

Прибор	Предельные параметры									Параметры при				
	при T = 25°C													
	$I_{K \max}$ , мА	$I_{K \text{ и. max}}$ , мА	$U_{KЭ0 \max}$ , В	$U_{KB0 \max}$ , В	$U_{ЭБ0 \max}$ , В	$P_K \max$ , мВт	$T_c$ , °C	$T_{п \max}$ , °C	$T_{\max}$ , °C	$h_{21Э}$	$U_{KB}$ , В	$I_{Э}$ , мА	$U_{KЭ \text{ нас.}}$ , В	$I_{KB0}$ , мкА
КТ3107 А	100	200	45	50	5	300	25	150	125	70...140	5	2	0,5	0,1

$$P_{K \max} := 0.3 \text{ Вт}$$

$$f_{\max} := 200 \cdot 10^6 \text{ Гц}$$

$$h_{21Э} := 100 \text{ - для данного транзистора } 70 \dots 140$$

$$C_э := 7 \text{ пФ}$$

## Порядок расчета LC-генератора на транзисторе

$$\text{Задаем выходную мощность } P_{\text{ВЫХ}} := 0.15 \text{ Вт}$$

$$\text{Задаем рабочую частоту } f_p := 100 \cdot 10^3 \text{ Гц}$$

$$\text{Задаем рабочее напряжение питания } E_K := 15 \text{ В}$$

### 1. Выбираем тип транзистора

Мощность которую должен транзистор отдать в контур

где  $\eta_K := 0.7$  КПД контура выбирают в пределах 0,5...0,8

$$P_K := \frac{P_{\text{ВЫХ}}}{\eta_K} = 0.214 \text{ Вт}$$

Выберая транзистор необходимо исходить из условий

где  $P_{K \max}$  - максимально допустимая рассеиваемая мощность коллектора

$f_{\max}$  - максимальная частота генерации биполярного транзистора

$$P_{\text{кmax}} > P_{\text{к}} = 1$$

$$f_{\max} \geq f_p = 1$$

## 2. Рассчитываем энергетический режим работы генератора

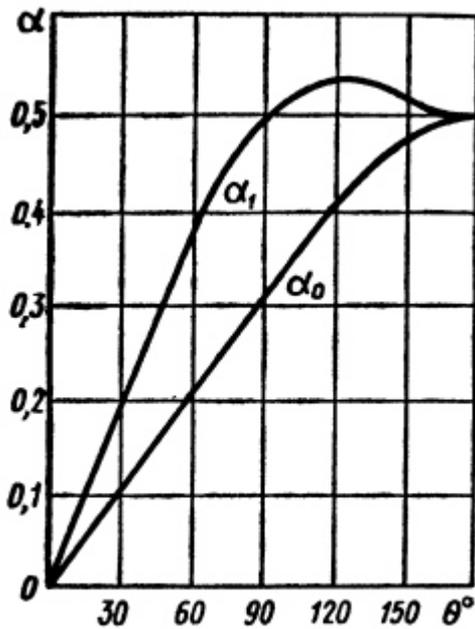


Рис. 9.4. Графики коэффициентов разложения импульсов тока

Считая, что в критическом режиме угол отсечки тока коллектора

$$\theta := 90 \text{ град}$$

то по графикам Рис. 9.4 определяем  $\alpha_1$  и  $\alpha_0$

$$\alpha_1 := 0.5$$

$$\alpha_0 := 0.318$$

Находим усредненное время движения носителей тока между р-п переходами транзистора

$$\text{где } \pi = 3.142$$

$f_{\max}$  - максимальная частота генерации биполярного транзистора

$$\tau_{\Pi} := \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_{\max}} = 7.958 \times 10^{-10}$$

Вычисляем угол пробега носителей тока

$$\phi_{\text{пр}} := 360 \cdot f_p \cdot \tau_{\Pi} = 0.029 \text{ град}$$

где  $f_p$  - рабочая частота

$\tau_{\Pi}$  усредненное время движения носителей тока между р-п переходами транзистора

