1

Дано: $U_{вх}$ с частотой ω

$L = 10^{-5}$ Гн $R = 10^{2}$ Ом

Найти: ω_{max}

Условие квазистационарности: $\boxed{\frac{L}{c} \ll T \quad \frac{L}{\lambda} \ll 1}$ $\lambda = \frac{c}{\nu}$

где L - характерные размеры системы. c - скорость света. T - характерное время.

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \Rightarrow \frac{L}{c} \ll \frac{2\pi}{\omega} \Rightarrow \omega \ll \frac{2\pi c}{L} \approx \frac{6\pi}{L} 10^{10} \frac{см}{с}$$

Т.к $\ll$ соответствует разнице в 10 раз то

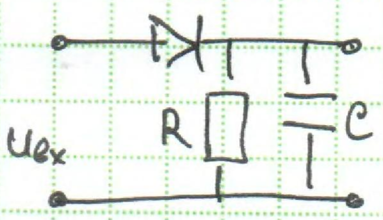
например при $L = 6$ см $\omega_{max} = \pi \cdot 10^{9} \frac{1}{c}$

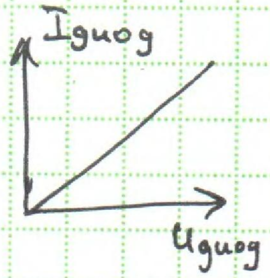
2   Добротность: $Q = \frac{2\pi W_{запас}}{W_{потер.\ за\ период}}$;

$Q = \frac{\omega_0 \tau^*}{2}$, τ^* - время релаксации, для последов. контура $\tau^* = 2L/R$; для параллельного $\tau^* = \frac{2R}{c}$

$Q = \frac{\omega_0}{2\Delta\omega}$; $\Delta\omega = \frac{1}{\tau^*}$

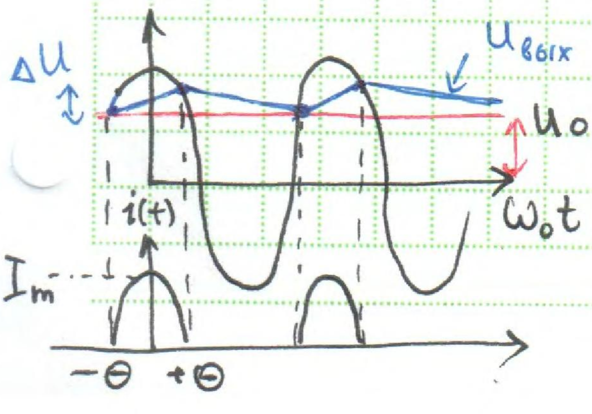
3





$U_{вх}(t) = V_0 \cos\omega t$

$U_{вых}(t) \approx U_{вых}$



$U_0 \approx E\cos\Theta$ $I_m = (E - U_0)/R_i$

R_i - сопротивление диода в прямом направлении.

Θ - угол отсечки. (угол соответствующий изменению тока от max до нуля.

3 продолжение $(R_i << R)$

$$\left.\begin{aligned} \Theta &= \frac{\omega_0 t_0}{2}; \\ \frac{R_i}{R} &= \frac{tg\Theta - \Theta}{\pi} \end{aligned}\right\} \text{при } \Theta << 1 \quad \Theta \simeq \left(\frac{3\pi R_i}{R}\right)^{1/3}$$

$\Delta U = U_0 \frac{2\pi}{\omega RC}$ – изменение напряжения между двумя пиками тока.

Если величину ёмкости увеличить в 2 раза

$\Delta U \downarrow$ в 2раза

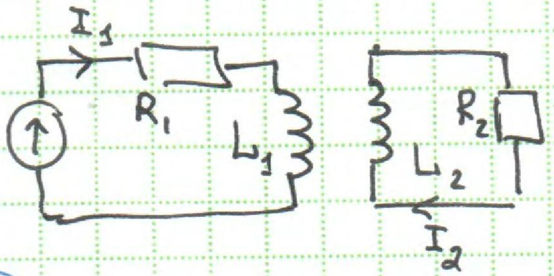
Если $R \uparrow$ в 2раза $\Delta U \downarrow$ в 2раза $\Theta \downarrow$ в $\sqrt[3]{2}$ раза

$\Rightarrow U_0 \uparrow$

Если $R_i \downarrow$ в 2раза $\Theta \downarrow$ в $\sqrt[3]{2}$ раза $\Rightarrow U_0 \uparrow$

4 Для штатной работы трансформатора:

1. Коэффициэнт взаимоиндукции максимален т.е $M^2 \simeq L_1 L_2$
2. Индуктивное сопротивление в первом контуре значительно больше активного т.е $R_1 << \omega L_1$
3. То же самое для второго контура $R_2 << \omega L_2$



n - коэффициент трансформац.

$$n = \sqrt{L_2 / L_1} \approx \frac{U_{L_2}}{U_{L_1}} \approx \frac{i_1}{i_2}$$

5 Волновое сопротивление определяет связь между амплитудами тока и напряжения в бегущей волне. $\rho = \frac{U}{I} = \sqrt{L/C}$ где

L - погонная индуктивность $\left[\frac{Гн}{м}\right]$; C - погонная ёмкость $[Ф/м]$

6 Теорема Котельникова: Если спектр сигнала ограничен и верхняя частота спектра меньше $f_c = \frac{1}{2\Delta}$ (частота НАЙКВИСТА) то по дискретному набору S_n можно точно восстановить исходный сигнал:

$$S(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} S_n \operatorname{sinc}(2\pi f_c (t - n\Delta))$$

$\frac{1}{\Delta}$ - частота дескретизации (ω_0)

Время дескритизации - Δ;

$f_c = 2\omega_0 = \frac{1}{2\Delta} \Rightarrow \Delta = \frac{1}{4\omega_0}$ - что и требовалось найти.

