

# Входные цепи

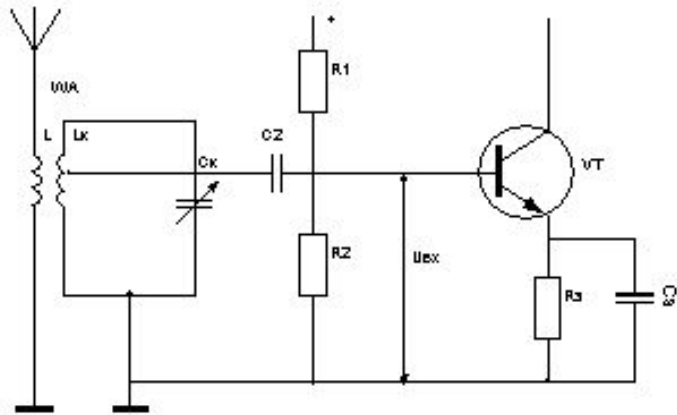
**ВЦ** – это цепи приемника, связывающие антенну с первым усилительным или преобразовательным прибором – активным элементом (АЭ или АП).

Основным назначением **ВЦ** являются:

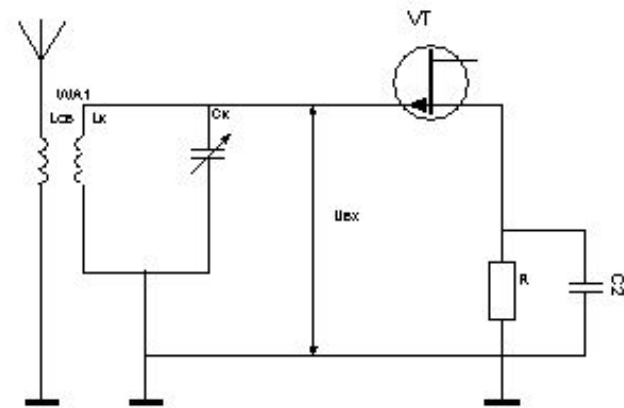
1. передача полезного сигнала от антенны ко входу превого АЭ приемника
2. предварительная фильтрация помех на частотах побочных каналов приема.

Обычно **ВЦ** – это пассивный четырехполюсник, содержащий один или несколько *резонаторов*, в частности, - *колебательных контуров*, настроенных на частоту принимаемого сигнала.