Находим угол отсечки тока эмитера

$$\theta_{\text{э}} := \theta - \phi_{\text{пр}} = 89.971 \text{ град}$$

Зная угол отсечки эмитера по графикам Рис. 9.4 определяем  $\alpha_{1\text{э}}$  и  $\alpha_{0\text{э}}$

$$\alpha_{1\text{э}} := 0.49$$

$$\alpha_{0\text{э}} := 0.31$$

Определяем коэффициент использования коллекторного напряжения

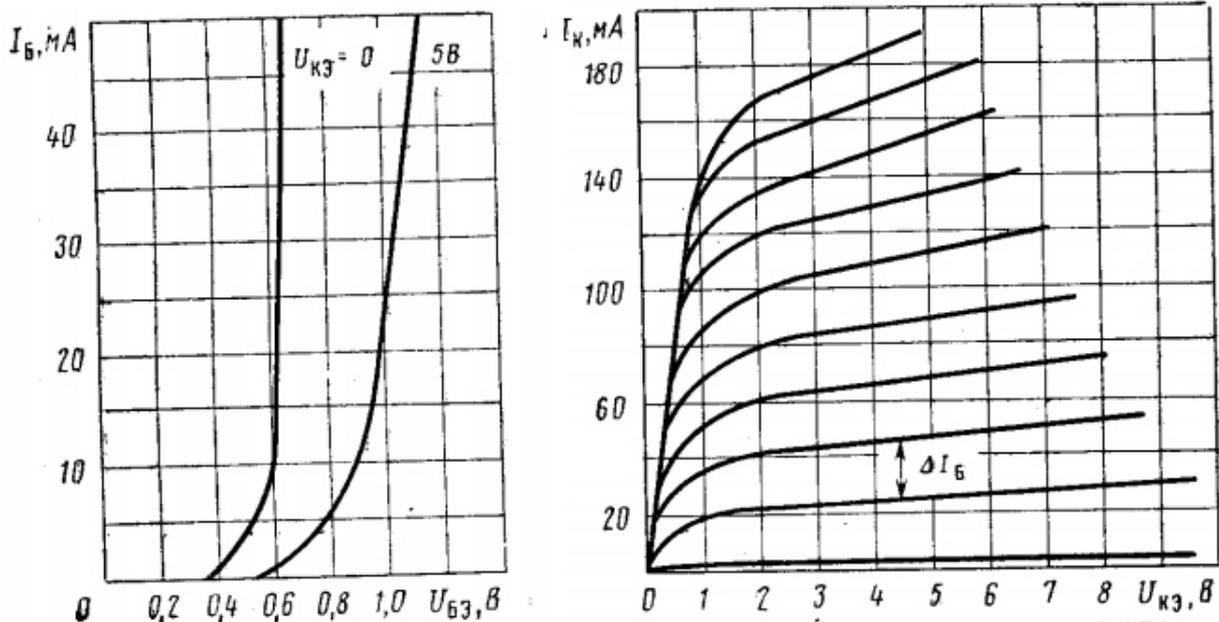


Рис. 9.5 Характеристики транзистора

Из Рис.9.5 определяем  $\Delta I_K := 160 \cdot 10^{-3} - 0 = 0.16$      $\Delta U_{KЭ} := 1 - 0 = 1$      $\Delta U_{БЭ} := 1.07 - 0.9 = 0.17$   
 Для этого на линии критического режима строят характеристический треугольник и находят  $S_{кр}$

где  $S_{кр} := \frac{\Delta I_K}{\Delta U_{KЭ}} = 0.16$  - крутизна линии критического режима