7
$$\begin{cases} m = 2^i \\ I = N \cdot i \end{cases}$$

m - кол-во знаков в алфавите

i - кол-во информации которое несёт каждый знак.

I - количество информации в сообщении.

$$\boxed{I = N \log_2 m}$$ ← Ответ.

N - кол-во знаков в сообщении.

8 При $\overline{u(t)} = 0$ используют автокорреляцион. функцию.

$$B(\tau) = \overline{u(t)\, u(t-\tau)} = \lim_{T\to\infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} u(t)\, u(t-\tau)\, dt;$$ τ - временной сдвиг

при $\tau = 0$ $B(\tau)$ равна дисперсии; $B(\tau) = B(-\tau)$

(8) продолжение

Дисперсия случайного напряжения ΔU^2 пропорциональна полосе фильтра $\Delta\omega$:

$$\Delta U^2 \simeq \tilde{S}_u(\omega)\cdot 2\cdot \frac{\Delta\omega}{2\pi}$$; где величина

$\tilde{S}_u(\omega)$ называется спектральной плотностью.

Полная дисперсия определяется интегралом

$$\sigma = \int_{-\infty}^{+\infty} \tilde{S}_u(\omega)\,\frac{d\omega}{2\pi};$$ (*) $S(\omega) = 2\tilde{S}_u(\omega)$

$$\tilde{S}_u(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} B(\tau)\, e^{i\omega\tau}\, d\tau$$ Т. Винера-Хинчина

$$B(\tau) = \int_{-\infty}^{+\infty} \tilde{S}_u(\omega)\, e^{-i\omega\tau}\, \frac{d\omega}{2\pi}$$

$\tilde{S}_u(\omega)$ и $B(\tau)$ связаны преобразованием Фурье.

(9) $B(\tau) = \langle U(t)\, U(t')\rangle = A e^{|t-t'|}$ $\quad t' = t - \tau$

Найти: $\tilde{S}_u(\omega)$ - ?

$$\tilde{S}_u(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} B(\tau)\, e^{i\omega\tau}\, d\tau = \int_0^{\infty} A e^{\tau(1+i\omega)}\, d\tau +$$

$$+ \int_{-\infty}^{0} A e^{\tau(i\omega-1)}\, d\tau$$

(10) Дано: $\tilde{S}_u(\omega) = \dfrac{A}{\omega^2+a^2}$ Найти: $B(\tau)$

$$B(\tau) = \int_{-\infty}^{+\infty} \tilde{S}_u(\omega) e^{-i\omega\tau}\frac{d\omega}{2\pi} = A\int_{-\infty}^{+\infty}\frac{e^{-i\omega\tau}}{\omega^2+a^2}\frac{d\omega}{2\pi} =$$

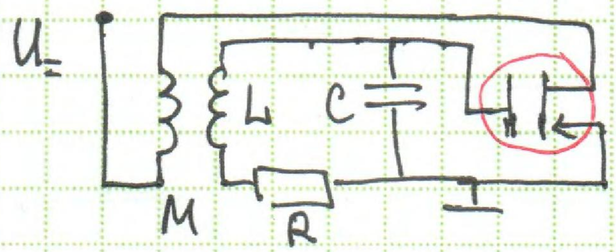
$$= \frac{A}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty}\frac{e^{-i\omega\tau}}{(\omega+ia)(\omega-ia)}d\omega = \frac{A}{2\pi}2\pi i\cdot\left[\lim_{\omega\to ia}\frac{e^{-i\omega\tau}}{\omega-ia} +\right.$$

$$\left.+\lim_{\omega\to ia}\frac{e^{-i\omega\tau}}{\omega+ia}\right] = Ai\left(\frac{e^{i\tau ia}}{2ia}+\frac{e^{-i\tau ia}}{2ia}\right) =$$

$$= \frac{A}{a}\cos a\tau = \frac{A}{a}\cos a(t-t')$$

Качественные задачи.

(11) LC-генератор



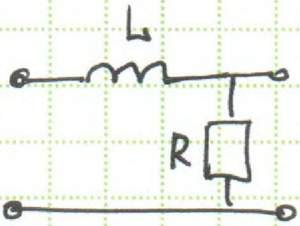
Возникновение заряда q на конденсаторе приведет к появлению напряжения на затворе $U_{зи}$ а следовательно к увеличению тока $I_{си}$ через транзистор и через индуктивность в цепи стока. Это в свою очередь вызовет появление ЭДС взаимоиндукции в цепи контура. Если знак коэффициента M выбран правильно, то действие ЭДС взаимоиндукции приведет к увеличению напряжения на конденсаторе.
Т.о. возникает лавинообразное увеличение амплитуды колебаний в контуре.

(11) продолжение

Ограничение автоколебаний будет происходить за счет нелинейной зависимости коэффициента усиления от амплитуды колебаний.

<u>Тоже самое коротко:</u> q на C приводит к появлению $U_{зи}$ => и $\cdot \uparrow I_{си}$ и I_L => появление ЭДС взаимоиндукции. => увеличение амплитуды колебаний в контуре которое ограничено <u>нелинейной</u> $k[A]$.

