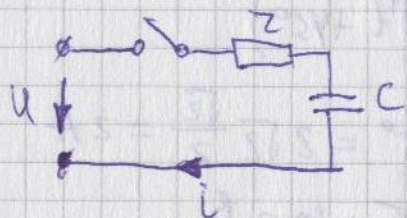


b) $1 + A_1 = 2$

$10^4 + A_2 = 10^4 A_1 = \frac{-200 \cdot 10^3}{5} = -4 \cdot 10^4$

$A_1 = 1; A_2 = -4 \cdot 10^4$

1) $i = i_{np} + i_{cb} = \sqrt{2} \sin(10^4 t + 45^\circ) + (1 - 4 \cdot 10^4 t) e^{-10^4 t}$

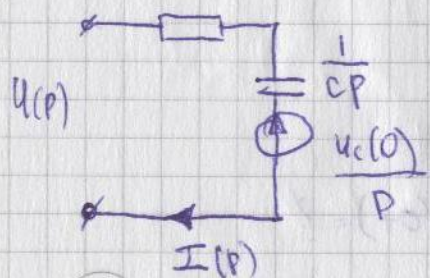


$Z = 10^4 \Omega$

$C = 50 \mu F$

$u = 120 - 120 e^{-4t}$

$i(t) = ?$

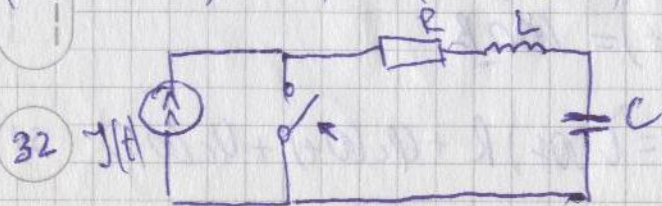


$U(p) = \frac{120}{p} - \frac{120}{p+4} = \frac{480}{p(p+4)}$

$I(p) = \frac{U(p)}{Z + \frac{1}{cp}} = \dots =$

$= \frac{0,048}{(p+4)(p+2)} = 0,048 \frac{1}{p-2}$

$(e^{-4t} - e^{-2t}) = 0,024 (e^{-4t} - e^{-2t}) = i(t)$



32

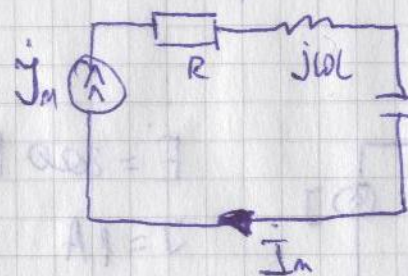
$J(t) = 2\sqrt{2} \sin(10^4 t + 135^\circ) A$

$R = 100 \Omega$

$L = 5 mH$

$C = 2 \mu F$

$i_L(t) = J(t) = 2\sqrt{2} \sin(10^4 t + 135^\circ) A$



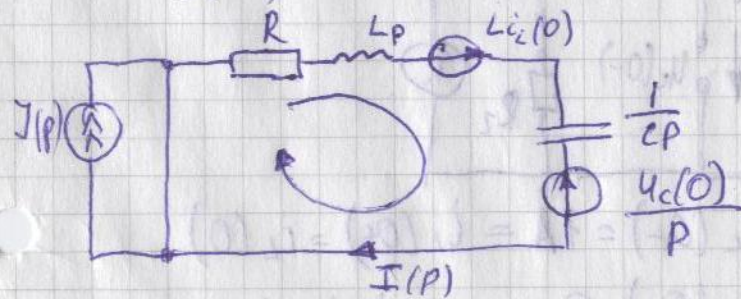
$U_{cm} = J_m / (-j \frac{1}{wc}) =$
 $= 2\sqrt{2} e^{j135} 50 e^{-j90} =$