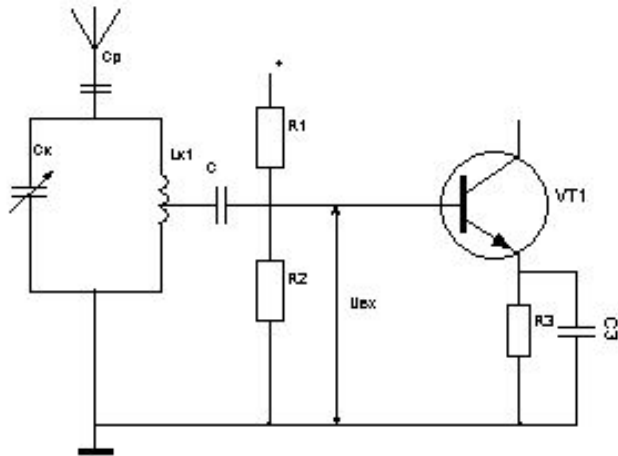
# Одноконтурные входные цепи



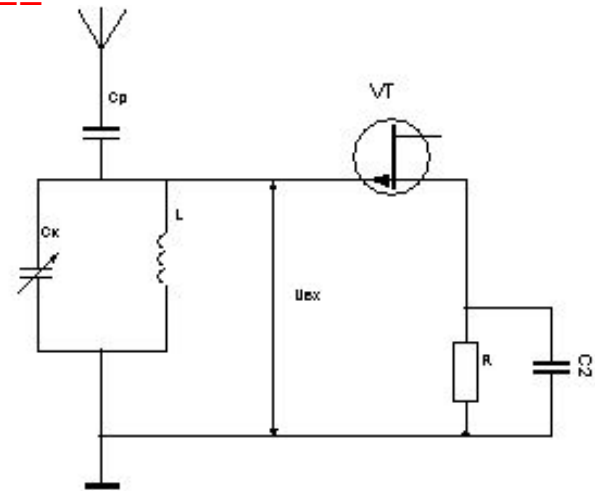
С трансформаторной связью на БП



С трансформаторной связью на

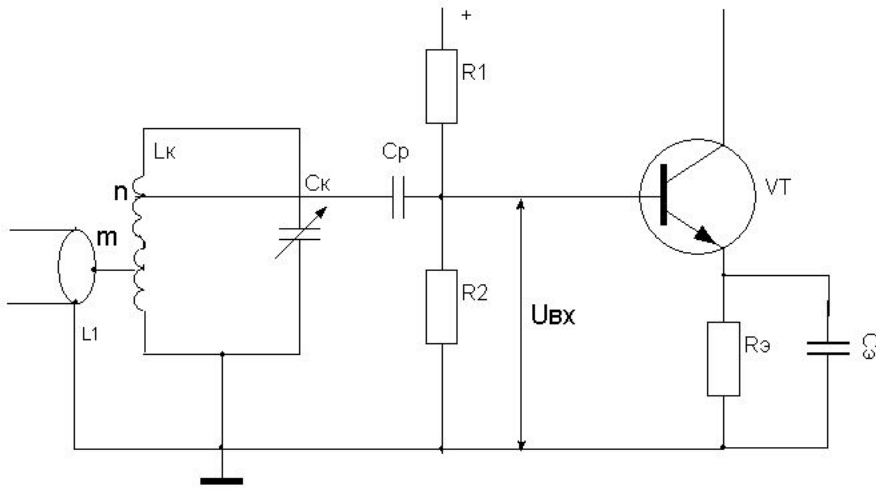


С емкостной связью на БП

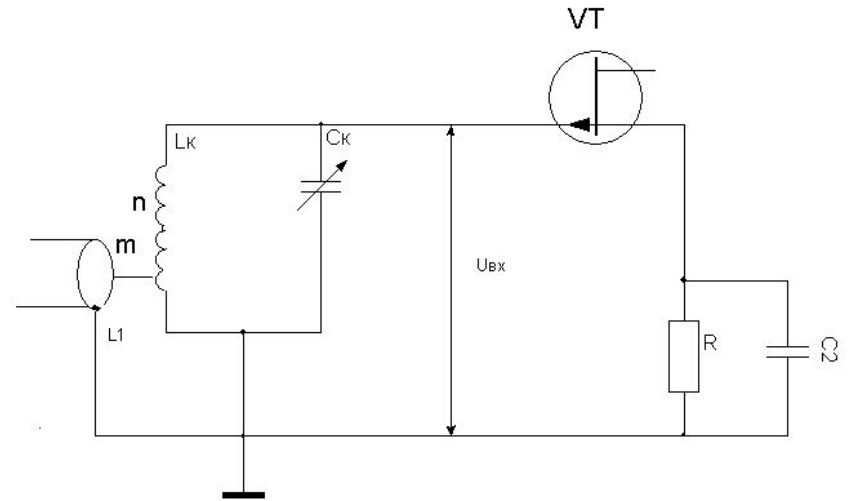


С емкостной связью на ПП

# Одноконтурные входные цепи

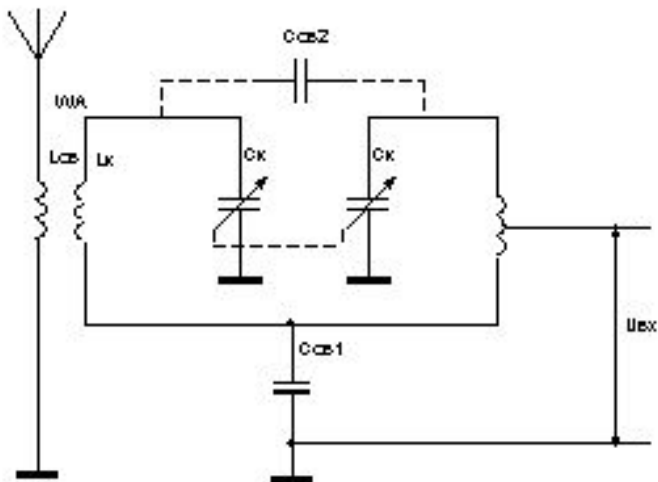


С автотрансформаторной связью на БП



С автотрансформаторной связью на ПТ

## Двухконтурная входная



Связь первого контура с антенной – трансформаторная.

Связь между контурами – внутриемкостная через конденсатор  $C_{\text{CB1}}$  и внешнеемкостная – через конденсатор  $C_{\text{CB2}}$ .

