

4 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2 “ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНЗИСТОРНЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ”

4.1 Цель работы

Изучение принципа работы и экспериментальное исследование характеристик усилителей переменного тока на биполярном транзисторе , включенном по схеме с общим эмиттером .Исследование влияния отрицательной обратной связи .

4.2 Основные сведения

Электронный усилитель-это устройство , предназначенное для усиления напряжения , тока , мощности электрических сигналов .Структурная схема усилителя совместно с источником входного сигнала , нагрузкой и источником питания показана на рис. 4.1



Рис.4.1 Структурная схема усилителя

Коэффициент усиления транзистора , включенного по смехе с общим эмиттером (ОЭ) , определяется параметрами транзистора , т.е. зависит от его нелинейных характеристик и температуры окружающей среды (рис 4.2). Его коэффициент усиления по напряжению.

$$A = \frac{\Delta U_a}{\Delta U_e} = \frac{\Delta U_{кэ}}{\Delta U_{бэ}} = -\frac{\Delta I_k * R_k}{\Delta U_{бэ}}$$

$$A = \Delta U_a / \Delta U_e = \Delta U_{кэ} / \Delta U_{бэ} = \Delta I_k * R_k / \Delta U_{бэ}$$

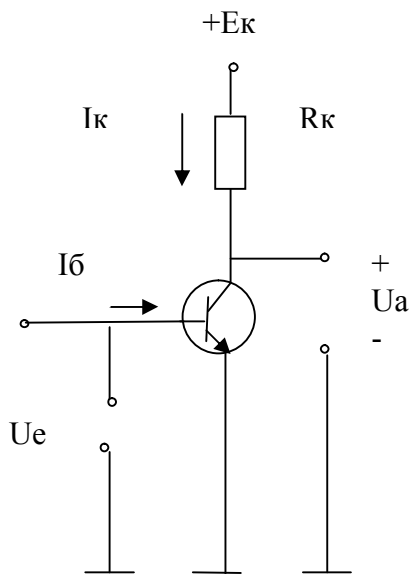


Рис 4.2 Усилительный каскад на транзисторе с общим эмиттером (ОЭ)

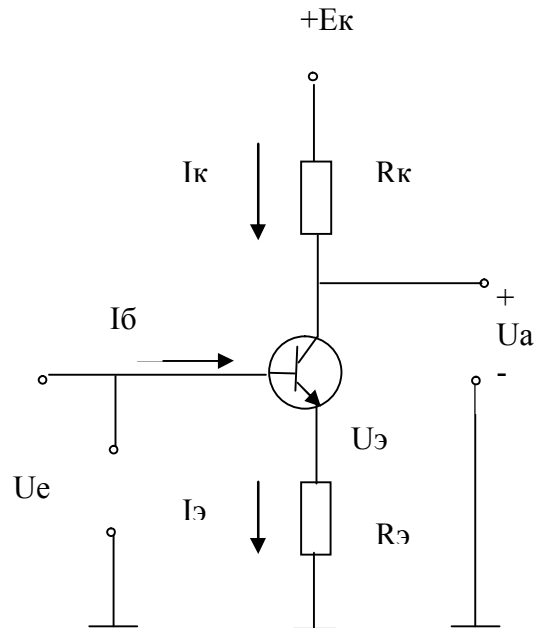
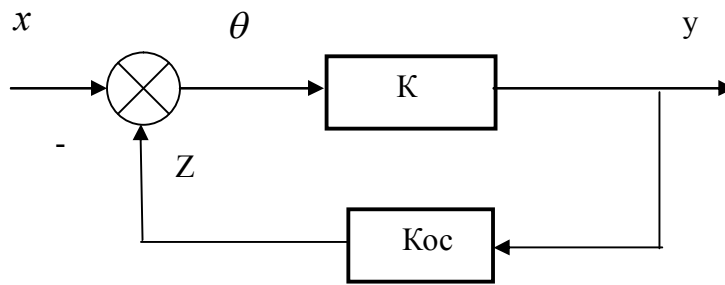


Рис 4.3 Усилительный каскад на транзисторе с общим эмиттером и отрицательной обратной связью (ОЭ и ООС)