$= 100\sqrt{2} e^{j45}$

$u_c = 100\sqrt{2} \sin(10^4 t + 45^\circ)$

$i_L(0-) = 2\sqrt{2} \sin 135^\circ = 2 A = i_L(0+) = i_L(0)$

$u_c(0-) = 100\sqrt{2} \sin 45^\circ = 100 V = u_c(0+) = u_c(0)$



33

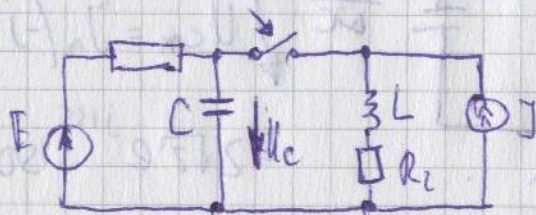
$$L i_L(0) - \frac{U_C(0)}{p} = I(p) \left[R + Lp + \frac{1}{Cp} \right]$$

PROFF

$$I(p) = \frac{10 \cdot 10^{-3} - \frac{100}{p}}{100 + 5 \cdot 10^{-3} p + \frac{10^6}{2p}} =$$

$$= 2 \cdot \frac{p}{(p+10^4)^2} - 2 \cdot 10^4 \frac{1}{(p+10^4)^2} \stackrel{!}{=} 2 \cdot (1-10^4) e^{-10^4 t}$$

$$- 2 \cdot 10^{-10^4 t} \cdot 10^4$$



$$E = 200 \text{ V}$$

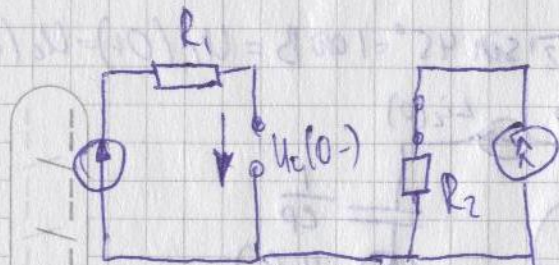
$$I = 1 \text{ A}$$

$$R_1 = R_2 = 100 \text{ Ohm}$$

$$C = 400 \text{ nF}$$

$$L = 0,5 \text{ H}$$

$$U_C(t) = ?$$

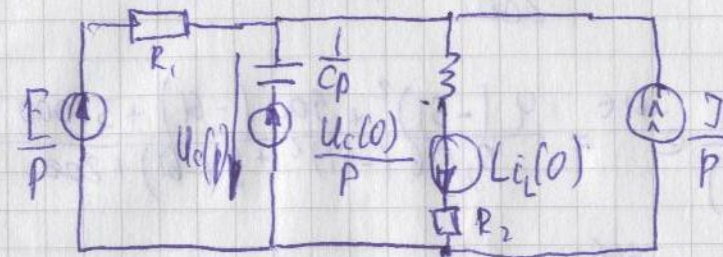


$$i_L(0-) = 1 \text{ A} = i_L(0+) = i_L(0)$$

$$i_1(0-) = 0$$

$$E = i_1(0-) \cdot R_1 +$$

$$+ U_C(0-) \Rightarrow U_C(0-) = E = U_C(0+) = U_C(0)$$



PROFF

$$\varphi_2(p) = 0$$

$$\varphi_1(p) = \frac{\frac{E}{p} + \frac{U_C(0)}{p} - \frac{L i_L(0)}{R_2 + Lp} + \frac{I}{p}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{Cp} + \frac{1}{R_2 + Lp} + \frac{1}{\infty}} =$$

$$U_C(p)$$

$$= \frac{4p^2 + 800p + 30000}{p(0,02p^2 + 4,5p + 200)} = \frac{F_1(p)}{F_2(p)}$$

$$U_C(t) = \sum \frac{F_1(p_k)}{F_2'(p_k)} e^{p_k t}$$

$$p_1 = 0 \quad 0,02p^2 + 4,5p + 200 = 0$$

$$p^2 + 225p + 10000 = 0$$

$$p_{2,3} = -112,5 \pm \sqrt{112,5^2 - 10000} = -112,5 \pm 51,5$$

$$p_2 = -61 \quad ; \quad p_3 = -164$$

$$F_2' = 0,06p^2 + 9p + 200 ;$$

34

35

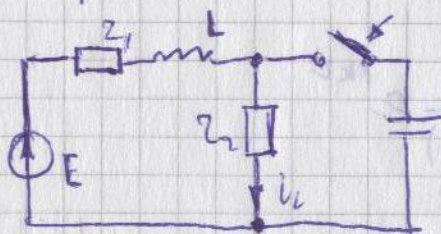
$$\frac{F_1(0)}{F_2(0)} e^{0t} = \frac{30000}{200} = 150$$