Двухконтурная ВЦ позволяет повысить селективность (избирательность), т.е. получить

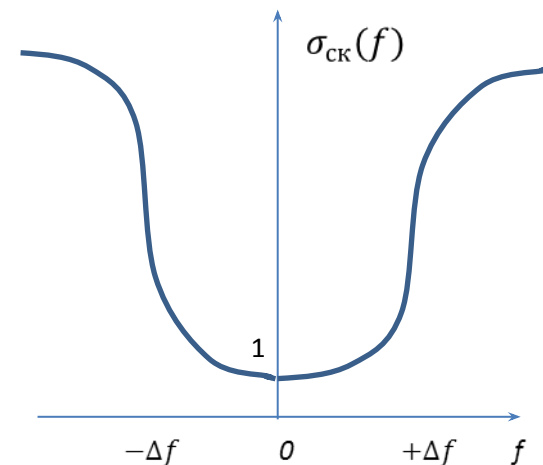
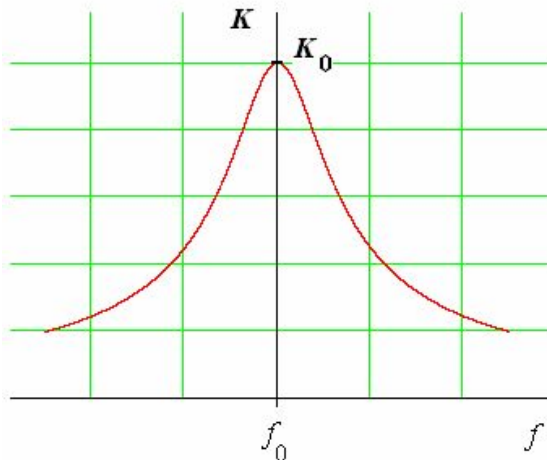
## Основные электрические характеристики входных цепей (ВЦ)

1. Коэффициент передачи напряжения, который определяется отношением напряжения сигнала на входе первого АЭ приемника ( $U_{вх}$ ) к ЭДС в антенне  $E_A$ , а в случае магнитной (ферритовой) антенны - к напряженности поля сигнала:

$$K = \frac{U_{вх}}{E_A}.$$

2. Полоса пропускания  $\Pi$  – ширина области частот с допустимой неравномерностью коэффициента передачи.
3. Избирательность (селективность)  $\sigma(f)$ , характеризующая уменьшение коэффициента передачи от напряжения при заданной расстройке  $K(f)$  по сравнению с резонансным значением  $K_0$  и определяемая:

$$\sigma(f) = \frac{K_0}{K(f)}.$$



4. Теоретическая характеристика избирательности входной цепи:

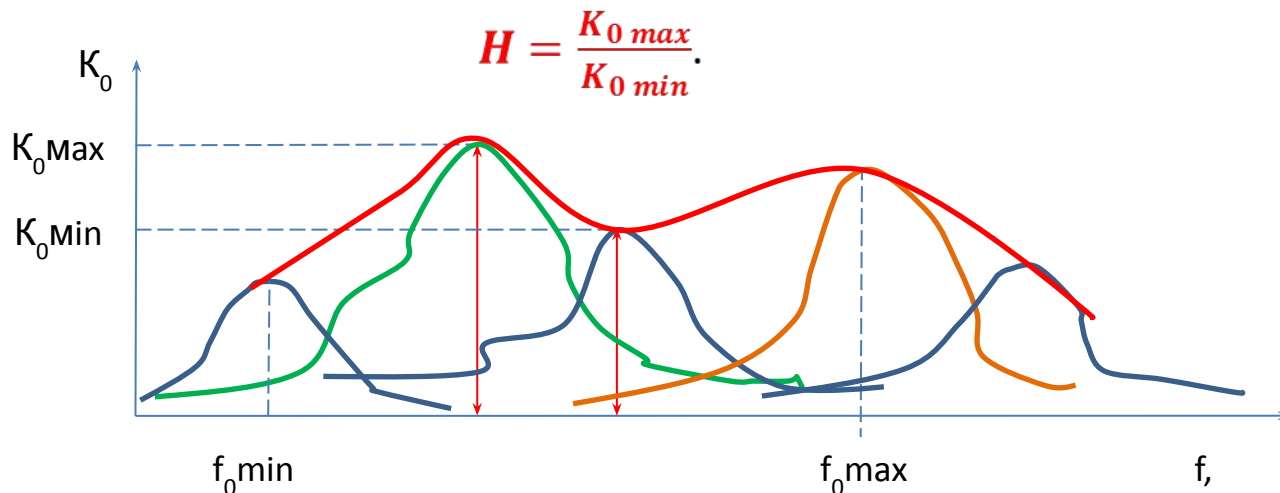
$$\sigma = 10 \lg(1 + \xi^2), \quad \text{где } \xi = Q_{\text{э}} \left( \frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f} \right) - \text{обобщенная расстройка по частоте.}$$

5. *Перекрытие заданного диапазона частот.* Входная цепь должна обеспечивать возможность настройки на любую частоту заданного диапазона настройки приемника. При этом показатели (коэффициент передачи напряжения, полоса пропускания, избирательность) не должны заметно меняться.