Т.к $\frac{\Delta I_k}{\Delta U_{бэ}} = S$, то $A = -S \cdot R_k = -\frac{I_k}{2U_T} \cdot R_k$ (4.1)

$$\Delta I_k / \Delta U_{бэ} = S \quad A = -S \cdot R_k = -I_k / 2U_T \cdot R_k$$

Т.к параметр S является нелинейной функцией $U_{бэ}$ и зависит от температуры окружающей среды , то коэффициент A - величина не постоянная . Этот недостаток является причиной нелинейных искажений . Поэтому схема ОЭ применяется только в ключевом режиме , когда работа в зоне насыщения (С) чередуется с работой в зоне отсечки (В) . Для существенного уменьшения нелинейных искажений при работе в активной зоне (А) применяется отрицательная обратная связь (ОЭ ООС) . При этом часть выходного сигнала подается обратно на вход(рис 4.4)



Обозначения на рис. 4.4

x - входное сопротивление .

y – выходной параметр .

K – коэффициент прямой связи.

K_{oc} – коэффициент обратной связи.

θ - ошибка.

Знак минус перед сумматором означает , что связь отрицательная .

Рис 4.4 Структура отрицательной обратной связи .

$$x - z = \theta \quad (4.2)$$

$$y = K \cdot \theta \quad (4.3)$$

$$z = y \cdot K_{oc} \quad (4.4)$$

Если подставить (4.2) в (4.3) то $y = K \cdot x - Kz$ (4.5)

Если подставить (4.4) в (4.5) то $y = K \cdot x - K \cdot y \cdot K_{oc}$

$$y/x = K / (1 + K \cdot K_{oc}) \quad \frac{y}{x} = \frac{K}{1 + K \cdot K_{oc}} \quad (4.6)$$

Из рис. 4.3 следует , что $\Delta U_e = \Delta U_{бэ} + \Delta U_э$ $\Delta U_e = \Delta U_{бэ} + \Delta U_э$

Или $\Delta U_e - \Delta U_э = \Delta U_{бэ}$ (4.7) $\Delta U_e - \Delta U_э = \Delta U_{бэ}$

По определению $S = \frac{\Delta I_k}{\Delta U_{бэ}}$ (4.8) $S = \Delta I_k / \Delta U_{бэ}$

Из рис. 4.3 следует $\Delta I_k \cdot R_k = -\Delta U_a$ (4.9) $\Delta I_k \cdot R_k = -\Delta U_a$

В связи с тем , что $I_k \gg I_b$, можно полагать что , $I_э \approx I_k$

В связи с тем , что $I_k \gg I_b$, можно полагать , что на основании выражений (4.7) ,(4.8) ,(4.9), (4.10) можно построить схему транзисторного каскада ОЭ ООС (рис 4.5,а). На основании выражения (4.6) производится преобразования структурной схемы (рис .4.5, б). На основании структурной схемы (рис. 4.5,б) получаем выражение для коэффициента усиления транзисторного каскада ОЭ ООС.

$$A_{oc} = \frac{\Delta U_a}{\Delta U_e} \cdot \frac{S \cdot R_k}{1 + S \cdot R_э} = \frac{R_k}{R_э + 1/S} \quad (4.11)$$

$$A_{oc} = \Delta U_a / \Delta U_e \cdot S \cdot R_k / (1 + S \cdot R_э) = R_k / (R_э + 1/S)$$

Если $R_э \gg 1/S$, то $A_{oc} \approx \frac{R_к}{R_э}$ (4.12) $A_{oc} \approx R_к / R_э$

