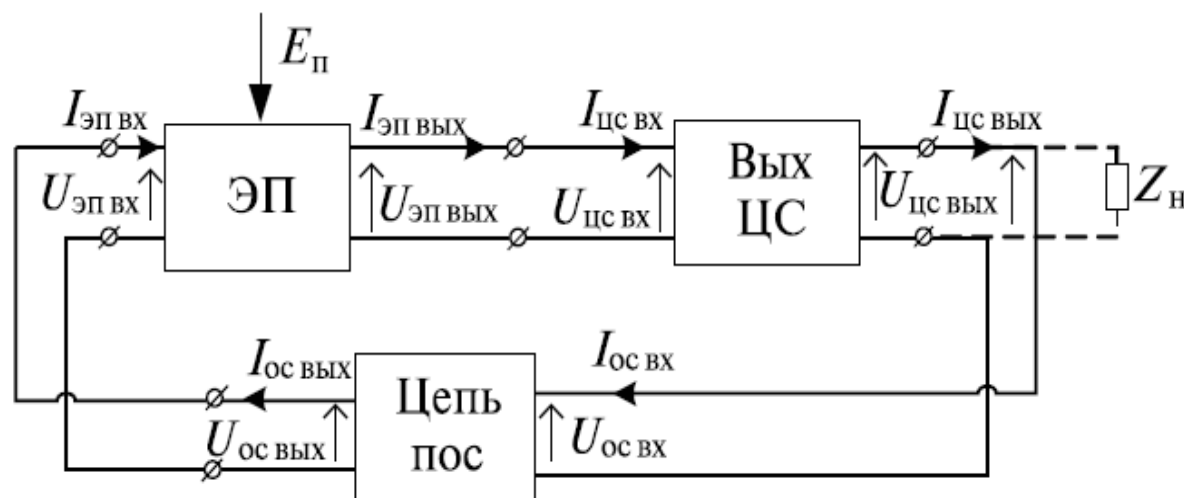


Лекция 8. Автогенераторы

Автогенератор является нелинейным устройством, преобразующим энергию источника питания в энергию радиочастотных колебаний.



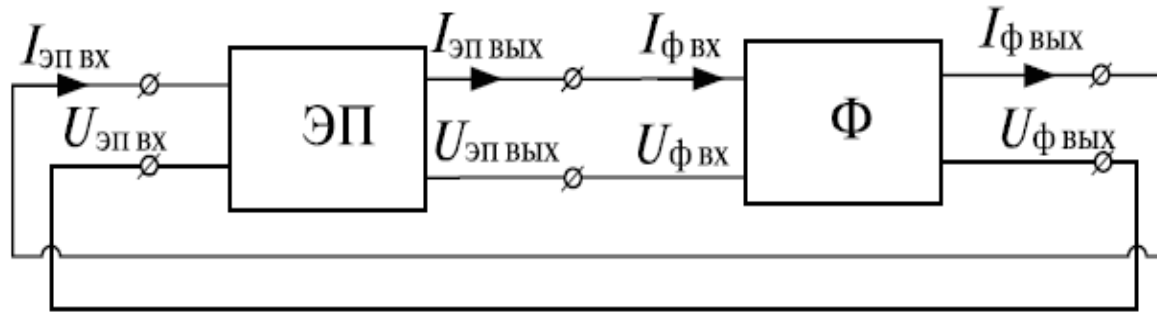
Обобщенная функциональная схема автогенератора

$$\dot{U}_{\text{ЭП ВЫХ}} = \dot{K}_{\text{ЭП}}(U_{\text{ВХ}}) \dot{U}_{\text{ЭП ВХ}}, \quad \dot{U}_{\text{ЭП ВХ}} = \dot{K}_{\text{Ф}} \dot{U}_{\text{ЭП ВЫХ}}$$

$$\dot{U}_{\text{ЭП ВХ}} = \dot{K}_{\text{Ф}} \dot{K}_{\text{ЭП СТАЦ}}(U_{\text{ВХ}}) \dot{U}_{\text{ЭП ВХ}} \quad \dot{K}_{\text{Ф}} \dot{K}_{\text{ЭП СТАЦ}}(U_{\text{ВХ}}) = 1$$