Диапазон рабочих частот характеризуется *коэффициентом перекрытия диапазона  $k_{\text{д}}$* :

$$k_{\text{д}} = \frac{f_{0 \text{ max}}}{f_{0 \text{ min}}}.$$

6. *Неравномерность резонансного коэффициента передачи* в диапазоне перестройки  $H$  :



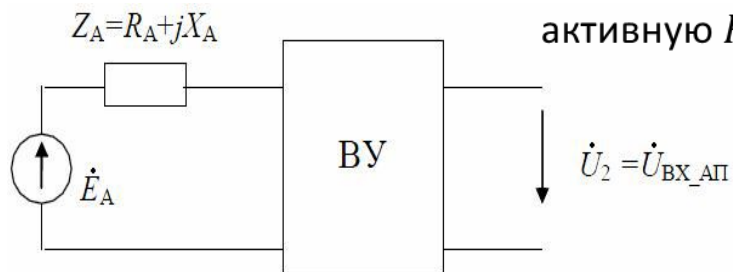
7. *Постоянство параметров ВЦ* при изменении параметров антенны и АЭ. Это важно при ненастроенных антеннах, которые вносят в ВЦ активное и реактивное сопротивления.

Активное сопротивление приводит к расширению полосы пропускания и ухудшению избирательности. Реактивное – к изменению настройки ВЦ.

# Эквиваленты приемных антенн

Приемная антенна – эквивалентный генератор ЭДС  $E_A$  или тока  $I_A$ .

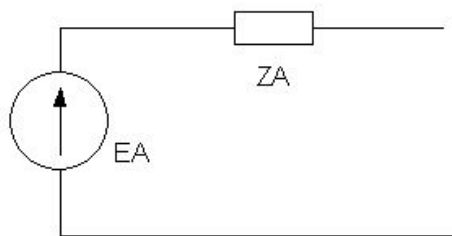
Внутреннее сопротивление генератора ЭДС содержит активную  $R_A$  и реактивную  $jX_A$  составляющие:



$$Z_A = R_A + jX_A$$

ЭДС эквивалентного генератора  $E_A = \varepsilon_c h_D$ ,

где  $\varepsilon_c$  – напряженность электрической составляющей поля сигнала в точке приема,  $h_D$  – высота (или длина) антенны.



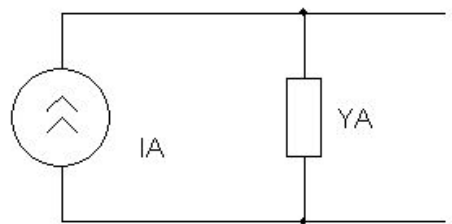
Параметры эквивалентного генератора тока определяются выражением :

$$I_A = \frac{E_A}{Z_A} = E_A Y_A,$$

где  $Y_A = \frac{1}{Z_A} = G_A + jB_A$  - комплексная проводимость антенны,

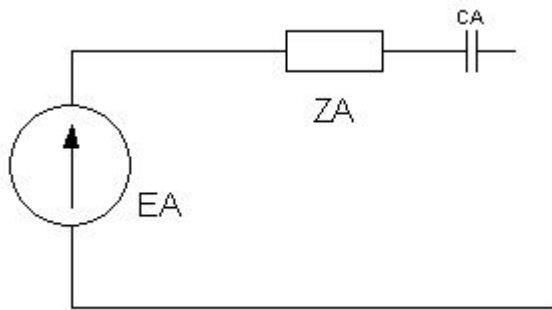
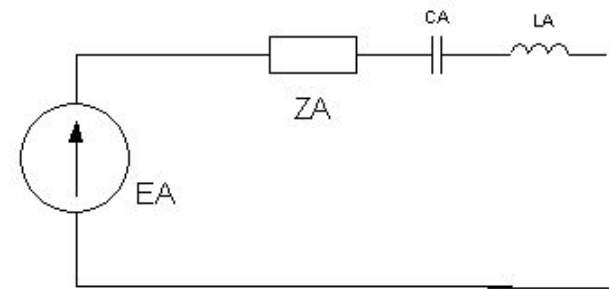
и соответственно  $G_A = \frac{R_A}{|Z_A|^2}$  и  $B_A = \frac{X_A}{|Z_A|^2}$  -

активная и реактивная составляющие проводимости антенны.



- Сопротивление ненастроенной антенны  $Z_A$  зависит от частоты, так как антенна представляет собой цепь с распределенными параметрами.

Если размеры антенны невелики по сравнению с длиной волны (размеры антенны меньше, чем длина волны), то схема замещения антенны выглядит последовательное соединение  $L_A$ ,  $C_A$  и  $R_A$ .



