

**Санкт-Петербургский государственный университет
телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича**

**Задачи по темам
«Шумовые параметры приемника»
«Входные цепи радиоприемных устройств»
«Преобразователи частоты»**

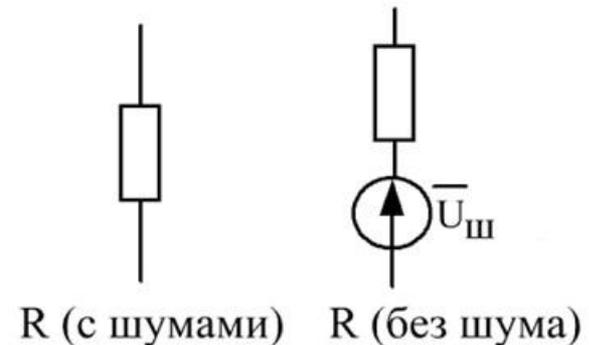
СПб ГУТ)))

1. Определить эффективную температуру и действующее значение шумового напряжения двух последовательно включенных резисторов $R_1 = 10 \text{ кОм}$, $R_2 = 20 \text{ кОм}$, в эффективной полосе пропускания 10 кГц , если их температуры равны 290 К .

$$U_{\text{эфф}} = \sqrt{P_N}$$

$$P_N = (4kTR) \cdot \Delta f$$

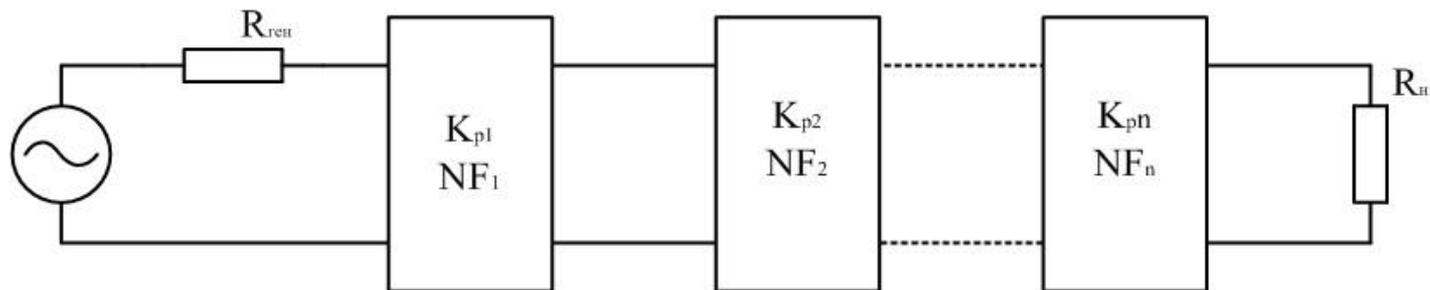
$$U_{\text{эфф}} = \sqrt{4kTR\Delta f}$$



k - постоянная Больцмана ($1.38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$)

2. Определить эффективную температуру и действующее значение шумового напряжения трех последовательно включенных резисторов
- $R_1 = 10 \text{ кОм},$
 $R_2 = 20 \text{ кОм},$
 $R_3 = 30 \text{ кОм},$
в эффективной полосе пропускания $10 \text{ кГц},$
если их температуры равны $300 \text{ К}, 400 \text{ К}, 500 \text{ К}$

3. Определить коэффициент усиления по мощности каскада, обладающего коэффициентом шума 2, если к каскаду присоединили еще один такой же каскад, а суммарный коэффициент шума увеличился на 10%.
4. Усилительный каскад может иметь максимальное усиление по мощности 20 дБ. Определить коэффициент шума каскада, если при добавлении второго аналогичного каскада коэффициент шума всего усилителя равно $NF=20$?



5. Согласованная антенна с шумовой температурой 420 К подключена к РПУ с шумовой температурой 570 К и полосой пропускания 10 МГц.

Вычислить коэффициент шума РПУ.

Определить чувствительность РПУ, обеспечивающий коэффициент различимости $D_p=3$.