$$\frac{F_1(-61)}{F_2(-61)} e^{-61t} = \frac{4(-61)^2 + 900(-61) + 30000}{0,06(-61)^2 + 9(-61) + 200} e^{-61t} = 79,66 e^{-61t}$$

$$\frac{F_1(-164)}{F_2(-164)} e^{-164t} = -79,66 e^{-164t}$$

$$u_c(t) = 150 + 79,66 e^{-61t} - 79,66 e^{-164t}$$

$$u_{cnp} = 150$$



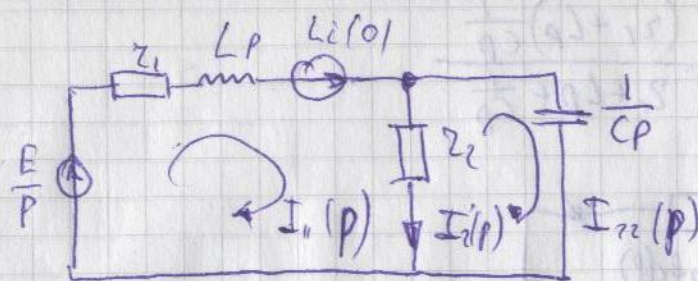
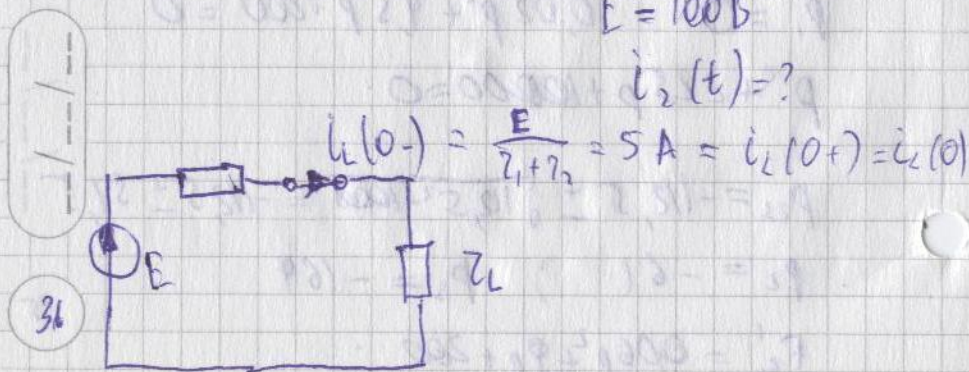
$$Z_1 = Z_2 = 10 \text{ Ом}$$

$$L = 5 \text{ мГн}$$

$$C = 10 \text{ мкФ}$$

$$E = 100 \text{ В}$$

$$i_2(t) = ?$$



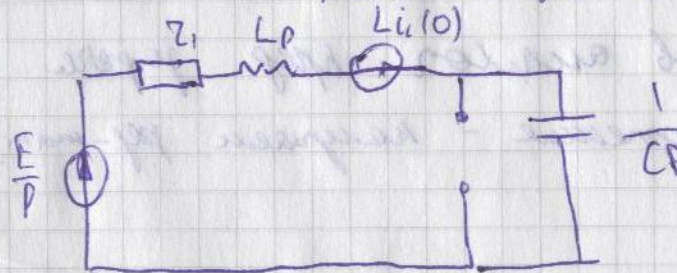
$$\begin{cases} I_1(p) [Z_1 + Lp + Z_2] - I_2(p) Z_2 = \frac{E}{P} + Li_L(0) \\ -I_1(p) Z_2 + I_2(p) [Z_2 + \frac{1}{cp}] = 0 \end{cases}$$

$$I_1(p)$$

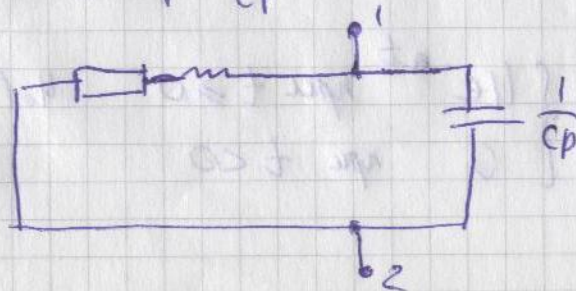
$$I_2(p)$$

$$I_2(p) = I_1(p) - I_{22}(p)$$

МО МЭГ решаемое макс.