$P_K$  - мощность которую должен транзистор отдать в контур

$E_K$  - рабочее напряжение питания

$$\xi := 1 - \frac{2 \cdot P_K}{E_K^2 \cdot S_{кр} \cdot \alpha_1} = 0.976$$

Амплитуда переменного напряжения на контуре

где  $E_K$  - рабочее напряжение питания

$\xi$  - коэффициент использования коллекторного напряжения

$$U_{мк} := \xi \cdot E_K = 14.643 \text{ В}$$

Амплитуда первой гармоники коллекторного тока

где  $P_K$  - мощность которую должен транзистор отдать в контур

$U_{мк}$  - амплитуда переменного напряжения на контуре

$$I_{м.к1} := \frac{2 \cdot P_K}{U_{мк}} = 0.029 \text{ А}$$

Постоянная составляющая коллекторного тока

где  $I_{м.к1}$  - амплитуда первой гармоники коллекторного тока

$$I_{пост.к} := \frac{\alpha_0 \cdot I_{м.к1}}{\alpha_1} = 0.019 \text{ А}$$

Максимальное значение импульса тока в цепи коллектора

где  $I_{м.к1}$  - амплитуда первой гармоники коллекторного тока

$$I_{и.мах.к} := \frac{I_{м.к1}}{\alpha_1} = 0.059 \text{ А}$$

Мощность расходуемая источником тока в цепи коллектора

где  $E_K$  - рабочее напряжение питания

$I_{\text{пост.к}}$  - постоянная составляющая коллекторного тока

$$P_0 := I_{\text{пост.к}} \cdot E_K = 0.279 \text{ Вт}$$

Мощность рассеиваемая на коллекторе

где  $P_K$  - мощность которую должен транзистор отдать в контур

$P_0$  - мощность расходуемая источником тока в цепи коллектора

$$P_{\text{крас}} := P_0 - P_K = 0.065 \text{ Вт}$$

причем необходимо чтобы  $P_{\text{крас}} < P_{\text{кmax}} = 1$

КПД по цепи коллектора

где  $P_K$  - мощность которую должен транзистор отдать в контур

$P_0$  - мощность расходуемая источником тока в цепи коллектора

$$\eta := \frac{P_K}{P_0} = 0.767$$

Эквивалентное резонансное сопротивление контура в цепи коллектора

где  $U_{\text{мк}}$  - амплитуда переменного напряжения на контуре

$I_{\text{м.к1}}$  - амплитуда первой гармоники коллекторного тока

$$R_{\text{рез}} := \frac{U_{\text{мк}}}{I_{\text{м.к1}}} = 500.298 \text{ Ом}$$

Коэффициент передачи тока транзистора в схеме с ОБ

где  $h_{21э}$  - коэффициент передачи тока транзистора в режиме малого сигнала в схеме с ОЭ

$$h_{21б} := \frac{h_{21э}}{(1 + h_{21э})} = 0.99$$

Коэффициент передачи тока транзистора в схеме с ОБ на рабочей частоте

где  $f_p$  - рабочая частота

$f_{\text{max}}$  - максимальная частота генерации биполярного транзистора

$h_{21б}$  - коэффициент передачи тока транзистора в схеме с ОБ

$$h_{21б.фп} := \frac{h_{21б}}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_p}{f_{\text{max}}}\right)^2}} = 0.99$$

Амплитуда первой гармоники тока эмитера

где  $I_{\text{м.к1}}$  - амплитуда первой гармоники коллекторного тока

$h_{21б.фп}$  - коэффициент передачи тока транзистора в схеме с ОБ на рабочей частоте

$$I_{\text{м.э1}} := \frac{I_{\text{м.к1}}}{h_{21б.фп}} = 0.03 \text{ А}$$

Амплитуда импульса тока эмиттера

где  $I_{\text{м.э1}}$  - амплитуда первой гармоники тока эмитера

$$I_{и.мах.э} := \frac{I_{м.э1}}{\alpha_{1э}} = 0.06 \text{ A}$$

Расчитываем амплитудное значение напряжения на базе транзистора необходимое для обеспечения импульса тока эмиттера

где  $I_{и.мах.э}$  - амплитуда импульса тока эмиттера

$$\cos\theta_э := 5.061 \cdot 10^{-4} \text{ - косинус угла отсечки тока эмитера}$$

$$S_0 := \frac{\Delta I_{к}}{\Delta U_{кэ}} = 0.16 \text{ - крутизна линии критического режима}$$

$$U_{м.бэ} := \frac{I_{и.мах.э}}{(1 - \cos\theta_э) \cdot S_0} = 0.377 \text{ В}$$

Напряжение смещения на базе обеспечивающее угол отсечки тока эмиттера

где  $E_c := 0.2 \text{ В}$  - выбирают в пределах 0,1...0,2 В

Для р-п-р транзисторов  $E_c$  отрицательное

Для н-р-п транзисторов  $E_c$  положительное

$U_{м.бэ}$  - амплитудное значение напряжения на базе транзистора необходимое для обеспечения импульса тока эмиттера

$\theta_э$  - находим угол отсечки тока эмитера

$$U_{см.бэ} := -E_c + U_{м.бэ} \cdot \cos\theta_э = -0.2 \text{ В}$$

Коэффициент обратной связи

где  $U_{м.бэ}$  - амплитудное значение напряжения на базе транзистора необходимое для обеспечения импульса тока эмиттера

$U_{мк}$  - амплитуда переменного напряжения на контуре

$$K_{св} := \frac{U_{м.бэ}}{U_{мк}} = 0.026$$

причем необходимо чтобы -  $K_{св} \geq \frac{1}{S_0 \cdot R_{рез}} = 1$

Расчитаем сопротивление делителя R1, R2

$$\text{где } I_{д} := 5 \cdot \frac{I_{пост.к}}{h_{21э}} = 9.307 \times 10^{-4} \text{ А}$$