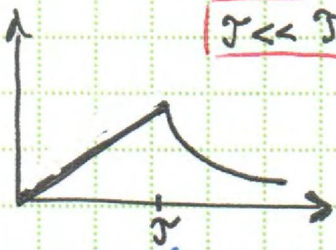
(12)



$\tau^*_{LR} = L/R$

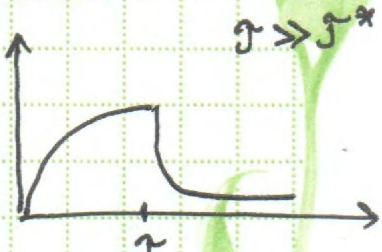
<u>Интегрирующая.</u>

$\boxed{\tau \ll \tau^*}$

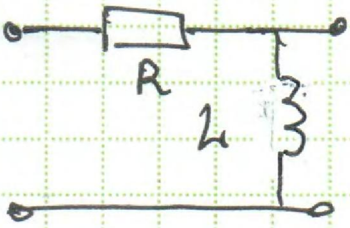


(усл. инт. вып-ся)

$\tau \gg \tau^*$



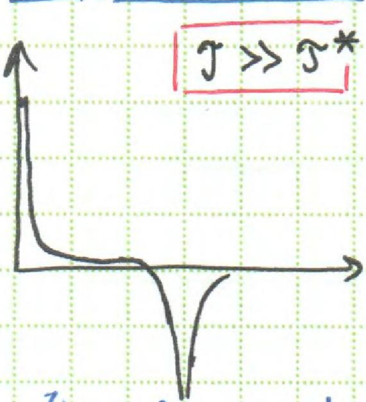
(не вып-ся)



$\tau^*_{RL} = L/R$

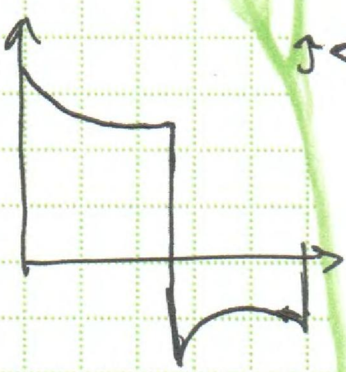
<u>Дифференцирующая.</u>

$\boxed{\tau \gg \tau^*}$

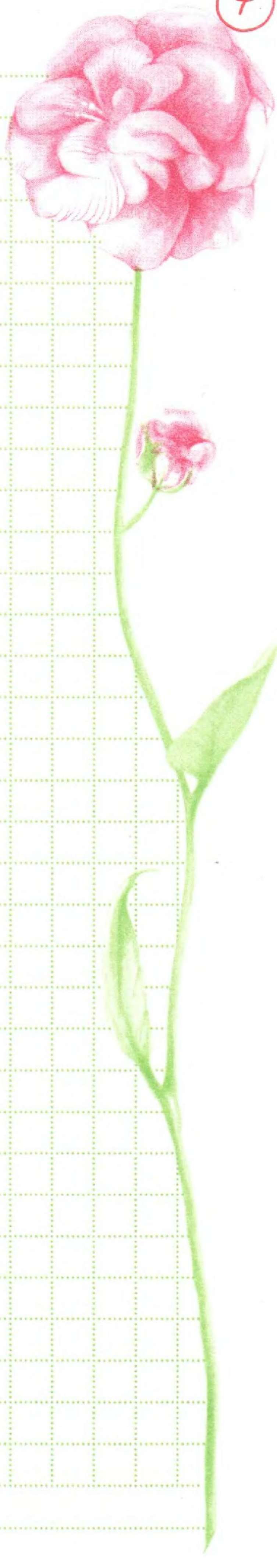


(усл. выполн.)

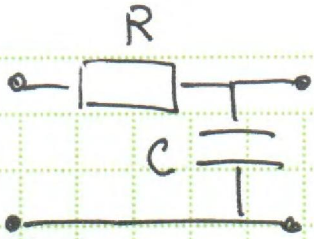
$\tau \ll \tau^*$

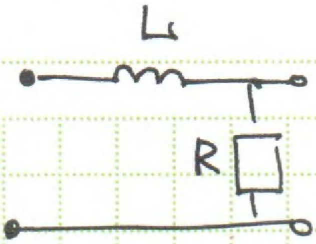


(не выполн.)

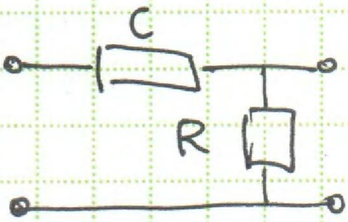


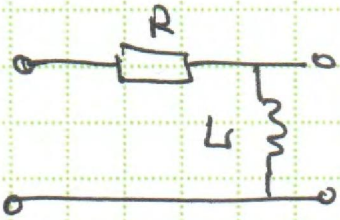
(14)





Интегрирующие цепочки, имеющие идентичные частотные характеристики при $\tau^* = RC = L/R$





Дифференцирующие цепочки, имеющие -//- при $\tau^* = RC = L/R$

(*) Условие диф-ти: $\tau^* \ll t_0$; $\omega \tau^* \ll 1$

Условие инт-ти: $\tau^* \gg t_0$; $\omega \tau^* \gg 1$

(15) Дано: $I = G_0 U + G_3 U^3$; $U(t) = U_0 \cos\omega t$

$$I = G_0 U_0 \cos\omega t + G_3 U_0 \cos^3 \omega t =$$

$$= G_0 U_0 \underset{\uparrow\,\omega}{\cos\omega t} + \frac{G_3 U_0}{4}\left[\underset{\uparrow\,3\omega}{\cos 3\omega t} + 3\underset{\uparrow\,\omega}{\cos\omega t}\right]$$

Ответ: ω и 3ω.

