

Лабораторный журнал
по электротехнике

студента группы БТ-102

Худова Александра Валерьевича.

Лабораторная работа №1.
Линейные цепи переменного тока

Завсдак 

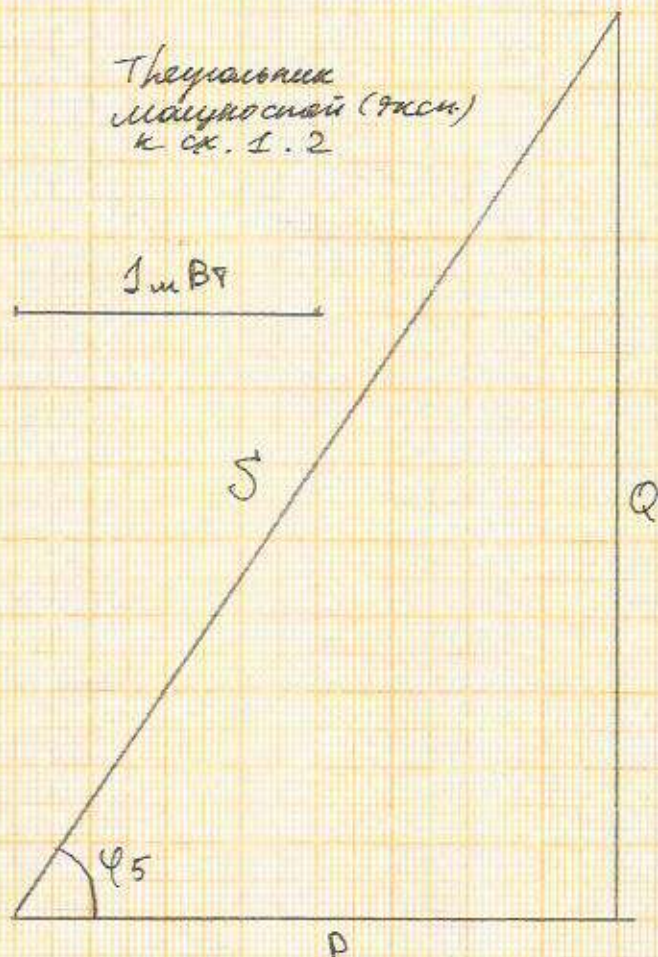
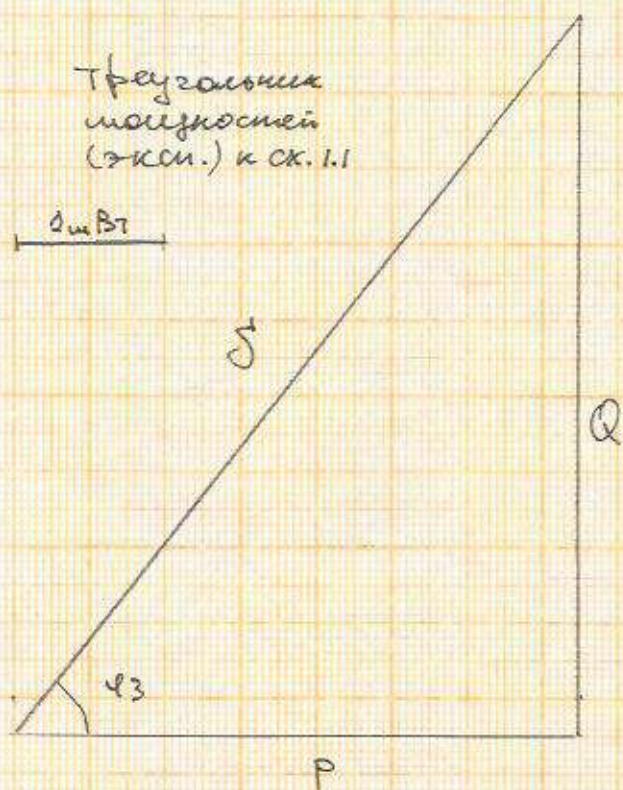
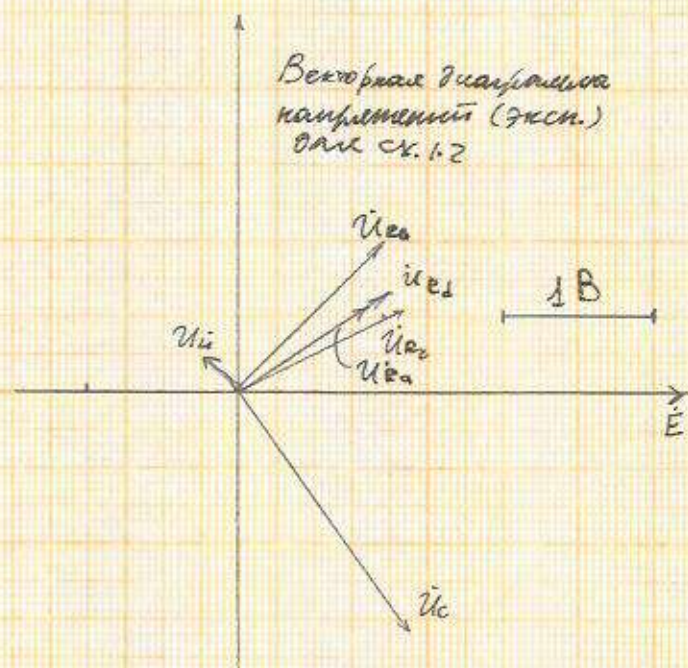
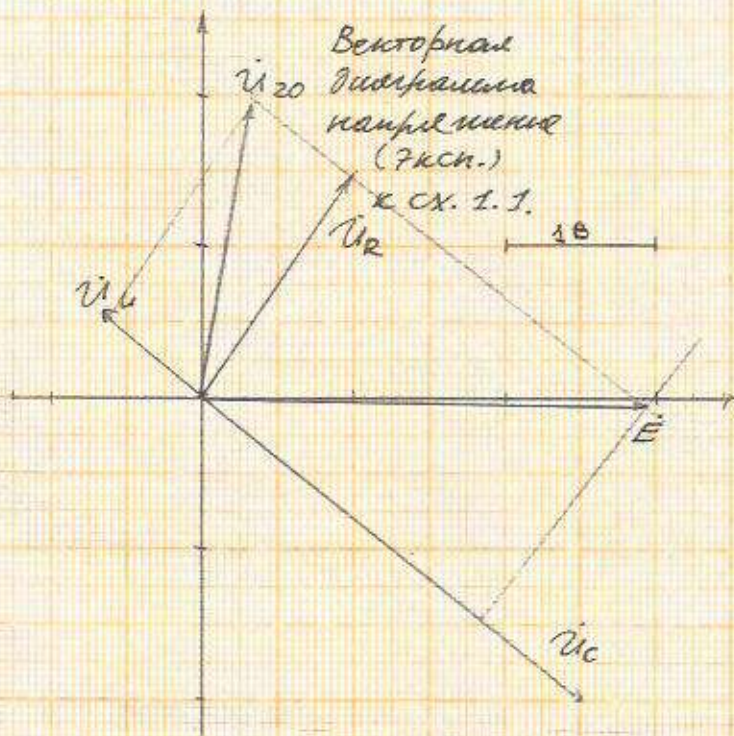
$$\varphi_2 = 20 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 360^\circ = 200 \cdot 10^{-3} \cdot 360^\circ = 0,2 \cdot 360^\circ = 72^\circ.$$

$$\varphi_3 = 120 \cdot 10^{-3} \cdot 360^\circ = 0,12 \cdot 360^\circ = 65^\circ$$

$$\dot{I}_1 = \frac{U_{ea}}{R_a} e^{j\varphi_2} = (0,4 \cdot 10^{-3}) e^{j43,2^\circ}$$

$$\dot{I}_2 = \frac{U_{ee}}{R_e} e^{j\varphi_3} = (0,4 \cdot 10^{-3}) e^{j45^\circ}$$

MicroCab.

