Завдання 9

$f_{завади} = 50$ Гц, значить $T_{завади} = \frac{1}{50} = 0{,}02$ сек $= 20$ мсек

Період, де інтегрувало $= T_{зав} \cdot 5 = 20 \cdot 5 = 100$ мсек $= 0{,}1$ сек

~~$\delta_{кв} = \frac{\Delta_{кв} \cdot 100\%}{\sqrt{12}\, b} = 0{,}1\%$~~

~~$\Delta_{кв} = 0{,}001 \cdot \sqrt{12} = 0{,}001 \cdot 3{,}46 = 0{,}00346$ В~~

~~$\frac{U_{вхм}}{q^N} = 0{,}003$ В $= \frac{1{,}024}{q^N} = 0{,}003$; $q^N = \frac{1{,}024}{0{,}003} = 341$~~

~~$N \ln 2 = \ln 341$; $N = \frac{\ln 341}{\ln 2} =$~~

$$\gamma_{iт} = +50 \frac{t_{iт}}{K_{оп} \cdot T} = +50 \frac{0{,}1 \text{ сек}}{10^5 R \cdot C} =$$

$\gamma_{iт} = 0{,}1 \cdot$ похибка інтегр. $= 0{,}1 \cdot 0{,}1\% = 0{,}01\%$

$R = R_{вх}$, тоді

$$50 \frac{0{,}1}{10^5 \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot C} = 0{,}01$$

$$C = \frac{50 \cdot 0{,}1}{10^5 \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 0{,}01} = 0{,}5 \cdot 10^{-6} = 0{,}5 \text{ мкФ}, \quad R = 10 \text{ кОм}$$

$U_{вих} = U_{вхм} = 1{,}024$ В

$$U_{вих\,max} = U_{вхм} \cdot \frac{t_{iт}}{T} = 1{,}024 \frac{0{,}1}{0{,}5 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \cdot 10^3} = 0{,}2048 \cdot 10^2 = 20{,}48 \text{ В}$$

Це велика напруга

Якщо взяли $R = 50$ кОм, тоді після перерахунку $C = \frac{50 \cdot 0{,}1}{10^5 \cdot 50 \cdot 10^3 \cdot 0{,}01} = 0{,}1$ мкФ, збільшили C до 0,5 мкФ

тоді $U_{вих} = 20{,}48 / 3 = 6{,}8$ В.

Частота $ГТІ = \frac{2^{10}}{0{,}1 \text{ сек}} = 1024 \cdot 10 = 10{,}24$ кГц

Завдано 39

$$K = K_0 \frac{1}{1 + j\omega\tau_{12}} = K_0 \frac{1 - j\omega\tau_{12}}{1 + (\omega\tau_{12})^2} = K_0 \left(\frac{1}{1 + (\omega\tau_{12})^2} - j \frac{\omega\tau_{12}}{1 + (\omega\tau_{12})^2} \right)$$

$$\varphi = \operatorname{arctg} - \frac{\omega\tau_{12} \cdot 1 + (\omega\tau_{12})^2}{[1 + (\omega\tau_{12})^2] \cdot 1} = -\operatorname{arctg} \omega\tau_{12}$$

$$\tau_{12} = C_H \cdot R_1 // R_2 = C_H \cdot \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = 4 \cdot 10^{-12} \frac{90 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^3}{90 \cdot 10^3 + 10 \cdot 10^3} = 4 \cdot 10^{-12} \cdot 9 = 36 \cdot 10^{-12}$$

$$\varphi = -\operatorname{arctg} \cdot 6{,}28 \cdot 100 \cdot 10^6 \cdot 36 \cdot 10^{-12} = \operatorname{arctg} 226{,}08 \cdot 10^{-4} =$$

$$= -\operatorname{arctg} 0{,}0226$$

Завдано 43, 17

Як 17.

Завдано 44, 1

Як 1

Завдано 45, 2

Як 2

Завдано 46, 3

Завдано 47, 4

Як 4

Завдання №4.

Кількість компаратор $2^3 - 1 = 7$

~~Дано~~

Похибка квантування max: $\delta\% = \frac{1}{2^n} \cdot 100\% = \frac{1}{8} \cdot 100\% = 12,5\%$

Ступінь квантування $\frac{8В}{2^3} = 1В.$

$R = \frac{1В}{I_R} = \frac{1}{2 \cdot 10^{-3}} 0,5 кОм = 500 Ом$

Час затримки: Кількість цифрових блоків × Дод

$t_{затр.} = 20 \cdot 10^{-9} \cdot 4 = 80 нсек$

Завдання 7

Ступінь квантування $= \frac{U_{вх}}{2^8} = \frac{2,56}{256} = 0,01\ В$

Похибка квантування

$\Delta_{кв} = \frac{0,01\ В}{2} = 0,005\ В$

$\sigma_{кв} = \frac{0,01}{\sqrt{12}} = \frac{0,01}{3,46} \cdot 100\% = 0,289\% = 0,3\%$