? 16 Дано: $\frac{D_2}{D_1}=n$ $\quad \frac{\lambda_2}{\lambda_1}=\frac{1}{m}$ $\quad \frac{D_2'}{D_1'}=\frac{1}{k}$

Найти: $\frac{N_2'}{N_1'}$ — ?

Мощность излучающей антенны: $N=\overbrace{\frac{\hbar 2\pi c}{\lambda}}^{E_ф}\cdot\overbrace{k}^{\text{кол-во фотонов}}$

Мощн. принимающей антенны: $N'=\frac{\hbar 2\pi c}{\lambda'}\cdot k'$

$\lambda=\lambda'$; $\quad k'=k\,\frac{S'}{S}=\frac{\pi D'^2}{\pi D^2}$, где S и S' площади сферических антенн.

с учетом $k_1=k_2$:

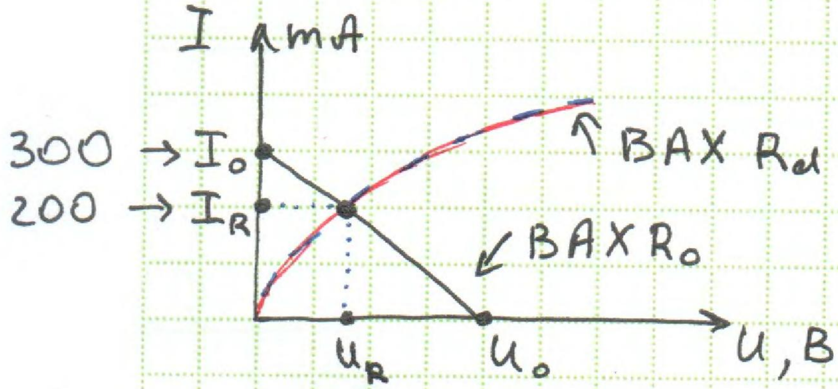
$N_1'=\frac{\hbar 2\pi c}{\lambda_1}\cdot k\cdot\frac{D_1'^2}{D_2^2}$; $\quad N_2'=\frac{\hbar 2\pi c}{\lambda_2}\cdot k\cdot\frac{D_2'^2}{D_2^2}$ $\Rightarrow$

$$\frac{N_2'}{N_1'}=\frac{D_2'^2}{D_1'^2}\cdot\frac{\lambda_1}{\lambda_2}\cdot\frac{D_1^2}{D_2^2}=\frac{1}{k}\cdot m\cdot\frac{1}{n}=\boxed{\frac{m}{kn}}$$

17 ?

18 Для графического нахождения I следует на графике ВАХ R_d провести линию ВАХ R_0.

$$I_0 = \frac{U_0}{R_0} = 300\,mA$$

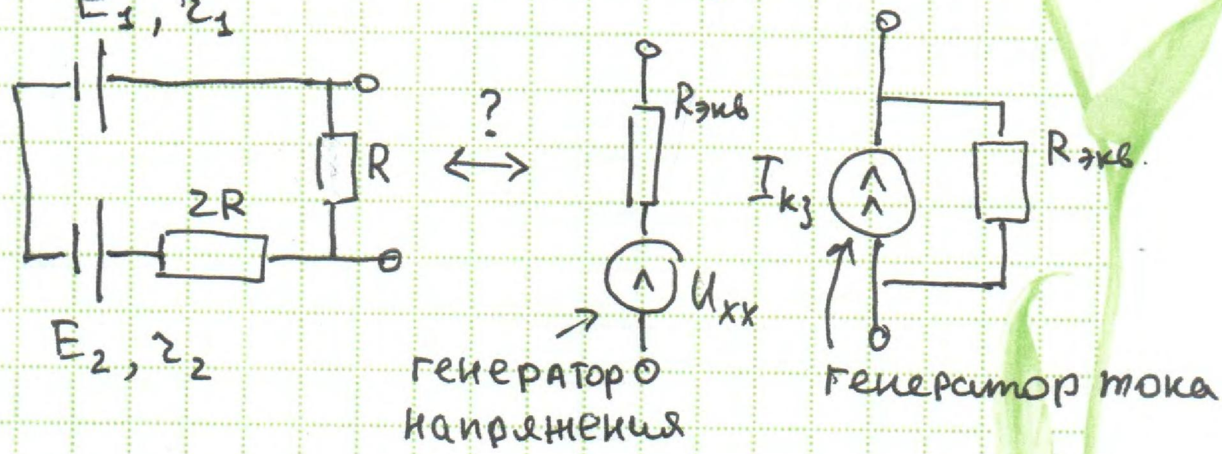


$I = I_R = I_{R_d}$ то т.к точка пересечения (I_R, U_R)

Искомая сила тока в цепи $I = 200\,mA$

Обычные задачи.