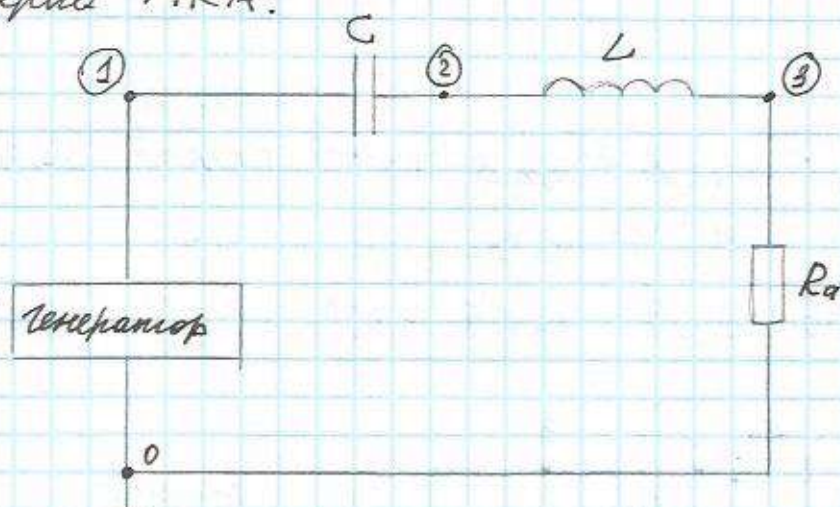


Цель работы - исследование основных свойств симуляционных источников ЭДС, линейных электрических цепей с гармоническими источниками ЭДС, применение на практике МКА, применение МЭГ, теорема Варнациона, принцип обратности.

Оборудование: генератор АНГ-1002, мультиметр, осциллограф Tektronix TDS 2002B.

Задания на эксперимент:

1. Проверка МКА.



$$\varphi_2 = \Delta t \cdot f \cdot 360^\circ$$

$$\varphi_3 = \Delta t \cdot f \cdot 360^\circ$$

Таблица 1.1

U_c, B	U_L, B	U_{Ra}, B	U_{10}, B	U_{20}, B	U_{30}, B	$\varphi_2, \text{град}$	$\varphi_3, \text{град}$
3,2	0,84	1,82	3	2	1,82	77°	52°
3,22	0,75	1,72	3	2,96	1,76	72°	65°

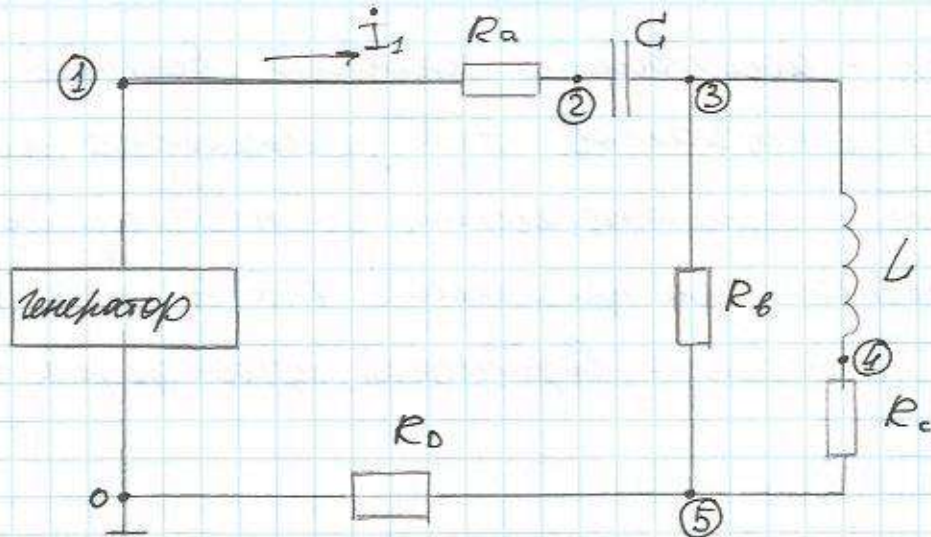


Таблица 1.2

U_{Ra}, B	U_C, B	U_{Rb}, B	U_L, B	U_{Rc}, B	U_{R0}, B
1	1,2 1,9	1,3	0,3	1,2	0,132
1,08.	1,95	1,2	0,328	1,16	0,145

Таблица 1.3

U_{10}, B	U_{20}, B	U_{30}, B	U_{40}, B	U_{50}, B	$\varphi_2, \text{град}$	$\varphi_3, \text{град}$	$\varphi_4, \text{град}$	$\varphi_5, \text{град}$
3	1,95	1,4	1,32	0,132	-17°	45°	30°	34°
3,02	2,20	1,35	1,35	0,145	-22°	50°	36° 29°	36°

2,97

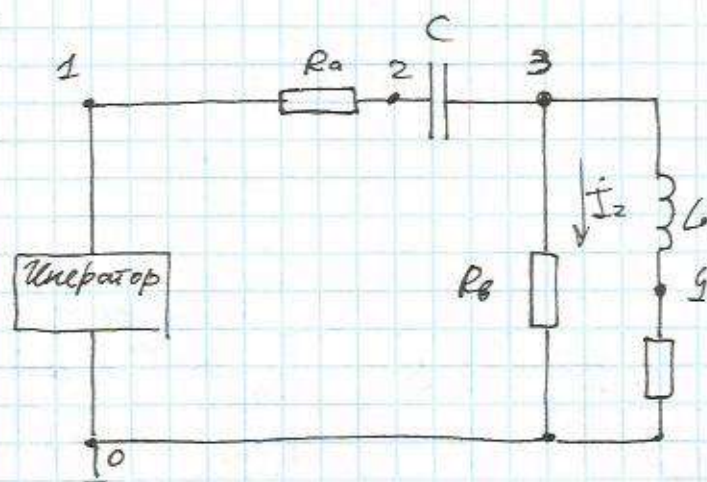


Схема 1.4.

после
расчетного
ходами!