Максимальний час перетворення

$t_{пер.max} = 2^8 \cdot \frac{1}{f_{тт}} = \frac{256}{500 \cdot 10^3} = 0,512 \cdot 10^{-3} = 0,5$ мсек

Завдання 10

Схема ЦАП

Ступінь квантування $\frac{U_{вх}}{2^{10}} = \frac{10,24}{1024} = 0,01\ В$

Похибка квантування

$\Delta_{кв} = \frac{0,01}{2} = 0,005\ В$

$\sigma_{кв} = \frac{0,01}{\sqrt{12}} \cdot 100\% = 0,3\%$

Максим. час перетворення

$t_{пер.max} = 2^{10} \cdot \frac{1}{f_{тт}} = \frac{1024}{10^6} = 1,0$ мсек

Завдання 26

Ступінь квантування $\frac{U_{вх.м}}{2^{12}} = \frac{4,096}{4096} = 0,001\ В$

Похибка квантування

$\Delta = \frac{0,001}{2} = 0,0005\ В = 0,5 \cdot 10^{-3}$

$\sigma = \frac{0,001}{\sqrt{12}} \cdot 100\% = \frac{0,001}{3,46} \cdot 100\% = 0,3 \cdot 10^{-3} = 0,03\%$

Максимальний час перетворення $\frac{12}{2} \cdot \frac{1}{f_{тт}} = \frac{4096}{4 \cdot 10^6} = 1$ мсек

Задача 42

$$y_{вых} = u_{31} \cdot \frac{K_1 \cdot K_2}{1 + K_1 K_2 \beta} + u_{32} \frac{K_2}{1 + K_1 \cdot K_2 \beta} + u_{33} \cdot \beta \frac{K_1 \cdot K_2}{1 + K_1 K_2 \beta}$$

$D_{u_{31}} = 0{,}01\ В^2$

$D_{u_{32}} = \frac{0{,}01}{2} = 0{,}005\ В^2$

$D_{u_{33}} = \frac{0{,}01}{2} = 0{,}005\ В^2$

$K_1' = \frac{10 \cdot 10}{1 + 10 \cdot 10 \cdot 0{,}09} = \frac{100}{10} = 10$ $\quad K_1'^2 = 100$

$K_2' = \frac{10}{10} = 1$ $\quad K_2'^2 = 1$

$K_2' = 0{,}09 \cdot 10 = 0{,}9$ $\quad K_2'^2 = 0{,}81$

$\sigma = \sqrt{0{,}01 \cdot 100 + 0{,}005 \cdot 1 + [redacted] \cdot 0{,}005 \cdot 0{,}81} = \sqrt{1{,}009} =$

$= 1{,}004\ В$

Завдання 21

$$K_{Y_{заб}} = U_{31}\frac{K_1 \cdot K_2}{1 + K_1 K_2 \cdot \beta_1 \cdot \beta_2} + U_{32}\frac{K_2}{1 + K_1 K_2 \beta_1 \beta_2} + U_{33}\beta_1 \frac{K_1 \cdot K_2}{1 + K_1 K_2 \beta_1 \beta_2}$$

$$D_{U_{31}} = 0{,}04$$

$$D_{U_{32}} = \frac{(0{,}1)^2}{2} = 0{,}005$$

$$D_{U_3} = \frac{(0{,}1)^2}{2} = 0{,}005$$

$$K_1' = \frac{10 \cdot 10}{1 + 10 \cdot 10 \cdot 0{,}18 \cdot 0{,}5} = \frac{100}{10} = 10 \qquad K_1^{'2} = 100$$

$$K_2' = \frac{10}{10} = 1 \qquad K_2^{'2} = 1$$

$$K_3' = 0{,}5 \cdot 10 = 5 \qquad K_3^{'2} = 25$$

$$D = \sqrt{0{,}04 \cdot 100 + 0{,}005 \cdot 1 + 0{,}005 \cdot 25} =$$

$$= \sqrt{4 + 0{,}005 + 0{,}125} = \sqrt{4{,}13} \approx 2{,}03\ В$$

Завдання 22

$K_{\Sigma_{пр}} = K_1 \cdot K_2$, $\gamma_{\Sigma пр} = \gamma_{K1} + \gamma_{K2} = 0{,}1 + 0{,}15 = 0{,}25$