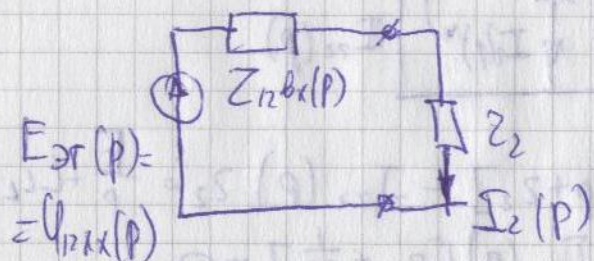


$$\frac{\frac{E}{P} + Li_L(0)}{Z_1 + Lp + \frac{1}{cp}} \cdot \frac{1}{cp} = U_{max}(p);$$



$$Z_{12bx}(p) = \frac{(z_1 + Lp) \frac{1}{Cp}}{z_1 + Lp + \frac{1}{Cp}}$$

PROFF



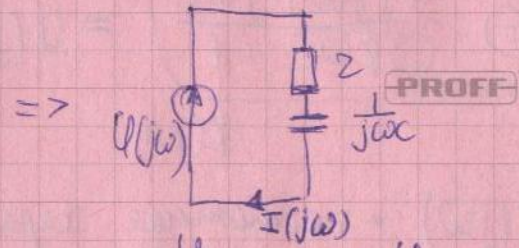
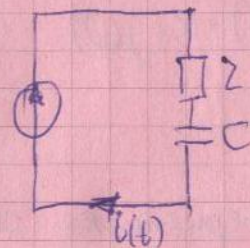
$$I_2(p) = \frac{U_{12xx}(p)}{z_2 + Z_{12bx}(p)} = \frac{100 + 25 \cdot 10^{-3} p}{p(50 \cdot 10^{-8} p^2 + 6 \cdot 10^{-3} p + 20)}$$

Применив анализ пер. разра
пер. представление - найдем пер-мат.

Найти ток через конденсатор при
выполнении на ЗС - цепи через экспоненту
напряжения

$$u(t) = \begin{cases} Ue^{-at} & \text{при } t \geq 0 \\ 0 & \text{при } t < 0 \end{cases} \quad u_c(0-) = 0$$

38



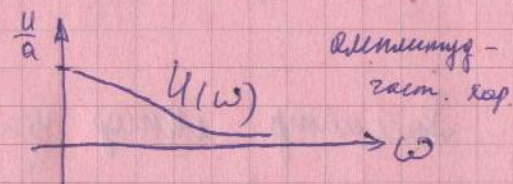
PROFF

$$U(jw) = U(p) \quad p = jw$$

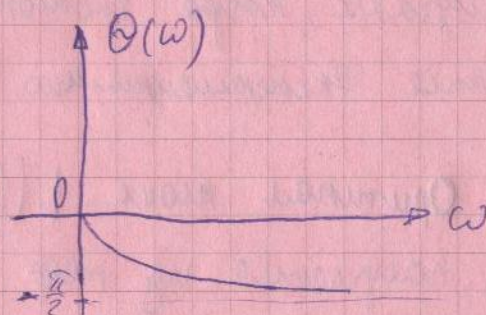
$$= \frac{U}{a + jw} = \frac{U}{\sqrt{a^2 + w^2}} e^{j \arctg \frac{w}{a}}$$

$$= \frac{U}{\sqrt{a^2 + w^2}} e^{-j \arctg \frac{w}{a}} = U(w) e^{j \theta(w)}$$

$$U(w) = \frac{U}{\sqrt{a^2 + w^2}}$$

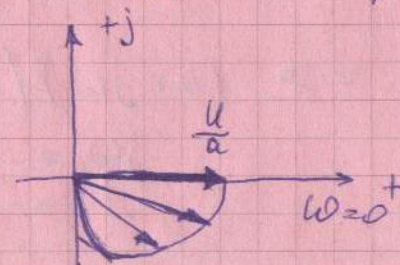


$$\theta(w) = -\arctg \frac{w}{a}$$



Получаем

$U(jw)$ - комплексное место полюсов векторов $U(jw)$ при изменении $w \in (0; \infty)$.



