

Входные цепи

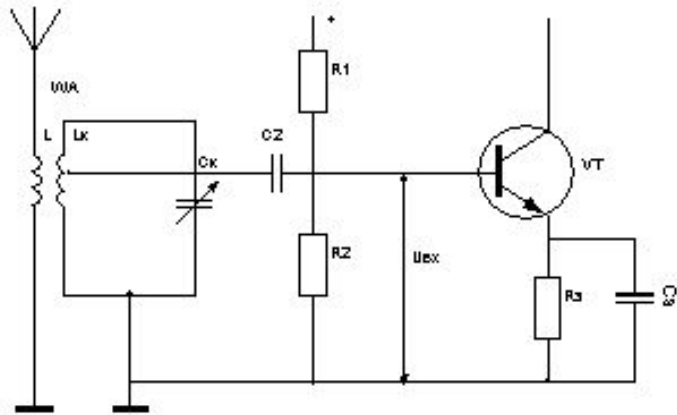
ВЦ – это цепи приемника, связывающие антенну с первым усилительным или преобразовательным прибором – активным элементом (АЭ или АП).

Основным назначением **ВЦ** являются:

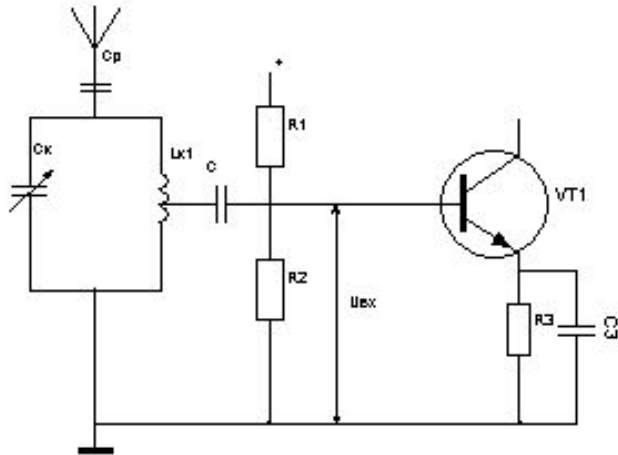
1. передача полезного сигнала от антенны ко входу превого АЭ приемника
2. предварительная фильтрация помех на частотах побочных каналов приема.

