S)(G_{II} + G_{III} + G_H) - G_{III}(G_{III} + S)} = f(G_H)$$

15. RC-підсилювач у схемі СБ для смуги середніх частот.  $R_{\text{вих}} \uparrow$

$$R_{\text{вих}} = \frac{\Delta_{11,22}}{\Delta_{11}} = \frac{1}{G_{II} + G_{III} + G_H}$$

$$R_{\text{вих}}^{XX} = \left. \frac{\Delta_{22}}{\Delta} \right|_{G_H=0} = \left. \frac{G_I + G_{III} + S}{\Delta} \right|_{G_H=0}$$

# 16. RC-підсилювач у схемі СК для смуги середніх частот. $K_U \uparrow$

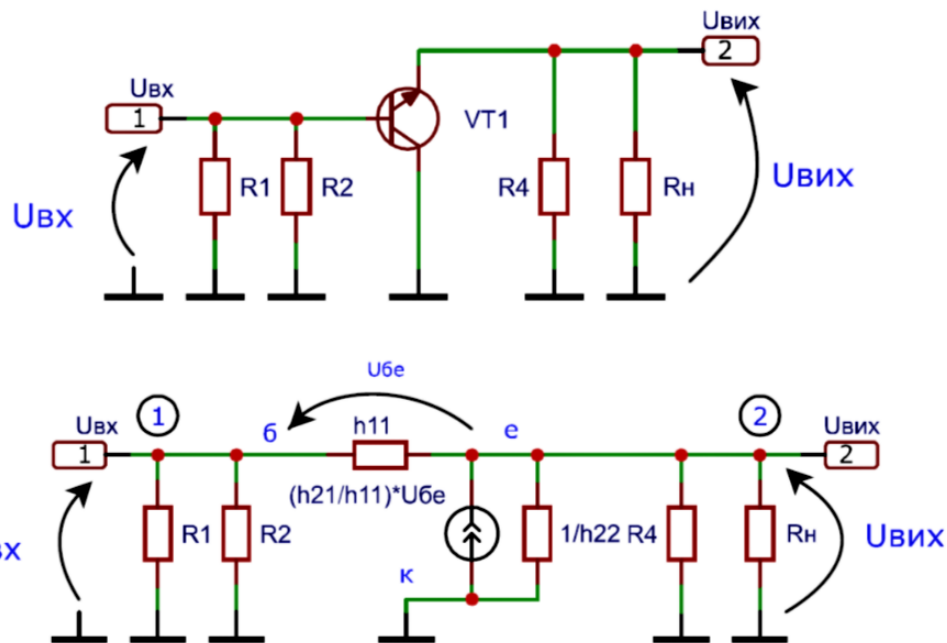


Рис. 5: Еквівалентна схема підсилювального каскаду зі СК у смугі РЧ

$$R_I = R_1 \parallel R_2, G_I = G_1 + G_2$$

$$R_{II} = \frac{1}{h_{22}} \parallel R_4, G_{II} = h_{22} + G_4$$

$$R_{III} = h_{11}, G_{III} = \frac{1}{h_{11}}$$

$$S = \frac{h_{21}}{h_{11}}$$

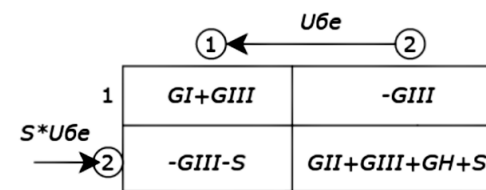


Рис. 6: Матриця провідності

17. RC-підсилювач у схемі СК для смуги середніх частот.  $K_I \uparrow$

18. RC-підсилювач у схемі СК для смуги середніх частот.  $R_{вх} \uparrow$

19. RC-підсилювач у схемі СК для смуги середніх частот.  $R_{вих} \uparrow$

Короче на этом моменте я заебался набирать формулы, поэтому просто вставляю скрин—не получилось выебнуться :( В скрине сразу ответы з 17 по 19 вопросы.

$$K_U^{XX} = \frac{U_{\text{вих}}}{U_{\text{вх}}} = \frac{\Delta_{12}}{\Delta_{11}} = \frac{(-1)^{1+2} \cdot (-G_{III} - S)}{(-1)^{1+1} \cdot (G_{II} + G_H + G_{III} + S)} = \frac{G_{III} + S}{G_{II} + G_H + G_{III} + S} > 0, < 1$$

$$K_I^{K3} = \frac{\Delta_{12}}{\Delta_{22}} = \frac{(-1)^{1+2} \cdot (-G_{III} - S)}{G_I + G_{III}} = \frac{G_{III} + S}{G_I + G_{III}}$$

$$R_{\text{вх}}^{XX} = \frac{\Delta_{11}}{\Delta} = \frac{(-1)^{1+1} (G_{II} + G_{III} + G_H + S)}{(G_I + G_{III})(G_{II} + G_{III} + G_H + S) - G_{III}(G_{III} + S)} = f(G_H)$$

$$R_{\text{вих}}^{XX} = \frac{\Delta_{22}}{\Delta} \Big|_{G_H=0} = \frac{G_I + G_{III}}{\Delta} \Big|_{G_H=0}$$

$$R_{\text{вих}}^{K3} = \frac{\Delta_{11,22}}{\Delta_{11}} \Big|_{G_H=0} = \frac{1}{G_{II} + G_{III} + S}$$