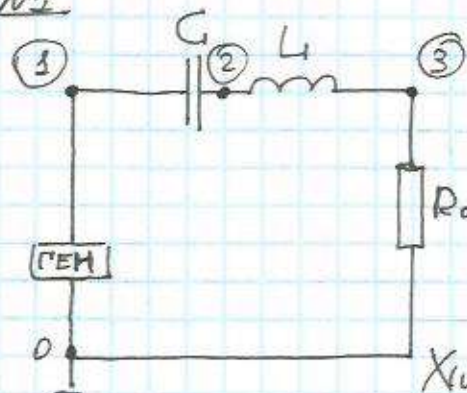
Таблица 1.4.

U_{Rb}, B	$\varphi', \text{град}$	U_{Ra}, B	$\varphi'', \text{град}$
—	—	—	—
1,23 1,09 2,25	$43,2^\circ$ 50°	1,09 0,368	43°

45°

Рассчитать задание. Вариант 1

N1



$$Z_c = -j \frac{1}{\omega C} = -j \frac{1}{2\pi f C} = -j \cdot 1592,4$$

$$X_c = 1592,4 \text{ Ом}$$

$$Z_L = j \omega L = j \cdot 2\pi f \cdot L = 420,7j$$

$$X_L = 420,7 \text{ Ом}$$

$$X(\omega) = X_L - X_c = -1171,7 \text{ Ом} \Rightarrow \text{емкостный характер цепи.}$$

$$\dot{I} = \frac{\dot{E}}{R - jX(\omega)} = \frac{E}{R^2 + X^2(\omega)} \sqrt{R^2 + X^2(\omega)} e^{j \arctg \frac{X(\omega)}{R}} = 0,002 e^{j52^\circ} \text{ A}$$

$$\varphi = \arctg \frac{X(\omega)}{R} = 52^\circ$$

$$\dot{U}_R = R \dot{I} = 1,82 e^{j52^\circ} \text{ В}$$

$$\dot{U}_L = j \cdot 2\pi f L \dot{I} = e^{j90^\circ} \cdot 2\pi f L \cdot \dot{I} = 0,84 e^{j142^\circ} \text{ В}$$

$$\dot{U}_C = -j \frac{1}{2\pi f C} \dot{I} = 3,2 e^{j(-38^\circ)} \text{ В}$$

$$U_{10} = E = 3 \text{ В}$$

$$U_{20} = U_L + U_R = 0,84 e^{j142^\circ} + 1,82 e^{j52^\circ} = 2 e^{j77^\circ}$$

$$U_{30} = 1,82 e^{j52^\circ}$$

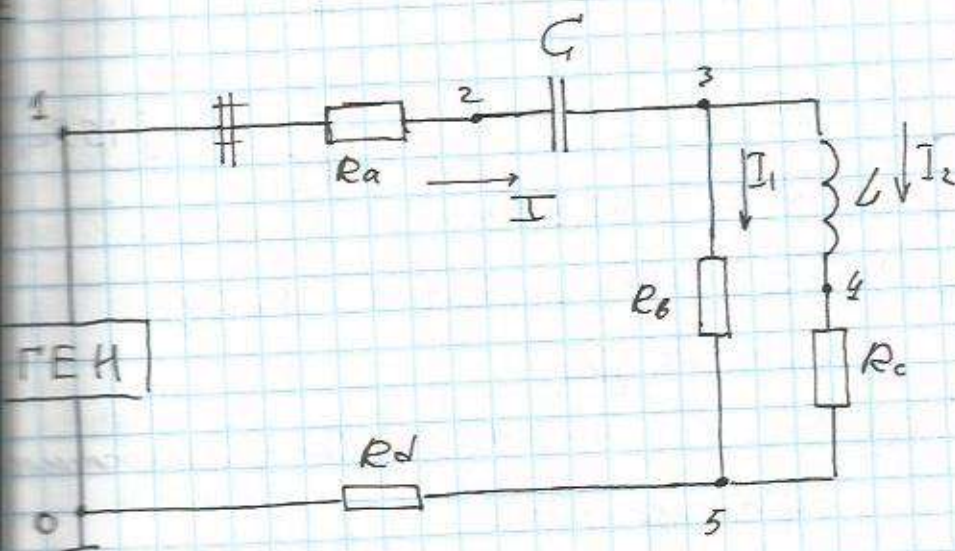
$$\varphi_2 = 77^\circ$$

$$\varphi_3 = 52^\circ$$

$$P = U_{10} I \cos \varphi_3 = 3,7 \cdot 10^{-3} \text{ Вт}$$

$$Q = U_{10} I \sin \varphi_3 = \pm 4,77 \cdot 10^{-3} \text{ Вт}$$

$$S = \sqrt{Q^2 + P^2} = 6,06 \cdot 10^{-3} \text{ Вт}$$



$$\dot{I} = \dot{I}_1 + \dot{I}_2$$

$$\dot{E} = \dot{U}_{Ra} + \dot{U}_C + \dot{U}_{Rb} + \dot{U}_{Rd}$$

$$\dot{E} = \dot{U}_{Ra} + \dot{U}_C + \dot{U}_L + \dot{U}_{Rc} + \dot{U}_{Rd}$$

по правилам
Кирхгофа.

$$\dot{I} = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 \quad (1)$$

$$\dot{E} = \dot{I}(R_a + Z_C + R_d) + \dot{I}_1 R_b \quad (2)$$

$$\dot{E} = \dot{I}(R_a + Z_C + R_d) + \dot{I}_2 (Z_L + R_c) \quad (3)$$

$$\dot{I}_1 R_b = \dot{I}_2 (Z_L + R_c) \Rightarrow \dot{I}_1 = \dot{I}_2 \frac{Z_L + R_c}{R_b} = \dot{I}_2 \frac{j2\omega L + R_c}{R_b}$$

Подставив в (3), находим:

$$\dot{I}_2 = (0,8 \cdot 10^{-3}) e^{j29^\circ}$$

$$\dot{I}_1 = (0,42 \cdot 10^{-3}) e^{j45^\circ}$$

$$\dot{I} = (1,2 \cdot 10^{-3}) e^{j34^\circ}$$

$$\dot{U}_C = -jX_C \dot{I} = 1,9 e^{-j55^\circ}$$

$$\dot{U}_L = jX_L \dot{I}_2 = 0,3 e^{j119^\circ}$$

$$\dot{U}_{Rb} = R_b \dot{I}_1 = 1,3 e^{j45^\circ}$$

$$\dot{U}_{Ra} = R_a \dot{I} = 8 \cdot e^{j34^\circ}$$

$$\dot{U}_{Rd} = R_d \dot{I} = 0,132 e^{j34^\circ}$$

$$\dot{U}_{Rc} = R_c \dot{I}_2 = 1,2 e^{30^\circ j}$$

$$\dot{U}_{10} = E = 3 \text{ В}$$

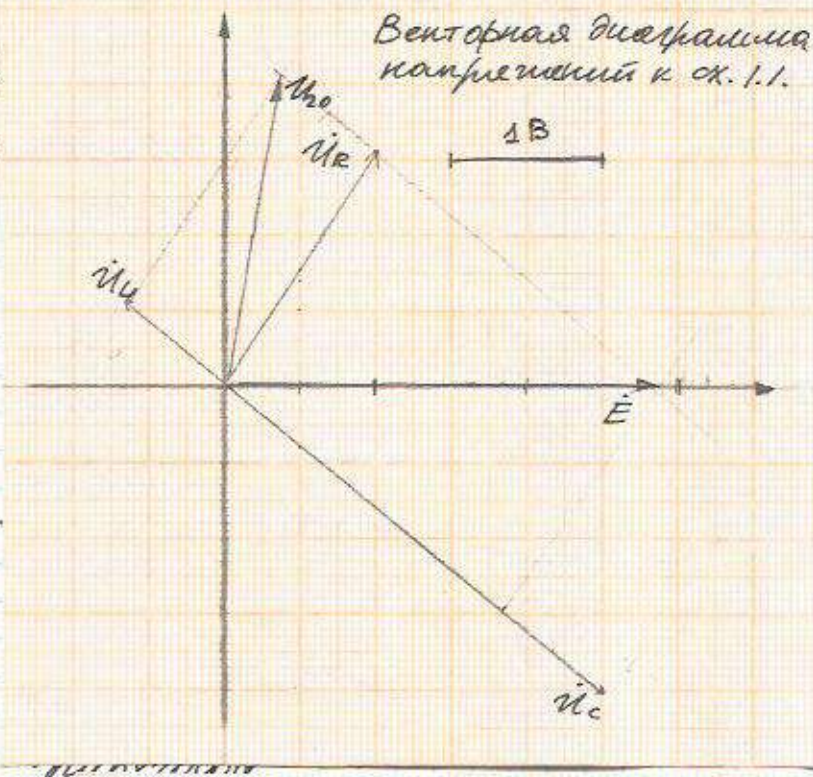
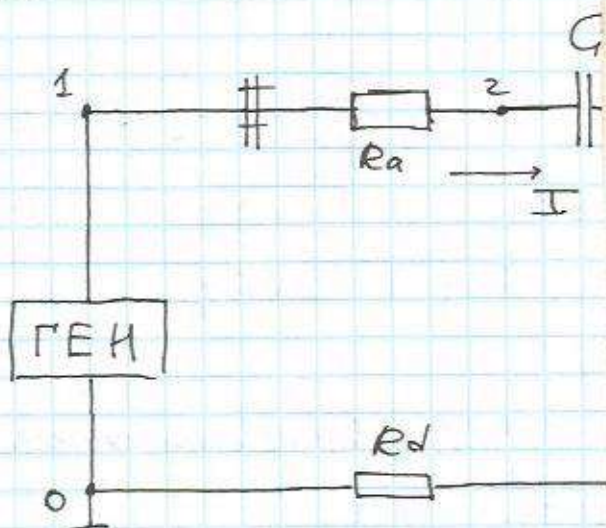
$$\dot{U}_{20} = E + \dot{U}_{Ra} = 1,95 \cdot e^{-j1^\circ}$$

$$\dot{U}_{30} = \dot{U}_{Rb} + \dot{U}_{Rd} = 1,4 e^{j45^\circ}$$

$$\dot{U}_{40} = \dot{U}_{Rd} + \dot{U}_{Rc} = 1,32 e^{j30^\circ}$$

$$\dot{U}_{50} = \dot{U}_{Rd} = 0,132 e^{j34^\circ}$$

N/2



$$\begin{cases} \dot{I} = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 \\ \dot{E} = \dot{U}_{Ra} + \dot{U}_C + \dot{U}_{Rb} + \dot{U}_{Rd} \\ \dot{E} = \dot{U}_{Ra} + \dot{U}_C + \dot{U}_L + \dot{U}_{Rc} + \dot{U}_{Rd} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \dot{I} = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 \quad (1) \\ \dot{E} = \dot{I}(R_a + Z_c + R_d) + \dot{I}_1 R_b \\ \dot{E} = \dot{I}(R_a + Z_c + R_d) + \dot{I}_2 (Z_L + R_c) \end{cases}$$

$$\dot{I}_1 R_b = \dot{I}_2 (Z_L + R_c) \Rightarrow \dot{I}_1 =$$

Подставим в (3), находим

$$\dot{I}_2 = (0,8 \cdot 10^{-3}) e^{j29^\circ}$$

$$\dot{I}_1 = (0,42 \cdot 10^{-3}) e^{j45^\circ}$$

$$\dot{I} = (1,2 \cdot 10^{-3}) e^{j34^\circ}$$

$$\dot{U}_C = -j X_C \dot{I}_2 = 1,9 e^{-j55^\circ}$$

$$\dot{U}_L = j X_L \dot{I}_2 = 0,3 e^{j119^\circ}$$

$$\dot{U}_{Rb} = R_b \cdot \dot{I}_1 = 1,3 e^{j45^\circ}$$

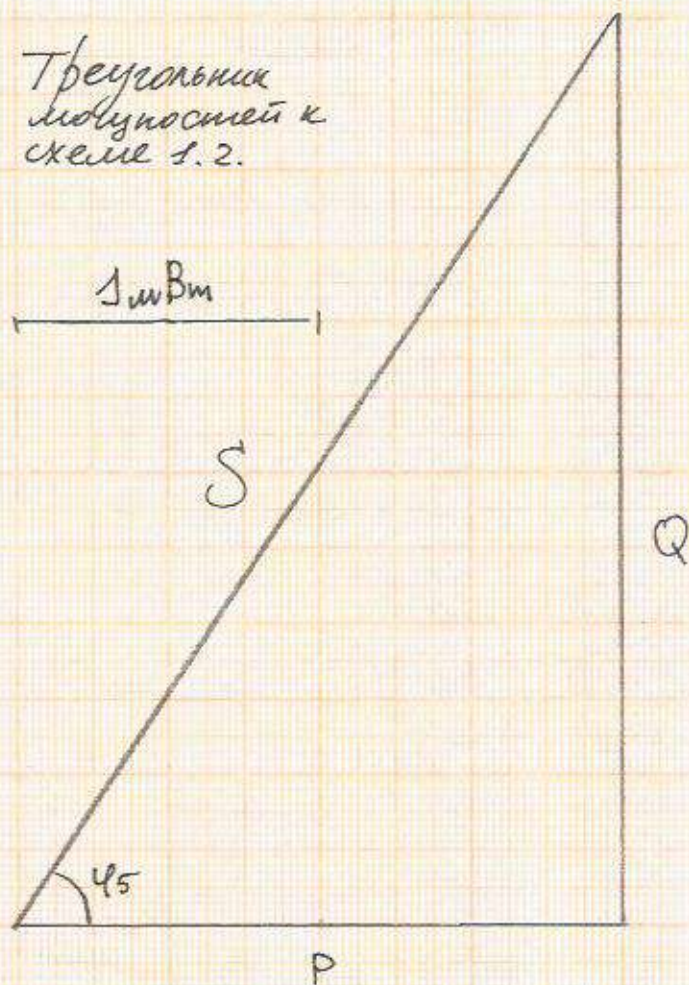
$$\dot{U}_{Ra} = R_a \dot{I} = 8 \cdot e^{j34^\circ}$$

$$\dot{U}_{Rd} = R_d \dot{I} = 0,132 e^{j34^\circ}$$

$$\dot{U}_{Rc} = R_c \dot{I}_2 = 1,2 e^{30^\circ j}$$

Треугольник мощностей к схеме 1.2.

