

**Балтийская государственная академия
рыбопромыслового флота**

Кафедра СРТС

Прием и обработка сигналов

Лекция №4

**Входные устройства при различной
связи с антенной**

По типу связи избирательной системы с антенной и УВЧ различают входные устройства с:

1. **индуктивной** (трансформаторной и автотрансформаторной) связью;
2. **емкостной** связью;
3. **комбинированной** связью.

В зависимости от величины коэффициентов трансформации рассматривают основные режимы работы входного устройства с **настроенной** и **ненастроенной** антенной.

При работе РПУ с настроенной антенной последняя представляется источником ЭДС с величиной задающей ЭДС E_a и внутренним сопротивлением, которое носит чисто активный характер: Z_a , в этом случае антенна вносит во входное устройство чисто активную проводимость и полоса пропускания РПУ расширяется.

Данный режим работы осуществляется при работе

1. Особенности построения входных устройств при различной связи с антенной

Входное устройство **емкостной** связью с антенной. Данный вид связи используется в простых РПУ, т.к. параметры входного устройства настройки РПУ

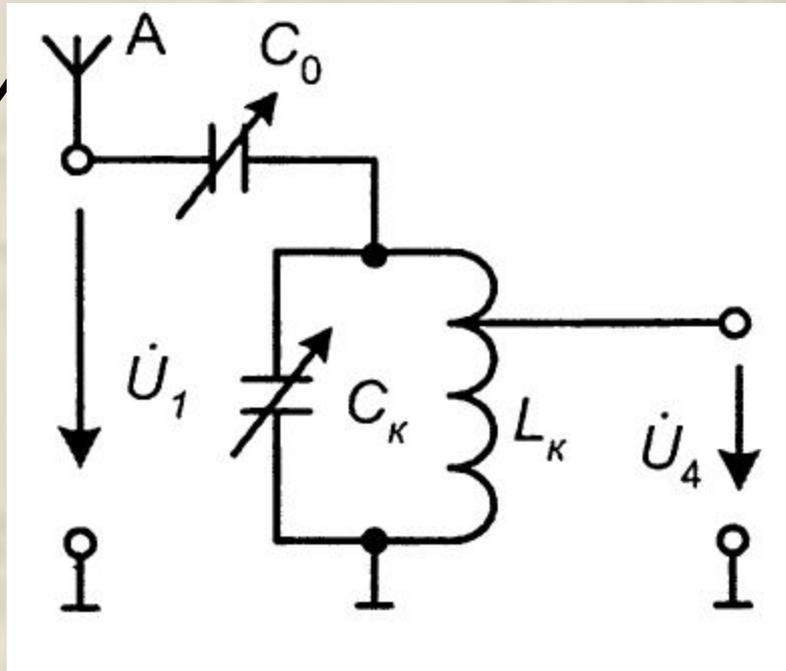


Рисунок 1 – Принципиальная схема входного устройства с емкостной связью с антенной

Коэффициент передачи входного устройства по напряжению, степень влияния параметров антенны на полосу пропускания и сдвиг частоты настройки колебательного контура зависят от соотношения данных емкостей.

Основные параметры входного устройства с емкостной связью с антенной:

Резонансная частота: $2\pi\sqrt{L_э C_э}$;

$$\rho_э = \sqrt{\frac{L_э}{C_э}}$$

Волновое сопротивление: ;

Резонансный коэффициент передачи входного устройства по напряжению: $K_{вр} = \frac{Q_э^2 \rho_{ац}}{Q_э C_{ац}}$

Таким образом, при перестройке контура по частоте за счет изменения емкости C_k и емкостном характере сопротивления антенны резонансный коэффициент передачи по напряжению будет возрастать при прочих постоянных условиях. Это к показано на рисунке:

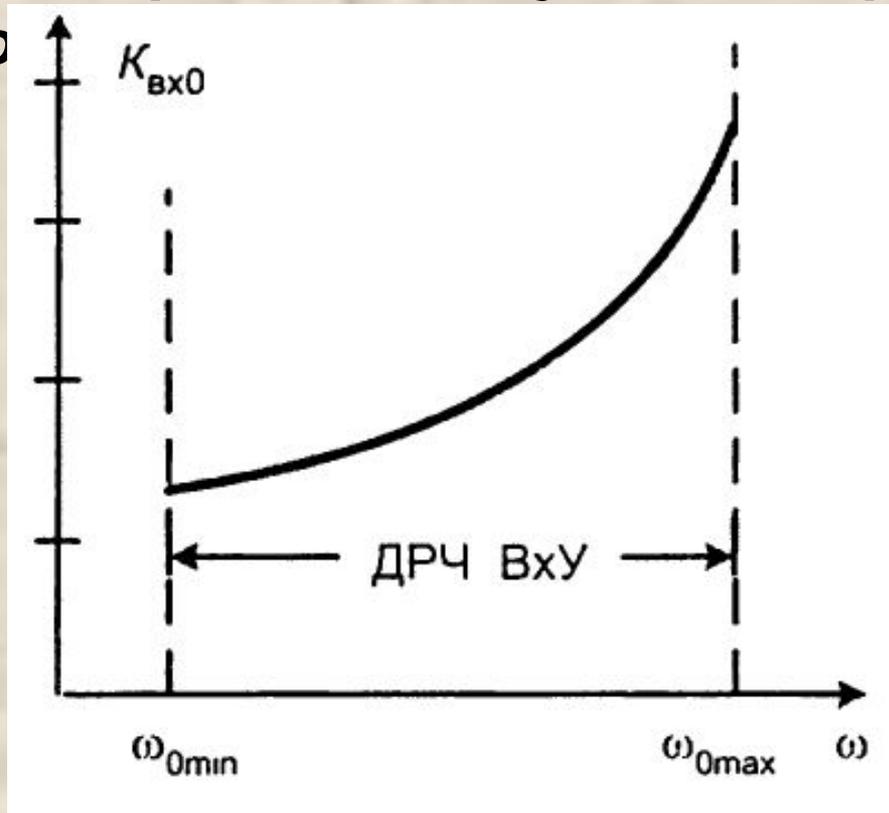
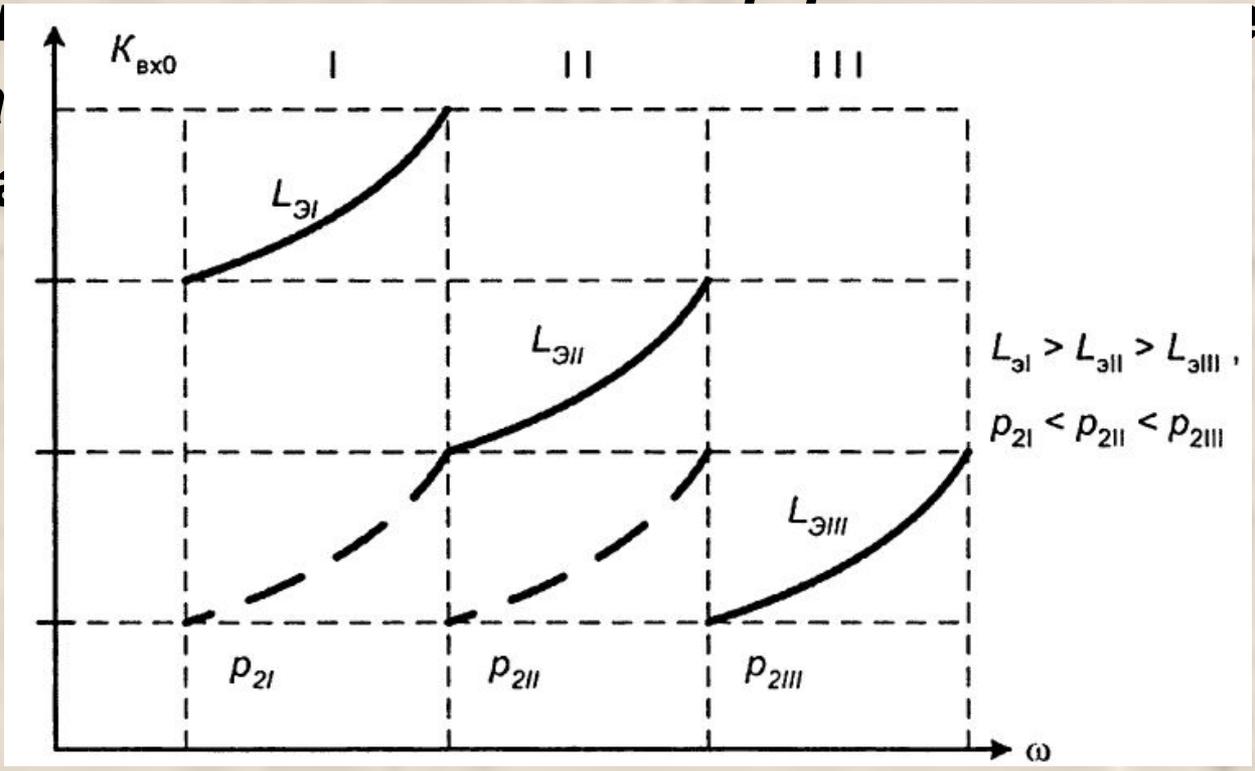


Рисунок 2 – Зависимость резонансного коэффициента передачи по напряжению от частоты настройки входного устройства

При переходе от одного поддиапазона частоты к другому более высоочастотному поддиапазону скачкообразно уменьшается величина L_{Σ} , следовательно скачкообразно изменится и величина $K_{\text{вхо}}$. Для выравнивания $K_{\text{вхо}}$ по поддиапазонам изменяют коэффициент трансформации p_2 до значений, при которых

значения $K_{\text{вхо}}$ по на поддиапа

передачи всех



При изменении частоты настройки входного устройства будет изменяться и полоса пропускания:

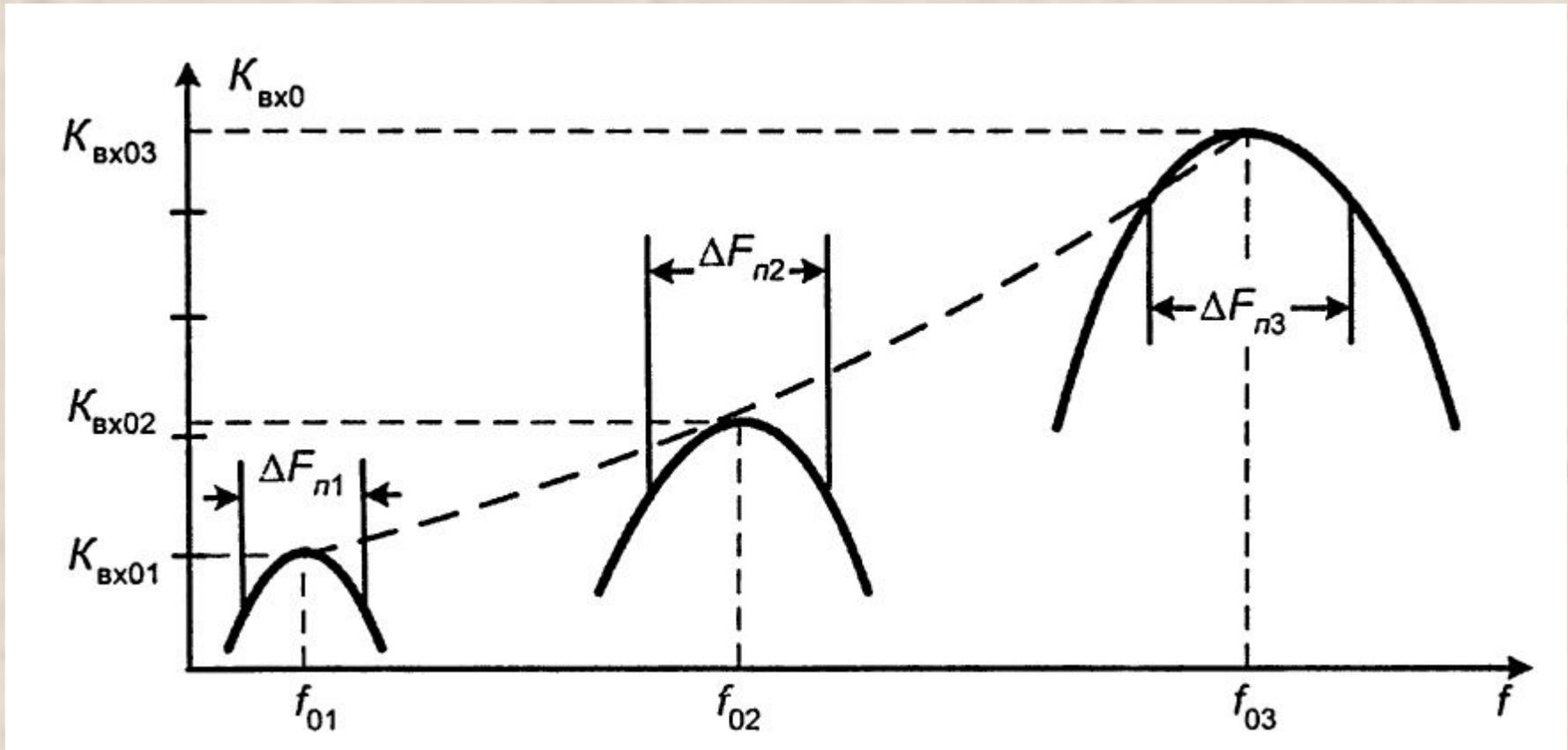


Рисунок 2 – Изменение резонансного коэффициента передачи в ДРЧ

При уменьшении резонансного коэффициента передачи по напряжению полоса пропускания сужается

Связь колебательного контура с антенной зависит от величины емкости C_0 . Чем она меньше, тем больше сопротивление конденсатора

$$X_c = \frac{1}{\omega C_0}$$

и тем слабее влияние антенны на контур. Поэтому величину C_0 выбирают, исходя из следующих соображений:

1) Расширение полосы пропускания входного устройства за счет внесения активной проводимости со стороны антенны $G_{a\Omega}$ не должно превышать 25 %;

2) Сдвиг частоты настройки контура за счет внесения реактивной проводимости со стороны антенны $B_{a\Omega}$ не должен превышать допустимого значения.

Связь с антенной выбирают так, чтобы обеспечить максимум резонансного коэффициента передачи по напряжению и уменьшить влияние антенны на параметры входного устройства

Входное устройство с трансформаторной связью

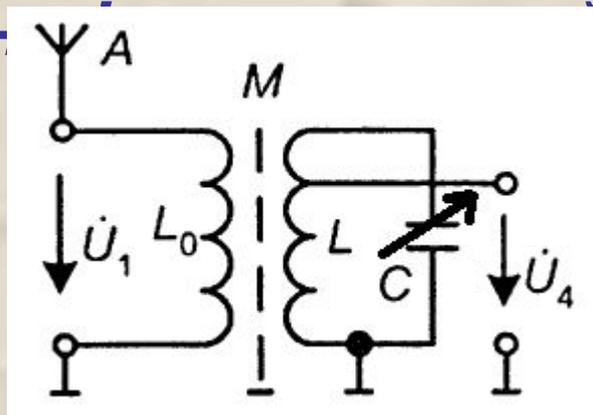


Рисунок 4 – Входное устройство с

Входное устройство представляет собой одиночный параллельный колебательный контур, настраиваемый на частоту принимаемого сигнала путем перестройки либо конденсатора C либо катушки индуктивности L . Антенна через фидер присоединена к катушке связи L_0 . Если антенно-фидерный тракт несимметричный, то и вход приемника должен быть несимметричным. Для перехода с несимметричной антенны на

Степень связи с антенной реализуется путем подбора величины L_0 и взаимной индуктивности M . Коэффициент связи может быть рассчитан в соответствии с выражением:

$$K_{св} = \frac{M}{\sqrt{L_0 L}}$$

Для простейших однослойных катушек коэффициент связи меньше или равен величине 0,4-0,5; для многослойных – 0,6-0,8.

В общем случае резонансный коэффициент передачи по напряжению задан в виде:

$$K_{вх0} = \frac{p_0 \Omega}{1 - \frac{f_{0ац}^2}{f_0^2}},$$

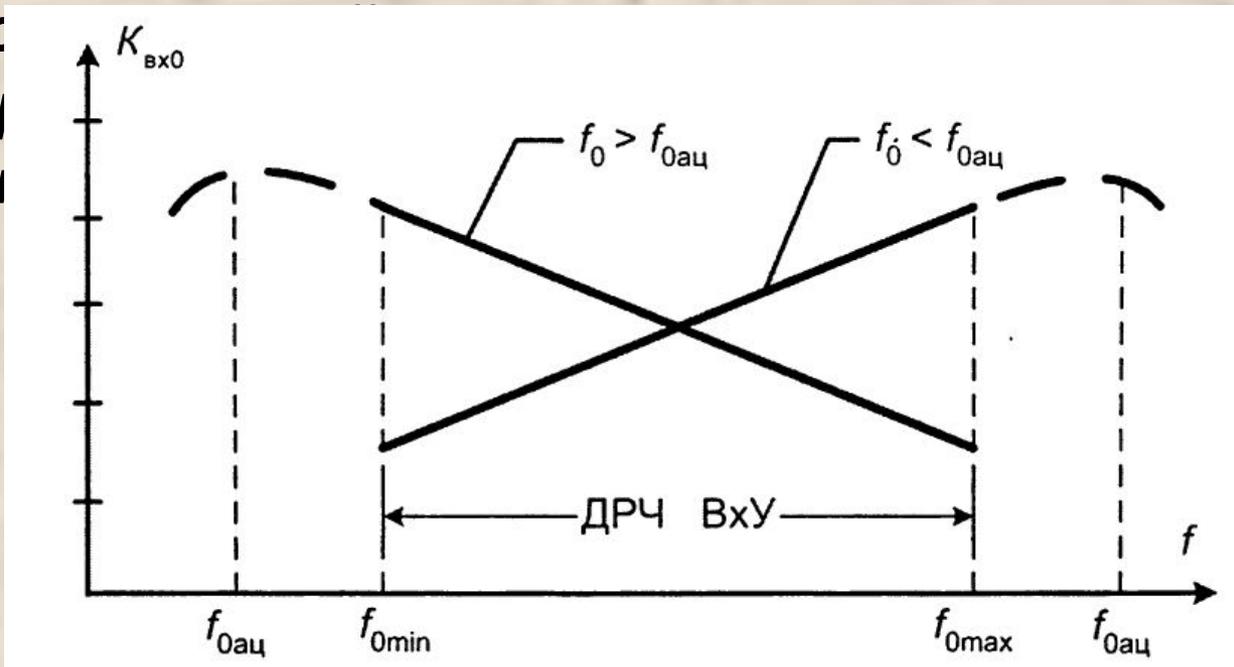
где $p_0 = \frac{M}{L_{ац}}$ - параметр связи, характеризующий связь входного устройства с антенной

$f_{0ац}; f_0$ - частоты настройки антенной цепи и входного устройства

Если параметры $p_1; p_2; Q_3$ постоянны, то получаем два варианта зависимости резонансного коэффициента передачи напряжения входного устройства от частоты настройки:

Если $f_0 > f_{0aц}$, то говорят о работе с понижением частоты;

если $f_0 < f_{0aц}$, то говорят о работе с повышением частоты. Антенная цепь настраивается на одну постоянную частоту, лежащую за пределами ДРЧ входного устройства.