В диапазонах СЧ и НЧ  $\omega L_A \ll \frac{1}{\omega C_A}$ , поэтому индуктивностью можно пренебречь. Тогда эквивалент антенны будет содержать только  $C_A$  и  $R_A$ :

В диапазоне СВЧ вместо ЭДС или тока рассматривается номинальная мощность антенны, так как при наличии трансформирующих элементов напряжение и ток изменяются, а мощность остается постоянной. Номинальная мощность антенны пропорциональна ее действующей площади  $S_d$ :

$$P_{\text{ном}} = \frac{\epsilon_c^2}{120\pi} S_d \eta_A, \quad \eta_A - \text{к.п.д. антенны}$$

# Перекрытие диапазона частот

Для плавной перестройки контура в заданном диапазоне частот необходимо изменять индуктивность или емкость или то и другое одновременно.

Параметры контура:

первичные параметры:  $L, C, r$ .

вторичные параметры: резонансная частота:  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$   $f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi}$

характеристическое сопротивление контура:  $\rho = \frac{1}{\omega_0 C_K}$  или  $\rho = \omega_0 L_K$ ;

или: 
$$\rho = \omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C} = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

затухание контура:  $d_K = \frac{r}{\rho} = r \omega_0 C_K$  ИЛИ  $d_K = \frac{r}{\rho} = \frac{r}{\omega_0 L_K}$ .

добротность контура:

$$Q = \frac{\rho}{r} = \frac{\omega_0 L}{r} = \frac{1}{r \cdot \omega_0 C} = \frac{1}{r} \sqrt{\frac{L}{C}} \quad Q = \frac{f_0}{\Delta F}$$



Резонансное сопротивление контура

$$R_{\kappa} = \rho \cdot Q = \omega_0 L \cdot Q = \frac{Q}{\omega_0 C} = Q \sqrt{\frac{L}{C}}$$

Резонансная проводимость контура

$$g_{\kappa} = \frac{1}{\rho \cdot Q} = \frac{1}{\omega_0 L \cdot Q}$$

Комплексная проводимость контура

$$y_{\kappa} = g_{\kappa} (1 + j\xi) \quad \xi = Q \left( \frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right)$$

Теоретическая характеристика избирательности входной цепи :

$$\sigma = 10 \lg(1 + \xi^2), \quad \text{где } \xi = Q_{\text{э}} \left( \frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f} \right) \text{ – обобщенная расстройка по частоте}$$

При настройке контура переменной индуктивностью его параметры резко меняются по диапазону, что нежелательно.

При настройке конденсатором сопротивление контура пропорционально частоте и сопровождается менее резкими изменениями свойств контура, поэтому контуры обычно настраивают изменением емкости.

При настройке емкостью коэффициент перекрытия диапазона  $k_{\text{д}} = \frac{f_{0 \max}}{f_{0 \min}} = \sqrt{\frac{C_{\max}}{C_{\min}}}$ .

Как правило,  $k_{\text{д}} \leq 3$ .

Если приемник должен работать в широком диапазоне частот, то диапазон разбивают на поддиапазоны.

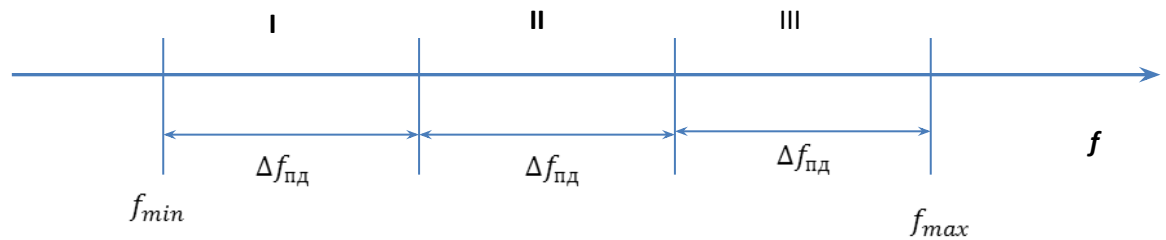
а. Диапазон разбивается на одинаковые поддиапазоны (разбиение с постоянным частотным интервалом):

$$f_{i \max} - f_{i \min} = \Delta f_{\text{пд}} = \text{const};$$

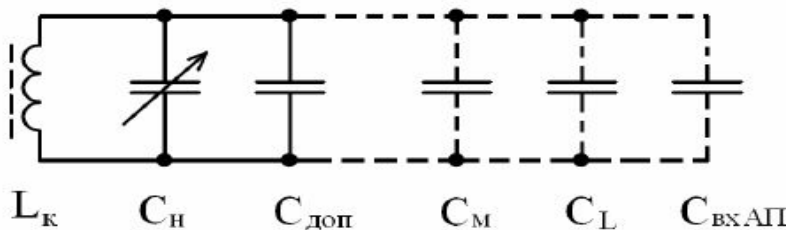
$$k_{\text{пд}} = \frac{f_{i \max}}{f_{i \min}} = \frac{f_{i \min} + \Delta f_{\text{пд}}}{f_{i \min}} = 1 + \frac{\Delta f_{\text{пд}}}{f_{i \min}};$$