Уравнение баланса амплитуд

Уравнение баланса фаз



Упрощенная функциональная схема автогенератора

$$\dot{K}_\Phi \dot{K}_{\text{ЭП стац}}(U_{\text{ВХ}}) = 1$$

$$\dot{K}_{\text{ЭП стац}}(U_{\text{ВХ}}) = K_{\text{ЭП стац}}(U_{\text{ВХ}}) e^{j\varphi_{\text{ЭП стац}}}$$

$$\dot{K}_\Phi = K_\Phi e^{j\varphi_\Phi}$$

Уравнение баланса амплитуд

$$K_\Phi K_{\text{ЭП стац}}(U_{\text{ВХ}}) = 1;$$

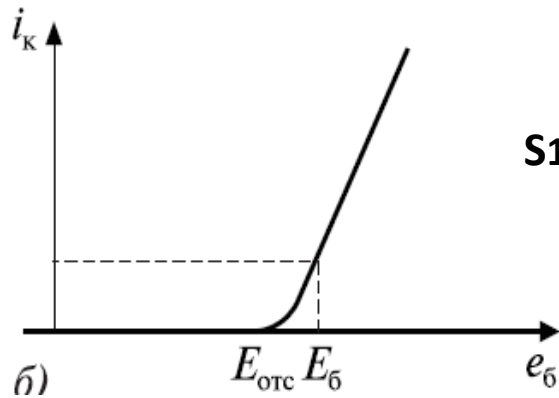
Уравнение баланса фаз

$$\varphi_\Phi + \varphi_{\text{ЭП стац}} = -2\pi m, \quad m = 0, 1, 2, \dots$$

Условия возникновения колебаний. Частота колебаний

ЭП в общем случае нелинейный и инерционный - БТ

$S_1(U_{\text{вх}})$ и φ_s — модуль и фаза усредненной по первой гармонике крутизны выходного тока



S_1 зависит от $S, U_{\text{вх}}, E_6 \rightarrow \theta$

при $\theta = 180^\circ$ $S_1 = S$

$$Z_y = \dot{K}_\Phi Z_{\Phi \text{ вх}} = Z_y e^{j\varphi_y},$$

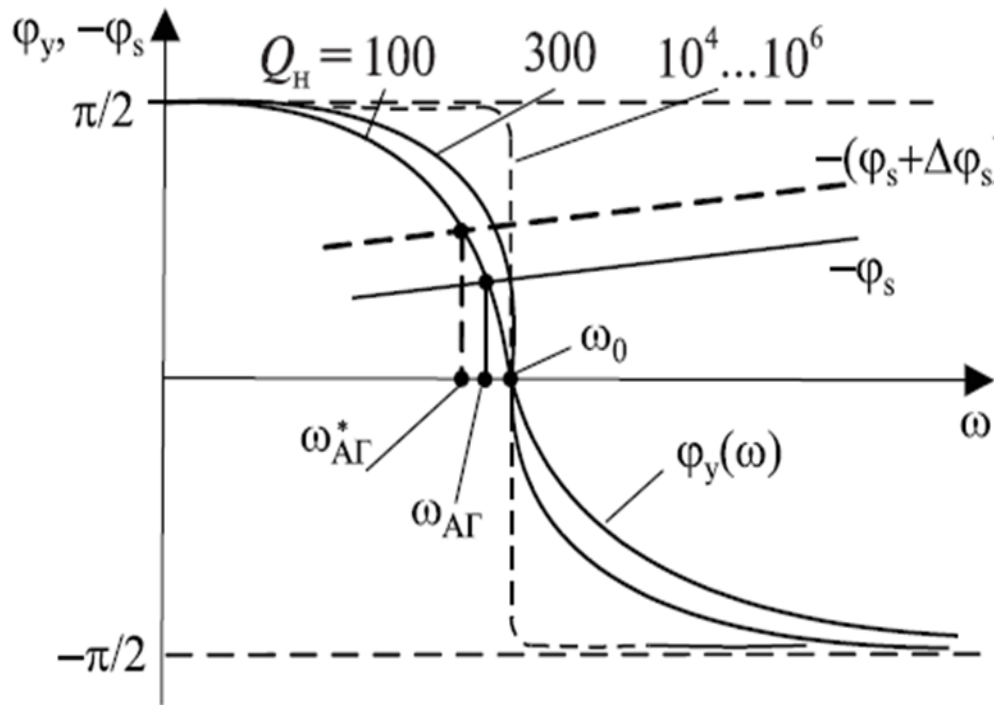
$$\text{где } \varphi_y = \varphi_z + \varphi_\Phi$$