$\beta_{\Sigma_\beta} = \beta_1 \cdot \beta_2$, $\gamma_{\Sigma\beta} = \gamma_{\beta_1} + \gamma_{\beta_2} = 0{,}02 + 0{,}03 = 0{,}05$

$$\gamma_\Sigma = \frac{\gamma_{\Sigma пр}}{1 + K\beta} - \gamma_{\Sigma\beta} = \frac{0{,}25}{1 + 10\,10 \cdot 0{,}5\ 0{,}18} - 0{,}05 = 0{,}025 - 0{,}05 = -0{,}025$$

$$\gamma_{\Sigma\%} = -2{,}5\%$$

Задача 32

$$y_{зав} = U_{31}\frac{K_1 \cdot K_2}{1 + K_1 \cdot K_2 \beta} + U_{32}\frac{K_2}{1 + K_1 \cdot K_2 \beta} + U_{33}\beta\frac{K_1 \cdot K_2}{1 + K_1 K_2 \beta}$$

$$D_{U31} = 0{,}01\ B^2$$

$$D_{U32} = \frac{0{,}01}{2} = 0{,}005\ B^2$$

$$D_{U33} = \frac{0{,}01}{2} = 0{,}005\ B^2$$

$$K_1' = \frac{10 \cdot 10}{1 + 10 \cdot 10 \cdot 0{,}09} = \frac{100}{10} = 10 \qquad K_1'^2 = 100$$

$$K_2' = \frac{10}{10} = 1 \qquad K_2'^2 = 1$$

$$K_3' = 0{,}09 \cdot 10 = 0{,}9 \qquad K_3'^2 = 0{,}81$$

$$\sigma = \sqrt{0{,}01 \cdot 100 + 0{,}005 \cdot 1 + 0{,}005 \cdot 0{,}81} = \sqrt{1{,}009} =$$

$$= 1{,}004\ B$$

Задача 33

$$\gamma_{Σпр} = 0{,}05 + 0{,}1 = 0{,}15$$

$$\gamma_{Fβ} = 0{,}02 + 0{,}01 = 0{,}03$$

$$\gamma_Σ = \frac{0{,}15}{1 + K_1 K_2 \beta_1 \beta_2} - 0{,}03 = \frac{0{,}15}{1 + 9} - 0{,}03 = 0{,}015 - 0{,}03 = -0{,}015$$

$$\gamma_Σ\% = -1{,}5\%$$

Завдання 30

$$y_{вих} = x_{вх} \cdot K_1 \frac{K_2}{1+pT} \cdot K_3 = x_{вх} \frac{\overbrace{K_1 K_2 K_3}^{K_\Sigma}}{1+pT}$$

$x_{вх}$ - білий шум

$$D(y_{вих}) = K_\Sigma^2 \frac{\Pi}{2} \frac{G_0}{\tau}$$

$$K_\Sigma^2 = (100)^2 = 10000$$

$$D(y_{вих}) = \frac{10000 \cdot 3{,}14 \cdot 10^{-5}}{2 \cdot 0{,}01} = 1{,}57 \cdot 10 = 15{,}7\ В^2$$

$$\sigma = \sqrt{D} = 3{,}96\ В$$

Завдання 31

$$y_{вих} = \frac{x_{вх} \frac{K_2}{1+pT}}{1 + K_2 \beta}$$: $x_{вх}$ - білий шум

$$D(y_{вих}) = \frac{K_2^2 \frac{\Pi}{2} \frac{G_0}{\tau}}{1 + K_2 \cdot \beta} = \frac{10^{+6} \cdot 3{,}14 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 10 \left(1 + 1000 \cdot 0{,}099\right)} =$$

$$= 1{,}57 \cdot 10 = 15{,}7\ В^2$$

$$\sigma = \sqrt{D} = 3{,}96\ В$$

Завдання 20

$$y_{вих} = x_{вх} \cdot \frac{\frac{1}{K_{пр}\,1+pT}}{1+K\beta} \cdot T_4$$

$$D(y_{вих}) = \frac{K_{пр}^2 \frac{N}{2} \cdot \frac{G_0}{\tau}}{1+K\beta} =$$

$$= \frac{10000 \cdot \frac{3{,}14}{2} \cdot \frac{10^{-3}}{1}}{1+100 \cdot 0{,}1} = \frac{31400 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 11} = 1{,}43\,В^2$$

$$\sigma = \sqrt{D} = 1{,}19\,В$$

Завдання 12

$\gamma_{ир} \cong \gamma_1 + \gamma_2$

$\gamma_{\beta} \cong \gamma_{\beta 1} + \gamma_{\beta 2}$

$$\gamma_{\Sigma} \cong \frac{\gamma_{ир}}{1+K\beta} - \gamma_{\beta}$$

$\gamma_{Ер} = 0{,}05 + 0{,}1 = 0{,}15$

$\gamma_{\beta_1} = 0{,}01 + 0{,}02 = 0{,}03$

$$\gamma_{\Sigma} = \frac{0{,}15}{1 + 20 \cdot 5 \cdot 0{,}2 \cdot 0{,}45} = \frac{0{,}15}{1+9} = \frac{0{,}15}{10} = 0{,}015$$