учения
по

Связь входного устройства с антенно-фидерной системой определяет возможность передачи энергии сигналов от АФС к входному устройству и влияет на полосу пропускания и настройку входного устройства. Величины L_0 и M выбирают так, чтобы связь была максимальной, но не превышала допустимых значений с точки зрения:

- 1) допустимого расширения полосы пропускания контура за счет вносимой в него активной проводимости со стороны антенно-фидерной системы;**
- 2) допустимой величины сдвига настройки входного устройства за счет вносимой реактивной проводимости со стороны АФС.**

Достоинства трансформаторной схемы:

- 1) Возможность управления зависимостью резонансного коэффициента передачи напряжения от частоты настройки (возрастающий или**

Недостатки: трудность в реализации связи на высоких частотах из-за необходимости уменьшения числа витков катушки связи.

При работе с настроенной антенной цепью наиболее часто используются входные устройства с автотрансформаторной связью.

В настоящее время в приемниках используют

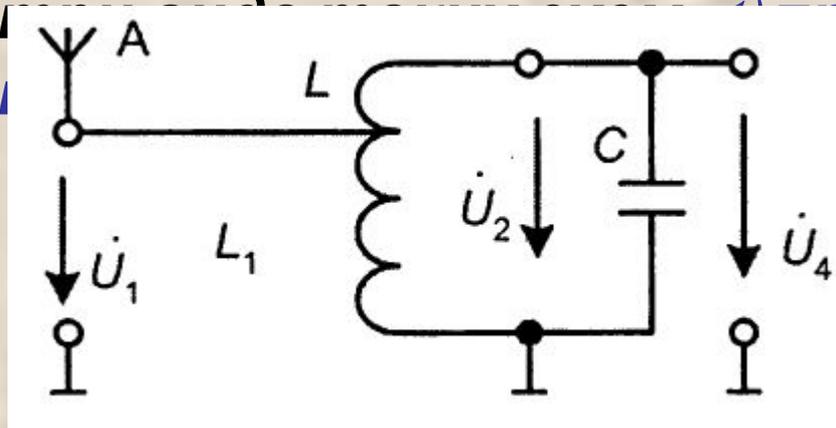


Рисунок 5 – Простая схема с автотрансформаторной связью

Антенна подключается через фидер к части витков катушки индуктивности входного устройства L_1 . Схема используется в НЧ, СЧ и ВЧ диапазонах. Коэффициент включения или

$$\sqrt{\frac{L_1}{L}} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{W_1}{W} < 1$$

Включение со стороны входа первого каскада $\frac{U_4}{U_3} = 1$
 полное и:

При этом входная активная проводимость и входная емкость первого каскада приемника полностью подключаются к контуру и влияние входа первого каскада на входное устройство максимальное. Это является недостатком, для его

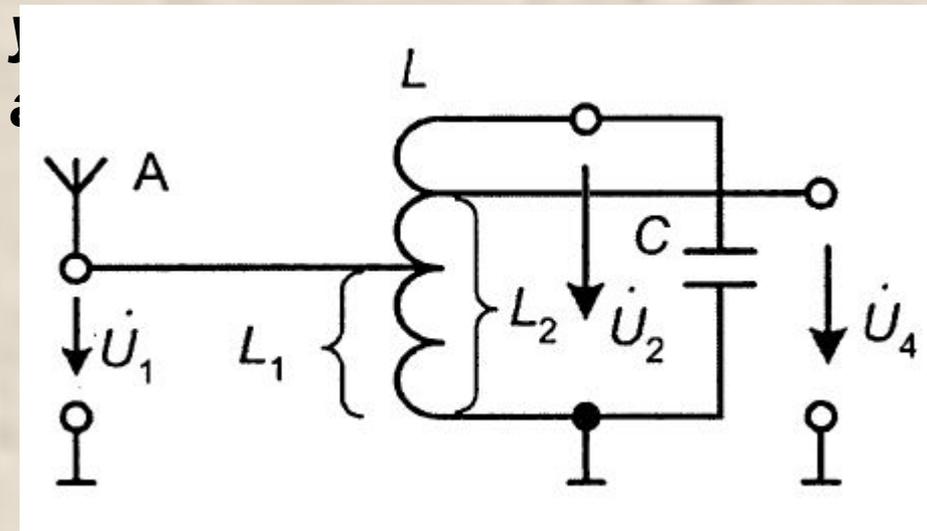


Рисунок 6 – Двойная схема с автотрансформаторной связью

с целью уменьшения вносимых в контур

входной активной проводимости и входной емкости со стороны входа первого каскада коэффициент

трансформации $\frac{U_4}{U_3} = \frac{w_2}{w_1}$ также выбирают меньше единицы.

Общий коэффициент трансформации входного устройства:

$$P_{\text{вх}} = \frac{\dot{U}_4}{U_1} \approx \frac{w_1}{w_2}$$

Схема с последовательным включением

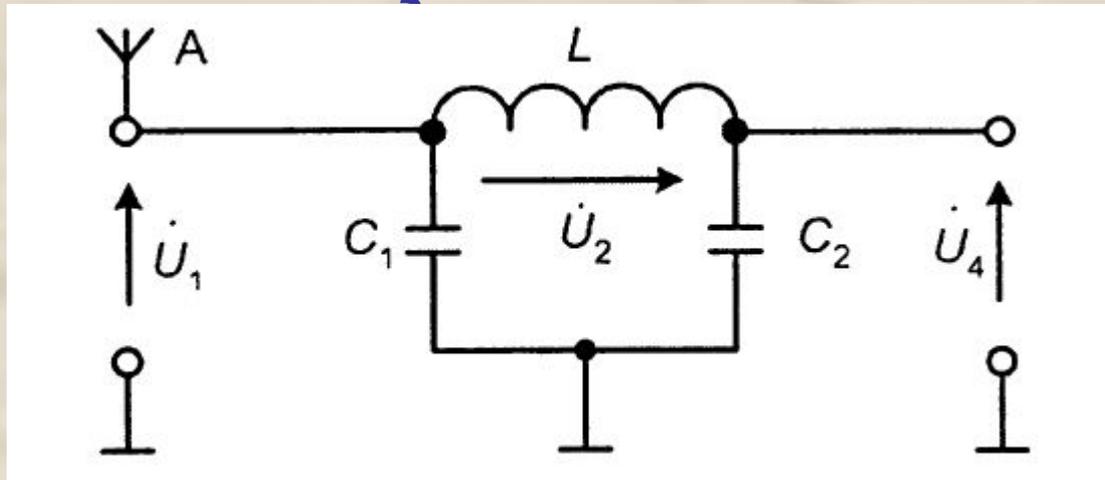


Рисунок 7 – Схема с последовательным включением индуктивности

В данной схеме двойная трансформация производится в емкостной ветви контура. Это обусловлено тем, что на частотах выше 200 – 300 МГц индуктивность обращается в один виток и отвод реализовать практически невозможно.

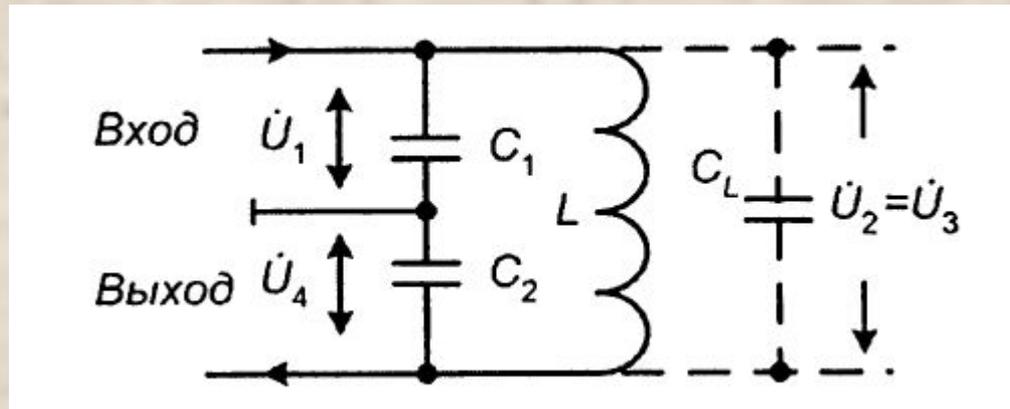


Рисунок 8 – Эквивалентная схема входного устройства с последовательным включением индуктивности

Из схемы следует, что антенна подключается к конденсатору C_1 , а вход первого каскада к конденсатору C_2 . Величины данных емкостей учитывают паразитные емкости вносимые со стороны антенны и первого каскада. Емкостная ветвь контура состоит из последовательно соединенных емкостей C_1 и C_2 и параллельно подключенной к ним (паразитной емкости катушки индуктивности C_L). Общая емкость контура

$$\frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} + C_L$$

Коэффициенты трансформации в данной схемы определены как

$$p_1 = \frac{\dot{U}_1}{U_2} = \frac{1 / \omega C_1}{1 / \omega C_3} = \frac{C_3}{C_1} \approx \frac{2}{1 + 2}$$

$$p_2 = \frac{\dot{U}_4}{U_3} = \frac{1 / \omega C_2}{1 / \omega C_3} = \frac{C_3}{C_2} \approx \frac{1}{1 + 2}$$

Общий коэффициент трансформации: $\frac{\dot{U}_{вх}}{U_1} = \frac{p_1}{p_2} = \frac{C_2}{C_1}$

Для резонансного коэффициента передачи напряжения можно записать

$$K_{вх0} = \frac{p_1 p_2 G_a}{G_3}$$

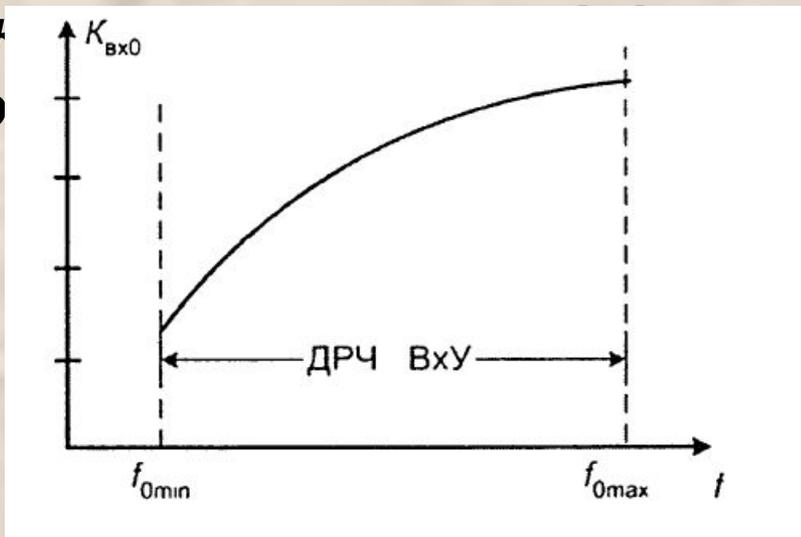
Результирующее затухание контура:

$$d_3 = \rho_3 G_3 = \rho_3 \left(p_1^2 G_a + G_{рез} + p_2^2 G_{вх} \right)$$

Проанализируем характер изменения резонансного коэффициента передачи напряжения от частоты настройки.

$$K_{вх0} = \frac{p_1 p_2 G_a}{G_{\varepsilon}} = \frac{p_1 p_2 \rho Q_{\varepsilon}}{R_a} = \frac{p_1 p_2 Q}{R_a} \sqrt{\frac{L}{\varepsilon}}$$

Коэффициенты трансформации p_1 и p_2 не зависят от частоты настройки контура. Если предположить, что эквивалентная добротность и активное сопротивление антенны постоянные величины в пределах ДРЧ, то перестройка емкости контура ведет к монотонному увеличению коэффициента передачи напряжения с ростом частоты.



Достоинства автотрансформаторных схем: простота изготовления и настройки.