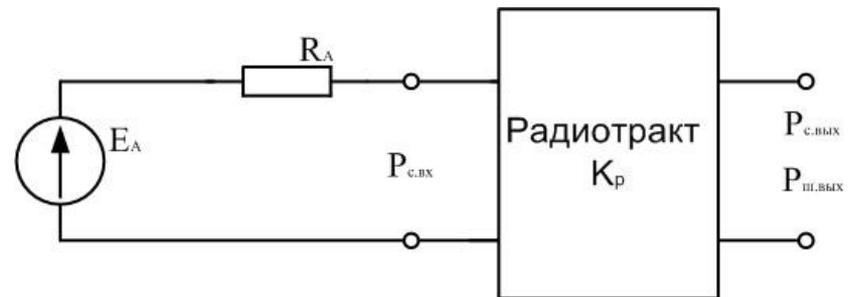
$$D_p = \frac{S_{out}}{N_{out}} = \frac{S_{in} \cdot G}{G(N_{in} + N_{ain})} = \frac{S_{in}}{N_{in} + N_{ain}}$$

$$N_{out} = G(N_{in} + N_{ain}) = GN_{in} + N_a$$

$$S_{in} = D_p \cdot (N_{in} + N_{ain})$$

$$S_{in} = D_p \cdot k\Delta f (T_A + T_R)$$

$$T_R = T_0 (NF - 1)$$



6. Два одинаковых усилителя согласованы между собой и имеют общий коэффициент шума 10 дБ. Определить коэффициент шума одного каскада, если коэффициенты усиления по напряжению и току соответственно равны 5 и 2.
7. В состав приемного устройства входят: антенна, фидер и приемник. Для повышения чувствительности фидер охладили, при этом коэффициент потерь фидера стал равным 3 дБ, а шумовая температура 100 К. До какой температуры охлажден фидер?
8. Коэффициенты шума первых каскадов двух РПу равно 2,5, коэффициенты потерь фидеров -1,5, а шумовая температура антенн составляет 100 и 200 К. Определить во сколько раз отличается чувствительность двух РПрУ.

Эффективная температура системы антенна + усилитель

$$D_p = \frac{S_{out}}{N_{out}} = \frac{S_{in} \cdot G}{G(N_{in} + N_{ain})}$$

$$S_{\text{ПИС}} = D_p (N_{in} + N_{ain}) = D_p k (T_A + T_{\text{ПИС}}) \Delta f = D_p k \Delta f (T_A + T_{\text{ПИС}})$$