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

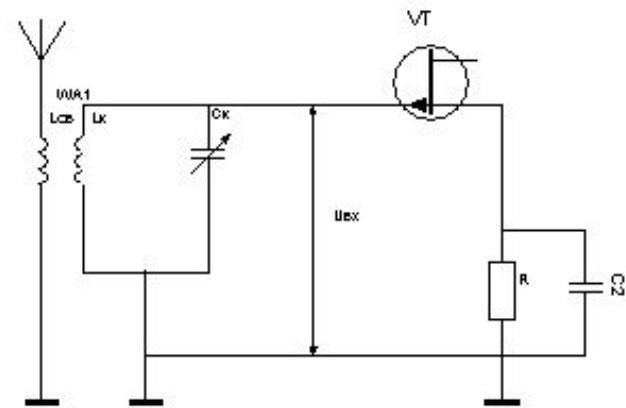
Одноконтурные входные цепи



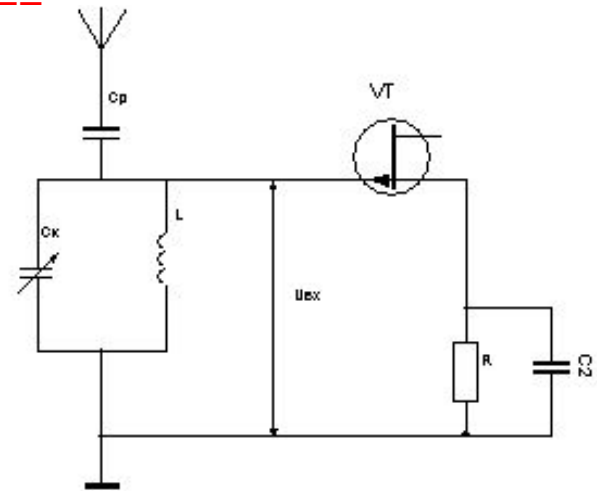
С трансформаторной связью на БП



С емкостной связью на БП

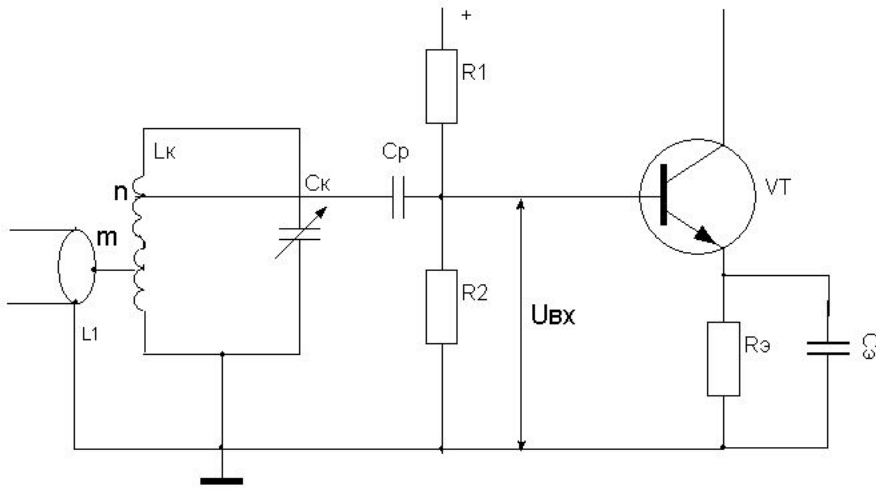


С трансформаторной связью на ПТ

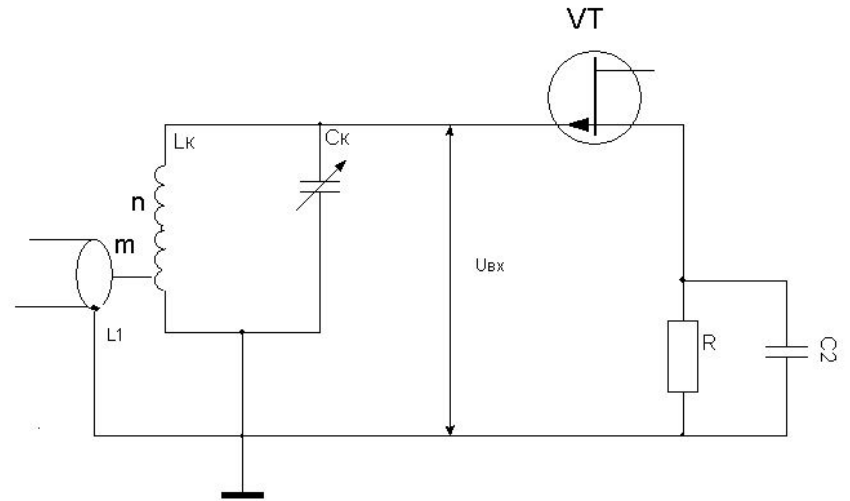


С емкостной связью на ПТ

Одноконтурные входные цепи

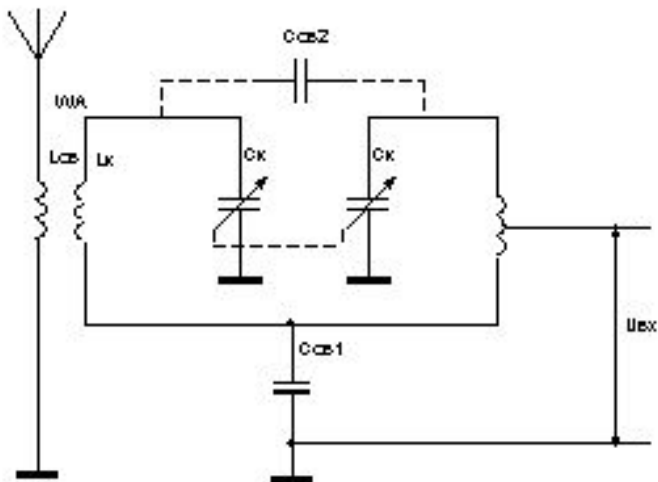


С автотрансформаторной связью на
БП



С автотрансформаторной связью на
ПТ

Двухконтурная входная



Связь первого контура с антенной – трансформаторная.

Связь между контурами –
внутриемкостная через конденсатор $C_{сб1}$
и внешнеемкостная – через конденсатор $C_{сб2}$.