Коэффициент перекрытия  $k_{\text{пд}}$  уменьшается при переходе к верхним поддиапазнам. Для этого в контуры включают добавочные конденсаторы, уменьшающие влияние емкости  $C_k$  на частоту настройки. Достоинство такого разбиения на поддиапазоны является одинаковая плотность настройки (число станций на деление шкалы) во всех поддиапазнах.

Число поддиапазонов: 
$$N_{\text{пд}} = \frac{f_{0 \max} - f_{0 \min}}{\Delta f_{\text{пд}}}$$



Пример:



$$C_n = 15..315 \text{ пФ}$$

$$C_{\text{доп}} = 60 \text{ пФ}$$

$$C_m = 8 \text{ пФ}$$

$$C_L = 5 \text{ пФ}$$

$$C_{\text{вх.АП}} = 12 \text{ пФ}$$

Определить  $f_{0 \max}$ ,  
если  $f_{0 \min} = 3 \text{ МГц}$

$$C_k = C_n + 60 + 8 + 5 + 12 = C_n + 85 \text{ пФ}$$

$$C_{k \min} = 15 + 85 = 100 \text{ пФ} \quad C_{k \max} = 315 + 85 = 400 \text{ пФ}$$

$$K_D = \sqrt{\frac{C_{k \max}}{C_{k \min}}} = \sqrt{\frac{400}{100}} = 2 \quad f_{0 \max} = f_{0 \min} K_D = 3 * 2 = 6 \text{ МГц}$$

б. разбиение с постоянным коэффициентом перекрытия:

$$k_{\text{пд}} = \frac{f_{oi \max}}{f_{oi \min}} = \text{const.}$$

Тогда коэффициент перекрытия всего диапазона  $k_{\text{д}} = k_{\text{пд}}^{N_{\text{пл}}}$ ,  
где  $N_{\text{пл}} = \frac{\lg k_{\text{д}}}{\lg k_{\text{пд}}}$  – требуемое число поддиапазонов.

При этом способе требуется меньшее число поддиапазонов, поэтому он более экономичен.

Частотное перекрытие каждого поддиапазона:

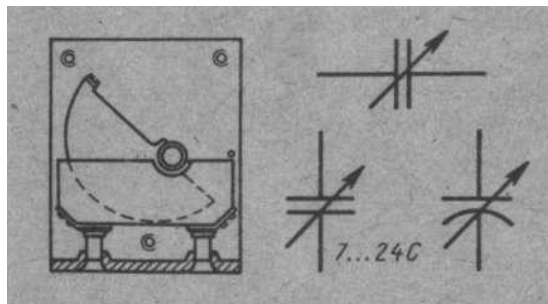
$$\Delta f_{\text{пд}} = f_{oi \max} - f_{oi \min} = k_{\text{пд}} f_{oi \min} - f_{oi \min} = (k_{\text{пд}} - 1) f_{oi \min}.$$

*Таким образом, следует, что с увеличением частоты  $f_{oi \min}$  возрастает частотное перекрытие данного поддиапазона и, следовательно, возрастает плотность настройки (число станций на деление шкалы).*

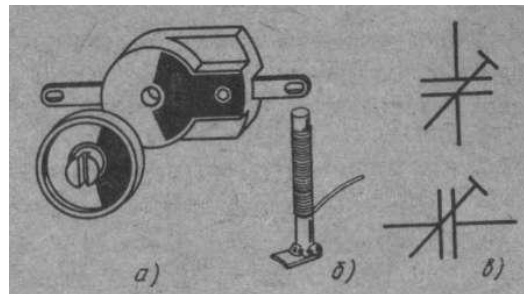
*Можно комбинировать эти два способа (а и б).*

# Электронная настройка

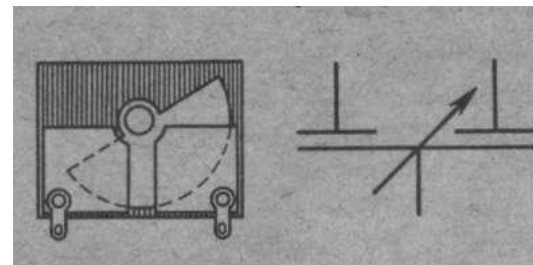
Вместо громоздких механических блоков конденсаторов переменной емкости (КПЕ) применяют варикапы- это малые размеры, механическая надежность, простота управления