$\gamma_{\Sigma}^{\%} = 1{,}5\%$

Завдання 15

$$y_{вих} = X_{вх} \cdot \underbrace{K_1 \cdot \frac{K_2}{1+p\tau} \cdot K_3}_{K_{\Sigma}(\omega)} = X_{вх} \cdot \underbrace{\frac{K_1 \cdot K_2 \cdot K_3}{1+p\tau}}_{K_{\Sigma}}$$

$X_{вх}$ - білий шум

$D(y_{вих}) = K_1^2 \cdot D(X_{вх})$ ~~зачеркнуто~~

$$D(y_{вих}) = \int_0^{\infty} G_0 \left[\frac{K_{\Sigma}}{1+(\omega\tau)^2}\right]^2 = K_{\Sigma}^2 \frac{\pi}{2} \frac{G_0}{\tau}$$

$$= (10 \cdot 5 \cdot 20)^2 \cdot \frac{3{,}14}{2} \cdot \frac{10^{-4}}{0{,}1} = 15{,}70\ В^2$$

$\sigma = \sqrt{D} = 3{,}96\ В$

Вариант 11

$$y_{зав} = u_{з1} \cdot \frac{K_1 \cdot K_2}{1 + K_1 \cdot K_2 \cdot \beta} + u_{з2} \frac{K_1 \cdot K_2}{(1 + K_1 \cdot K_2 \beta) \cdot K_1} + u_{з3} \cdot \beta \cdot \frac{K_1 \cdot K_2}{(1 + K_1 \cdot K_2 \beta)}$$

$K_{з.г.}$

$$D(y_{зав.}) = \left(\frac{K_1 \cdot K_2}{1 + K_1 \cdot K_2 \beta}\right)^2 \cdot D(u_{з1}) + \left(\frac{K_2}{1 + K_1 K_2 \beta}\right)^2 D(u_{з2}) + \frac{(\beta \cdot K_1 \cdot K_2)^2}{(1 + K_1 \cdot K_2 \beta)^2} D(u_{з3})$$

$$\sigma(y_{зав}) = \sqrt{D(y_{зав})}$$

$$\sigma(y_{зав.}) = \sqrt{K_1^2 \cdot \sigma_{u_{з1}}^2 + K_2^2 \sigma_{u_{з2}}^2 + K_3^2 \cdot \sigma_{u_{з3}}^2}$$

$\sigma_{u_{з1}} = 0{,}1\,В$, $\sigma_{u_{з2}} = \frac{u_m}{\sqrt{2}} = \frac{0{,}1}{\sqrt{2}} = 0{,}07\,В$, $\sigma_{з3} = \frac{0{,}1}{\sqrt{2}} = 0{,}07\,В$

$$K_1' = \frac{10 \cdot 10}{1 + 10 \cdot 10 \cdot 0{,}09} = \frac{100}{10} = 10 \quad K_1'^2 = 100$$

$$K_2' = \frac{10}{10} = 1; \quad K_2'^2 = 1$$

$$K_3' = \frac{0{,}09 \cdot 10 \cdot 10}{10} = \frac{9}{10} = 0{,}9 \quad K_3'^2 = 0{,}81$$

$$\sigma = \sqrt{100 \cdot 0{,}01 + 1 \cdot 0{,}005 + 0{,}66 \cdot 0{,}005} = \sqrt{1 + 0{,}005 + 0{,}0033} =$$

$$= \sqrt{1{,}0083} = 1{,}004\,В.$$

Задание 17, 43

$\gamma_{нч} \approx -50 \frac{1}{(\omega\tau)^2}$; $\tau \approx R_1 \cdot C_р$; $\gamma_{нч} \approx -50 \frac{1}{(\omega R_1)^2 \cdot C_р^2}$

$\gamma_{нч} \approx -50 \frac{1}{(6{,}28 \cdot 20 \cdot 10 \cdot 10^6 \cdot 9{,}55 \cdot 10^{-9})^2} = -50 \frac{1}{(68{,}08 \cdot 10^{-1})^2} = \frac{-50}{4{,}77^2} 100\% = -1\%$

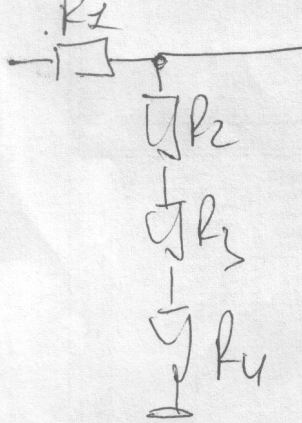
Задание 18

$\gamma_{нч} \cdot (\omega R_1)^2 \cdot C_р^2 = -50$; $C_р^2 = \frac{50}{\gamma_{нч}} \frac{1}{(\omega R_1)^2}$; $C_р = \frac{1}{\omega R_1} \sqrt{\frac{50}{\gamma_{нч}}}$