$$S_{\text{мВМ}}$$



$$\dot{U}_{30} = \dot{U}_{Rb} + \dot{U}_{Rd} = 1,4 e^{j45^\circ}$$

$$\dot{U}_{40} = \dot{U}_{Rb} + \dot{U}_{Rc} = 1,32 e^{j70^\circ}$$

$$\dot{U}_{50} = \dot{U}_{Rd} = 0,132 e^{j34^\circ}$$

$$\varphi_2 = -18^\circ$$

$$\varphi_3 = 45^\circ$$

$$\varphi_4 = 30^\circ$$

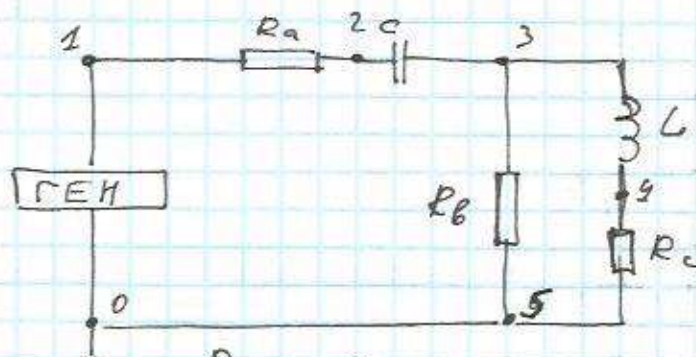
$$\varphi_5 = 34^\circ$$

$$P = U_{10} I \cos \varphi_5 = 2,92 \text{ мВт}$$

$$Q = U_{10} I \sin \varphi_5 = -2,01 \text{ мВар}$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = 3,6 + j0,2 \text{ мВм.}$$

Равенства задание к схеме 1.3:



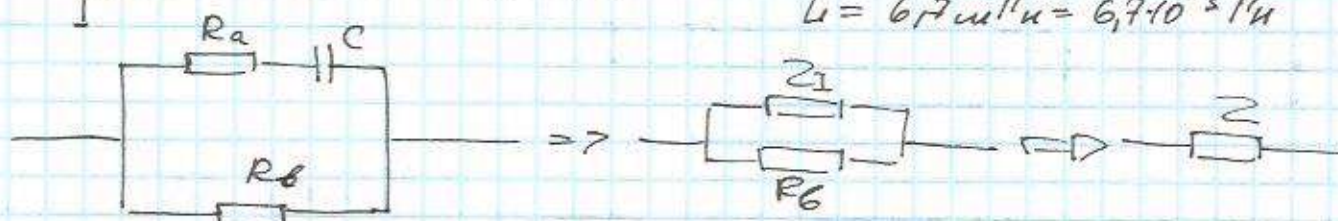
$$R_a = 910 \text{ Ом}$$

$$R_b = 3000 \text{ Ом}$$

$$R_c = 1500 \text{ Ом}$$

$$C = 0,01 \text{ мкФ} = 0,01 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$L = 6,7 \text{ мГн} = 6,7 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$$



$$Z_a = R_a = 910 \text{ Ом}, Z_b = R_b = 3000 \text{ Ом}$$

$$Z_c = \frac{1}{2\pi f C} e^{j(-\frac{\pi}{2})} = 1592 e^{-j90^\circ} \text{ Ом}$$

$$Z_I = R_a + \frac{1}{2\pi f C} e^{-j\frac{\pi}{2}} = R_a - j \frac{1}{2\pi f C} = 1833 e^{-j60^\circ}$$

$$Z = \frac{(R_a - j \frac{1}{\omega C}) R_b}{R_c + R_b - j \frac{1}{\omega C}}$$

$$Z_a = R_a = 910, Z_c = -j \frac{1}{2\pi f C} = 1592 e^{j(-90^\circ)} \text{ Ом}$$

$$Z_L = j\omega L = 421 e^{j90^\circ} \text{ Ом}$$

$$Z_I = R_a - j \frac{1}{2\pi f C} = 1833 e^{j(-60^\circ)}$$

$$Z = \frac{Z_I R_b}{Z_I + R_b} = 1303 e^{j(-36^\circ)}$$

$$\dot{U}_{R_b} = \frac{3 R_b}{R_a - j \frac{1}{\omega C} + R_b} = 2,1 e^{j22^\circ}$$

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}_{R_b}}{R_c + j\omega L + Z} = (8,2 \cdot 10^{-4}) e^{j30^\circ}$$

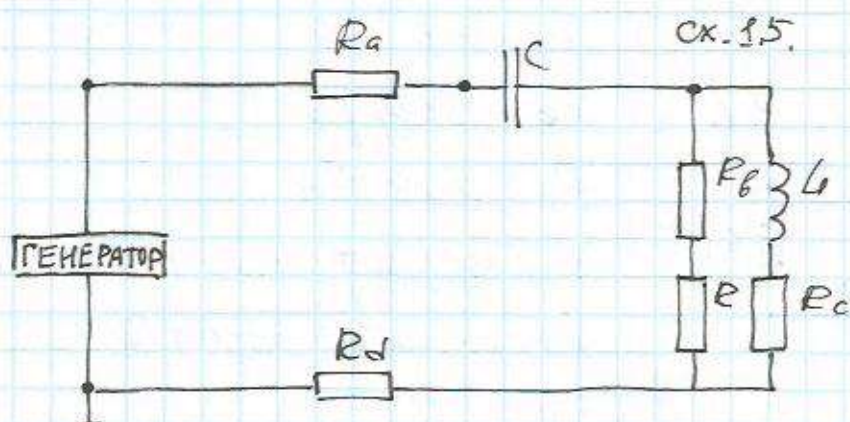
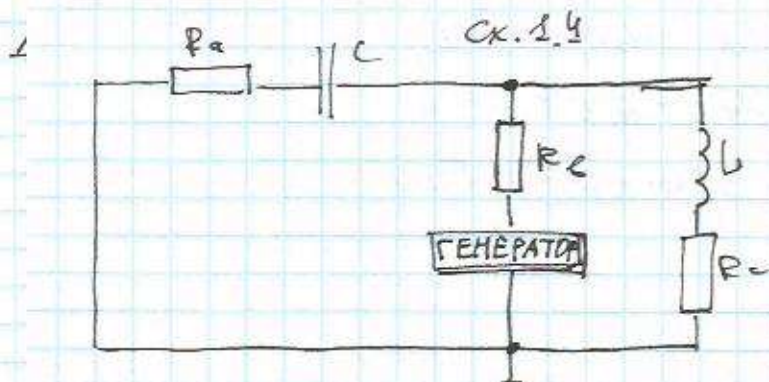


Таблица 1.5

U_{R_0}, B	$\varphi', \text{град}$	U_R, B	$\varphi'', \text{град}$
1,28.	45°	0,3	47°