Рис. 7: Формули для СК

## 20. RC-підсилювач у схемі СВ для смуги середніх частот. $K_U \uparrow$

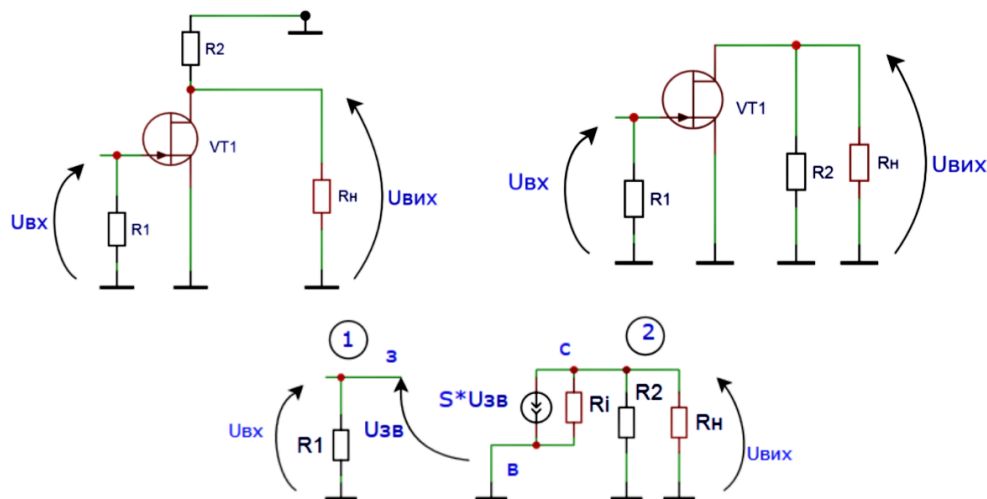


Рис. 8: Еквівалентна схема підсилювального каскаду зі СВ у смугі РЧ

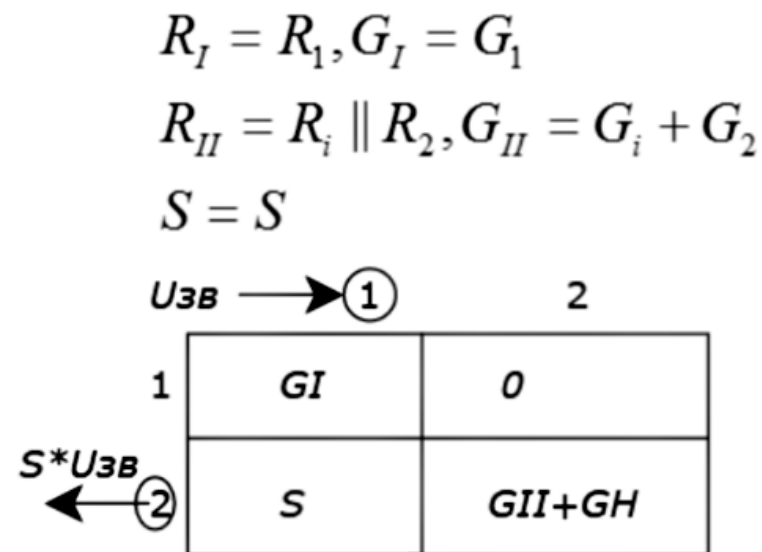


Рис. 9: Матриця провідності

Ну а тут всего по одной формуле на каждую схему для полеви́ков, поэтому можно и записать формулу:

$$K_U^{XX} = \frac{\Delta_{12}}{\Delta_{11}} = \frac{(-1)^{1+2} \cdot S}{(-1)^{1+1} \cdot (G_{II} + G_H)} = -\frac{S}{(G_{II} + G_H)}$$

21. RC-підсилювач у схемі СЗ для смуги середніх частот.  $K_U \uparrow$

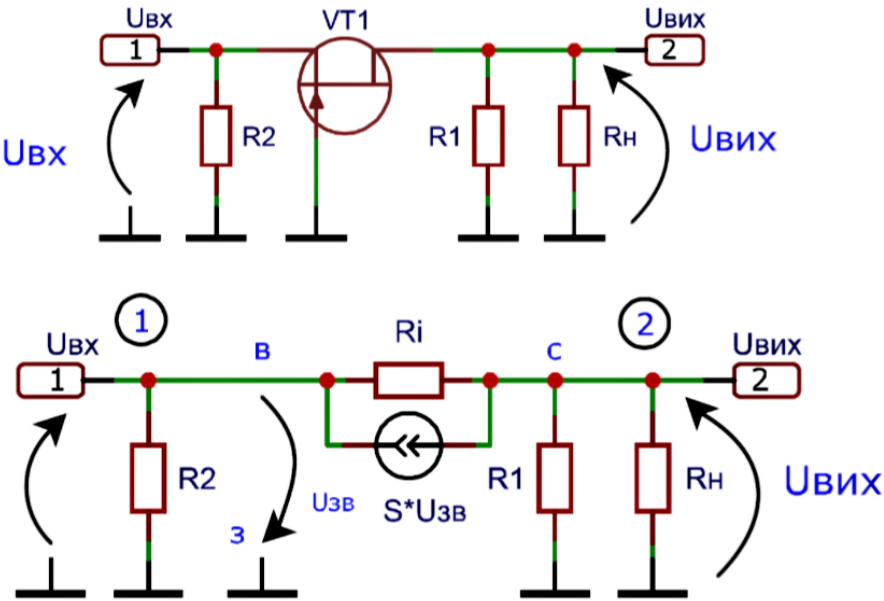


Рис. 10: Еквівалентна схема підсилювального каскаду зі СЗ у смугі РЧ

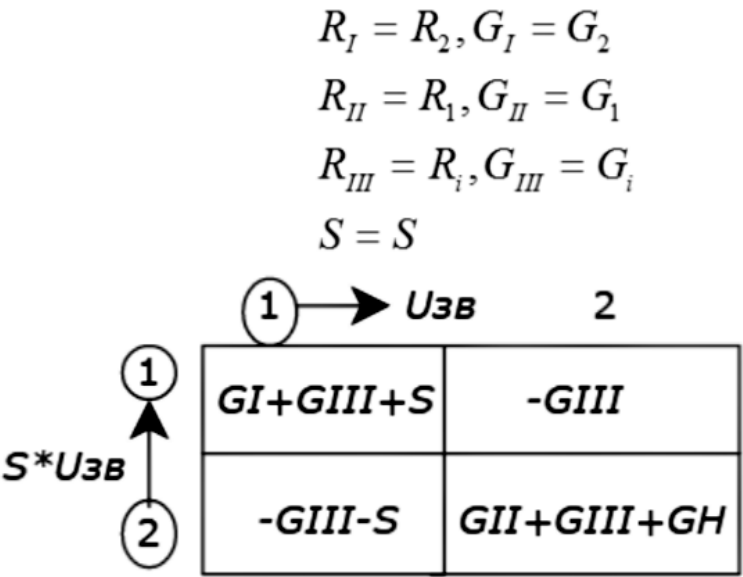


Рис. 11: Матриця провідності

$$K_U^{XX} = \frac{\Delta_{12}}{\Delta_{11}} = \frac{(-1)^{1+2} \cdot (-G_{III} - S)}{(-1)^{1+1} \cdot (G_{II} + G_{III} + G_H)} = \frac{G_{III} + S}{G_{II} + G_{III} + G_H} > 0$$