19



Напряжение при разомкнутых клеммах (холостой ход) $U_{xx} = I \cdot R$

$$\underset{\text{Закон Ома для полной цепи.}}{I} = \frac{E_1 - E_2}{r_1 + r_2 + \underbrace{2R + R}_{R_{общ}}} \Rightarrow \boxed{U_{xx} = \frac{(E_1 - E_2)R}{r_1 + r_2 + 2R + R}}$$

Ток через соединённые друг с другом клеммы (короткое замыкание):

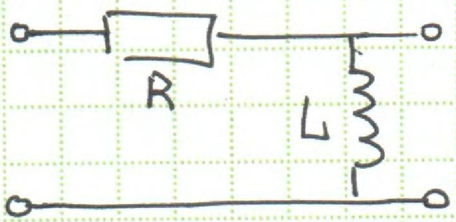
$$\boxed{I_{кз} = \frac{E_1 - E_2}{r_1 + r_2 + 2R};}$$

19 продолжение (* по условию $R_{экв}$ не требуют)

$$R_{экв} = \frac{U_{xx}}{I_{кз}} = \frac{R}{z_1+z_2+3R}\cdot\frac{z_1+z_2+2R}{1} =$$

$$= \frac{R(z_1+z_2)+2R^2}{z_1+z_2+3R}$$

20



$U_{вх} = U_0 \cos\omega t$

Найти A и φ

$U_{вых} = A\cos(\omega t+\varphi)$

$$K(\omega) = \frac{U_{вых}}{U_{вх}} = \frac{i\omega L}{R+i\omega L}; \Rightarrow U_{вых} = U_{вх}\cdot K(\omega) =$$

$$= \frac{U_0\cos\omega t\cdot i\omega L}{R+i\omega L} = \frac{U_0\cos\omega t\,(i\omega LR+\omega^2L^2)}{R^2+\omega^2L^2} =$$

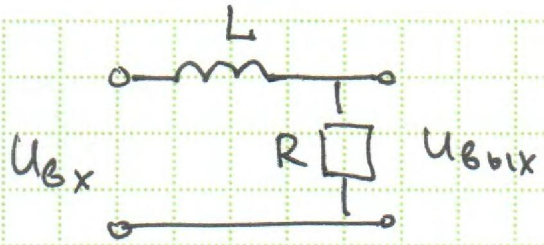
$$= \underbrace{\frac{U_0\omega^2L^2\cos\omega t}{R^2+\omega^2L^2}}_{a} + i\,\underbrace{\frac{\omega LRU_0\cos\omega t}{R^2+\omega^2L^2}}_{b};$$

$$A = \sqrt{a^2+b^2} = \frac{U_0\omega L\cos\omega t}{R^2+\omega^2L^2}\left(\omega^2L^2+R^2\right)^{1/2} =$$

$$= \frac{U_0\omega L\cos\omega t}{\sqrt{R^2+\omega^2L^2}}; \quad \varphi = \operatorname{arctg}\frac{b}{a} =$$

$$= \operatorname{arctg}\left(\frac{R}{\omega L}\right)$$

20 продолжение



$$K(\omega) = \frac{R}{R + i\omega L}$$

$$U_{вых} = \frac{U_0 \cos\omega t \cdot R}{R + i\omega L} = \frac{U_0 \cos\omega t\,(R^2 - i\omega L R)}{R^2 + \omega^2 L^2} =$$

$$= \underbrace{\frac{U_0 R^2 \cos\omega t}{R^2 + \omega^2 L^2}}_{a} + i \underbrace{\left[-\frac{\omega L R\, U_0 \cos\omega t}{R^2 + \omega^2 L^2} \right]}_{b}$$

$$A = \sqrt{a^2 + b^2} = \frac{R \cdot U_0 \cos\omega t}{R^2 + \omega^2 L^2} \left(R^2 + \omega^2 L^2 \right)^{1/2}$$

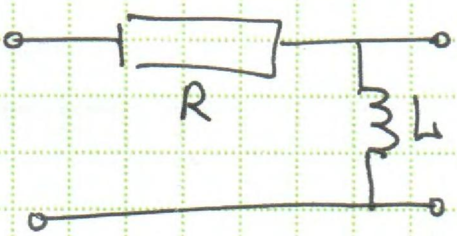
*

$$A = \frac{k}{a + ib}$$

$$|A| = \frac{|k|}{Abs(a+ib)} = \frac{|k|}{\sqrt{a^2+b^2}}$$

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{b}{a} = -\frac{\omega L}{R}$$

21



$$U_{in} = U_0 (1 + m \cos \Omega t) \sin\omega t$$

$$(\Omega \leq \omega)$$

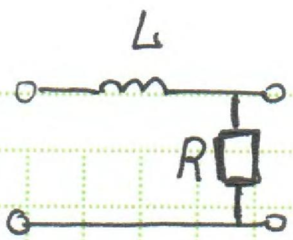
$$K(\omega) = \frac{U_{вых}}{U_{вх}} = \frac{i\omega L}{R + i\omega L};$$

$U_{вых} \approx U_{вх}$ когда $K(\omega) \approx 1$

для этого достаточно чтобы $R \ll i\omega L$

22

а)



$U_{вх}: \tau, U_0$

$$K(\omega) = \frac{R}{R+i\omega L} = \frac{1}{1+i\omega\frac{L}{R}}$$

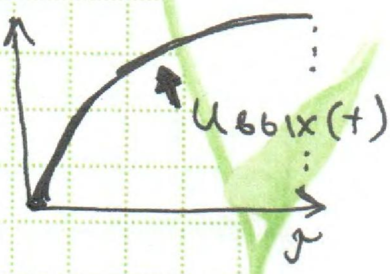
Реакция цепи интегрирующего типа на единичное ступенчатое воздействие с амп. U_0