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

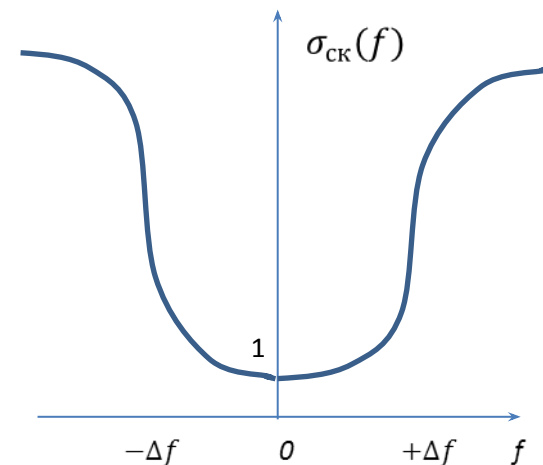
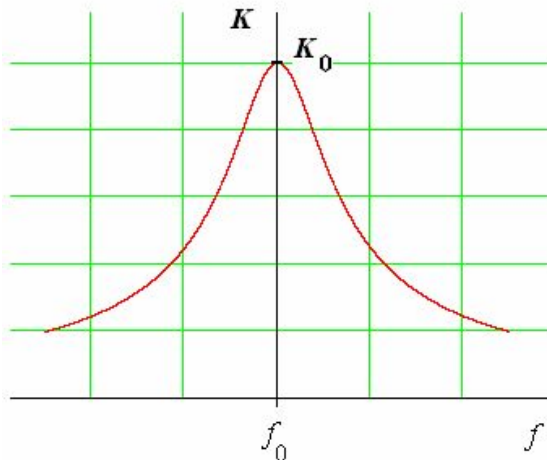
Основные электрические характеристики входных цепей (ВЦ)

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 Π – 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:

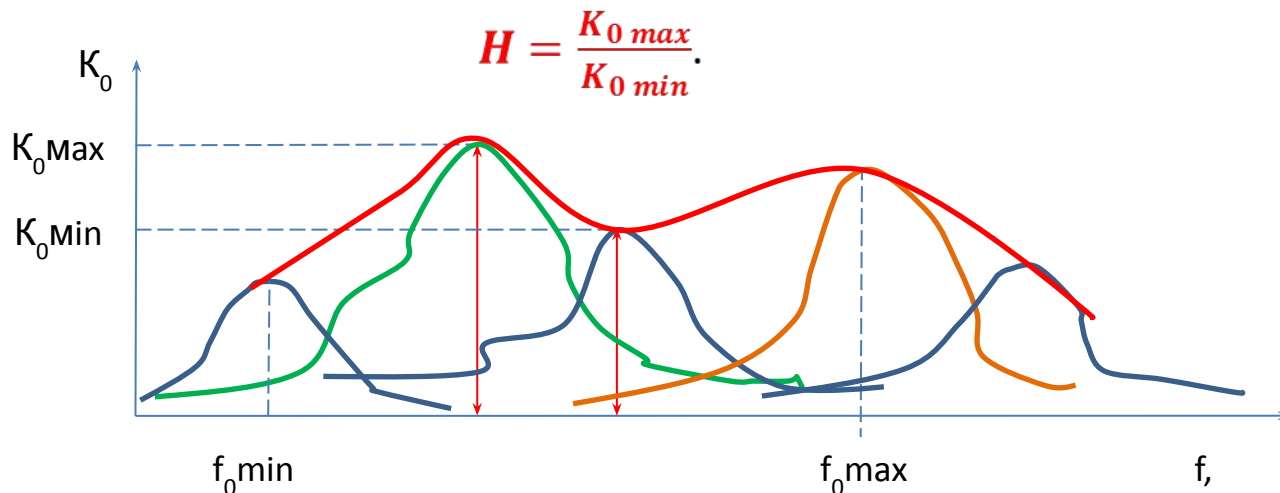
$$\sigma = 10 \lg(1 + \xi^2), \quad \text{где } \xi = Q_{\text{э}} \left(\frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f} \right) - \text{обобщенная расстройка по частоте.}$$

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 :