$C_р = \frac{1}{6{,}28 \cdot 20 \cdot 10 \cdot 10^6} \sqrt{\frac{50}{1\%}} = \frac{7}{12{,}56 \cdot 10^8} = 0{,}55 \cdot 10^{-8} = 5{,}5$ нФ

Задание 19

$R_{вых} = \frac{R_1(R_2+R_3+R_4)}{R_1+R_2+R_3+R_4} = \frac{10(1+0{,}1+0{,}011)}{10+1+0{,}1+0{,}011} \approx 1$ мОм

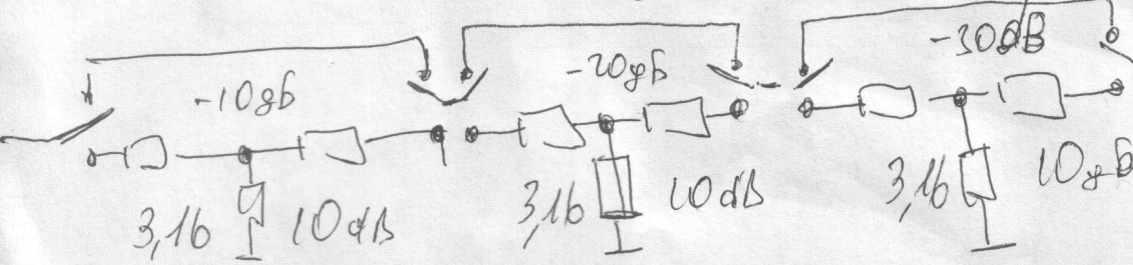


$\gamma = -50 \frac{1}{(\omega\tau_{12})^2}$; $\tau_{12} = C_н \cdot R_{вых}$

$\gamma = -50 \frac{1}{(6{,}28 \cdot 5 \cdot 10^3 \cdot 5 \cdot 10^{-9} \cdot 10^6)^2} = -50 \frac{1}{(157)^2}$

$= \frac{-50}{24649} 100\% = 0{,}2\%$

Задание 23



$K_{дБ} = 20 \lg N$

$10 = 20 \lg N$

$\lg N = \frac{10}{20} = 0{,}5$

$N = 10^{0{,}5} = \sqrt{10} = 3{,}16$

Варіант 13

$K_н = \frac{R_2}{R_1+R_2} = \frac{1\cdot 10}{90+10} = \frac{10}{100} = 0,1$

$f = 10$ Гц. $R_c = \frac{1}{\omega c} = \frac{1}{6,28\cdot 10\cdot 12\cdot 10^{-6}} = \frac{1}{75,4\cdot 10^{-5}} = 1,32$ кОм

$R_{заг} = R_c + R_1 = 90$ кОм $+ 1,32$ кОм $= 91,32$ кОм

$K_f = \frac{10}{91,32+10} = 0,098$; $K_f = \frac{0,0013}{0,1}\cdot 100\% = 1,3\%$

і також

$|K_f| = K_0 \frac{1}{\sqrt{1+\frac{1}{(\omega\tau_{12})^2}}} \approx K_0 \frac{1}{1+\frac{1}{2(\omega\tau_{12})^2}} \approx K_0\left(1-\frac{1}{2(\omega\tau_{12})^2}\right)$

звідси $\gamma_f = -\frac{1}{2(\omega\tau_{12})^2}$; $\gamma_f\% = -50\frac{1}{(\omega\tau_{12})^2}$

$\gamma_f\% = -50\frac{1}{(6,28\cdot 10\cdot 100\cdot 10^3\cdot 12\cdot 10^{-6})^2} = -50\frac{1}{(75,36)^2} \approx 0,0088$

$= \frac{-50}{5679}\cdot 100\% = 0,88\%$

Завдання 5

$\gamma_{\pm}^{0/0} \approx -50(\omega\tau_{12})^2$

$\tau_{12} = C_{12}\frac{R_1 R_2}{R_1+R_2} = 4\cdot10^{-12}\cdot9\cdot10^{3} = 36\cdot10^{-9}$

$\gamma_{\pm}^{0/0} \approx -50\left(6{,}28\cdot36\cdot10^{-9}\cdot4{,}0\cdot10^{6}\right)^2 = -50\left(904{,}32\cdot10^{-3}\right)^2 = -50(0{,}81) =$

$= -50\cdot0{,}81 \approx -40{,}5\,\%$

Завдання 6.

$\tau_1 = \tau_2;\quad C_1R_1 = C_2R_2$

$C_1 = \frac{C_2\cdot R_2}{R_1} = \frac{60\cdot10^{-12}\cdot10\cdot10^{3}}{90\cdot10^{3}} = 6{,}66\cdot10^{-12} = 6{,}66$ пФ.