## 22. RC-підсилювач у схемі СС для смуги середніх частот. $K_U \uparrow$

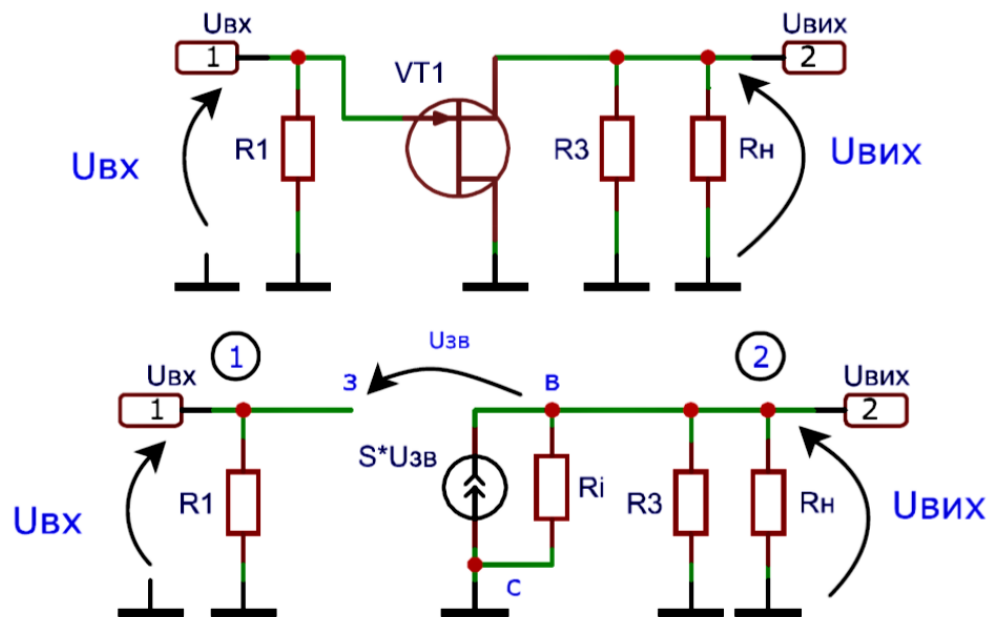


Рис. 12: Еквівалентна схема підсилювального каскаду зі СС у смугі РЧ

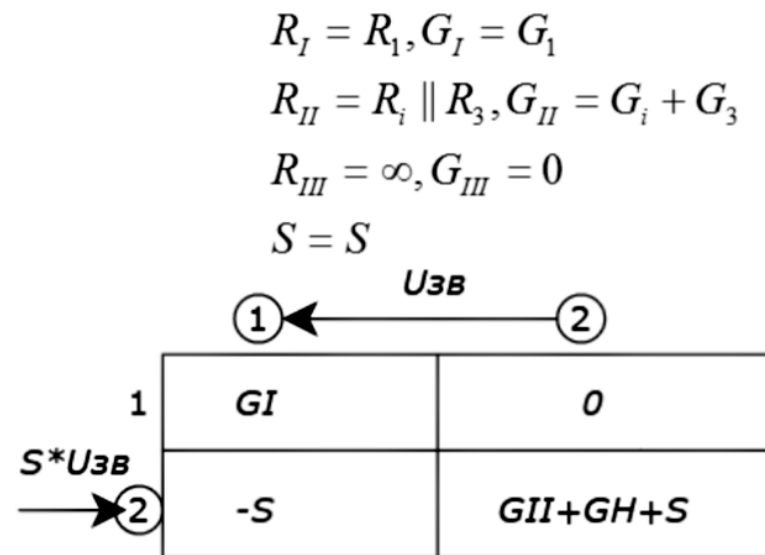
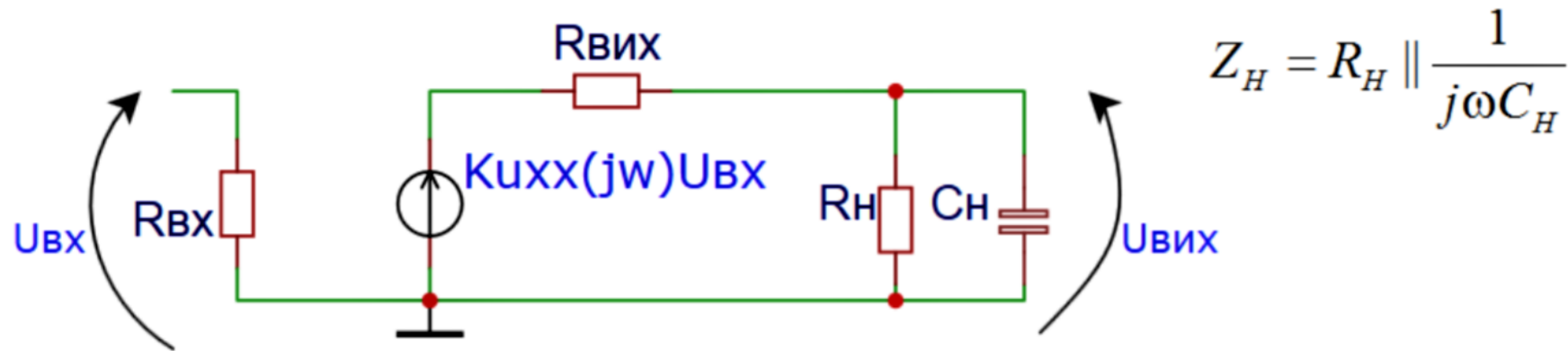


Рис. 13: Матриця провідності

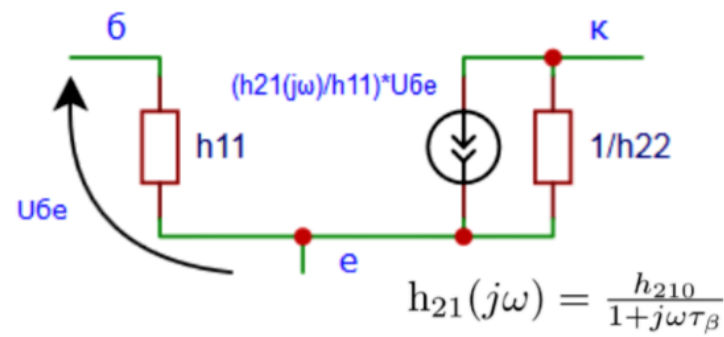
$$K_U^{XX} = \frac{\Delta_{12}}{\Delta_{11}} = \frac{(-1)^{1+2} \cdot (-S)}{(-1)^{1+1} \cdot (G_{II} + G_H + S)} = \frac{S}{G_{II} + G_H + S} > 0, < 1$$



### 23. RC-підсилювач для смуги верхніх частот.↑



Для каскаду на біполярному транзисторі



Для каскаду на польовому транзисторі

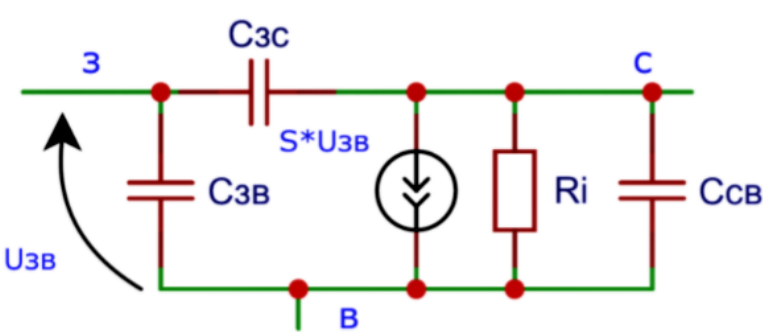


Рис. 14: Макромодель транзисторного каскаду на ВЧ

# РОЗРАХУНОК $K_U$

$$h_{21}(j\omega) = \frac{h_{210}}{1 + j\omega\tau_\beta}, \tau_\beta = \frac{1}{\omega_\beta}$$

$$\begin{aligned} K_U(j\omega) &= \frac{U_{\text{вих}}}{U_{\text{вх}}} = K_U^{\text{xx}}(j\omega) \frac{Z_H}{Z_H + R_{\text{вих}}} = K_U^{\text{xx}}(j\omega) \frac{1}{1 + R_{\text{вих}}Y_H} = \\ &= K_U^{\text{xx}}(j\omega) \frac{1}{1 + R_{\text{вих}}(G_H + j\omega C_H)} \end{aligned}$$

$$K_U^{\text{xx}}(j\omega) = \frac{K_{U0}^{\text{xx}}}{1 + j\omega\tau_\beta}$$

$$K_U(j\omega) = \frac{K_{U0}^{\text{xx}}}{(1 + j\omega\tau_\beta)(1 + \frac{R_{\text{вих}}}{R_H} + j\omega C_H R_{\text{вих}})} =$$

$$= \frac{K_{U0}^{\text{xx}}}{1 + \frac{R_{\text{вих}}}{R_H}} \frac{1}{(1 + j\omega\tau_\beta)(1 + j\omega\tau_H)}$$

$$\tau_H = \frac{C_H R_{\text{вих}}}{1 + \frac{R_{\text{вих}}}{R_H}} = C_H (R_H \parallel R_{\text{вих}})$$

КЧХ, АЧХ та ФЧХ транзисторного каскаду на ВЧ

$$h_{21}(j\omega) = \frac{h_{210}}{1 + j\omega\tau_\beta}, \tau_\beta = \frac{1}{\omega_\beta}$$

$$\begin{aligned} K_U(j\omega) &= \frac{U_{\text{вих}}}{U_{\text{вх}}} = K_U^{\text{xx}}(j\omega) \frac{Z_H}{Z_H + R_{\text{вих}}} = K_U^{\text{xx}}(j\omega) \frac{1}{1 + R_{\text{вих}}Y_H} = \\ &= K_U^{\text{xx}}(j\omega) \frac{1}{1 + R_{\text{вих}}(G_H + j\omega C_H)} \end{aligned}$$

$$K_U^{\text{xx}}(j\omega) = \frac{K_{U0}^{\text{xx}}}{1 + j\omega\tau_\beta}$$

$$K_U(j\omega) = \frac{K_{U0}^{\text{xx}}}{(1 + j\omega\tau_\beta)(1 + \frac{R_{\text{вих}}}{R_H} + j\omega C_H R_{\text{вих}})} =$$

$$= \frac{K_{U0}^{\text{xx}}}{1 + \frac{R_{\text{вих}}}{R_H}} \frac{1}{(1 + j\omega\tau_\beta)(1 + j\omega\tau_H)}$$

$$\tau_H = \frac{C_H R_{\text{вих}}}{1 + \frac{R_{\text{вих}}}{R_H}} = C_H (R_H \parallel R_{\text{вих}})$$

## 24. RC-підсилювач у області малих часів. Макромодель та перехідна характеристика.↑

Макромодель така же как на рис. 14.