$$\frac{S_{in}}{S_{in}'} = \frac{T_{\text{ПИС}} + T}{T_{\text{ПИС}}' + T}$$

$$T_{\Sigma} = T_1 + \frac{T_2}{G_1}$$

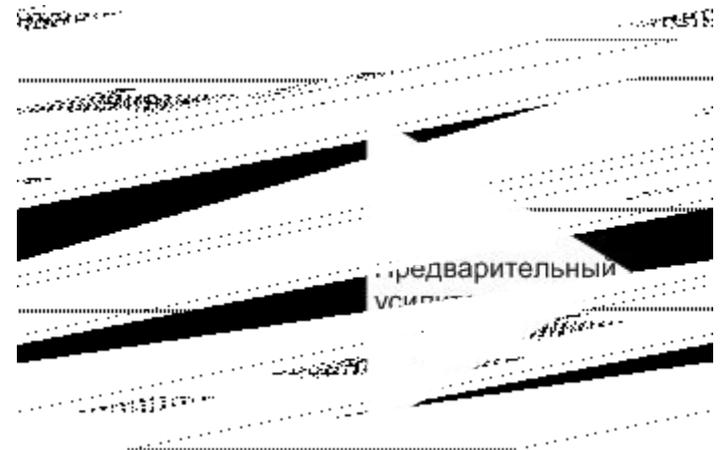
$$T_L = T_0 (L - 1)$$

$$T_R = T_0 (NF - 1)$$

$$T_{\Sigma} = T_L + L \cdot T_R$$

$$T_{\Sigma} = T_0 (L - 1) + LT_0 (NF - 1) \Rightarrow$$

$$T_{\Sigma} = T_0 (L \cdot NF - 1)$$



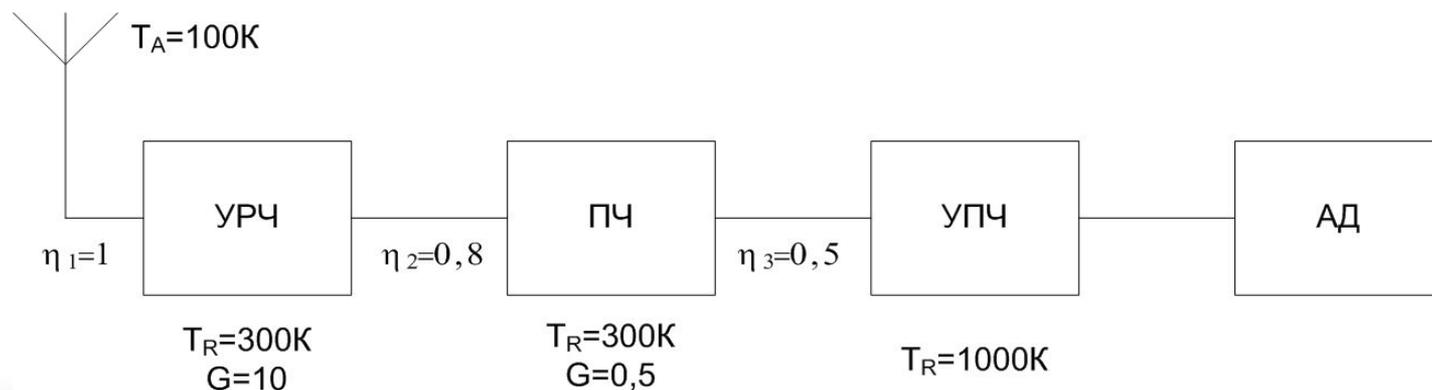
9. На вход усилителя поступил сигнал амплитудой 0,1 В и уровнем шума 0,001 В. На выходе усилителя амплитуда сигнала составила 10 В, а уровень шума 1 В.

Определить коэффициент шума усилителя в дБ.

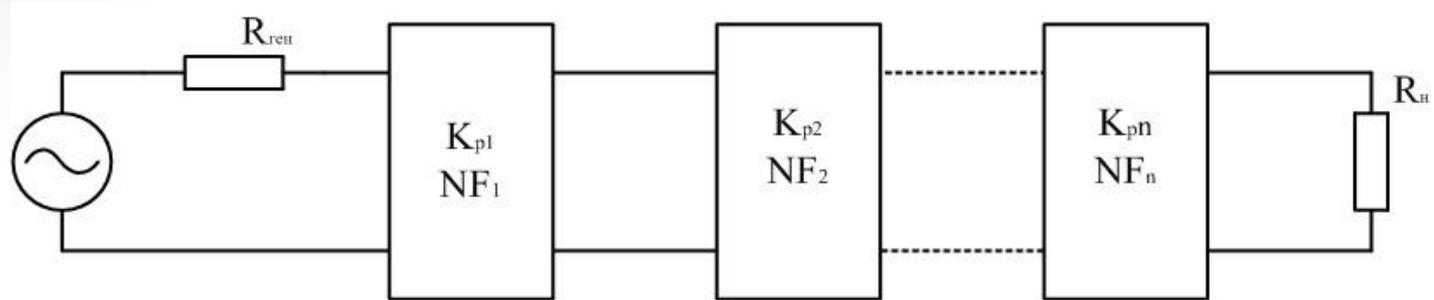
10. На вход усилителя с коэффициентом шума 10 подается сигнал мощностью 10^{-12} Вт уровнем шума 10^{-13} Вт. Мощность сигнала на выходе усилителя составила 10^{-8} Вт.

Определить уровень собственных шумов на выходе усилителя.

11. Рассчитать коэффициент различимости приемного устройства, если шумовая полоса высокочастотного блока составляет 5 МГц, мощность сигнала на входе 10^{-12} Вт. Данные РПУ представлены на схеме ниже.



Шумовые свойства РПрУ



$$NF = NF_1 + \frac{NF_2 - 1}{G_1} + \frac{NF_3 - 1}{G_2 G_1} + \frac{NF_4 - 1}{G_3 G_2 G_1}$$

$$NF = NF_1 + \frac{\eta_2}{\eta_1} \frac{NF_2 - 1}{G_1} + \frac{\eta_3}{\eta_2} \frac{NF_3 - 1}{G_2 G_1} + \frac{\eta_4}{\eta_3} \frac{NF_4 - 1}{G_3 G_2 G_1}$$