Завдання 8

$K_M = \frac{R_2}{R_2+R_1} = \frac{10}{90+10} = 0{,}1$

$f = 10$ МГц $\quad \frac{1}{\omega C_2} = \frac{1}{6{,}28\cdot10\cdot10^{6}\cdot60\cdot10^{-12}} = \frac{1}{37{,}68\cdot10^{-4}} \approx 265$ Ом.

$\frac{1}{\omega C_1} = \frac{1}{6{,}28\cdot10\cdot10^{6}\cdot6{,}7\cdot10^{-12}} = \frac{1}{42{,}07\cdot10^{-5}} = 2377$ Ом

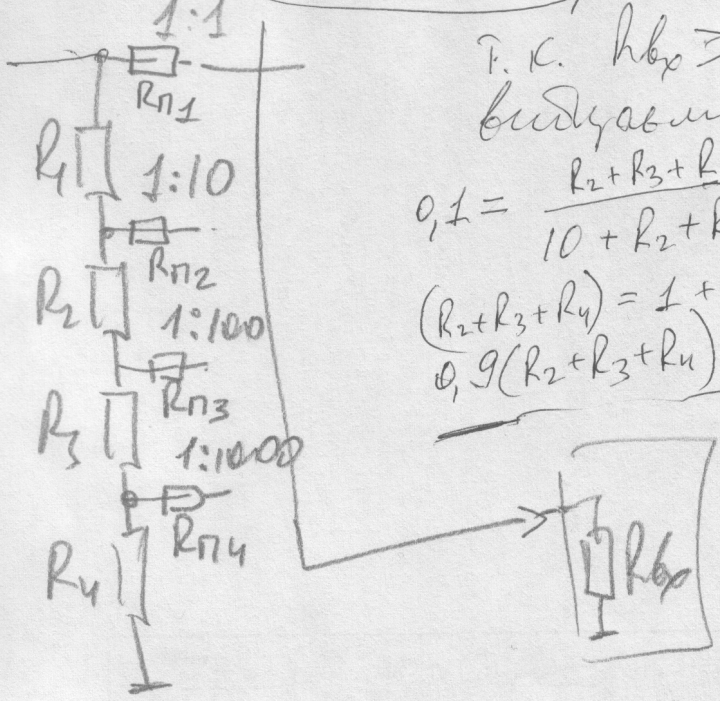
$R_{1\text{экв}} = \frac{R_1\cdot R_{C_2}}{R_1+R_{C_2}} = \frac{90\cdot10^{3}\cdot2{,}38\cdot10^{3}}{90\cdot10^{3}+2{,}38\cdot10^{3}} = \frac{214\cdot10^{6}}{92{,}38\cdot10^{3}} = 2{,}3\cdot10^{3} = 2{,}3$ кОм

$K_{\pm} \approx \frac{265}{265+2{,}3\cdot10^{3}} = \frac{265}{2{,}565\cdot10^{3}} = 0{,}1033$

$\gamma_{\pm} = \frac{0{,}0033}{0{,}1}100\,\% = 3{,}3\,\%$

Завдання 7

Задание 16



т. к. $R_{вх} \geq 10$ мОм,
выбираем $R_1 = 10$ мОм

$$0{,}1 = \frac{R_2+R_3+R_4}{10+R_2+R_3+R_4}$$

$$(R_2+R_3+R_4) = 1 + 0{,}1(R_2+R_3+R_4)$$

$$0{,}9(R_2+R_3+R_4) = 1 \;;\; R_2+R_3+R_4 = \frac{1}{0{,}9} = \frac{10}{9}$$

$$0{,}01 = \frac{R_3+R_4}{10+R_2+R_3+R_4}$$

$$0{,}01 = \frac{R_3+R_4}{10+\frac{10}{9}}$$

$$(R_3+R_4) = \frac{90+10}{9\cdot 100} = \frac{100}{900}$$

$$0{,}001 = \frac{R_4}{10+R_2+R_3+R_4} = \frac{R_4}{10+\frac{10}{9}}$$

$$R_4 = 0{,}001 \cdot \frac{90+10}{9} = \frac{100}{9\cdot 1000} = \frac{1}{90} \approx 0{,}011111 \text{ мОм}$$

$$R_3 + \frac{1}{90} = \frac{10}{90} \;;\; R_3 = \frac{10}{90} - \frac{1}{90} = \frac{9}{90} = 0{,}1 \text{ мОм}$$

$$R_2 + 0{,}1 + \frac{1}{90} = \frac{10}{9}$$

$$R_2 = \frac{10}{9} - \frac{1}{90} - \frac{1}{10} = \frac{10\cdot 10 - 1 - 9}{90} = \frac{100-10}{90} = \frac{90}{90} = 1 \text{ мОм}$$