$t \rightarrow 0 \Leftrightarrow \omega \rightarrow \infty$  Тобто макромодель підсилювача в області малих часів буде такою ж що й на ВЧ

$$j\omega \leftrightarrow p \quad Ku(p) = \frac{K_{Uo}^{xx}}{1 + \frac{R_{\text{вих}}}{R_H}} \frac{1}{(1 + p\tau_\beta)(1 + p\tau_H)} = \frac{K_{Uo}}{(1 + p\tau_\beta)(1 + p\tau_H)}$$

$$h(t) \leftrightarrow h(p)$$

$$h(t) = U_{\text{вих}}(t) \Big|_{U_{\text{вх}}(t) = \Theta(t)}$$

$$\Theta(t) \leftrightarrow \frac{1}{p}$$

$$h(p) = Ku(p) \frac{1}{p}$$

$$h(p) = \sum_{i=1}^n \frac{A_i}{p - p_i} \leftrightarrow h(t) = \sum_{i=1}^n A_i \exp(p_i t)$$

Рис. 15: Характеристична функція  $Ku(p)$  в області малих часів

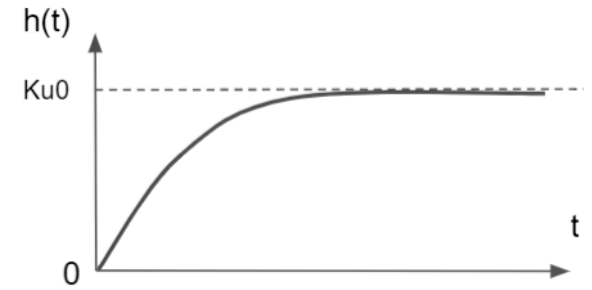
$$h(p) = Ku(p) \frac{1}{p} = \frac{K_{Uo}}{p(1+p\tau_\beta)(1+p\tau_H)} = \frac{A_1}{p} + \frac{A_2}{p + \frac{1}{\tau_\beta}} + \frac{A_3}{p + \frac{1}{\tau_H}}$$

$$A_1 = \lim_{p \rightarrow 0} [h(p)(p-0)] = \frac{K_{Uo}p}{p(1+p\tau_\beta)(1+p\tau_H)} \Big|_{p \rightarrow 0} = K_{Uo}$$

$$A_2 = \lim_{p \rightarrow -\frac{1}{\tau_\beta}} \left[ h(p) \left( p + \frac{1}{\tau_\beta} \right) \right] = \frac{K_{Uo} \left( p + \frac{1}{\tau_\beta} \right)}{p(1+p\tau_\beta)(1+p\tau_H)} \Big|_{p \rightarrow -\frac{1}{\tau_\beta}} = \frac{K_{Uo}}{-\frac{1}{\tau_\beta} \tau_\beta (1 - \frac{1}{\tau_\beta} \tau_H)} = \frac{K_{Uo}}{\frac{\tau_H}{\tau_\beta} - 1}$$

$$A_3 = \lim_{p \rightarrow -\frac{1}{\tau_H}} \left[ h(p) \left( p + \frac{1}{\tau_H} \right) \right] = \frac{K_{Uo} \left( p + \frac{1}{\tau_H} \right)}{p(1+p\tau_\beta)(1+p\tau_H)} \Big|_{p \rightarrow -\frac{1}{\tau_H}} = \frac{K_{Uo}}{\frac{\tau_\beta}{\tau_H} - 1}$$

$$h(t) = K_{Uo} \left( 1 + \frac{\exp(-\frac{t}{\tau_\beta})}{\frac{\tau_H}{\tau_\beta} - 1} + \frac{\exp(-\frac{t}{\tau_H})}{\frac{\tau_\beta}{\tau_H} - 1} \right)$$

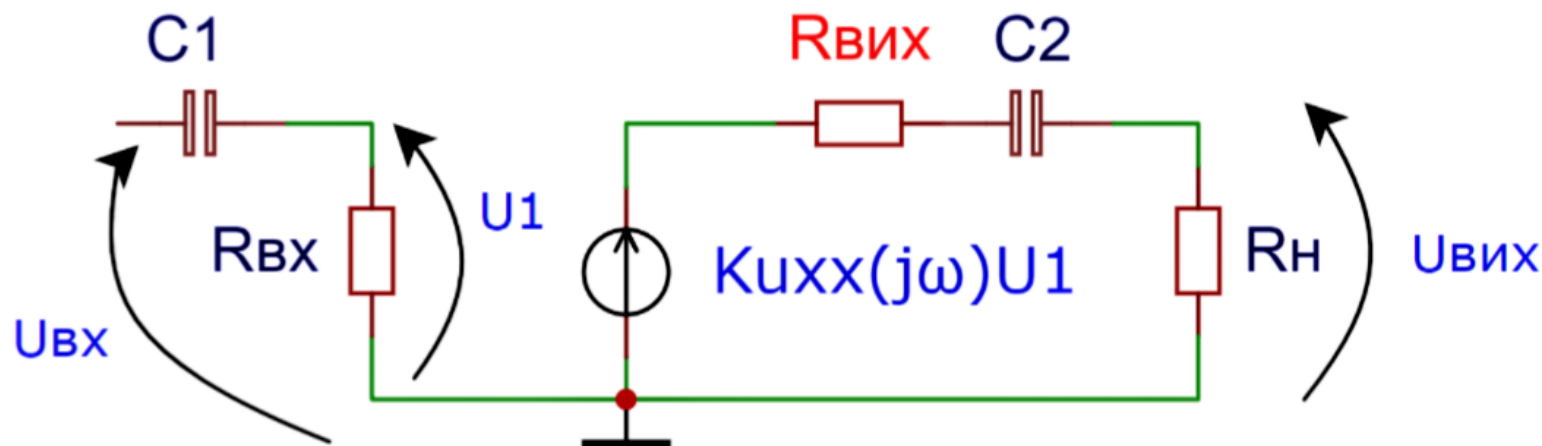


$$h(0) = K_{Uo} \left( 1 + \frac{1}{\frac{\tau_H}{\tau_\beta} - 1} + \frac{1}{\frac{\tau_\beta}{\tau_H} - 1} \right) = K_{Uo} \frac{\tau_H^{-\tau_\beta} + \tau_\beta^{-\tau_H}}{\tau_H - \tau_\beta} = 0$$

$$h(\infty) = K_{Uo} \left( 1 + \frac{0}{\frac{\tau_H}{\tau_\beta} - 1} + \frac{0}{\frac{\tau_\beta}{\tau_H} - 1} \right) = K_{Uo}$$