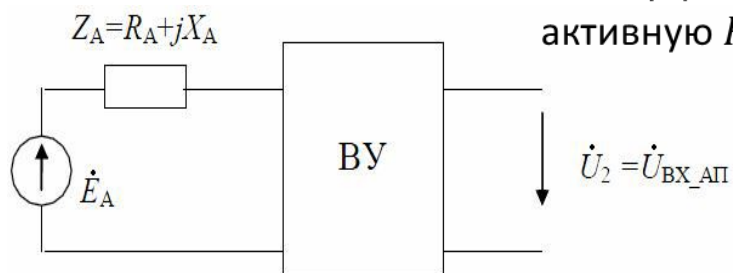
7. *Постоянство параметров ВЦ* при изменении параметров антенны и АЭ. Это важно при ненастроенных антеннах, которые вносят в ВЦ активное и реактивное сопротивления.

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 .

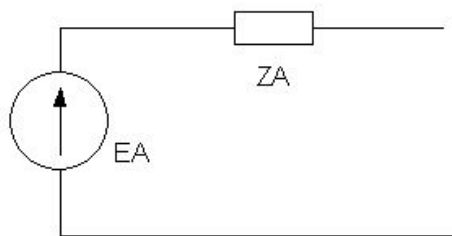
Внутреннее сопротивление генератора ЭДС содержит активную R_A и реактивную jX_A составляющие:



$$Z_A = R_A + jX_A$$

ЭДС эквивалентного генератора $E_A = \varepsilon_c h_D$,

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



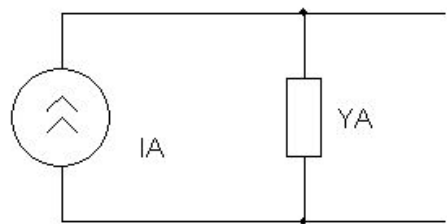
Параметры эквивалентного генератора тока определяются выражением :

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

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

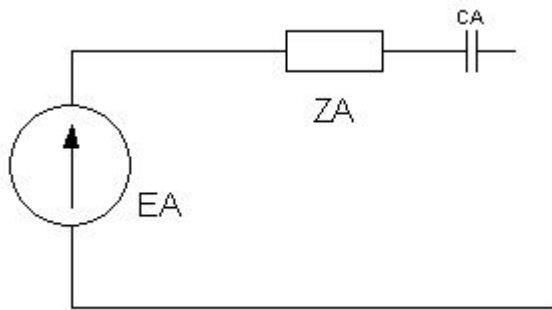
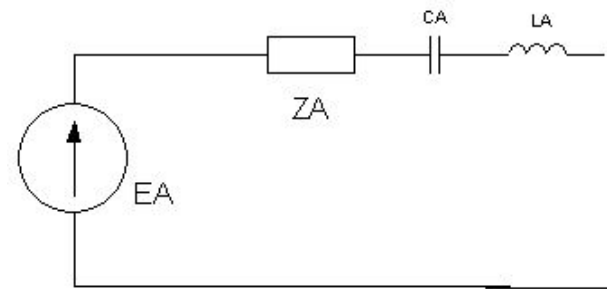
и соответственно $G_A = \frac{R_A}{|Z_A|^2}$ и $B_A = \frac{X_A}{|Z_A|^2}$ –

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.

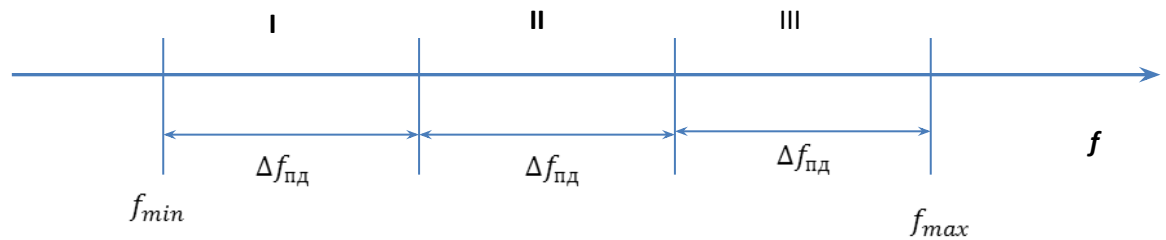
а. Диапазон разбивается на одинаковые поддиапазоны (разбиение с постоянным частотным интервалом):