Для того, чтоб $R_{вых} = const$, надо, чтоб

1) $R_{вх} >> R_{вых}$ подчинялся
2) $R_4 // R_1+R_2+R_3+R_{П4} = R_{вых\ пар.}$

$(R_3+R_4) // (R_1+R_2) + R_{П3} = R_{вых\ пар.}$

$(R_2+R_3+R_4) // R_1 + R_{П2} = R_{вых\ пар.}$

$(R_1+R_2+R_3+R_4) + R_{П1} = R_{вых\ пар.}$

Задание 28

Схема 14,16

$R_1 = 1$ Ом;

0,3 $= \frac{R_2+R_3+R_4}{1+R_2+R_3+R_4}$

$R_2+R_3+R_4 = 0,3 + 0,3(R_2+R_3+R_4)$

$(R_2+R_3+R_4)(1-0,3) = 0,3$

$(R_2+R_3+R_4)\cdot 0,7 = 0,3$

$(R_2+R_3+R_4) = \frac{0,3}{0,7} = 0,43 = \frac{3}{7}$

$0,1 = \frac{R_3+R_4}{1+R_2+R_3+R_4} = \frac{R_3+R_4}{1+\frac{3}{7}} = \frac{7\cdot(R_3+R_4)}{7+3} = \frac{7}{10}(R_3+R_4)$

$R_3+R_4 = \frac{1\ 10}{10\cdot 7} = \frac{1}{7}$

$0,03 = \frac{R_4}{1+\frac{3}{7}} = \frac{7\cdot R_4}{7+3} = \frac{7\cdot R_4}{10}$

$R_4 = \frac{3\cdot 10}{10\cdot 7} = \frac{3}{7\cdot 10} = 4,28$ Ом =

$R_3 + \frac{3}{7\cdot 10} = \frac{1}{7}$, $R_3 = \frac{1}{7} - \frac{3}{70} = \frac{10-3}{70} = \frac{7}{70} = 0,1$ Ом

$R_2 + \frac{7}{70} + \frac{3}{70} = \frac{3}{7}$, $R_2 = \frac{3}{7} - \frac{3}{70} - \frac{7}{70} = \frac{30-3-7}{70} = \frac{20}{70} =$

$= 0,286$ Ом

Завдання 1

$$K_{max} = \frac{R_2 + 10\%}{(R_1 - 10\%) + (R_2 + 10\%)} = \frac{20+2}{(100-10)+(20+2)} = \frac{22}{1.12} = 0,196$$

$$K_{min} = \frac{(R_2 - 10\%)}{(R_1 + 10\%) + (R_2 - 10\%)} = \frac{20-2}{(100+10)+(20-2)} = \frac{18}{128} = 0,14$$

Завдання 2

$$K_н = \frac{R_{2н}}{R_{1н} + R_{2н}} = 0,1$$

$$K_{max} = \frac{10+1}{(90-9)+(10+1)} = \frac{11}{92} = 0,12 \quad \Delta = +0,02$$

$$K_{min} = \frac{10-1}{(90+9)+(10-1)} = \frac{9}{108} = 0,083 \quad \Delta = -0,017$$

$$\Delta_{max} = +0,02 \; ; \; \gamma_{max} = \frac{0,02}{0,1} \cdot 100\% = 20\%$$

інакше

$\gamma_Σ \cong \gamma_2 - \gamma_1$, з урахуванням знаків $\gamma_Σ = 10\% + 10\% = 20\%$

Завдання 3

$$f_{зр} = \frac{1}{2\pi C_н \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}}$$

$$f_{зр.max} \cong \frac{1}{2\pi (C_н - 10\%) \cdot (R_2 - 10\%)} =$$

$$\min\left(\frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}\right) \cong \min R_2 \text{ при умові } R_1 >> R_2$$

$$= \frac{1}{6,28 \cdot 3,96 \cdot 10^{-12} \cdot 9 \cdot 10^3} = \frac{1}{223,82 \cdot 10^{-9}} =$$

$$= 0,004468 \cdot 10^9 = 4,47 \text{ МГц}$$

Завдання 4

$$f_{зр} = \frac{1}{2\pi C_н \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}} = \frac{1}{6,28 \cdot 4 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{10 \cdot 90}{90+10} \cdot 10^3} = \frac{1}{6,28 \cdot 4 \cdot 10^{-12} \cdot 9 \cdot 10^3} = \frac{1}{226,08 \cdot 10^{-9}} =$$

$$= 0,004409 \cdot 10^9 \cong 4,41 \text{ МГц}$$

Завдання 25

$13,2 - 8 = 5,2$ В — 1

$5,2 \times 2 - 8 = 2,4$ В — 1

$2,4 \times 2 - 8 = -3,2$ — ∅

$2,4 \times 2 \times 2 = 1,6$ — 1

Задача 34

$U_{max} = 24,5\,В$; $U_{ср.} = \frac{U_a}{4} = \frac{24,5}{4} = 6,125\,В$

$U_{скз} = \frac{U_a}{\sqrt{6}} = \frac{24,5}{2,45} = 10\,В$; $U_{срв} = U_{ср.}$