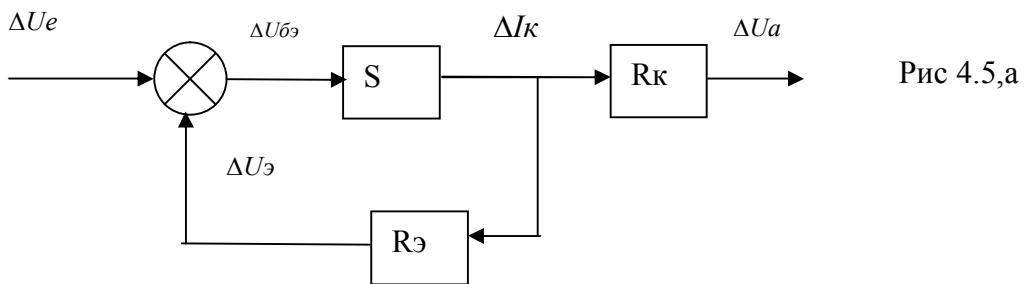


Рис 4.5,а

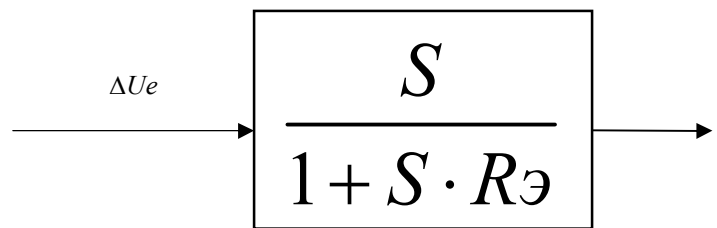


Рис 4.5,б

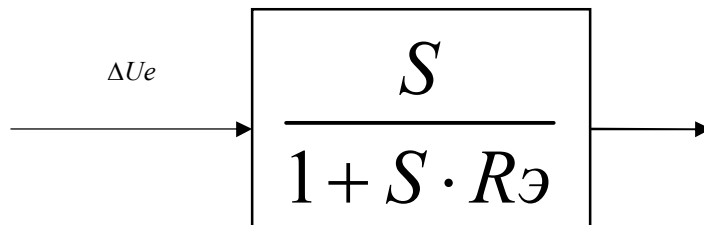


Рис . 4.5 Структурная схема транзисторного каскада ОЭ ООС .

Рабочая схема транзисторного каскада ОЭ ООС изображена на рис 4.6 .

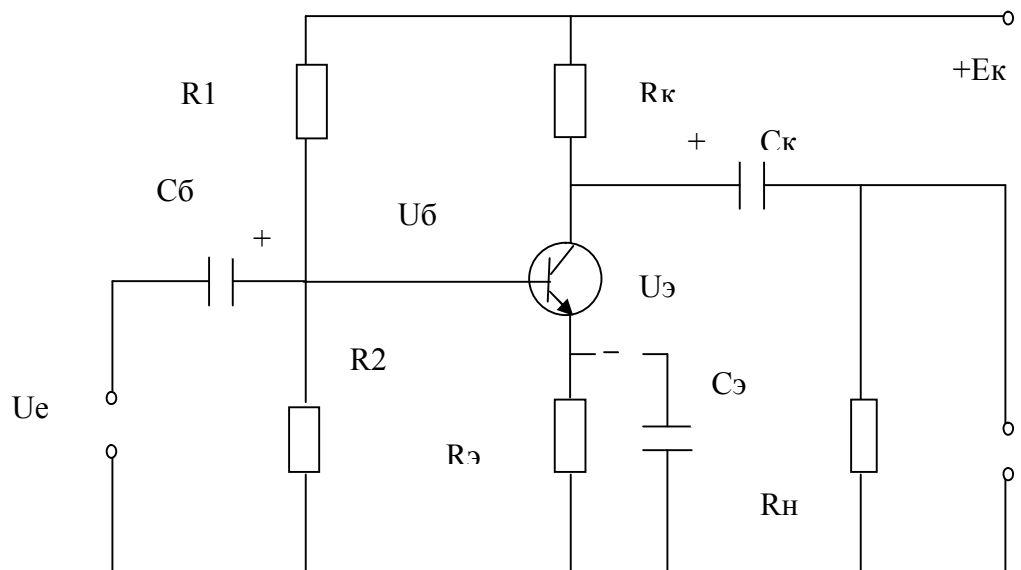


Рис. 4.6 Рабочая схема транзисторного каскада ОЭ ООС.