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

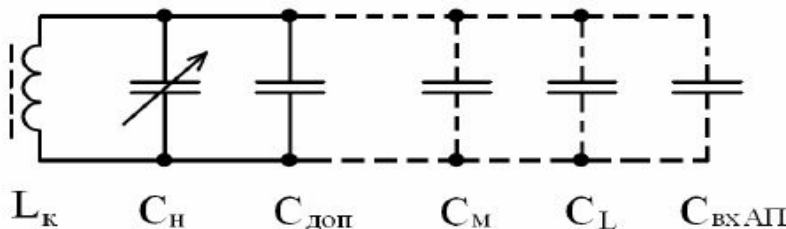
$$k_{\text{пд}} = \frac{f_{i \max}}{f_{i \min}} = \frac{f_{i \min} + \Delta f_{\text{пд}}}{f_{i \min}} = 1 + \frac{\Delta f_{\text{пд}}}{f_{i \min}};$$

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 $f_{0 \min} = 3 \text{ МГц}$

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

$$C_{k \min} = 15 + 85 = 100 \text{ пФ}$$

$$C_{k \max} = 315 + 85 = 400 \text{ пФ}$$

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

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:

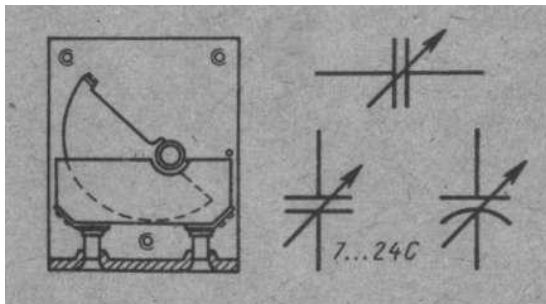
$$\Delta f_{\text{пд}} = f_{oi \max} - f_{oi \min} = k_{\text{пд}} f_{oi \min} - f_{oi \min} = (k_{\text{пд}} - 1) f_{oi \min}.$$

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).

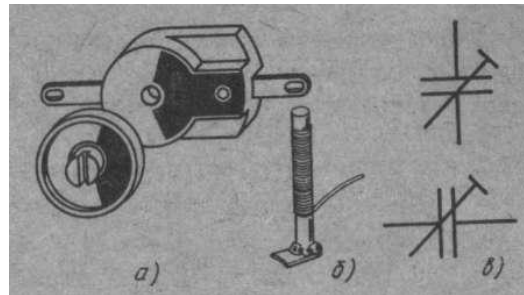
Можно комбинировать эти два способа (а и б).

Электронная настройка

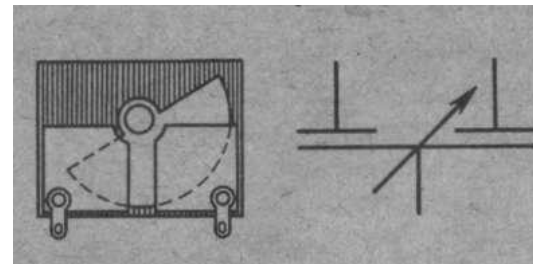
Вместо громоздких механических блоков конденсаторов переменной емкости (КПЕ) применяют варикапы- это малые размеры, механическая надежность, простота управления



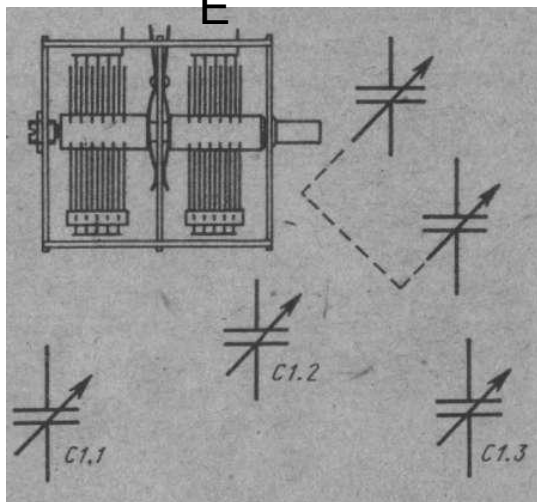
КП
Е



Дифференциальный
конденсатор



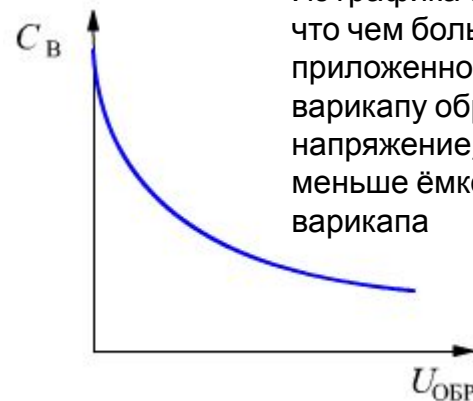
Керамический подстроечный
конденсатор(КПК)