Рис. 16: Перехідна характеристика в області малих часів

25. RC-підсилювач для смуги нижніх частот. Загальна макромодель та АЧХ.↑



$$K_U^{xx}(j\omega) = \frac{K_{U0}}{1 + \frac{\omega_H^{H33}}{j\omega}}$$

Для спрощення аналізу на даний момент будемо вважати:

$$K_U^{xx}(j\omega) = K_{U0}^{xx} = const$$

Рис. 17: Макромодель транзисторного каскаду на НЧ

$$\begin{aligned}
 K_U(j\omega) &= \frac{U_{\text{elx}}}{U_{\text{ex}}} = \frac{K_{U0}^{xx} \cdot U_1 \cdot R_H}{U_{\text{ex}} \left( R_H + (R_{\text{elx}} + \frac{1}{j\omega C_2}) \right)} = \left| U_1 = U_{\text{ex}} \frac{R_{\text{ex}}}{R_{\text{ex}} + \frac{1}{j\omega C_1}} \right| = \frac{K_{U0}^{xx} \cdot R_{\text{ex}}}{R_{\text{ex}} + \frac{1}{j\omega C_1}} \cdot \frac{1}{1 + \frac{R_{\text{elx}}}{R_H} + \frac{1}{j\omega R_H C_2}} = \left| \div (R_{\text{ex}}) \left( 1 + \frac{R_{\text{elx}}}{R_H} \right) \right| = \\
 &= \frac{K_{U0}^{xx}}{1 + \frac{R_{\text{elx}}}{R_H}} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1}{j\omega R_{\text{ex}} C_1}} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1}{j\omega R_H C_2} \left( 1 + \frac{R_{\text{elx}}}{R_H} \right)} = \left| \tau_1 = R_{\text{ex}} C_1 \right. \\
 &\quad \left. \tau_2 = (R_{\text{elx}} + R_H) C_2 \right| = \frac{K_{U0}}{\left( 1 + \frac{1}{j\omega \tau_1} \right) \left( 1 + \frac{1}{j\omega \tau_2} \right)} = K_{U0} \cdot M^{Hq}(j\omega)
 \end{aligned}$$

$$A^{qX} : K(\omega) = \frac{|K_{U0}|}{\left| \left( 1 + \frac{1}{j\omega \tau_1} \right) \left( 1 + \frac{1}{j\omega \tau_2} \right) \right|} =$$

$$= \frac{|K_{U0}|}{\sqrt{\left( 1 - \frac{1}{\omega^2 \tau_1 \tau_2} \right)^2 + \left( -\frac{1}{\omega \tau_1} - \frac{1}{\omega \tau_2} \right)^2}}$$

$$K_U(\omega_H) = \frac{K_{U0}}{\sqrt{2}} \Rightarrow \left( 1 - \frac{1}{\omega_H^2 \tau_1 \tau_2} \right)^2 + \left( -\frac{1}{\omega_H \tau_1} - \frac{1}{\omega_H \tau_2} \right)^2 = 2 \Rightarrow \omega_H$$

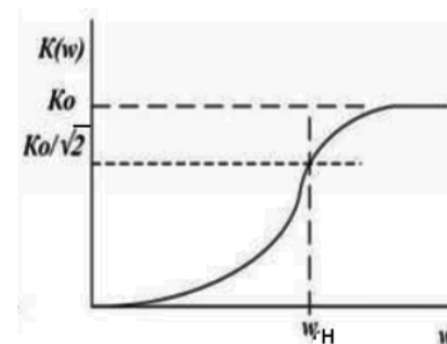


Рис. 18: Розрахунок \$K(U)\$ та АЧХ

26. RC-підсилювач у області великих часів. Макромодель та перехідна характеристика↑

## Характеристична функція $Ku(p)$ в області великих часів

$$t \rightarrow \infty \Leftrightarrow \omega \rightarrow 0$$

$$j\omega \leftrightarrow p$$

$$Ku(p) = \frac{K_{U0}}{\left(1 + \frac{1}{p\tau_1}\right)\left(1 + \frac{1}{p\tau_2}\right)} = \frac{K_{U0}p^2}{\left(p + \frac{1}{\tau_1}\right)\left(p + \frac{1}{\tau_2}\right)}$$

$$h(t) \leftrightarrow h(p)$$

$$h(t) = U_{ex}(t) \Big|_{U_{ex}(t) = \Theta(t)}$$

$$\Theta(t) \leftrightarrow \frac{1}{p}$$

$$h(p) = Ku(p) \frac{1}{p}$$

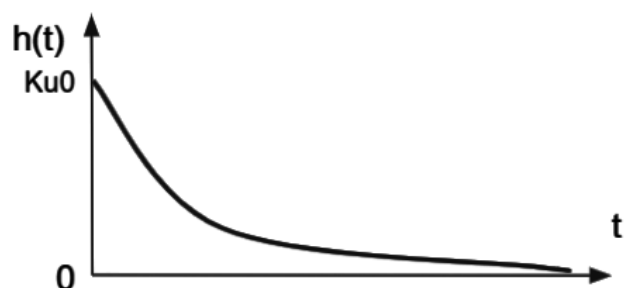
$$h(p) = \sum_{i=1}^n \frac{A_i}{p - p_i} \leftrightarrow h(t) = \sum_{i=1}^n A_i \exp(p_i t)$$

## Перехідна характеристика в області великих часів

$$h(p) = Ku(p) \frac{1}{p} = \frac{K_{U0}p}{\left(p + \frac{1}{\tau_1}\right)\left(p + \frac{1}{\tau_2}\right)} = \frac{A_1}{p + \frac{1}{\tau_1}} + \frac{A_2}{p + \frac{1}{\tau_2}}$$

$$A_1 = \lim_{p \rightarrow -\frac{1}{\tau_1}} \left[ h(p) \left( p + \frac{1}{\tau_1} \right) \right] = \frac{K_{U0}p \left( p + \frac{1}{\tau_1} \right)}{\left( p + \frac{1}{\tau_1} \right) \left( p + \frac{1}{\tau_2} \right)} \bigg|_{p \rightarrow -\frac{1}{\tau_1}} = \frac{K_{U0} \left( -\frac{1}{\tau_1} \right)}{-\frac{1}{\tau_1} + \frac{1}{\tau_2}} = \frac{K_{U0}}{1 - \frac{\tau_1}{\tau_2}}$$

$$A_2 = \lim_{p \rightarrow -\frac{1}{\tau_2}} \left[ h(p) \left( p + \frac{1}{\tau_2} \right) \right] = \frac{K_{U0}p \left( p + \frac{1}{\tau_2} \right)}{\left( p + \frac{1}{\tau_1} \right) \left( p + \frac{1}{\tau_2} \right)} \bigg|_{p \rightarrow -\frac{1}{\tau_2}} = \frac{K_{U0}}{1 - \frac{\tau_2}{\tau_1}}$$