$$S_1(U_{\text{вх}})|Z_y| = 1;$$

$$\varphi_s + \varphi_y = -2\pi m, \quad m = 0, 1, 2, \dots$$

$$\varphi_s + \varphi_y(\omega) = 0. \quad m = 0$$

Частота колебаний

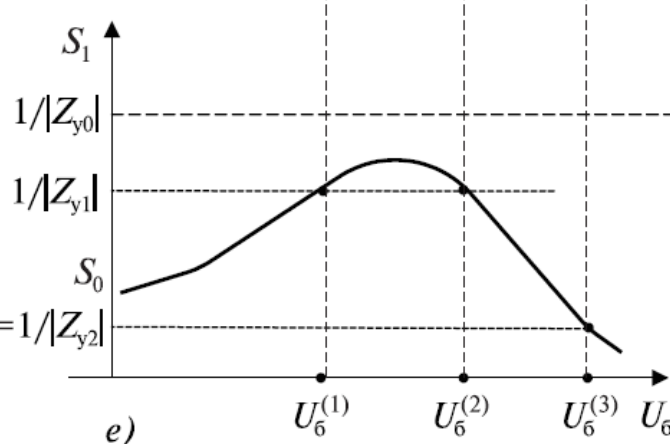
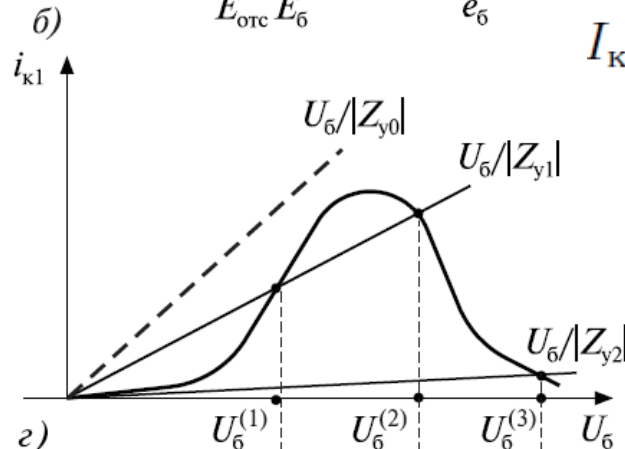
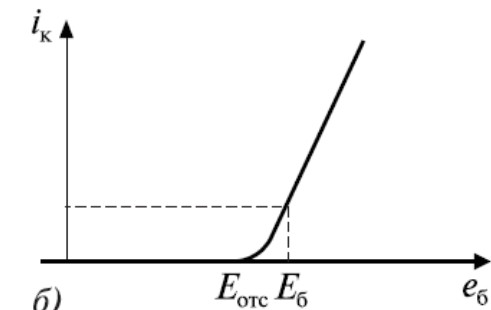
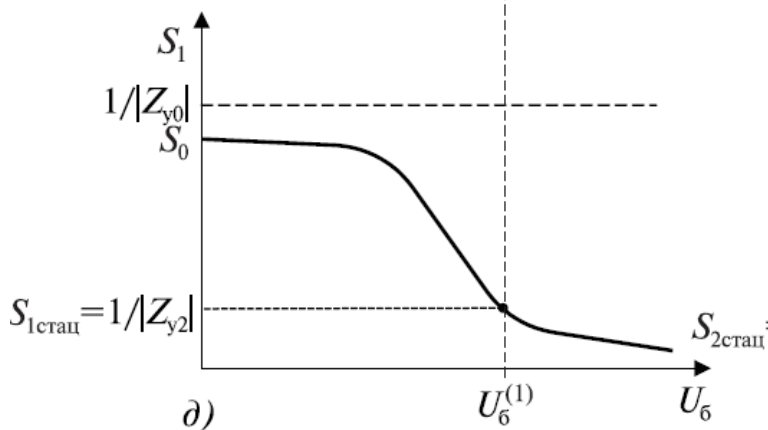
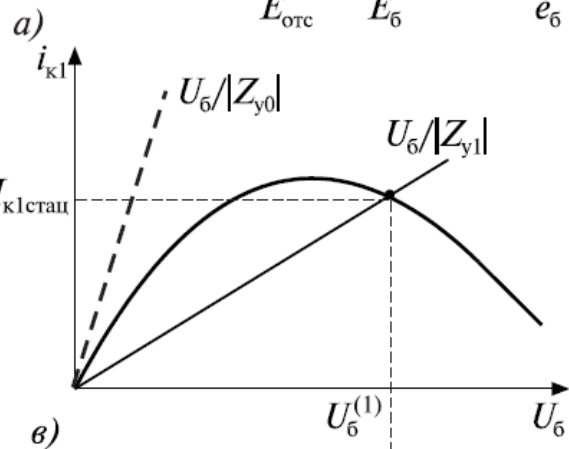
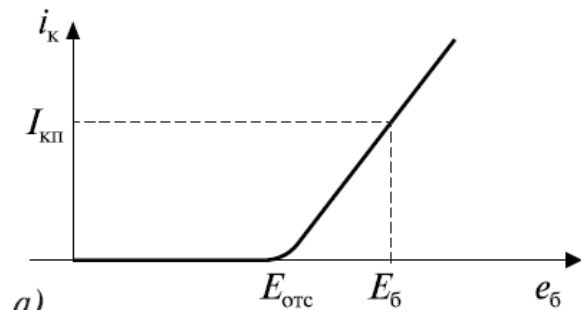