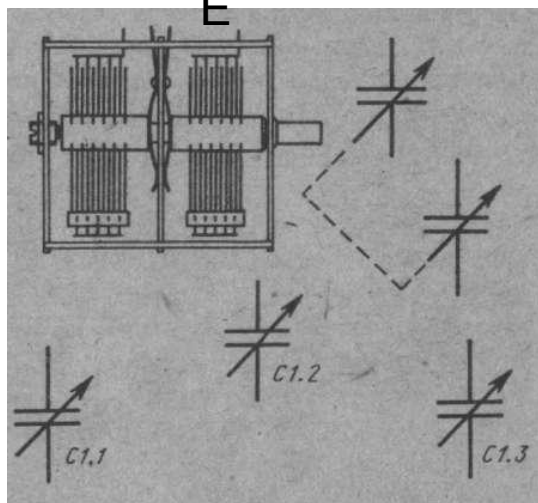
КП  
Е



Дифференциальный  
конденсатор



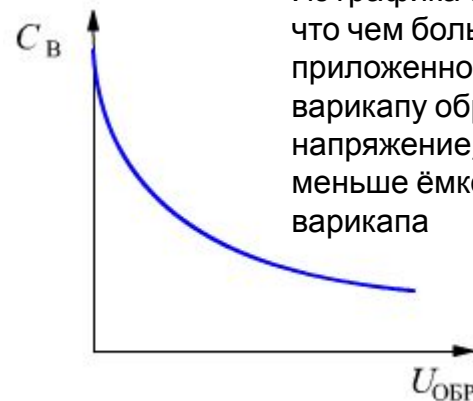
Керамический подстроечный  
конденсатор(КПК)



КП  
Е



Варикап  
ы



Из графика следует, что чем больше приложенное к варикапу обратное напряжение, тем меньше ёмкость варикапа

Вольт-фарадная  
характеристика  
варикапа

**Варикап** – это полупроводниковоавый диод, который способен изменять свою ёмкость в зависимости от приложенного обратного напряжения. Варикапы предназначены для применения в качестве элементов с электрически управляемой ёмкостью в схемах перестройки частоты колебательного контура, деления и умножения частоты, частотной модуляции, управляемых фазовращателей и др.

Варикапы используются, в основном, в радиоприёмных узлах телевизоров, приёмников и [радиотелефонов](#) для настройки на частоту передатчика