Раздел «Входные цепи радиоприемных устройств»

$$\rho = \sqrt{\frac{L_K}{C_K}} = 2\pi f_0 L_K = \frac{1}{2\pi f_0 K}$$

$$G_0 = d \frac{1}{\rho Q_K} \in 2\pi f_0 K \cdot = 2\pi K \cdot \Delta_K$$

$$\Delta f_K = f_0 \cdot d_K = \frac{f_0}{Q_K}$$

$$d_K = G_0 \rho$$

Избирательность входной цепи

$$\sigma = \frac{K(f_0)}{K(\Delta f)}$$

$$\sigma = 20 \lg \left(\sqrt{1 + \zeta^2} \right) \approx 20 \lg(\zeta)$$

$$\zeta = Q_3 \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right) = Q_3 \left(\frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f} \right)$$

1. Преселектор приемника перестраивается переменным конденсатором емкостью от 16 до 318 пФ. Индуктивность перестраиваемого контура 273 мкГн, емкость монтажа 20 пФ. Определить граничные значения диапазона перестройки приемного устройства ($f_{0\min}$, $f_{0\max}$). Как изменятся значения граничных частот диапазона, если емкость монтажа уменьшили до 5 пФ?
2. Рассчитать ослабление, которое дает одиночный колебательный контур, настроенный на резонансную частоту $f_0=9,7$ МГц при отстройке на 10 кГц и 200 кГц. Эквивалентное затухание контура $d_{\text{э}}=0,02$.
3. Резонансная частота колебательного контура 200 кГц. Вычислить эквивалентное затухание колебательного контура, при котором обеспечивается ослабление на 20 дБ при расстройке 30 кГц.

Входные цепи в режиме согласования

$$m^2 G_{Bx} = G_0 + n^2 G$$

$$n_{\text{согл}} = \sqrt{\frac{D-2}{2} \cdot \frac{G_0}{G_{Bx}}}$$

$$m_{\text{согл}} = \sqrt{\frac{D}{2} \cdot \frac{G_0}{G_A}}$$

$$K_{\text{согл}} = \frac{n}{2m_{\text{согл}}}$$

Режим согласования без ограничения на полосу пропускания ВЦ

$$m_{\text{согл}} = \sqrt{\frac{G_0 + G_{Bx}}{G_A}}$$

$$K_0 = \frac{1}{2} \cdot \frac{n}{m} = \frac{1}{2m} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{G_A}}{\sqrt{G_0 + G_{Bx}}}$$

4. Антенна согласована с одноконтурной входной цепью. Определить коэффициенты включения m , n , коэффициент передачи ВЦ при условии максимизации величины K_0 и отсутствии ограничения на полосу пропускания. Если $R_A = 50 \text{ Ом}$, $G_{ВХ} = 5 \text{ мСм}$, $G_0 = 1 \text{ мСм}$.
5. Решить задачу 4 при условии, что коэффициент шунтирования $D=4$, $D=5$, $D=6$.
6. Определить коэффициенты включения m и n и резонансный коэффициент передачи в режиме согласования настроенной антенны с одноконтурной входной цепью при требуемой полосе пропускания $37,5 \text{ МГц}$, если: $f_0 = 150 \text{ МГц}$, $R_A = 300/100/75/50 \text{ Ом}$, $G_{ВХ} = 5 \text{ мСм}$, $C_K = 20 \text{ пФ}$, $Q = 20$.
7. Одноконтурная входная цепь приемника связана с антенной и усилителем радиочастоты. Коэффициенты включения в контур антенны $m=0,5$. Активная составляющая проводимости антенны $G_A = 0,02 \text{ см}$. Входная цепь настроена на резонансную частоту 5 МГц . Собственная добротность контура $Q_K = 100$; индуктивность контура $L_K = 20 \text{ мкГн}$. Нагрузка входной цепи – транзистор с входной проводимостью $G_{ВХ} = 0,01 \text{ См}$. Для режима согласования с антенной определить параметры: G_0 , G_{Σ} , d_{Σ} полосу пропускания контура, n , $K_{\text{согл}}$.