$E_k$  - рабочее напряжение питания

$U_{см.бэ}$  - напряжение смещения на базе обеспечивающее угол отсечки тока эмиттера

$U_c := 1$  - рабочая точка транзистора

$$R_1 := \frac{(E_k - U_c)}{I_{д}} = 1.504 \times 10^4 \text{ Ом}$$

$$R_2 := \frac{U_c}{I_{д}} = 1.074 \times 10^3 \text{ Ом}$$

Мощность рассеиваемая на R1, R2

где  $I_{д}$  - ток делителя

R1, R2 - сопротивления делителя

$$P_{R1} := I_{д}^2 \cdot R_1 = 0.013 \text{ Вт}$$

$$P_{R2} := I_d^2 \cdot R_2 = 9.307 \times 10^{-4} \text{ Вт}$$

Емкость разделительного конденсатора  $C_1 = (10 \dots 20) \text{ Сэ}$

$$C_1 := 20 \cdot C_9 = 140 \text{ пФ}$$

Элементы цепочки термостабилизации  $R_3, C_2$

где  $U_9 := 1$  - падение напряжения на резисторе эмиттерной стабилизации (принимают 0,7...1,5 В)

$I_{\text{пост.э}} := I_{\text{пост.к}}$  - постоянный ток эмиттера

$f_p$  - рабочая частота

$$R_3 := \frac{U_9}{I_{\text{пост.э}}} = 53.721 \text{ Ом}$$

$$C_2 := \frac{30 \cdot 10^3}{f_p \cdot R_3} = 5.584 \times 10^{-3} \text{ мкФ}$$

### 3 Определяем параметры контура

Задаемся добротностью ненагруженного контура

на волнах	20 ... 50м (15 МГц ... 6 МГц)	$Q = 150 \dots 300$ ;
на волнах	50 ... 100м ( 6 МГц ... 3 МГц)	$Q = 100 \dots 250$ ;
на волнах	100 ... 1000м ( 3 МГц ... 300 кГц)	$Q = 80 \dots 200$ .

$Q := 200$  - добротность ненагруженного контура

Добротностью нагруженного контура

где  $\eta_k$  - КПД контура

$Q$  - добротность ненагруженного контура

$$Q' := Q \cdot (1 - \eta_k) = 60$$

Минимальная общая емкость контура  $C_{k.min} = (1 \dots 2) \lambda_p$

где  $f_p$  - рабочая частота

$$\lambda_p := \frac{3 \cdot 10^8}{f_p} = 3 \times 10^3 \text{ - рабочая длина волны колебаний}$$