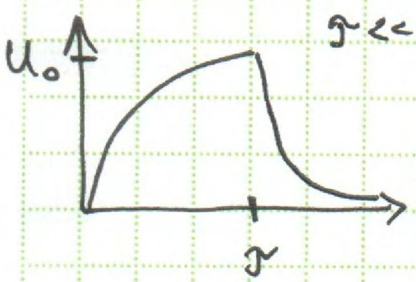
$$U_{вых}(t) = U_0(1-e^{-t/\tau^*}) \qquad \tau^* = L/R$$

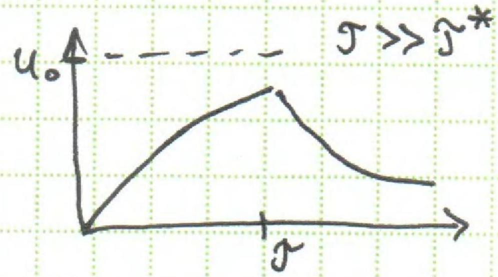
$$U_{вых}(\tau) = U_{max} = U_0(1-e^{-\tau/\tau^*})$$

Если $\tau \ll \tau^*$ $U_{max} \approx U_0$, если $\tau \gg \tau^*$

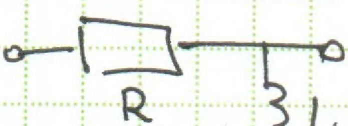
то $U_{max} = U_0(-e^{-\tau/\tau^*})$





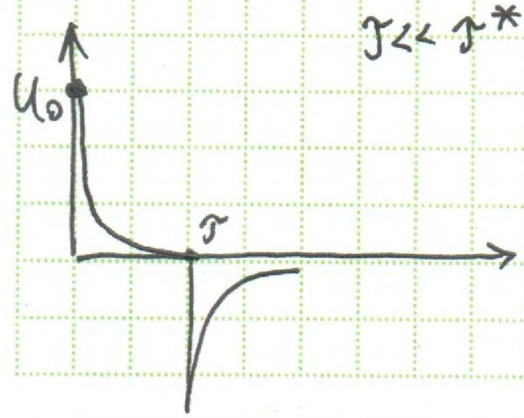


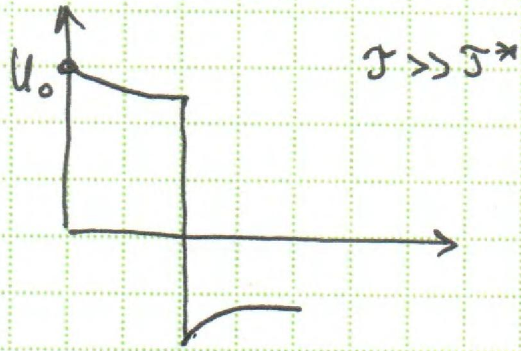
б)



Дифференцирующая цепь её реакция на единичное ступенчатое воздействие

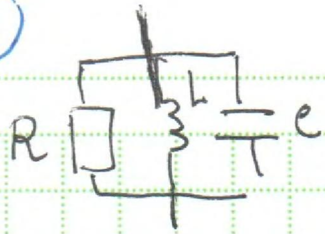
$$U_{вых}(t) = U_0(e^{-t/\tau^*})$$





$$U_{вых}(0) = U_0 e^0 = U_0$$

23



$I = I_0 \sin\omega t$

$\boxed{i = -\frac{1}{i}}$

Для паралельного контура: $\rho = \sqrt{\frac{L}{C}}$ $Q = \frac{R}{\rho}$

$\varepsilon = \frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}$ $\quad I_R = \frac{\rho}{R}\frac{I}{1/Q + i\varepsilon} = \frac{I}{1+i\varepsilon Q}$

$I_L = -i\frac{\omega_0}{\omega}\frac{QI}{1+iQ\varepsilon} = \frac{\omega_0}{\omega}\frac{QI}{i-\varepsilon Q}$

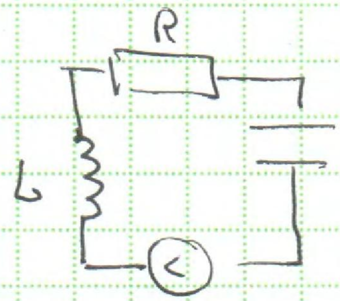
$I_C = \frac{i\omega_0}{\omega_0}\frac{QI}{1+iQ\varepsilon} = \frac{\omega}{\omega_0}\frac{QI}{(-i+\varepsilon Q)}$

При $\omega_0 = \omega$ наблюдается резонанс токов
($\varepsilon = 0$)

$I_R = I$; $I_L = -QI\cdot i$; $I_C = QI\cdot i$

т. е. $\omega_0 = \omega_R = \omega_C$

24



Дано: $\omega = \omega_0$

$R_1 = R$ $\quad R_2 = 2R$ $\quad R_3 = R/2$

$L_1 = L$ $\quad L_2 = 2L$ $\quad L_3 = L/4$

$C_1 = C$ $\quad C_2 = C/3$ $\quad C_3 = 3C$

Для последовательного контура:

$\rho = \sqrt{\frac{L}{C}}$; $Q = \frac{\rho}{R}$; $\varepsilon = \frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}$; $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

$I(\omega) = \frac{U_0}{\rho(\frac{1}{Q} + i\varepsilon)}$; $\quad U_C = \frac{I}{i\omega C}$,