8. Рассчитать резонансный коэффициент передачи и полосу пропускания для входной цепи при внешнеемкостной связи с антенной для трех точек диапазона. Емкость КПЕ контура изменяется в пределах от 40 до 120 пФ, при перестройке конденсатором добротность контура не изменяется и составляет $Q=60$, диапазон перестройки ВЦ 525- 910 кГц, $C_{CB} = 4$ пФ.
9. Рассчитать ослабление, которое дает одиночный колебательный контур, имеющий резонансную частоту 9 МГц и добротность $Q = 50$, при отстройках 10 кГц и 300 кГц.
10. Определить эквивалентное затухание колебательного контура, при котором он обеспечивает ослабление 20 дБ для расстройки 30 кГц от резонансной частоты 300 кГц.
11. Одноконтурная ВЦ находится в режиме согласования с антенной при ограниченной полосе пропускания. Определить коэффициент передачи и полосу пропускания ВЦ при следующих исходных данных: эквивалентное сопротивление антенны $R = 50$ Ом, входная проводимость следующего каскада приёмника $G_{BX} = 80$ мСм, собственная резонансная проводимость контура $G_0 = 1$ мСм, коэффициент включения нагрузки $n = 0,1$, резонансная частота $f = 132$ МГц, эквивалентная ёмкость контура $C = 30$ пФ.

Преобразователи частоты

Коэффициент шума РПУ, первым каскадом которого является преобразователь частоты, определяется следующим образом:

$$L_D = -20 \lg K = 10 \lg \frac{S_{in}}{S_{out}}$$

$$NF_{CM} = L_D \cdot t_D$$

$$NF = NF_{CM} + L_D (NF_{УПЧ} - 1) = L_D (t_D + NF_{УПЧ} - 1)$$

NF – коэффициент шума смесителя;

L_D – потери преобразования смесителя;

t_D – шумовое отношение смесительного диода;

$NF_{УПЧ}$ – коэффициент шума усилителя промежуточной частоты (УПЧ).

Задача 1. Коэффициент шума УПЧ $NF_{\text{УПЧ}}=2$. Имеются два типа смесительных диодов: первый с шумовым отношением $t_{\text{д}} = 2,5$ и потерями преобразования $L_{\text{д}} = 6$ дБ, второй с $t_{\text{д}} = 3$ и $L_{\text{д}} = 4,5$ дБ. Какой из них нужно использовать для получения минимального шума радиоприемного устройства?

Задача 2. Определить зеркальный канал приема, побочные каналы приема по второй и третьей гармонике гетеродина, если используется верхняя настройка гетеродина: а) $f_c=5$ МГц, б) $f_c=75$ МГц

Задача 3. Вычислить амплитуду и частоту гармоники тока разностной частоты, определить крутизну преобразования смесителя, выполненного на транзисторе КП-303 (характеристика представлена в таблице) для входного сигнала с частотой $f_c=3200$ кГц и амплитудой входного сигнала 50 мВ при напряжении смещения -2 В, амплитуде гетеродина 0,5 В.

Задача 4. Решить задачу 3 при напряжении смещения -2,7 В, амплитуде гетеродина -1,5 В, амплитуде входного сигнала 50 мВ, частота сигнала $f_c=3200$ кГц.

Таблица 1- Стоко-затворная характеристика транзистора КП-303

Uз	-3	-2,8	-2,6	-2,4	-2,3	-2,2	-2,1	-2,0	-1,8	-1,6	-1,4	-1,0	-0,5	0
Iс	0	0	0	0,03	0,06	0,13	0,22	0,34	0,68	1,14	1,66	2,9	4,9	7

Задача 5. На вход нелинейного элемента поступает два сигнала с частотами 10 МГц и 11 МГц. Определить комбинационные гармоники второго и третьего порядка. Результат представить на оси частот.

Задача 6. Гетеродин имеет настройку на частоту 352 МГц, промежуточная частота равна 28 МГц. Определите частоту настройки приёмника и частоту зеркального канала при верхней и нижней настройке гетеродина.

Задача 7. Частота настройки приёмника 36 ГГц, промежуточная частота равна 4 ГГц. Определить:

- а) частоту сигнала гетеродина (настройка гетеродина – *нижняя*);
- б) определить частоты побочных каналов приема по высшим гармоникам сигнала и гетеродина.

Задача 8. Приемник имеет промежуточную частоту 120 кГц и полосу пропускания тракта промежуточной частоты, равную 10 кГц. Основная помеха имеет частоту 80 кГц. Определите частоты второй помехи, при совместной обработке с которой в цепях промежуточной частоты приёмника первая порождает интермодуляцию третьего порядка.