Задача 35

$|U_{max}| = 24,5\,В$, $U_{ср} = 0$, $U_{срв} = \frac{U_a}{2} = 12,25\,В$

$U_{скз} = \frac{2U_a}{\sqrt{6}} = \frac{2 \cdot 24,5}{2,45} = 20\,В$

Задача 36

$|U_{max}| = 6,36\,В$, $U_{ср} = \frac{U_a}{9} = \frac{6,36}{9} = 0,7\,В$

$U_{срв} = \frac{5}{9} U_a = \frac{5 \cdot 6,36}{9} = 3,53\,В$

$U_{скв} = U_a \frac{\sqrt{11}}{3\sqrt{3}} = \frac{6,36 \cdot 3,31}{3 \cdot 1,73} = 4,06\,В.$

Задача 40

$U_{max} = 24,5\,В$. $U_{ср} = \frac{U_a}{2} = \frac{24,5}{2} = 12,25\,В$

$U_{срв} = U_{ср} = 12,25\,В$

$U_{скз} = \frac{2U_a}{\sqrt{6}} \cdot \frac{2 \cdot 24,5}{2,45} = 20\,В.$

Задача 37

$U_{max} = 7,07\,В$ $U_{ср} = 0$, $U_{срв} = \frac{2 \cdot A}{T} \int_0^{T/2} \sin \omega t\, dt = \frac{2 \cdot A}{T\omega} \left(-\cos \omega t \Big|_0^{T/2} \right) =$

$= \frac{2 \cdot A}{\frac{1}{f}\pi f} \left(-\left[\left(-\frac{1}{T}\right) - 1 \right] \right) = \frac{2 \cdot A}{2\pi} \cdot 2 = \frac{A \cdot 2}{\pi} = \frac{7,07 \cdot 2}{3,14} = 4,5\,В$

$U_{скз}^2 = \frac{A}{T} \int \sin^2 \omega t\, dt = \frac{A^2 \cdot 2}{T_2} \int_0^{T/2} \left(\frac{1}{2} - \frac{\cos 2\omega t}{2} \right) dt = \frac{3,14 \cdot 2 \cdot A^2}{T} \left[\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{f} - \frac{1}{f} \sin 2\omega t \Big|_0^{T/2} \right] =$

$= \frac{2A^2}{4} = \frac{A^2}{2}$, $U_{скз} = \frac{A}{\sqrt{2}} = \frac{7,07}{1,41} = 5\,В$

Завдання 3

$U_{max} = \pm 70{,}7\,B$; $U_{сер} = 0$

$$U_{серв} = \frac{2 U_0}{T} \int_0^{T/2} \sin \omega t\, dt = \frac{2 U_0}{T \cdot \omega} \int_0^{T/2} \sin \omega t\, d\omega t =$$

$$= \frac{2 U_0}{T \cdot \omega} \left[-\cos \omega t \Big|_{t=0}^{t=\frac{T}{2}} \right] = \frac{2 U_0}{2\pi} \left[\cos \omega \frac{T}{2} - \cos \omega \cdot 0 \right] =$$

$$= -\frac{2 U_0}{2\pi} \left[\cos \pi - \cos 0 \right] = -\frac{2 U_0}{2\pi} \left[\underbrace{-1-1}_{-2} \right] =$$

$$= \frac{2 U_0}{\pi} = \frac{2 \cdot 70{,}7}{3{,}14} = 45\,B$$

$$U_{скз}^2 = \frac{2 U_0^2}{T} \int_0^{T/2} \sin^2 \omega t\, dt = \frac{2 U_0^2}{T} \int_0^{T/2} \left[\frac{1}{2} - \frac{\cos 2\omega t}{2} \right] dt =$$

$$= \frac{2 U_0^2}{T} \left[\frac{1}{2} \frac{T}{2} - \frac{1}{2\omega \cdot 2} \sin 2\omega t \Big|_{t=0}^{t=T/2} \right]$$

$\sin 2\omega T/2 = \sin 2\pi = 0$

$\sin 0 = 0$

$$U_{скз}^2 = \frac{2 U_0^2}{T} \cdot \frac{T}{4} = \frac{U_0^2}{2}; \quad U_{скз} = \frac{U_0}{\sqrt{2}} = \frac{70{,}7}{1{,}41} = 50\,B$$