$$I(jw) = \frac{U(jw)}{R + \frac{1}{jwc}} \quad (39)$$

$$\textcircled{=} \frac{U(j\omega) j\omega C}{jRC\omega + 1} = U(j\omega) \cdot K(j\omega)$$

PROFF

$K(j\omega)$

$K(j\omega)$ - расчетная характеристика системы.

$$K(j\omega) = K(\omega) e^{j\varphi(\omega)} = B(\omega) + jM(\omega)$$

$\downarrow$ амплитудно-фазовая характеристика
 $\downarrow$ фазовая характеристика
 $\downarrow$ вещественная часть
 $\downarrow$ мнимая часть

Расшифр. метод упрощен. применяется в тех случаях, когда расчет. хар. системы устанавливается экспериментально.

Оригинал по $i(t)$ по известному $I(j\omega)$ найдем из мер. результатов.

$$I(j\omega) = \frac{F_1(j\omega)}{F_2(j\omega)} = \frac{U}{a+j\omega} \cdot \frac{j\omega C}{1+j\omega RC}$$

$$i(t) = \sum_k \frac{F_1(j\omega_k)}{F_2(j\omega_k)} e^{j\omega_k t}$$

$$F_2(j\omega) = 0 \Rightarrow (a+j\omega)(1+j\omega RC) = 0$$

$$j\omega_1 = -a$$

$$j\omega_2 = -\frac{1}{RC}$$

$$F_2'(j\omega) = 1/(1+j\omega RC) + RC(a+j\omega) = 1 + RCa + 2RCj\omega$$

PROFF

$$\frac{F_1(-a)}{F_2'(-a)} e^{-at} = \frac{UC(-a)}{1-RCa} e^{-at}$$

$$\frac{F_1(-\frac{1}{RC})}{F_2'(-\frac{1}{RC})} e^{-\frac{1}{RC}t} = \frac{UC(-\frac{1}{RC})}{1+RCa+2RC(-\frac{1}{RC})} e^{-\frac{1}{RC}t} =$$

$$= \frac{-\frac{U}{R} e^{-\frac{1}{RC}t}}{-1+RCa} = \frac{\frac{U}{R} e^{-\frac{1}{RC}t}}{1-RCa} =$$

$$= \frac{U}{1-RCa} \left(\frac{1}{R} e^{-\frac{1}{RC}t} - Ca e^{-at} \right)$$

Метод переменных составных

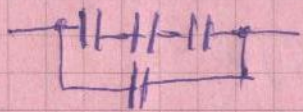
Эксп. состав любой эл. цепи в конт. момент времени отраз. суммой всех

$$\frac{Li^2}{2} \text{ и } \frac{C\psi^2}{2}$$

Токи в невязке индуктив. и емкостных называются ^{и не зависят} независимыми



первичных - 2
из 3-х



вторич. - 3
из 4-х

Метод основ на упрощ. состав. и решен.
канонич. системы. первого порядка, который
записыв. в виде, удобном для примене-
ния различных методов дифф. и интегр.

$$[\dot{X}] = [A][X] + [B][Z]$$

↓
матрица
1-х производных
по времени.

$[n \times n]$

матрица
коэф. при X

↓
матрица
коэф. при Z

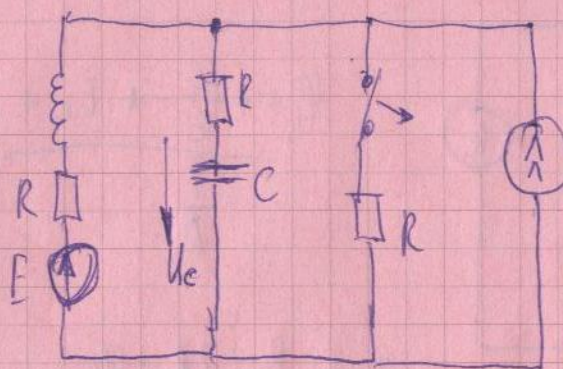
↓
матрица
коэф. при Z

↓
матрица
коэф. при Z

$$\begin{pmatrix} X_1(0) \\ X_2(0) \\ \dots \\ X_n(0) \end{pmatrix}$$

42

Рассмотр. по примеру
способ. состав. упр. систем,
основ на замене поэлементно
схемы рисунком схемой
сод. источники ЭДС и
тока.