$$C_{k.min} := 1.7 \cdot \lambda_p = 5.1 \times 10^3 \text{ пФ}$$

Емкость конденсатора контура

где  $C_{k.min}$  - минимальная общая емкость контура

$C_{вн} := 20 \text{ пФ}$  - общая величина вносимой емкости

$$C_3 := C_{k.min} - C_{вн} = 5.08 \times 10^3 \text{ пФ}$$

Общая индуктивность контура

где  $\lambda_p$  - рабочая длина волны колебаний

$C_{k.min}$  - минимальная общая емкость контура

$$L_k := \frac{0.282 \cdot \lambda_p^2}{C_{k.min}} = 497.647 \text{ мкГн}$$

Волновое сопротивление контура

где  $C_{k.min}$  - минимальная общая емкость контура

$L_K$  - общая индуктивность контура

$$\rho := 10^3 \cdot \sqrt{\frac{L_K}{C_{K.min}}} = 312.375 \text{ Ом}$$

Сопротивление потерь контура

где  $\rho$  - волновое сопротивление контура

$Q'$  - добротностью нагруженного контура

$$R_{\Pi} := \frac{\rho}{Q'} = 5.206 \text{ Ом}$$

Сопротивление вносимое в контур

где  $R_{\Pi}$  - сопротивление потерь контура

$\eta_K$  - КПД контура

$$R_{BH} := \frac{R_{\Pi} \cdot \eta_K}{1 - \eta_K} = 12.148 \text{ Ом}$$

Полное сопротивление контура

где  $R_{\Pi}$  - сопротивление потерь контура

$R_{BH}$  - сопротивление вносимое в контур

$$R_K := R_{\Pi} + R_{BH} = 17.354 \text{ Ом}$$

Амплитуда колебательного тока в нагруженном контуре

где  $R_K$  - полное сопротивление контура

$P_K$  - мощность которую должен транзистор отдать в контур

$$I_{mk} := \sqrt{\frac{2 \cdot P_K}{R_K}} = 0.157 \text{ А}$$

Индуктивность связи контура с базой транзистора

где  $L_K$  - общая индуктивность контура

$K_{CB}$  - коэффициент обратной связи

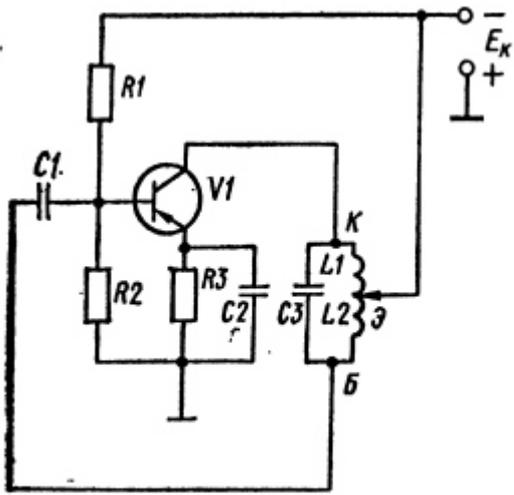
$$L_2 := K_{CB} \cdot L_K = 12.821 \text{ мкГн}$$

Индуктивность связи контура с коллектором транзистора

где  $L_K$  - общая индуктивность контура

$L_2$  - индуктивность связи контура с базой транзистора

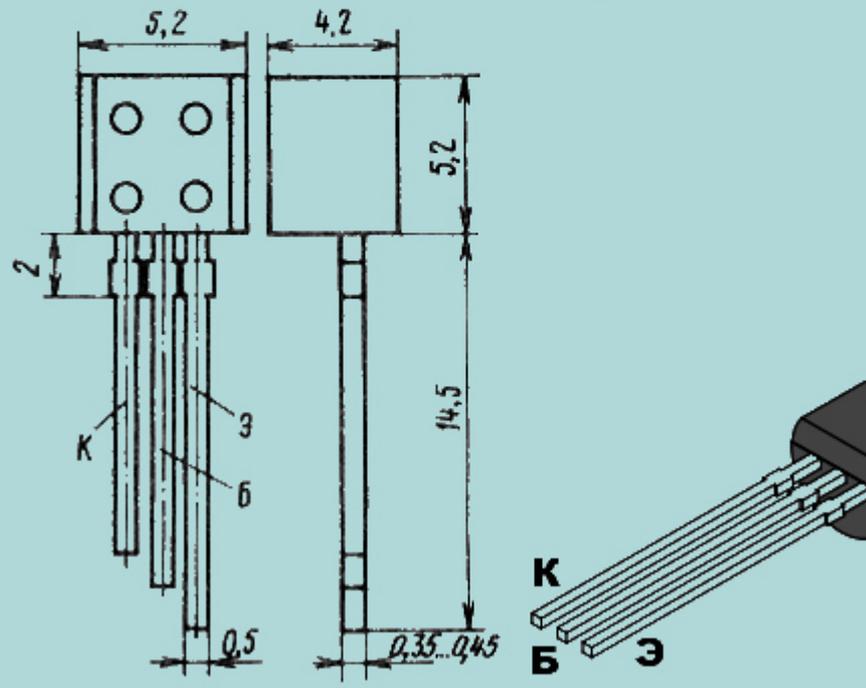
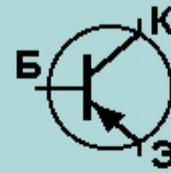
$$L_1 := L_K - L_2 = 484.826 \text{ мкГн}$$



- $C_1 = 140 \text{ пФ}$
- $C_2 = 5.584 \times 10^{-3} \text{ мкФ}$
- $C_3 = 5.08 \times 10^3 \text{ пФ}$
- $R_1 = 1.504 \times 10^4 \text{ Ом}$
- $R_2 = 1.074 \times 10^3 \text{ Ом}$
- $R_3 = 53.721 \text{ Ом}$
- $L_1 = 484.826 \text{ мкГн}$
- $L_2 = 12.821 \text{ мкГн}$

Рис. 9.2. Трехточечные схемы генераторов типа LC:

# КТ3107 (кремниевый транзистор, р-п



T = 25°C					R <sub>Т п-с</sub> , °C/Вт
f <sub>гр.</sub> МГц	K <sub>ш.</sub> дБ	C <sub>к.</sub> пФ	C <sub>э.</sub> пФ	t <sub>рас.</sub> мкс	
200	10	7			420

i-p)