резонансная частота $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$

$$\varphi_y(\omega) = -\arctg \frac{2(\omega - \omega_0)Q_H}{\omega_0}$$

$$\omega_{AG} = \omega_0 - \frac{\omega_0}{2Q_H} \operatorname{tg} |\varphi_s|$$

Условия возникновения колебаний. Амплитуда колебаний



В стац. состоянии

$$S_1(U_6) = 1/|Z_y(\omega)|.$$

$$I_{к1}(U_6) = U_6/|Z_y(\omega)|.$$

$$I_{к1} = S_1(U_6)U_6$$

колебательная
характеристика

**Режим «мягкого»
(в,д) и жёсткого (г,е)
самовозбуждения**

Условие устойчивости
колебаний

$$dS_1(U_6)/dU_6 < 0.$$

Цепи питания АГ

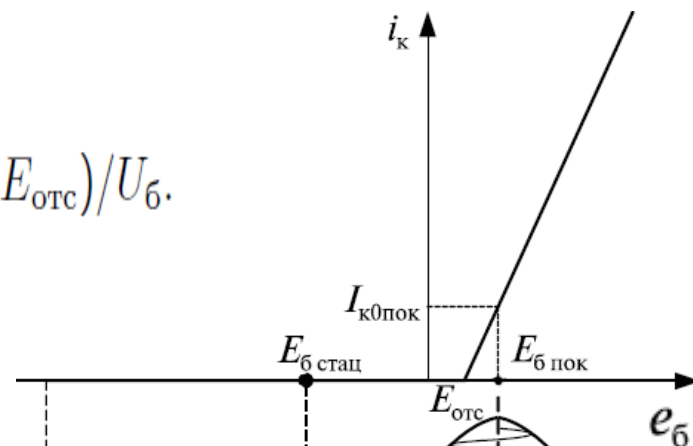
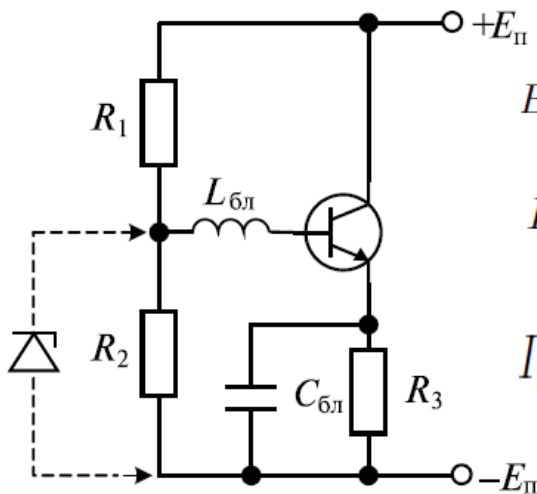
автосмещение $E_{авт} = R_3 I_{э0}$,