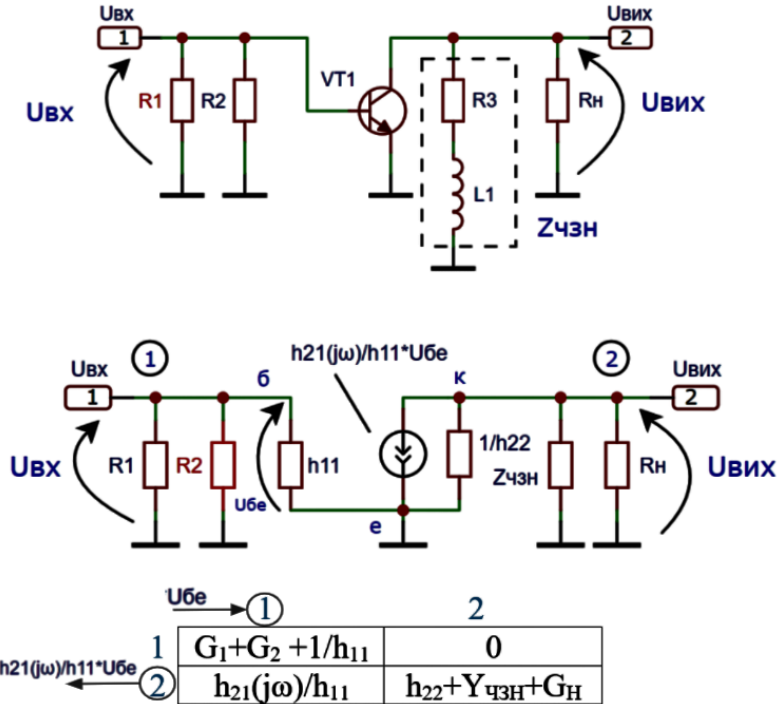
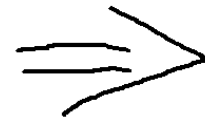
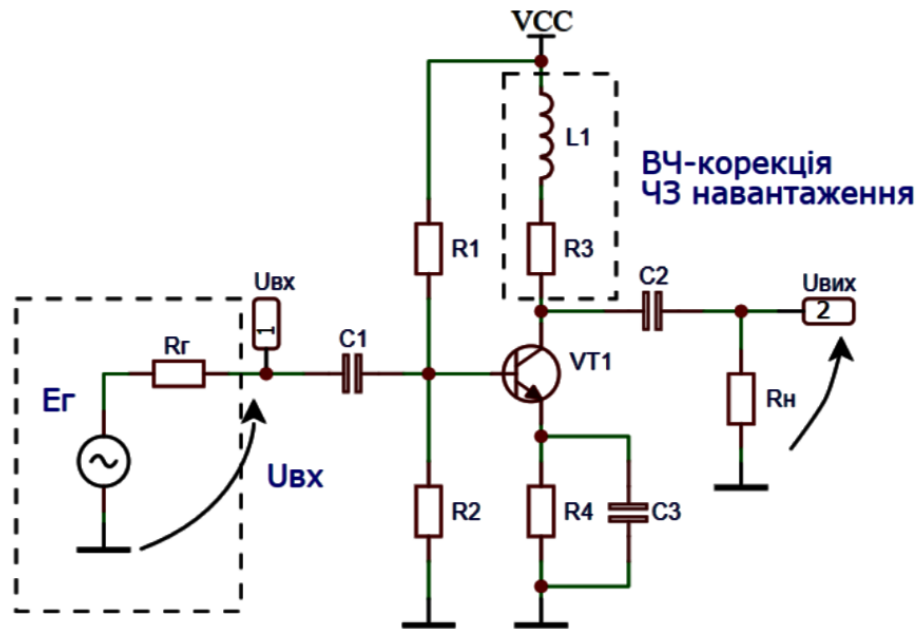
$$h(t) = K_{U0} \left( \frac{\exp\left(-\frac{t}{\tau_1}\right)}{1 - \frac{\tau_1}{\tau_2}} + \frac{\exp\left(-\frac{t}{\tau_2}\right)}{1 - \frac{\tau_2}{\tau_1}} \right)$$

$$h(0) = K_{U0} \left( \frac{1}{1 - \frac{\tau_1}{\tau_2}} + \frac{1}{1 - \frac{\tau_2}{\tau_1}} \right) = K_{U0} \frac{\tau_2 - \tau_1}{\tau_2 - \tau_1} = K_{U0}$$


$$h(\infty) = K_{U0} \left( \frac{0}{1 - \frac{\tau_1}{\tau_2}} + \frac{0}{1 - \frac{\tau_2}{\tau_1}} \right) = 0$$



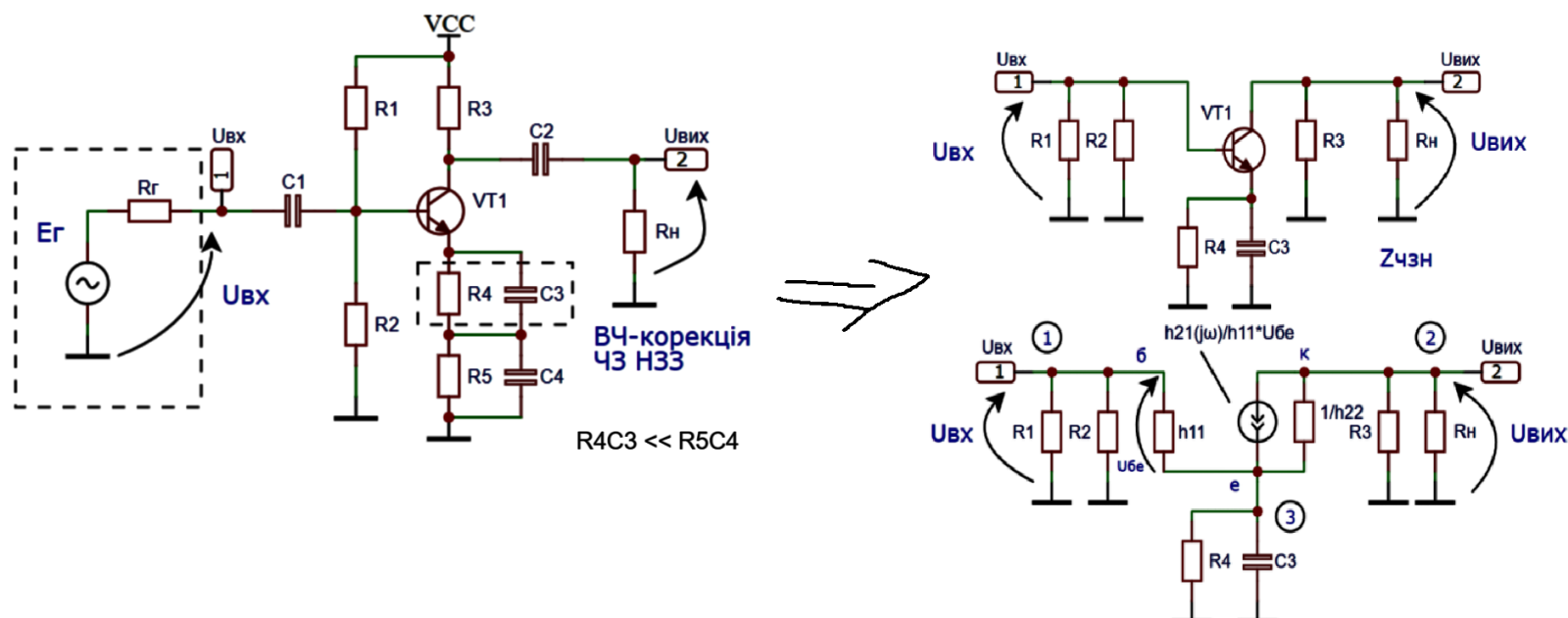
27. ВЧ-корекція RC-підсилювача у схемі зі СЕ за допомогою частотнозалежного навантаження. Схеми та схемні функції.↑



Короче они просят найти схемные функции, но в лекции этого нету, но не беда, у нас есть матрица проводимости, а формулу для всех функций ( $K_u$ ,  $K_i$ ,  $R_{вход}$ ,  $R_{вых}$ ) можно вывести по скрину ниже. Главное помнить, что  $\alpha$ - вход,  $\beta$ - выход. Берём токо колонку с  $R_H = \infty$ .