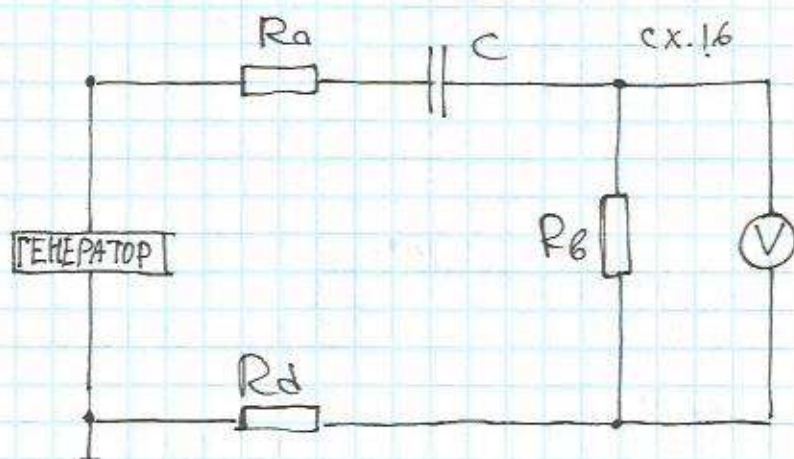
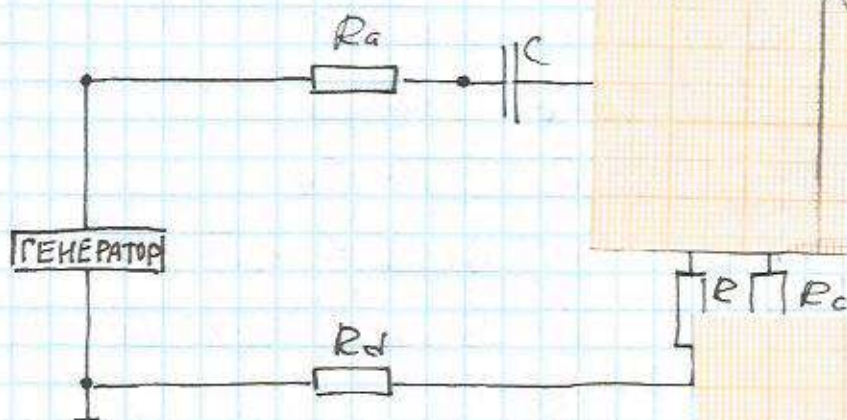
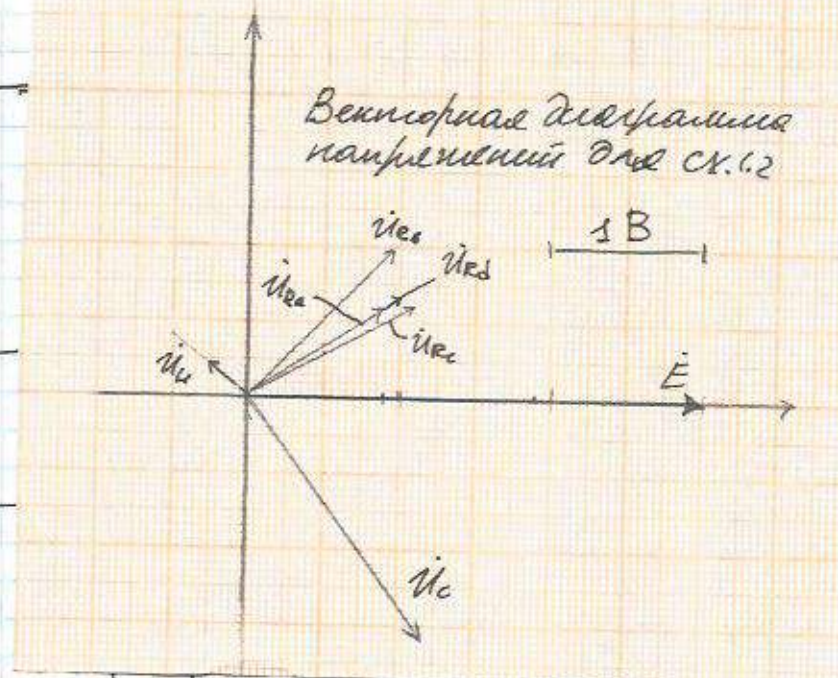
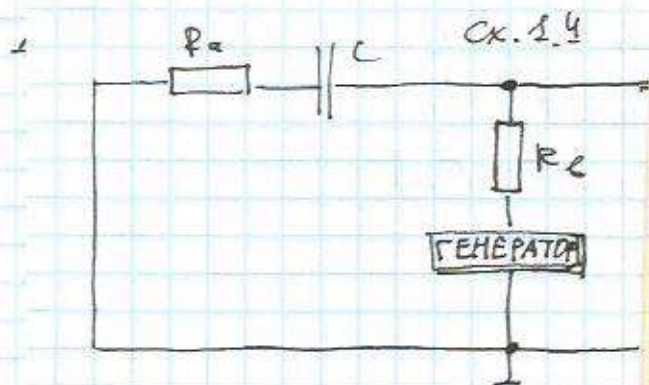
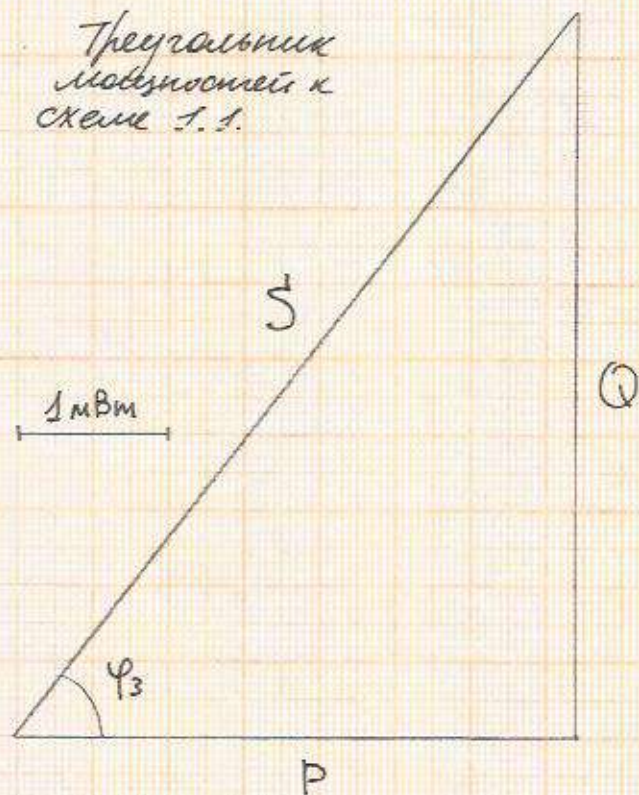


Таблица 1.6

U_{R_0}, B	$\varphi', \text{град}$	$U_{R_0} = U_{R_2}, B$	$\varphi'', \text{град}$	$U_2 = 2I_{R_2}, B$	$\varphi'', \text{град}$
0,135	$2 \angle 45^\circ$				



Треугольник мощностей к схеме 1.1.