$$E_6 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} E_{п} - \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} I_{60} - R_3 (I_{к0} + I_{60})$$

$$I_{60} = I_{э0} / h_{210э}$$

$$I_{к0} = S \gamma_0(\theta) U_6 \quad \text{и} \quad \cos \theta = -(E_6 - E_{отс}) / U_6.$$

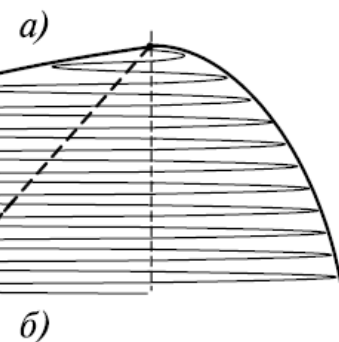
$$E_6 = E_{отс} - \frac{\cos \theta}{\gamma_0(\theta)} \frac{1}{S} I_{к0}.$$



Задавая $\theta < 90^\circ$ и $I_{к0}$, , находим E_6 , R_1 , R_2 , R_3

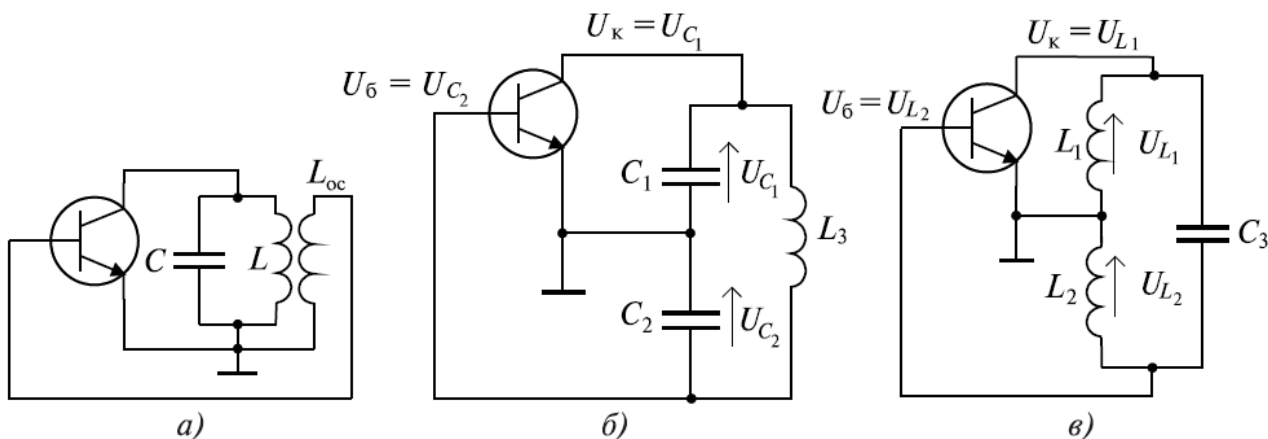
Если включить стабилитрон вместо R_2 :