				
Схемная функция	Определение	Формула	Хол. ход $R_H = \infty$	Кор. зам. $R_H = 0$
Передача напряжения	$K_u = \frac{u_{вых}}{u_{вх}}$	$\frac{R_H \Delta_{\alpha\beta}}{R_H \Delta_{\alpha\alpha} + \Delta_{\alpha\alpha, \beta\beta}}$	$\frac{\Delta_{\alpha\beta}}{\Delta_{\alpha\alpha}}$	0
Передача тока	$K_i = \frac{i_{вых}}{i_{вх}}$	$\frac{\Delta_{\alpha\beta}}{R_H \Delta_{\alpha\alpha} + \Delta_{\alpha\alpha, \beta\beta}}$	0	$\frac{\Delta_{\alpha\beta}}{\Delta_{\beta\beta}}$
Сопротивление передачи	$Z_{пер} = \frac{u_{вых}}{i_{вх}}$	$\frac{R_H \Delta_{\alpha\beta}}{R_H \Delta_{\alpha\alpha} + \Delta_{\alpha\alpha, \beta\beta}}$	$\frac{\Delta_{\alpha\beta}}{\Delta_{\alpha\alpha}}$	0
Проводимость передачи	$Y_{пер} = \frac{i_{вых}}{u_{вх}}$	$\frac{\Delta_{\alpha\beta}}{R_H \Delta_{\alpha\alpha} + \Delta_{\alpha\alpha, \beta\beta}}$	0	$\frac{\Delta_{\alpha\beta}}{\Delta_{\alpha\alpha, \beta\beta}}$
Входное сопротивление	$Z_{вх} = \frac{u_{вх}}{i_{вх}}$	$\frac{R_H \Delta_{\alpha\alpha} + \Delta_{\alpha\alpha, \beta\beta}}{R_H \Delta_{\alpha\alpha} + \Delta_{\alpha\alpha, \beta\beta}}$	$\frac{\Delta_{\alpha\alpha}}{\Delta_{\alpha\alpha}}$	$\frac{\Delta_{\alpha\alpha, \beta\beta}}{\Delta_{\alpha\alpha, \beta\beta}}$
Выходное сопротивление	$Z_{вых} = -\frac{u_{вых}}{i_{вых}}$	$\frac{R_H \Delta_{\beta\beta} + \Delta_{\alpha\alpha, \beta\beta}}{R_H \Delta_{\alpha\alpha} + \Delta_{\alpha\alpha, \beta\beta}}$	$\frac{\Delta_{\beta\beta}}{\Delta_{\alpha\alpha}}$	$\frac{\Delta_{\alpha\alpha, \beta\beta}}{\Delta_{\alpha\alpha}}$

28. ВЧ-корекція RC-підсилювача на біполярному транзисторі за допомогою частотнозалежного НЗЗ за струмом. Схеми та схемні функції.↑



$$\tau_{\beta} \gg \tau_H, h_{21}(j\omega) = \frac{h_{210}}{1 + j\omega\tau_{\beta}}$$

	1	2	3
1	$G_1 + G_2 + 1/h_{11}$	0	$-1/h_{11}$
2	$h_{21}/h_{11}$	$h_{22} + G_3 + G_H$	$-h_{22} \cdot h_{21}/h_{11}$
3	$-1/h_{11} - h_{21}/h_{11}$	$-h_{22}$	$1/h_{11} + h_{22} + G_4 + j\omega C_3 + h_{21}/h_{11}$

Ну короче тут такое же скотарство, шо таблица есть, а схемных функций- хуй там плавал, мол выводика ты их сам, но благо хоть расписали  $\Delta_{12}$ ,  $\Delta_{11}$ , и  $K_v$ , так шо тут меньше работы будет.

$$\begin{aligned}\Delta_{12} &= -\left[\frac{h_{21}}{h_{11}}\left(\frac{h_{21}+1}{h_{11}}+h_{22}+G_4+j\omega C_3\right)-\frac{h_{21}+1}{h_{11}}\left(h_{22}+\frac{h_{21}}{h_{11}}\right)\right]=-\left[\frac{h_{21}}{h_{11}}\left(\frac{h_{21}+1}{h_{11}}+h_{22}+G_4\right)-\frac{h_{21}+1}{h_{11}}\left(h_{22}+\frac{h_{21}}{h_{11}}\right)+j\omega C_3\frac{h_{21}}{h_{11}}\right]= \\ &= -\left[\frac{h_{21}}{h_{11}}G_4-\frac{h_{22}}{h_{11}}+j\omega C_3\frac{h_{21}}{h_{11}}\right]=-\frac{h_{21}}{h_{11}}(G_4+j\omega C_3)+\frac{h_{22}}{h_{11}}\end{aligned}$$

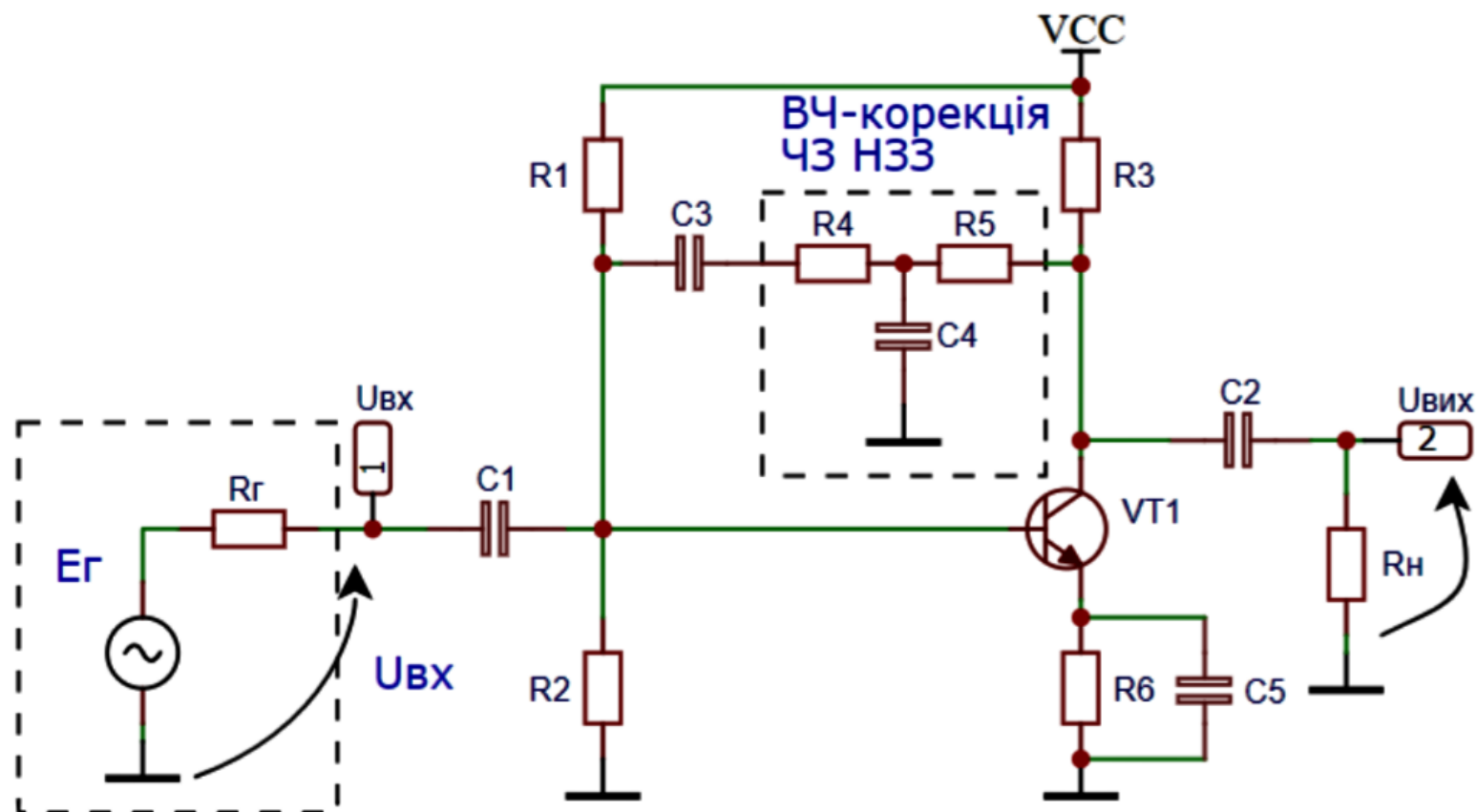
$$\begin{aligned}\Delta_{11} &= (h_{22}+G_3+G_H)\left(\frac{h_{21}+1}{h_{11}}+h_{22}+G_4+j\omega C_3\right)-h_{22}\left(h_{22}+\frac{h_{21}}{h_{11}}\right)= \\ &= h_{22}\left(\frac{1}{h_{11}}+G_4+j\omega C_3\right)+(G_3+G_H)\left(\frac{h_{21}}{h_{11}}+h_{22}+\frac{1}{h_{11}}+G_4+j\omega C_3\right)= \\ &= (G_3+G_H)\left(\frac{h_{21}}{h_{11}}+h_{22}\right)+(h_{22}+G_3+G_H)\left(\frac{1}{h_{11}}+G_4+j\omega C_3\right)\end{aligned}$$