Недостатки простой и двойной схем:

- 1) Невозможность реализовать малые коэффициенты трансформации, особенно при связи с антеннами с малыми волновыми сопротивлениями;
- 2) При перестройке контура конденсатором переменной емкости можно получить только нарастающий характер резонансного коэффициента передачи напряжения.

Многоконтурные входные устройства
Сложные избирательные системы используются в качестве входных устройств приемника, если к нему предъявляются повышенные требования селекции помех до входа первого каскада. Эти требования выражаются в необходимости получения относительно узкой полосы пропускания при малом коэффициенте прямоугольности. Выполнение

Связанные резонансные системы, содержащие два, три и более резонансных контуров, применяются во входных устройствах приемников, перестраиваемых в диапазоне частот. Повышение избирательности достигается за счет уменьшения коэффициента передачи и как следствие увеличение коэффициента шума и ухудшения чувствительности.

Многозвенные полосовые фильтры применяют в приемниках, работающих на одной или нескольких фиксированных частотах, а также в профессиональных приемниках, диапазон которых перекрывается несколькими полосовыми фильтрами.

При работе на фиксированных частотах переключаются элементы фильтра или на

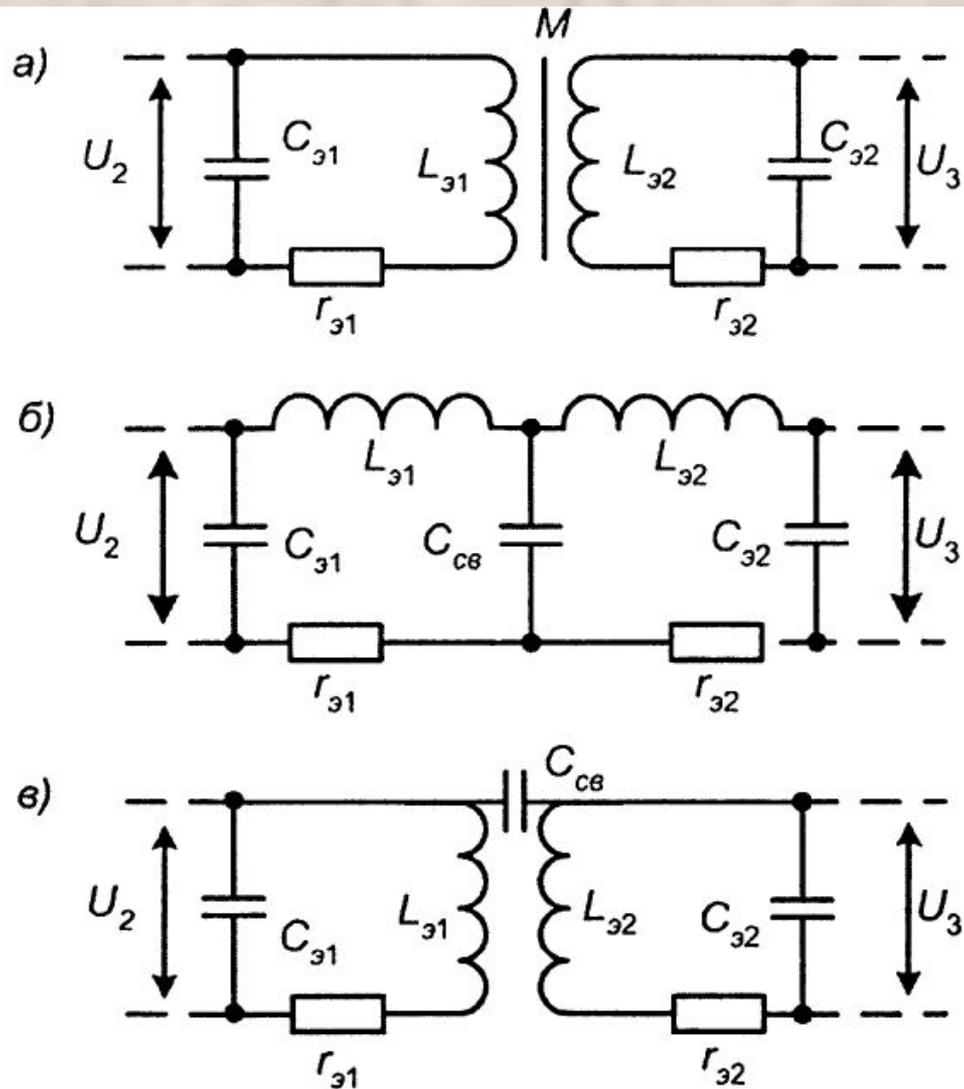


Рисунок 9 – Избирательные системы двухконтурного входного устройства: а) с использованием трансформаторной связи; б) –

Первый контур трансформаторно, автотрансформаторно или с помощью емкостной связи соединяется с антенной или фидером, а второй контур полностью или с помощью трансформаторной, автотрансформаторной связи или через емкостной делитель соединяется со входом первого каскада:

С учетом этого, параметры контуров можно представить в виде:

Емкости:

Проводимости и затухания:

$$G_{\text{э1}} = G_{\text{рез1}} + G'_a; \quad d_{\text{э1}} = \rho_{\text{э1}} G_{\text{э1}}$$

$$G_{\text{э2}} = G_{\text{рез2}} + G'_{\text{вх}}; \quad d_{\text{э2}} = \rho_{\text{э2}} G_{\text{э2}}$$

Связь между контурами оценивается коэффициентом связи и параметром связи:

$$k_{\text{св}} = \frac{X_{\text{св}}}{\sqrt{\rho_{\text{э1}} \rho_{\text{э2}}}}; \quad \eta_{\text{св}} = \frac{K_{\text{св}}}{\sqrt{d_{\text{э1}} d_{\text{э2}}}}$$

Коэффициент связи при неидентичных и идентичных контурах :

А) при трансформаторной связи

$$k_{св} = \frac{\omega M}{\sqrt{\omega L_{\partial 1} \omega L_{\partial 2}}} = \frac{M}{\sqrt{L_{\partial 1} L_{\partial 2}}}; \quad k_{св} = \frac{M}{L_{\partial}}$$

Б) при использовании внутриемкостной связи

$$k_{св} = \frac{\frac{1}{\omega C_{св}}}{\sqrt{\frac{1}{\omega C_{\partial 1}} \frac{1}{\omega C_{\partial 2}}}} = \frac{\sqrt{C_{\partial 1} C_{\partial 2}}}{C_{св}}; \quad k_{св} = \frac{C_{\partial}}{C_{св}}$$