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

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

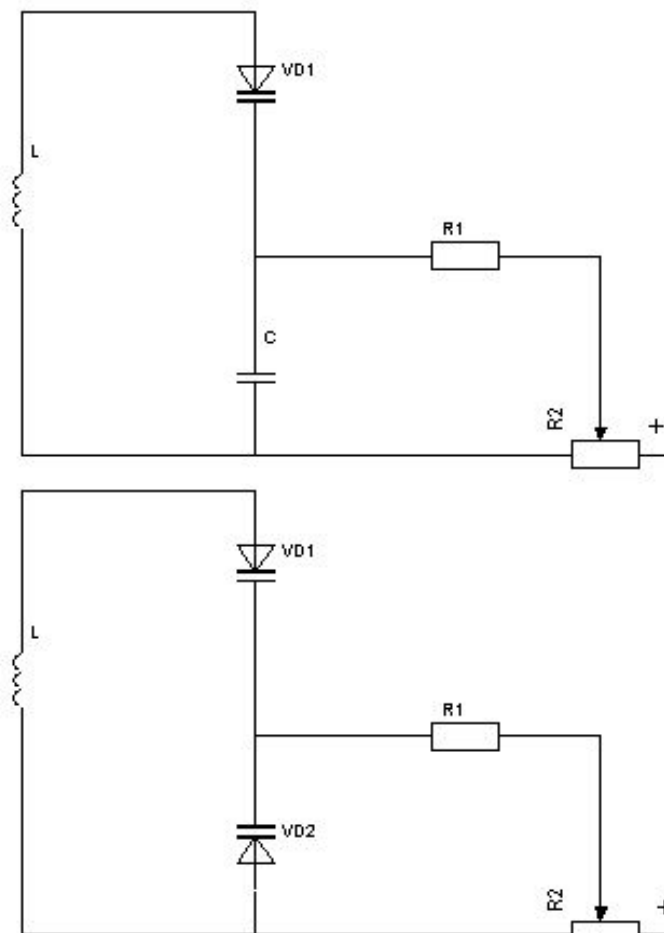
где C - ёмкость конденсатора, Ф,

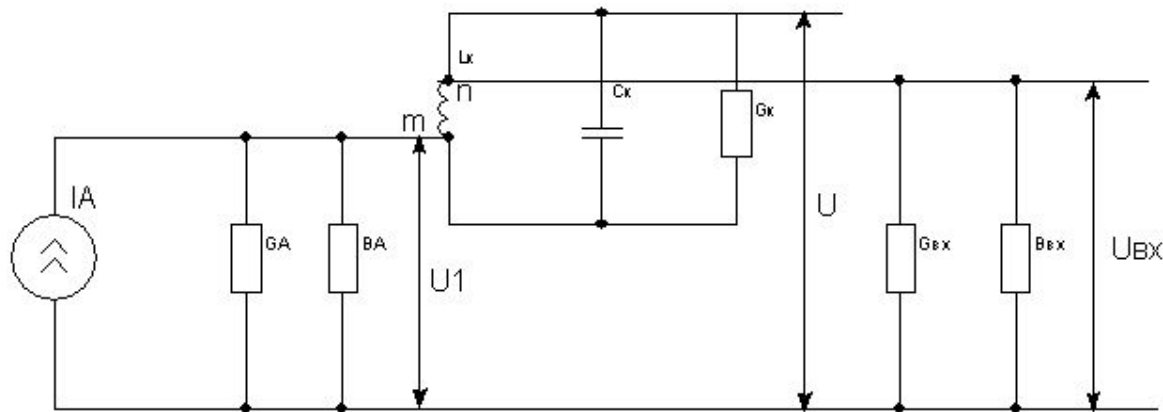
U - напряжение, В,

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:

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