$$K_v(j\omega) = \frac{\Delta_{12}}{\Delta_{11}}$$

## 29. ВЧ-корекція RC-підсилювача на польовому транзисторі за допомогою частотнозалежного НЗЗ за струмом. Схеми та схемні функції.↑

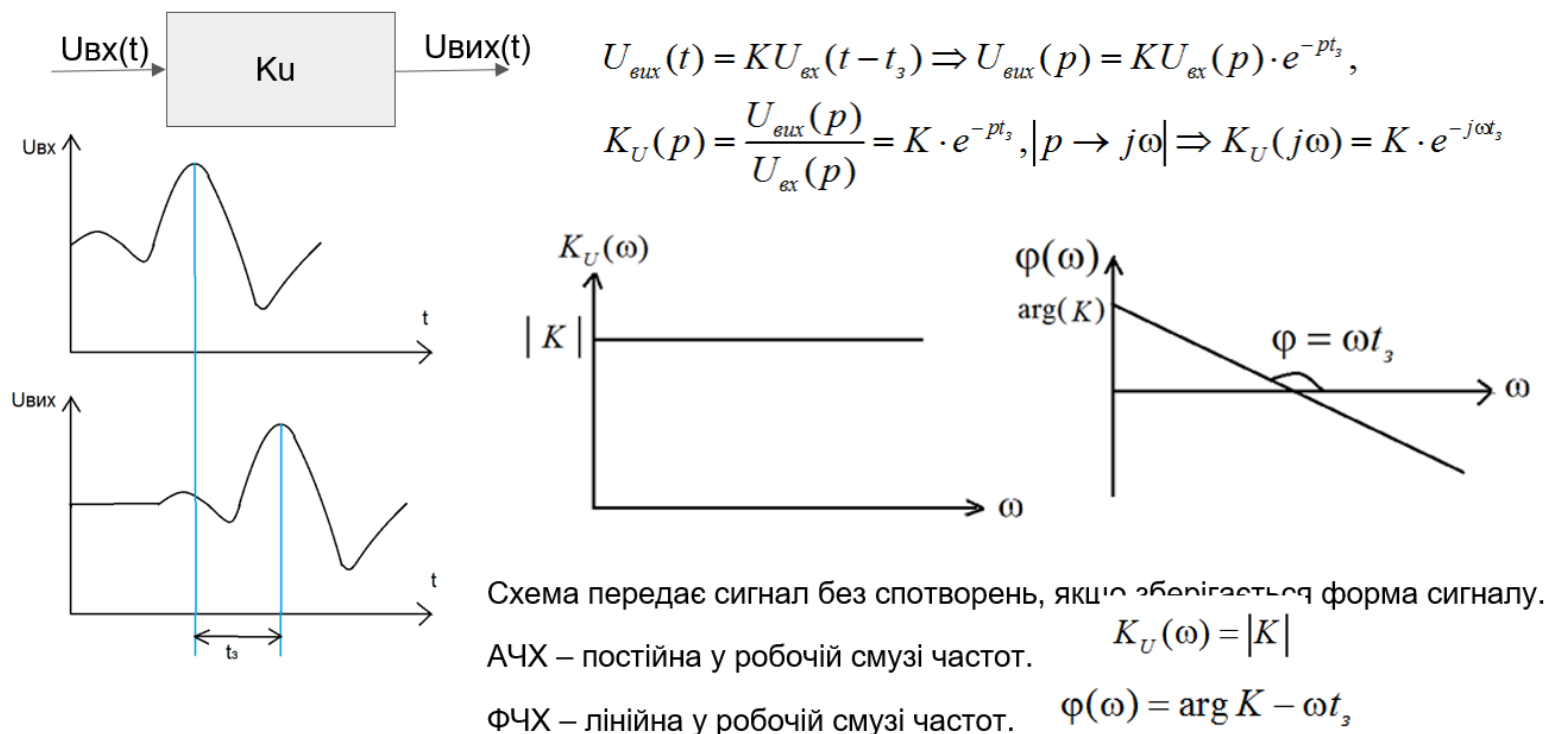
В лекции нихера нету про частотную коррекцию полевиков, поэтому мне придётся скипнуть некоторые разделы.

30. ВЧ-корекція RC-підсилювача на біполярному транзисторі за допомогою частотнозалежного НЗЗ по напрузі. Схеми та схемні функції.↑



### 36. Широкопasmовий RC-пiдсилювач на бiполярному транзисторi. Умова передачi без спотворень. Схеми та схемнi функцiї.↑

#### Умови передачi сигналу без спотворень



# Принцип Брауде - оптимальний вибір параметрів ланок частотної корекції

Методика розрахунку схем оптимальної корекції полягає в наступному.

Частотну залежність коефіцієнта підсилення відображають через відносну частоту

$$\Omega = \omega / \omega_0$$

Квадрат відносного коефіцієнту підсилення  $M$ :

$$M^2 = \left| \frac{K}{K_0} \right| = \frac{1 + a_1 \Omega^2 + a_2 \Omega^4 + \dots + a_n \Omega^{2n}}{1 + b_1 \Omega^2 + b_2 \Omega^4 + \dots + b_m \Omega^{2m}}$$

Тобто є функцією  $\Omega^2$ , причому  $m > n$ .

Коефіцієнти в цьому виразі є функціями одного чи більшої кількості незалежних параметрів корекції.

Потрібно прирівняти  $l$  перших коефіцієнтів в чисельнику та знаменнику виразу для  $M^2$ :

$$a_1 = b_1, a_2 = b_2, \dots, a_l = b_l$$