$$I = CU\omega = U / X_c,$$

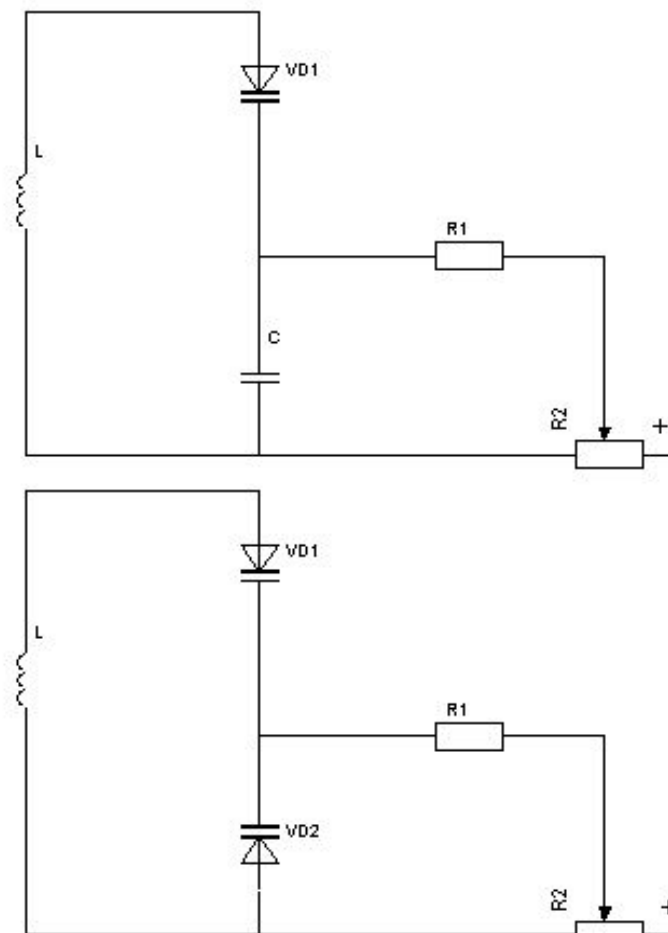
где  $C$  - ёмкость конденсатора, Ф,

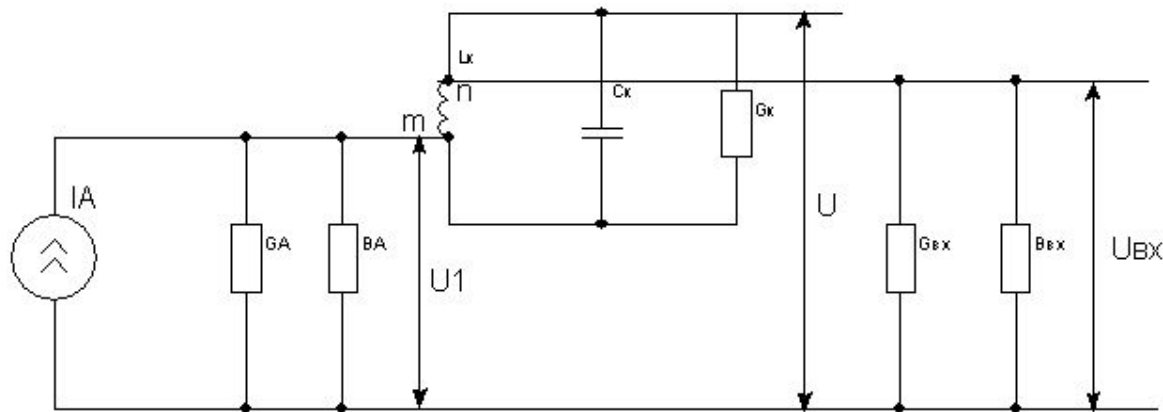
$U$  - напряжение, В,

$X_c$  - ёмкостное сопротивление цепи, Ом,

$$X_c = 1 / \omega C = 1 / 2\pi f C$$

где  $f$  - частота переменного тока, Гц.





### Эквивалентная схема входной цепи

Здесь **антенно-фидерная цепь** представлена генератором тока  $I_A = \frac{E_A}{Z_A}$  с

проводимостями  $G_A$  и  $B_A$ ,

где соответственно  $G_A = \frac{R_A}{|Z_A|^2}$  - активная составляющая, при  $R_A = R_{\text{ант}} + R_{\text{св}}$ ,

и  $B_A = \frac{X_A}{|Z_A|^2}$ , при  $X_A = X_{\text{ант}} + X_{\text{св}}$ , - реактивная составляющая проводимости антенны.

**Вход первого АЭ** приемника вместе с цепями смещения представлен проводимостью  $Y_{\text{вх}} = \frac{1}{Z_{\text{вх}}} = G_{\text{вх}} + B_{\text{вх}}$ .

**Автотрансформаторное подключение контура** к антенной цепи и ко входу АЭ с коэффициентами трансформации  $m = \frac{U_1}{U}$  и  $n = \frac{U_{\text{вх}}}{U}$ .

Комплексный коэффициент передачи  $\dot{K} = \frac{U_{\text{ВХ}}}{\dot{E}_A} = \frac{mnR_3}{Z_A(1+j\xi)}$ ,

где  $\xi = Q_3 \left( \frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f} \right)$  - обобщенная расстройка контура,  $R_3$  - сопротивление эквивалентного входного контура.

Коэффициенты  $m$  и  $n$  влияют на работу цепи. Если уменьшить коэффициент  $m$ , то генератор (антенна) слабее будет возбуждать контур, аналогично влияние изменений коэффициента  $n$ .

Коэффициент передачи ВЦ  $\dot{K}$  максимален при одинаковом шунтировании контура как со стороны антенны, так и со стороны входа следующего каскада,

$$\text{т.е. когда } m^2 G_A = n^2 G_{\text{ВХ}}.$$

Условие согласования цепи антенны со входом приемника:

$$m^2 G_A = G_{\text{К}} + G_{\text{ВХ}}$$

# Входные цепи с настроенными антеннами

Коэффициент передачи ВЦ  $K$  имеет максимальное значение при согласовании антенны с фидером, а фидера со входом приемника. При этом в фидере нет режима бегущей волны. Согласование фидера со входом приемника и получение заданного затухания достигаются выбором коэффициентов трансформации  $m$  и  $n$ :

$$n_c = \sqrt{\frac{d_3 - 2d_K}{2\rho G_{\text{ВХ}}}};$$

$$\text{при } D = \frac{d_3}{d_K},$$

$$n_c = \sqrt{\frac{D - 2}{2} \frac{G_K}{G_{\text{ВХ}}}};$$

Резонансный коэффициент передачи при согласовании определяется выражением:

$$K_{0c} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{R_A G_{\text{ВХ}}} \frac{D - 2}{D}}$$