$$E = 4 \text{ В}$$

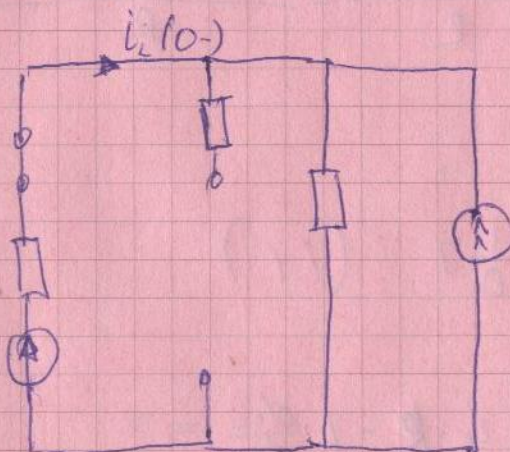
$$J = 1 \text{ А}$$

$$R = 2 \text{ Ом}$$

$$L = 1 \text{ Гн}$$

$$C = 1 \text{ Ф}$$

i_L } - перед сест. $i_L(0-) = i_L(0+) = i_L(0)$
 U_C



$$i_L(0-) = i_L(0+) = i_L(0)$$

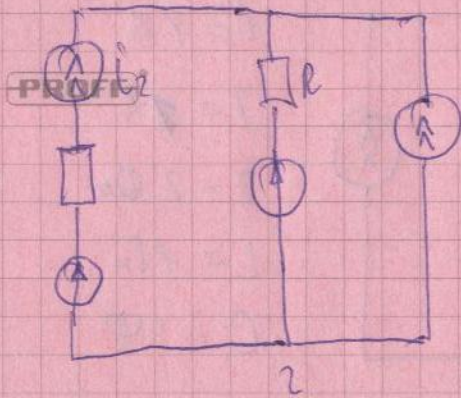
$$i_L(0-) = 0,5 \text{ А}$$

$$\frac{E}{R+R} - J \frac{R}{R+R}$$

$$U_C(0-) = -i_L(0-) \cdot R + E = 3 \text{ В}$$

В полематичную схему индукт.
завис. ветвлением тока с током
 i_L и напряж. $U_C = L \frac{di_L}{dt}$, а ёмкосте
ветвлением ЭДС $E_2 = U_C$ с током
 $i_C = C \frac{dU_C}{dt}$

43



$$\varphi_1 = + \frac{u_c}{R} + i_L + j = \frac{1}{R}$$

$$= i_L R + jR + u_c$$

$$i = C \frac{du_c}{dt} = \frac{\varphi_1 - \varphi_2 - u_c}{R} = \frac{i_L R + jR + u_c - u_c}{R} = i_L + j$$

$$\frac{du_c}{dt} = \frac{1}{C} i_L + \frac{1}{C} j \quad (1.1)$$

$$\varphi_1 = \varphi_2 + E - i_L R - L \frac{di_L}{dt} \Rightarrow$$

$$L \frac{di_L}{dt} = \varphi_2 + E - i_L R - \varphi_1 = E - i_L R - jR - u_c =$$

$$= -2R i_L - u_c + E - jR$$

$$\frac{di_L}{dt} = -\frac{2R}{L} i_L - \frac{1}{L} u_c + \frac{1}{L} E - \frac{R}{L} j \quad (1.2)$$

44) Требуется, решить (1.1) и (1.2)

представил. Каноническое уравнение для системы

$$[\dot{x}] = \begin{bmatrix} \frac{di_L}{dt} \\ \frac{du_c}{dt} \end{bmatrix}$$

$$[x] = \begin{bmatrix} i_L \\ u_c \end{bmatrix}$$

$$[z] = \begin{bmatrix} E \\ j \end{bmatrix}$$

$$[A] = \begin{bmatrix} -\frac{2R}{L} & -\frac{1}{L} \\ \frac{1}{C} & 0 \end{bmatrix}$$

$$[B] = \begin{bmatrix} \frac{1}{L} & -\frac{R}{C} \\ 0 & \frac{1}{C} \end{bmatrix}$$