4.3 Лабораторное задание

В процессе выполнения данной работы производится исследование схемы усилителя переменного тока, изображенной на рис. 4.6. Каждая бригада выполняет по своему варианту в соответствии с табл. 4.1.

№ варианта	R_k	$R_{э}$
1	9,1 кОм	681 Ом
2	7,5 кОм	1,17 кОм
3	9,1 кОм	1,17 кОм
4	7,5 кОм	691 Ом

С помощью веления резисторов R_1 и R_2 рабочая точка заранее выставлена на напряжение $E_k/2$; $R_H = 39 \text{ кОм}$.

Работу следует проводить в следующей последовательности:

1. Рассчитать коэффициент усиления без учета и с учетом крутизны, вписать в табл. 4.2

Таблица 4.2

Смкф	fкГц	К расч.		Кэсп
		без учета S	с учетом S	
0	2			
0,5	2			
0,5	10			

При расчёте необходимо иметь в виду Ю что выходное сопротивление определяется величиной сопротивления резистора R_k . Сопротивление эмиттером цепи определяется Как параллельное соединение $R_э$ и конденсатора , при этом , если частота выражена в килогерцах , емкость конденсатора – в микрофарадах , то сопротивление конденсатора выражается в килоомах. С увеличением частоты расчёт сдвиг по фазе напряжения в эмиттерной цепи по отношению к фазе входного сигнала. В результате обратная связь ослабевает и реальный коэффициент усиления будет больше расчётного . Чем выше частота , тем больше разница.

1. измерить реальный коэффициент усиления $K_{эксп.}$ с помощью осциллографа и вписать в табл. 4.2.

Входной сигнал устанавливать величиной 10 мВ по амплитуде .

2. Сравнить результаты и сделать выводы .

4.4 Содержание отчёта.

1 . Принципиальная схема проводимых исследований.

2. Полный расчёт коэффициента усиления транзисторного усилителя.

3. Заполнение таблицы.

4.5 Контрольные вопросы.

1 Объясните назначение конденсаторов C_b и C_k , проставьте полярность

2 В каких режимах можно использовать транзистор с включением ОЭ и почему ?

3 Что такое ООС и ее достоинства ?

4 Роль конденсатора $C_э$.

5 Почему в усилителе с резистивно-емкостным ООС с увеличением частоты разница между расчётными и экспериментальным коэффициентами усилителя ?

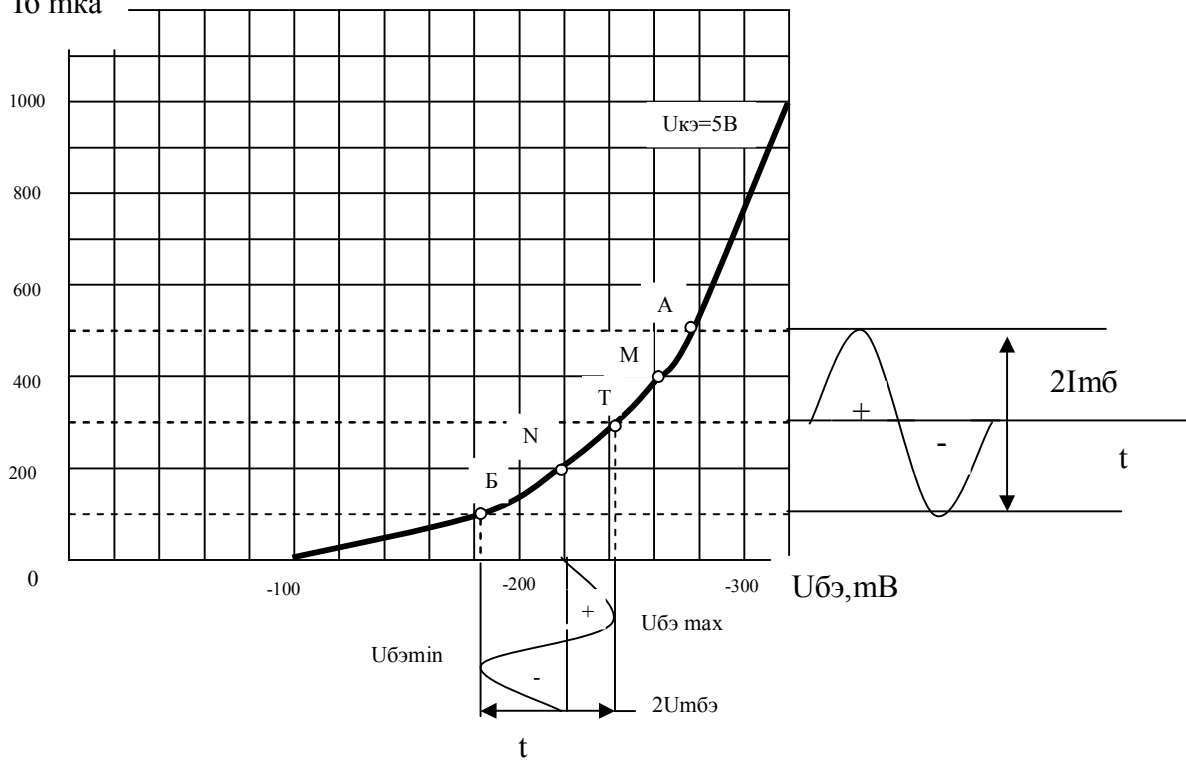
6 Чему равны входное и выходное сопротивления усилителя?