В) при использовании внешнеемкостной связи:

$$k_{св} = \frac{C_{св}}{\sqrt{(C_{св} + C_{\partial 1}) + (C_{св} + C_{\partial 2})}} \approx \frac{C_{св}}{\sqrt{C_{\partial 1} C_{\partial 2}}}; \quad k_{св} = \frac{C_{св}}{C_{\partial}}$$

Так как коэффициент связи обычно мал, то при внешнеемкостной связи $C_{св} < C_э$. Если физически нельзя реализовать малую $C_{св}$, то используют контура неполного включения $\frac{C_{св}}{C_э}$ к антенне и первому каскаду приемника и тогда:

Практически имеют место **два случая работы** входного устройства:

1) Оба контура совершенно одинаковы, т.е. обладают одинаковыми результирующими затуханиям, что имеет место если параметры первого контура при подключении антенно-фидерной системы, и параметры второго контура при подключении первого каскада приемника, меняются примерно одинаково.

2) Оба контура имеют разные результирующие затухания, что имеет место если первый контур

Модуль коэффициента передачи напряжения избирательной системы имеет вид:

$$K_U(\xi) = \frac{\eta}{\sqrt{\xi^4 + 2\xi^2(1 - \eta^2) + (1 + \eta^2)^2}} \cdot \frac{G_{\vartheta 1}}{\sqrt{G_{\vartheta 1}G_{\vartheta 2}}}$$

При параметре связи все слагаемые подкоренного выражения больше 0, знаменатель растет с ростом обобщенной расстройки частоты, коэффициент передачи избирательной системы падает. При нулевой обобщенной расстройке частоты имеет место один максимум в АЧХ и для него значение коэффициента передачи составляет:

Характеристика избирательности в рассматриваемом случае определяется выражением:

$$D(\xi) = \frac{K_U(\xi = 0)}{K_U(\xi)} = \frac{1}{1 + \eta^2} \sqrt{\xi^4 + 2\xi^2(1 - \eta^2) + (1 + \eta^2)^2}$$

При критической связи между контурами характеристика избирательности определена в виде:

$$D(\xi) = \frac{1}{2} \sqrt{\xi^4 + 4}$$

Форма кривой избирательности при критической связи наиболее благоприятна, так как имеет наиболее широкую уплощенную часть при достаточно хорошем коэффициенте прямоугольности.

При параметре связи, большем единицы, второе слагаемое в подкоренном выражении отрицательно при любом знаке обобщенной расстройки и с ростом обобщенной расстройки знаменатель вначале уменьшается, а затем растет. Поэтому коэффициент передачи избирательной системы вначале растет, а затем падает. Кривая избирательности в

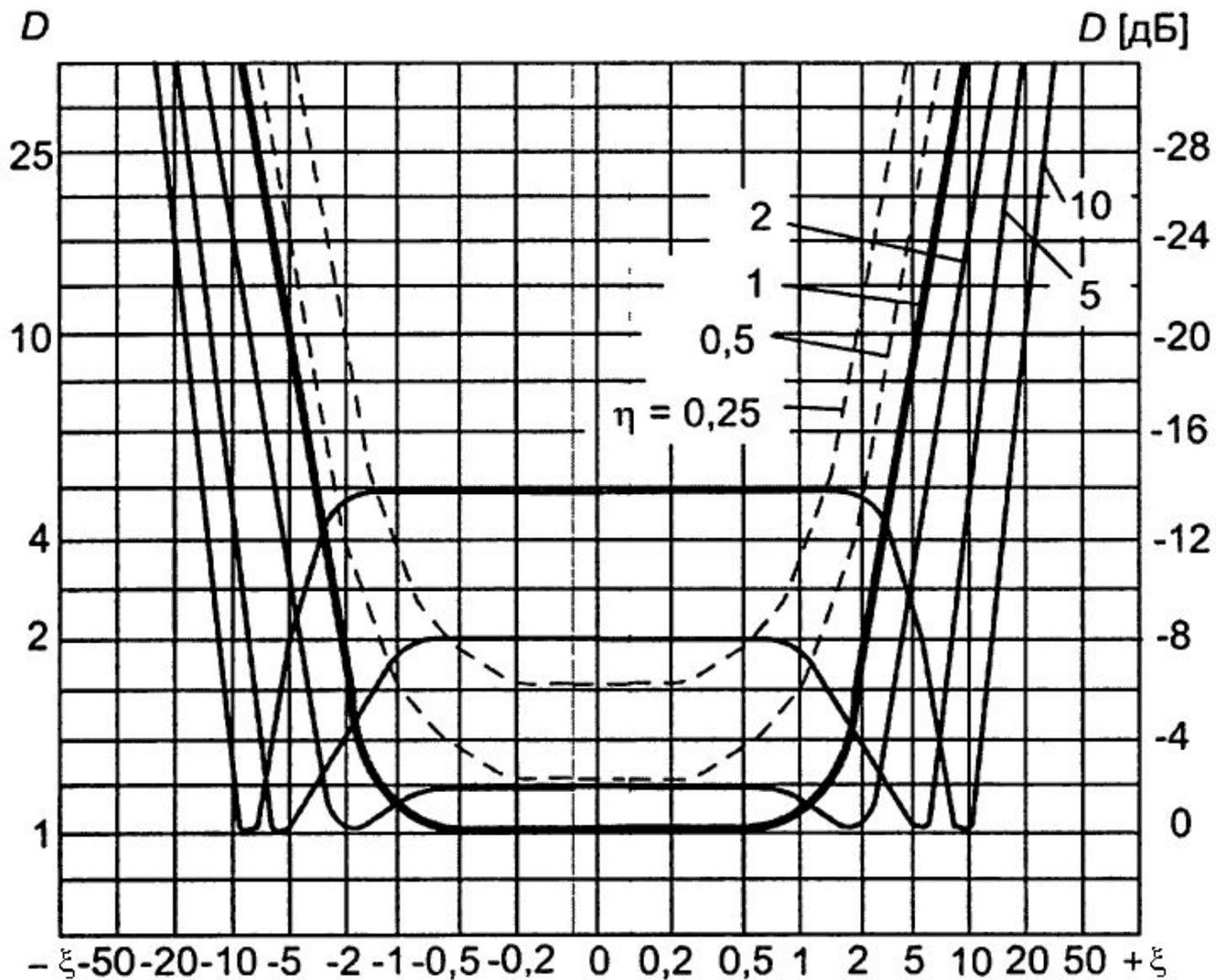


Рисунок 10 – Кривые избирательности двухконтурного входного устройства при различном параметре связи