24 продолжение

$$|U_c| = \frac{U_0}{\rho\omega C\sqrt{1/Q^2+\varepsilon^2}} \quad \text{при } \omega=\omega_0 \quad \varepsilon=0$$

$$|U_c| = \frac{Q\,U_0}{\rho\,\omega\,C} = \frac{\sqrt{L}\,U_0}{R\sqrt{C}}$$

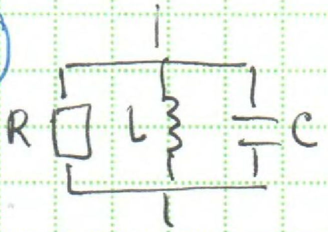
$$|U_{c_1}| = \frac{U_0\sqrt{L}}{R\sqrt{C}} \qquad |U_{c_2}| = \frac{U_0\sqrt{2L}\,\sqrt{3}}{2R\sqrt{C}}$$

$$|U_{c_3}| = \frac{2U_0\sqrt{L}}{R\sqrt{3C}\,\sqrt{4}}$$

$$|U_{c_1}| : |U_{c_2}| : |U_{c_3}| = 1 : \sqrt{\frac{3}{2}} : \frac{1}{\sqrt{3}} =$$

$$= 1 : \frac{3}{2} : \frac{1}{3} = \frac{6}{6} : \frac{9}{6} : \frac{2}{6} = 6:9:2$$

25



$I = I_0 \cos\omega t$; $\quad \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

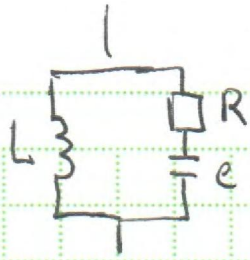
Найти: I_R, I_L, I_C

*(см стр 14 №23)

$$I_R = \frac{I}{1+i\varepsilon Q}; \qquad I_L = \frac{\omega_0}{\omega}\,\frac{QI}{i-\varepsilon Q};$$

$$I_C = \frac{\omega}{\omega_0}\,\frac{QI}{(\varepsilon Q - i)};$$

26



$$I = I_0 \sin\omega t \qquad \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$\frac{1}{Z(\omega)} = \frac{1}{i\omega L} + \frac{1}{R + \frac{1}{i\omega C}} =$$

$$= \frac{1}{i\omega L} + \frac{i\omega C}{i\omega RC + 1} = \frac{i\omega RC + 1 - \omega^2 CL}{i\omega L - \omega^2 RCL}$$

$$U = U_L = I \cdot Z(\omega) \qquad I_L = \frac{U_L}{i\omega L} = \frac{I\, Z(\omega)}{i\omega L}$$

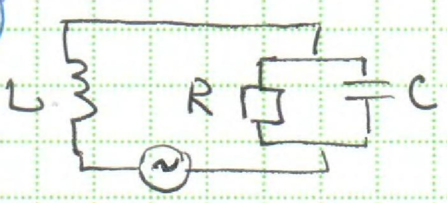
$$I_L = \frac{I\,(i\omega L - \omega^2 RCL)}{(i\omega RC + 1 - \omega^2 CL)\, i\omega L} =$$

$$= I\,\frac{1 + i\omega RC}{i\omega RC + 1 - \omega^2 CL} = \qquad \text{т.к. } \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \text{ то } \omega^2 LC = 1$$

$$= I\,\frac{1 + i\omega RC}{i\omega RC} = I\,\left(1 - i(\omega RC)^{-1}\right);$$

$$|I_L| = \sqrt{1 + \frac{L}{R^2 C}} \cdot I_0 \sin\omega t.$$

27



Найти $|U_L|$

$$U = U_0 \sin\omega t \qquad \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$Z(\omega) = i\omega L + \frac{1}{i\omega C + \frac{1}{R}} = i\omega L + \frac{R}{i\omega CR + 1} =$$

$$= \frac{R + i\omega L - \omega^2 CRL}{i\omega RC + 1} \qquad \text{т.к. } \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \text{ то } \omega^2 CR = 1$$

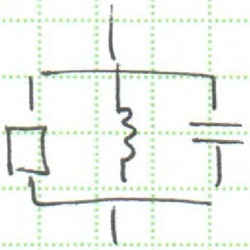
27 продолжение

$$Z(\omega) = \frac{i\omega L}{i\omega CR + 1} \qquad I = \frac{U}{Z(\omega)} \qquad U_L = I \cdot i\omega L$$

$$U_L = \frac{U i\omega L}{Z(\omega)} = U(i\omega CR + 1)$$

$$|U_L| = U\sqrt{1 + \omega^2 C^2 R^2} = U_0 \sin\omega t \sqrt{1 + \frac{CR^2}{L}}$$

28



$|I_L| = ?$ $\quad Q \gg 1 \quad \varphi_{I_L} = \pm\frac{\pi}{4}$

$I = I_0 \sin\omega t$

$$I_L = \frac{\omega_0}{\omega}\frac{QI}{i - \varepsilon Q} \qquad |I_L| = \frac{\omega_0}{\omega}\frac{QI}{\sqrt{1 + \varepsilon^2 Q^2}}$$

$$\mathrm{Agr}\, I_L = \varphi_{I_L} = \mathrm{arctg}\, 1 = \frac{\pi}{4}$$

$$I_L = \frac{\omega_0}{\omega}\frac{QI(i + \varepsilon Q)}{1 + \varepsilon^2 Q^2} \Rightarrow \mathrm{Arg}\, I_L = \mathrm{arctg}\frac{1}{\varepsilon Q}$$

$$\frac{1}{\varepsilon Q} = 1 \Rightarrow Q = \frac{R\sqrt{C}}{\sqrt{L}} \qquad \varepsilon = \frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}$$

$$\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} = \frac{1}{Q} \qquad \omega = \frac{\omega_0 \pm \sqrt{1 + 4Q^2}\,\omega_0}{2Q}$$

т.к. $Q \gg 1$ то $\omega = \frac{\omega_0 \pm 2Q\omega_0}{2Q} =$

$$= \frac{\sqrt{L}(1 \pm 2Q)}{\sqrt{LC}\, 2R\sqrt{C}} = + \frac{2Q}{2RC} = \frac{1}{\sqrt{LC}} \Rightarrow \omega \approx \omega_0$$

$|I_L| = Q I_0 \sin\omega t$ ← Ответ.