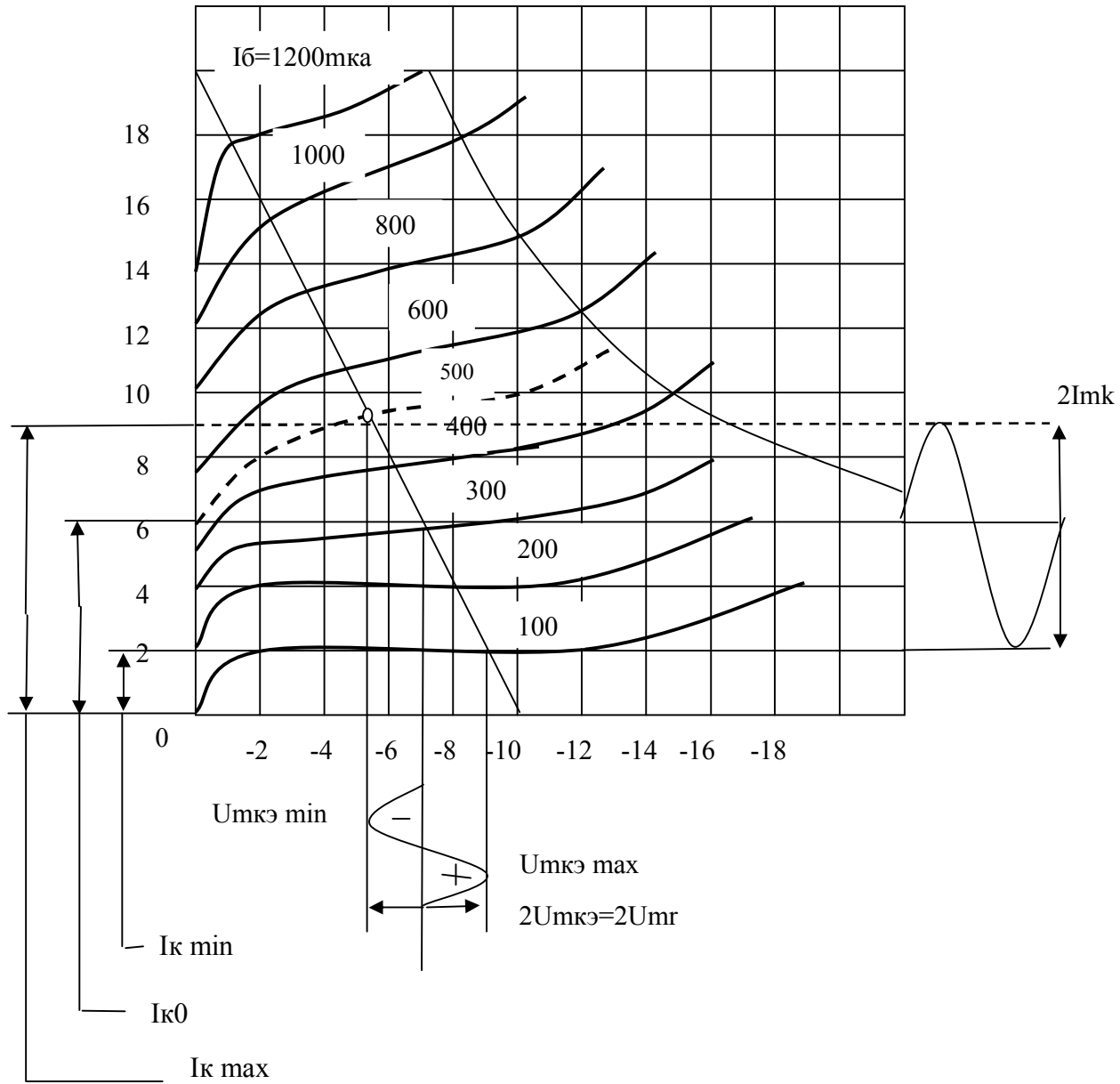
7 В каких режимах может работать транзисторный усилитель?