$$E_6 = E_{стаб} - R_3 (I_{к0} + I_{60}) \approx E_{стаб} - R_3 I_{к0}.$$



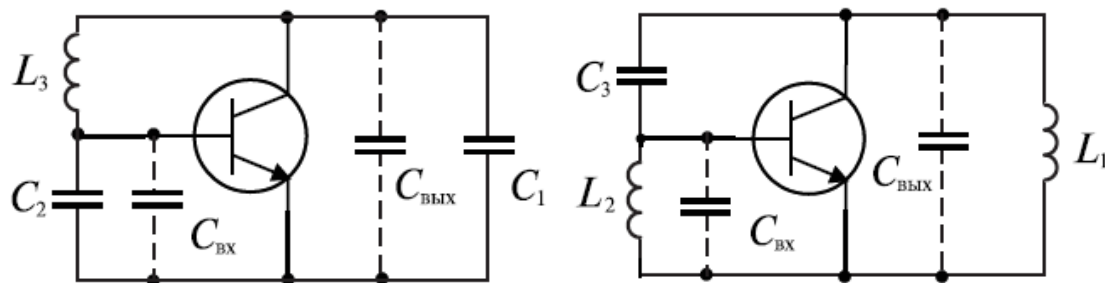
Трёхточечные схемы автогенераторов

эквивалентные (упрощенные) схемы АГ без цепей питания



С корпусом (с «землей») в АГ можно соединить любую точку его схемы. Как и выходной сигнал АГ, можно снимать с любой точки

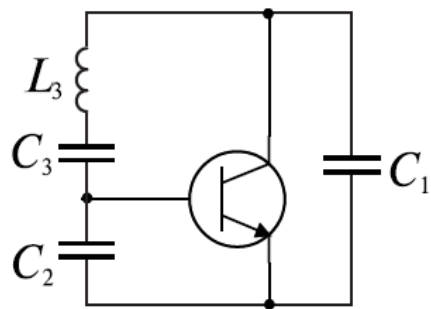
а) с трансформаторной ОС, б) ёмкостная трёхточка, в) индуктивная трёхточка



+ ёмкостной трёхточки:
 ↓ влияние паразитн. С,
 технологична (только 1 L),
 ↑ фильтрация гармоник (ФНЧ типа П-контур)

Из условия баланса фаз на частоте ω (без учёта инерц. ЭП):

$$X_1(\omega) + X_2(\omega) + X_3(\omega) = 0, \quad X_3 = -(X_1 + X_2)$$



Автогенера-
тор по схеме Клаппа

индуктивность L_3 увеличивается в 10. . . 20 и более раз для получения максимально достижимой добротности QL что повышает стабильность частоты автоколебаний.

$$Q = \rho / r = (\sqrt{L/C}) / r$$

Для $\uparrow Q$ нужно
 $\uparrow L$ и $\downarrow C$

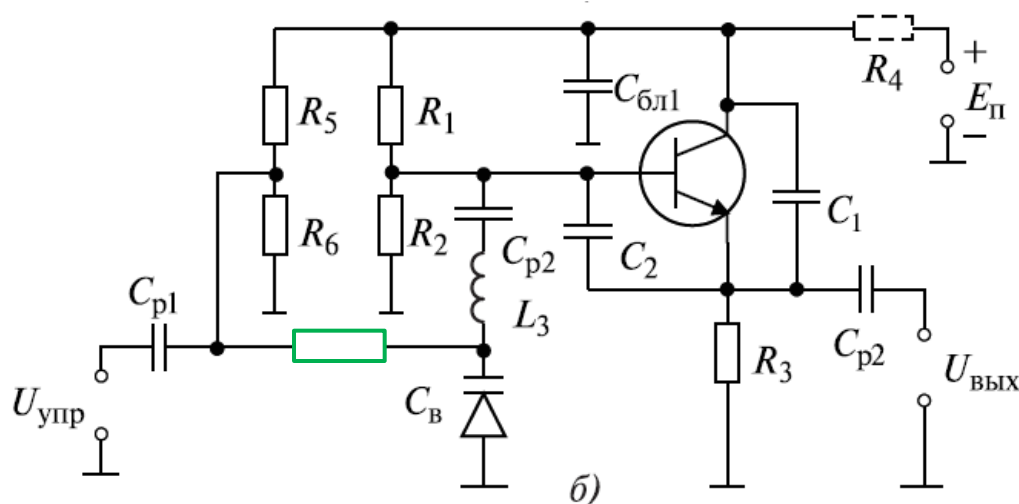
$$X_{\Sigma}(\omega) = X_L(\omega) + X_{C_3}(\omega) = \omega L - \frac{1}{\omega C_3} > 0,$$