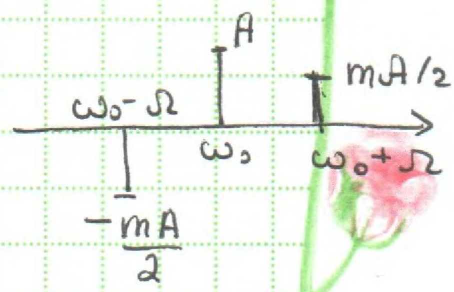
29 $U_{ФМ} = A_0 \cos(\omega_0 t + m \sin \Omega t)$

В спектре содержит $\omega \pm \Omega k$ k - целое

В приближении $m \ll 1$ $\omega \pm \Omega$, ω
$(\pm mA/2)$ (A)

Если считать

$m \ll 1$ и $\Omega \ll \omega_0$



Если разложить $U_{ФМ}$ в ряд, то при пренебрежении $m \ll 1$ будем иметь:

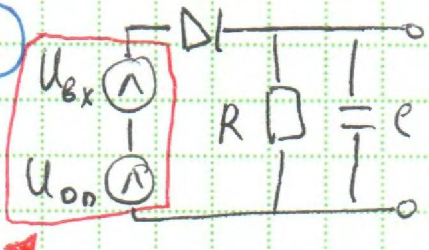
$$U_{ФМ} \approx A_0\left(\cos(\omega_0 t) + \frac{m}{2}\cos(\omega_0+\Omega)t - \frac{m}{2}\cos(\omega_0-\Omega)t\right)$$

Такому сигналу соответствуют ответы

2) $U(t) = A_0(\cos \omega_0 t \boxed{+m} \cos(\omega_0+\Omega)t \boxed{-m} \cos(\omega_0-\Omega)t$

4) $U(t) = A_0(\sin \omega t \boxed{+m} \sin(\omega_0+\Omega)t \boxed{-m} \sin(\omega_0-\Omega)t$

30



$U_{вх} = U_0 \cos(\omega t + m \cos \Omega t)$

$U \ldots = U_{вх} + U_{оп}$

$m \ll 1$ $\Omega \ll \omega$

Эта часть схемы превращает ФМ сигнал в АМ:

$U(t) = -U_1\left(1 + \frac{U_0 \Phi(t)}{U_1}\right)\sin\omega t$, где $\phi(t) = m \cos \Omega t$

Остальная часть схемы - „выпрямитель" который АМ сигнал превращает в сигнал $A_1 \sin(\omega_1 t)$

30 продолжение

$$U_1(t) = U_{вх}(t) + \overbrace{(-U_0\cos\omega t - U_1\sin\omega t)}^{U_{оп}} \simeq$$

$$\simeq -U_1\left(1+\frac{U_0\,\phi(t)}{U_1}\right)\sin\omega t;\quad \phi(t) = m\cos\Omega t \leftarrow$$ дано по условию

$$U_{вх}(t) = U_0\cos(\omega t + \phi(t))$$

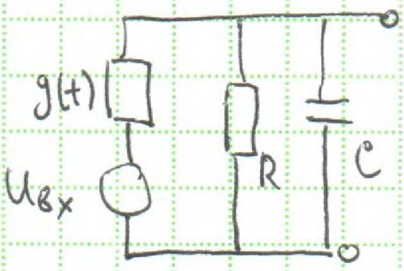
$U_1(t) \to$ „выпрямитель" $\to U_{вых} = -U_0 m\cos\Omega t$

при условиях:

$\omega RC \gg 1$ и $\Omega RC \ll 1$ $\Rightarrow$

$\Rightarrow U_{вых}(t) = -U_0\, m\cos\Omega t$ что и требовалось найти.

31



$g(t)$ – зависящая от времени проводимость

$$U_{вх} = V_0\cos(\omega t + \overbrace{m\cos\Omega t}^{\phi(t)})$$

$$g(t) = g_0 + g_1\cos(\omega t + \theta),\quad R,\ \frac{1}{i\omega C} \ll \frac{1}{g}$$

$g(t)$ – достаточно мала, тогда

$$I(t) \simeq g(t)\,U_{вх}(t) = g_0U_0\cos(\omega t + \phi(t)) +$$

$$+\frac{g_1U_0}{2}\cos(2\omega t + \phi(t) + \theta) + \frac{g_1U_0}{2}\cos(\phi(t) - \theta)$$

при $\theta = 0$ $\quad I_{н.ч} = \dfrac{g_1U_0}{2}\cos(\phi(t)) \Rightarrow$

при использовании RC-фильтра. $\omega RC \gg 1$, $\Omega RC \ll 1$

$$U_{вых} \sim U_0\,\phi(t) = U_0\, m\cos\Omega t$$