8 Что такое нагрузочная прямая? Покажите 3 режима.

9 Почему уменьшается , а затем прекращает рост коэффициента усиления усилителя с резистивно-емкостной ООС с увеличением частоты ?

16 мкА





1)

$$C_{э0}, f=2\text{кГц} \quad K=R_r / R_{э} = 7,5/1,17 \approx 6,41 \quad (R_{э} \gg 1/S)$$

$$K_s = R_k / (R_{э} + 1/S) \text{ где } S - \text{крутизна}$$

$$S = I_k / 2V_T \text{ где } I_k = 0,5E_k / R_k = 7,5/7,5 = 1 \text{ [мА]} = 0,001 \text{ [А]}$$

$$V_T = 0,025 \text{ [В]} \text{ при } T = 293 \text{ К}$$

$$S = 0,001/0,05 = 0,02 \text{ [А/В]} \Rightarrow 1/S = 50 \text{ [Ом]} = 0,05 \text{ [кОм]}$$

$$K_s = 7,5 / (1,17 + 1/0,02) = 7,5 / 1,17 + 0,05 \approx 6,15$$

2)

$$C_{э} = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ ф}, f = 2\text{кГц}, R_{э} = R_{э} X_{C_{э}} / (R_{э} + X_{C_{э}}),$$

$$X_{C_{э}} = 1/2\pi \cdot 2000 \cdot 0,5 \cdot 10^{-6} \approx 159,15 \text{ [Ом]} \approx 0,159 \text{ [кОм]}$$

$$R_{э}' = 1,17 \cdot 0,159 / 1,17 + 0,159 \approx 0,14 \text{ [кОм]} \Rightarrow K' = R_k / R_{э}' = 7,5/0,14 = 53,57$$

$$K_s' = R_k / (R_{э}' + 1/S) = 7,5 / (0,14 + 0,05) \approx 39,17$$

3)

$$C_{э} = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ ф}, f = 10\text{кГц}$$

$$X_{C_{э}} = 1/2\pi f C_{э} = 1/2\pi \cdot 10000 \cdot 0,5 \cdot 10^{-6} \approx 31,83 \text{ [Ом]} = 0,032 \text{ [кОм]}$$

$$R_{э}'' = 1,17 \cdot 0,032 / 1,17 + 0,032 = 0,031 \text{ [кОм]} \Rightarrow K'' = R_k / R_{э}'' = 7,5 / 0,031 \approx 241,94$$

$$K_s'' = R_k / (R_{э}'' + 1/S) = 7,5 / 0,031 + 0,05 = 208,33$$

Вывод : в результате выполнения работы рассчитаны коэффициенты усиления усилительного каскада на транзисторе , с общим эмиттером и отрицательной обратной связью без учета крутизны и с учётом : коэффициент усиления возрастает при увеличении частоты и емкости конденсатора $C_{э}$ (или при уменьшении емкостного сопротивления эмиттерной цепи)