$$X_{\Sigma}(\omega) = X_{C_1}(\omega) + X_{C_2}(\omega) = - \left(\frac{1}{\omega C_1} + \frac{1}{\omega C_2} \right)$$

$$C_{\Sigma} = \frac{1}{1/C_3 + 1/C_1 + 1/C_2} \text{ резонанс с индуктивностью } L.$$

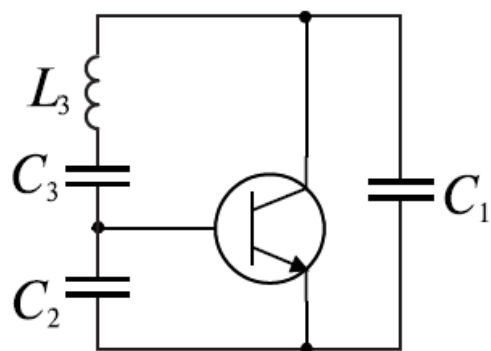
Конденсатор C_3 уменьшает коэффициент включения транзистора в колебательный контур и тем самым уменьшает влияние изменений его параметров, в первую очередь его входных и выходных емкостей, а также и индуктивностей выводов

Перестройкой C_3 можно изменять частоту АГ в широких пределах (до октавы и более) практически при неизменном коэффициенте обратной связи, определяемым отношением двух конденсаторов C_1 и C_2



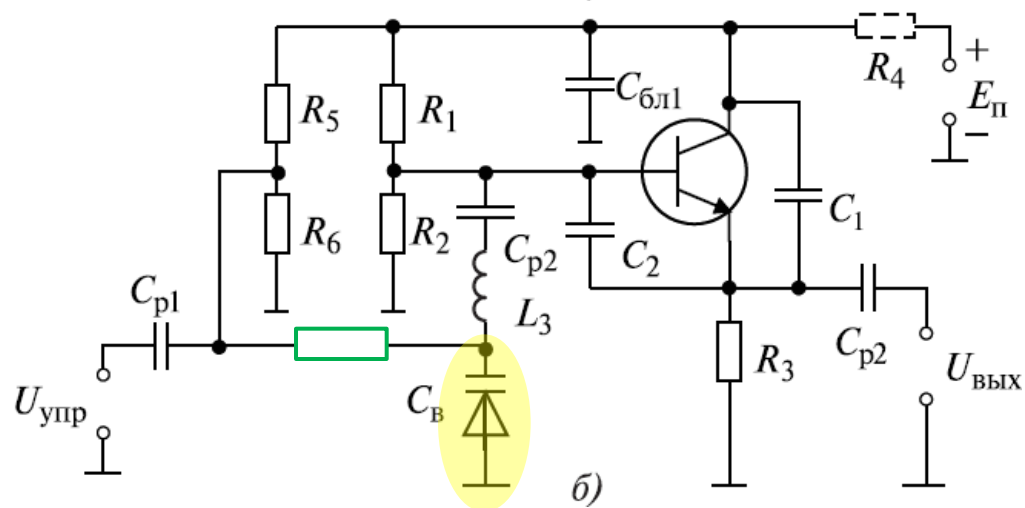
Полная принципиальная схема
АГ с перестройкой частоты (ЧМ)
при помощи варикапа C_v .

«Заземлён» по РЧ коллектор



Автогенера-
тор по схеме Клаппа

Перестройкой C_3 можно **изменять частоту** АГ в широких пределах (до октавы и более) практически **при неизменном коэффициенте обратной связи**, определяемым отношением двух конденсаторов C_1 и C_2



Полная принципиальная схема АГ с перестройкой частоты (ЧМ) при помощи варикапа $C_в$.

«Заземлён» по РЧ коллектор