U_{00}, B	$\varphi', \text{град}$
1,28.	45°

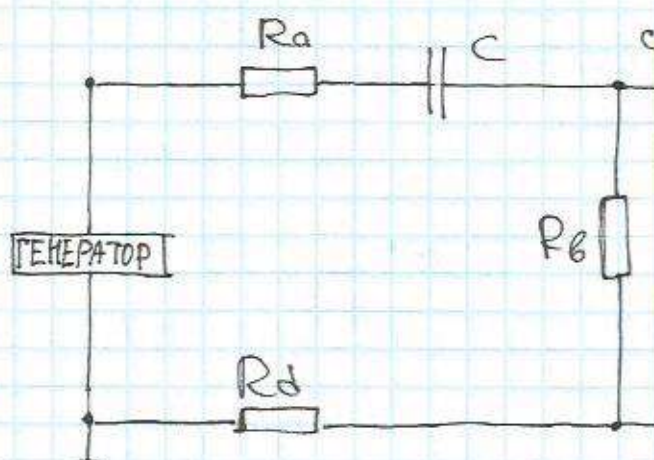
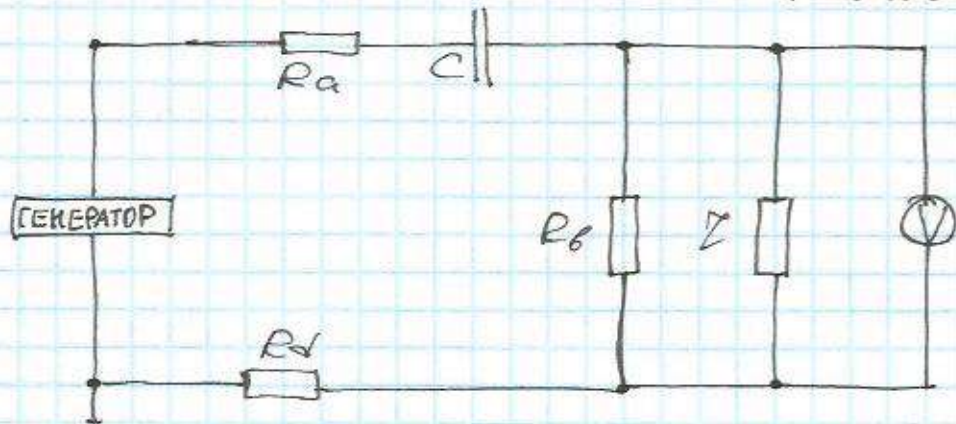


Таблица 1.6

U_{00}, B	$\varphi', \text{град}$	$U_{00} = U_{kx}, B$	$\varphi'', \text{град}$	$U_2 = 2I_{kx}, B$	$\varphi'', \text{град}$
0,135	22° 45°				

схема 1.7



Заключение

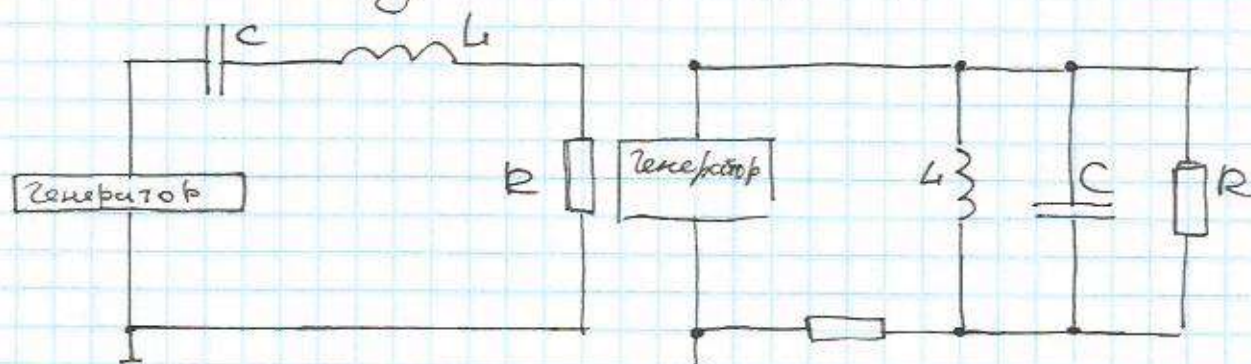
В работе исследовались основные свойства линейных электрических цепей с синусоидальными источниками ЭДС. В первом задании была проведена экспериментальная проверка метода комплексных амплитуд. Полученные значения напряжений, сдвигов фаз близки к теоретическим (таблицы 1.1, 1.2, 1.3, схемы 1.1, 1.2). Также были построены треугольники мощностей и напряжений по теоретическим и экспериментальным значениям к схемам 1.1 и 1.2. Во втором задании проводилась проверка принципа обратности в электрических цепях. Результаты измерений занесены в таблицу 1.4. Кроме того, были найдены значения токов I_1 и I_2 :

$$I_1 = 0,4e^{j43^\circ}, I_2 = 0,4e^{j45^\circ}$$

Значения совпадают в пределах погрешности.

Лабораторная работа №2.
Явление резонанса в линейных двухполюсных
цепях

Цель работы - исследование явления резонанса в линейных двухполюсных цепях.



$$f_r = 9,7 \text{ кГц}$$

Таблица 1.

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$f, \text{кГц}$	8,667 8,7	6,482	6,615	7,085	7,368	7,751	8,024	8,294	8,505	9,200	9,49
$U_R(f), \text{В}$	2,20	0,45	0,5	0,53	0,58	0,65	0,707	0,75	0,85 0,85	0,87	0,88
$U_L(f), \text{В}$	4,08	0,33	0,97	1,07	1,23	1,37	2,34	2,76	3,4	3,61	3,99
$U_C(f), \text{В}$	4,72	2,11	2,32	2,38	2,45	2,48	2,96	3,2	3,52	3,67	3,9
$m_{L,C}, \text{дБ}$	10, 10	25	10	10	10	10	10	10	10	10	10
$d_t, \text{дБ}$	0,8	0,9	0,9	2	1,8	1,8	1,9	1,2	0,8	0,6	0,4
$\varphi(f), ^\circ$	28,7°	70°	63°	55,1°	53°	50,2°	48,5°	38,2°	25,7°	13,2°	5,5°

Таблица 1 (продолжение)

№	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$f, \text{кГц}$	9,791	10,120	10,400	10,710	11,00	11,700	12,000	13,000	14,000
$U_R(f), \text{В}$	3,88 3,88	0,85	0,82	0,78	0,67	0,53	0,43	0,44	0,40
$U_L(f), \text{В}$	3,66	3,93	3,97	3,97	1,75	1,68	1,67	1,65	1,63
$U_C(f), \text{В}$	3,95	3,91	3,94	3,95	3,13	2,95	2,5	3,1	3,0
$m_{L,C}, \text{дБ}$	5	10	10	10	100	100	100	100	100
$d_t, \text{дБ}$	0,2	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
$\varphi(f), ^\circ$	2,8°	10,2°	24°	29,3°	30,6°	39°	49°	59°	61°