Коэффициент передачи двухконтурного входного устройства с учетом коэффициента передачи

избирательной системы задан в виде:

$$K_{\text{вх}}(\xi) = \frac{p_2 p_1 Y_a}{p_1 Y_a + Y_1'} \cdot K_U(\xi) = \frac{p_2 p_1 Y_a}{1 + \eta^2} \cdot K_U(\xi) = \frac{p_2 p_1 Y_a}{Y_{\text{э1}}} \cdot K_U(\xi)$$

где $Y_1' = \frac{1}{2} Y_1$ - проводимость нагрузки, пересчитанная к антенне

$$Y_{\text{э1}} = Y_a + 1$$

как источнику сигнала;

результатирующая проводимость первого контура.

Коэффициент передачи двухконтурного устройства на резонансной частоте:

$$K_{\text{вх0}} = \frac{p_2 p_1 |Y_a|}{G_{\text{э1}}} \cdot K_U(\xi = 0) = \frac{1}{1 + \eta^2} \frac{p_2 p_1 |Y_a|}{\sqrt{G_{\text{э1}} G_{\text{э2}}}}$$

Основные характеристики избирательных систем

Тип схемы	Коэффициент передачи		Избирательность				
	$\eta < 1$	$\eta = 1$	$\eta < 1$		$\eta = 1$		
			Кривая избирательности		Кривая избирательности	K_{n10}	K_{n100}
Одно- контур- ная	$K_{ax(1)}$	$K_{ax(1)}$	$\sqrt{\sigma^2 + 1}$		$\sqrt{\sigma^2 + 1}$	10	100
Двух- контур- ная	$\frac{\eta}{1 + \eta^2} K_{ax(1)}$	$\frac{1}{2} K_{ax(1)}$	$\frac{1}{1 + \eta^2} \sqrt{\sigma^4 + 2\sigma^2(1 - \eta^2)^2(1 + \eta^2)^2}$		$\frac{1}{2} \sqrt{\sigma^4 + 1}$	3,16	10
Трех- контур- ная	$\frac{\eta}{1 + 2\eta^2} K_{ax(1)}$	$\frac{1}{3} K_{ax(1)}$	$\frac{1}{1 + 2\eta^2} \times$ $\times \sqrt{\sigma^6 - \sigma^4(4\eta^3 - 3) + \sigma^2(2\eta^4 + 2\eta^2 + 3) + 2\eta^2 + 1}$		$\frac{1}{3} \sqrt{\sigma^6 - \sigma^4 + 7\sigma^2 + 3}$	2,14	4,64

Примечания:

1. При анализе предполагалось, что все контуры идентичны по своим затуханиям и с одинаковой глубиной связи соединены между собой.

2. В таблице использованы следующие обозначения:

$\eta = k_{св} / d_3$ – параметр связи;

$\sigma = \delta / d_3$ – обобщенная расстройка;

$K_{ax(1)}$ – коэффициент передачи одноконтурного входного устройства, вычисляемый рассмотренными выше способами.

$$\sigma = \xi; \delta = \nu$$

При использовании на входе приемника многозвенных полосовых фильтров, неперестраиваемыми в диапазоне частот, необходимо проводить согласование антенны как источника сигнала с входными параметрами фильтров. Это согласование осуществляется выбором коэффициента трансформации p_1 . Со стороны выхода фильтр должен быть нагружен на характеристическую проводимость G_x . Входная проводимость первого каскада УРЧ обычно отличается от характеристической и тогда между выходом фильтра и входом первого каскада ставят трансформатор сопротивлений.

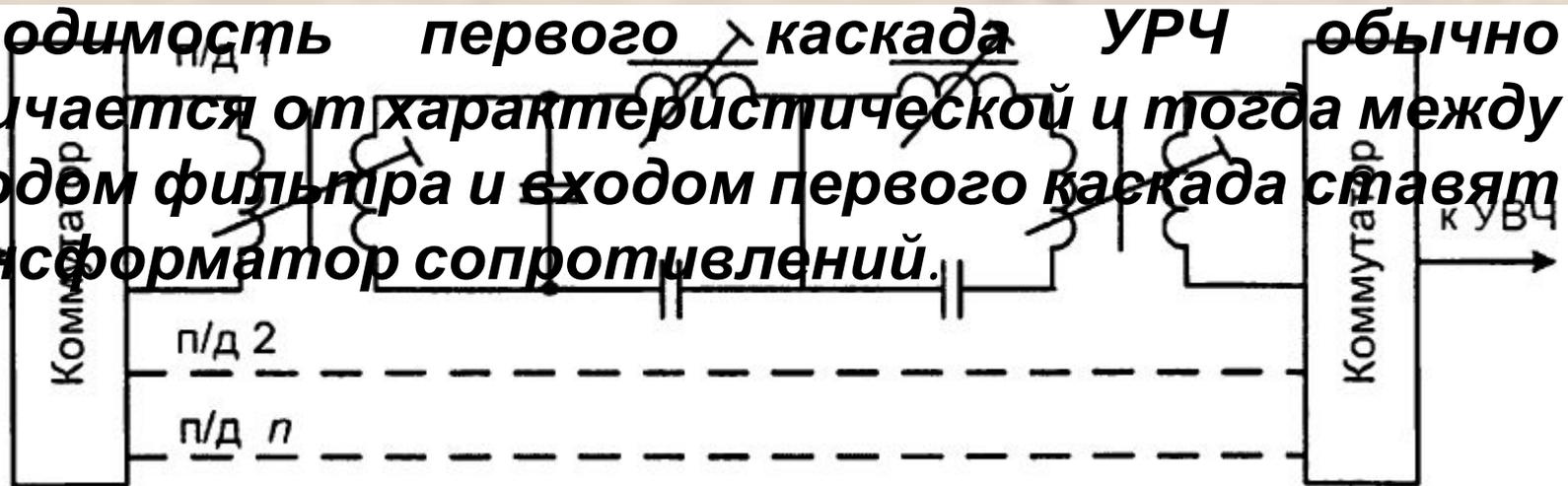


Рисунок 11 – Вариант построения многоконтурного согласующего устройства