Таблица 2

N ^o	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
f, Py	3005	4500	5780	7100	8460	9646	10900	12400	13700	15000	16400
$u_e(t)$	1,19	1,10	0,98	0,94	0,92	0,90	0,92	0,93	0,96	0,96	0,97
$m_t, \text{с/ден}$	25	25	25	25	10	10	10	10	10	10	10
$d_t, \text{ден}$	6	3	2	1	1	0	1	1	2	2	2
$\varphi(t)$	35°	18°	17°	15°	5°	3°	6°	9°	14°	19°	24°

Таблица 2 (продолжение)

N ^o	12	13	14	15	16	17	18	19
f, Py	17800	19100	20400	21700	23000	25700	27100	28500
$u_e(t)$	0,99	1,20	1,3	1,05	1,07	1,07	1,08	1,09
$m_t, \text{с/ден}$	10	10	10	10	10	10	10	10
$d_t, \text{ден}$	2	2	2	2	2	2	2	2
$\varphi(t)$	26°	30°	32°	33°	33°	33°	33°	33°

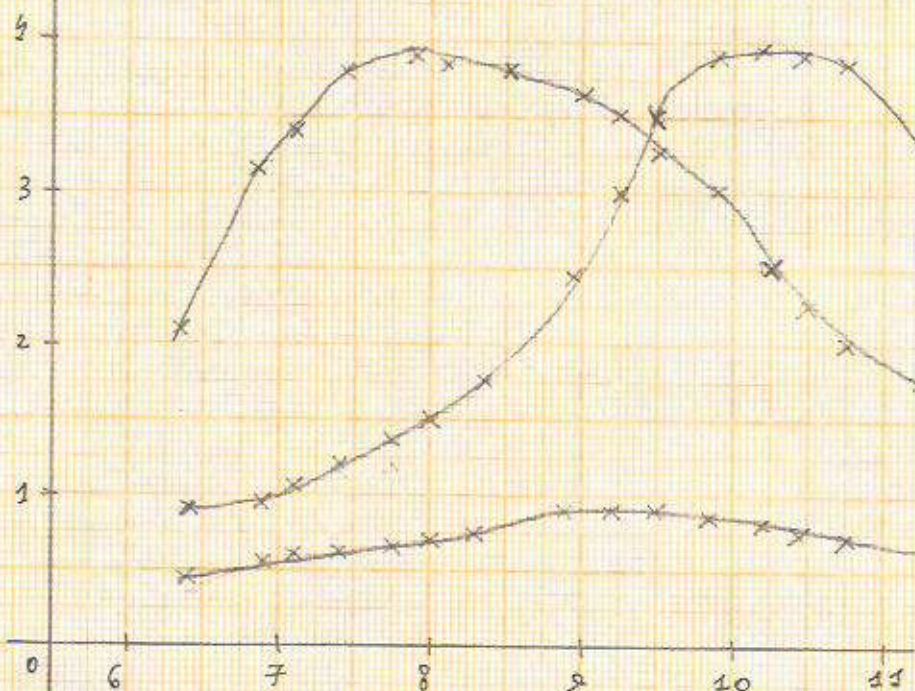
20

30000

1,1

17.11

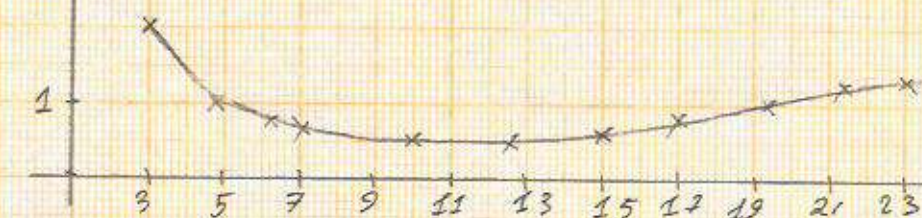
u, B



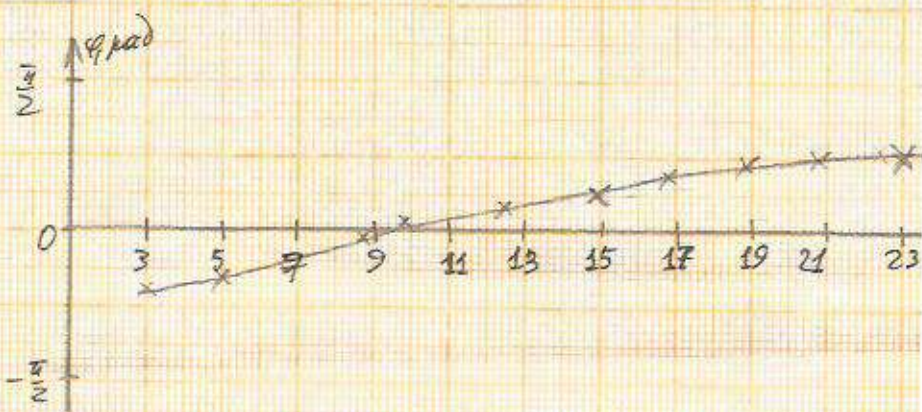
φ, rad
 $\frac{\pi}{2}$



$\frac{\pi}{2}$



φ, rad
 $\frac{\pi}{2}$



12

11
16400
0,22.
10
2
240.

(continued)

19
28500
1,02
10
2
33°

Равновное задание

$$1. Z = \sqrt{R^2 + (X_C - X_L)^2} \Rightarrow Z_{\min} \text{ при } X_L = X_C, \\ \text{т.е. при } \omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C} \Rightarrow \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}.$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \approx 9,511 \text{ Гц} \left\{ \begin{array}{l} \text{Последовательное и} \\ \text{параллельное соедин.$$

Добротность:

$$Q_{\text{посл}} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} = 3,04$$

$$Q_{\text{паралл}} = \frac{R}{\omega_0 L} = 0,329$$

$$2. \Delta f = f_1 - f_2$$

$$f_{2,1} = \frac{f_0}{2Q} \sqrt{(2Q)^2 + 1} \pm 1$$

Последовательный контур:

$$f_1 = 11,203 \text{ Гц}$$

$$f_2 = 8,074 \text{ Гц}$$

$$\Delta f = 3,129 \text{ Гц}$$

Параллельный контур:

$$f_2 = 31758 \text{ Гц}$$

$$f_1 = 2849 \text{ Гц}$$

$$\Delta f = 28910 \text{ Гц}$$

Равновесное задание

$$1. Z = \sqrt{R^2 + (X_C - X_L)^2} \Rightarrow Z_{\min} \text{ при } X_L = X_C, \\ \text{т.е. при } \omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C} \Rightarrow \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}.$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \approx 9,511 \text{ кГц} \quad \left| \begin{array}{l} \text{Последовательное и} \\ \text{параллельное соед.} \end{array} \right.$$

Добротность

$$Q_{\text{посл}} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

$$Q_{\text{паралл}} = \frac{R}{\omega_0 L}$$

$$2. \Delta f = f_1 - f_2$$

$$f_{2,3} = \frac{f_0}{2Q}$$

Последова

$$f_1 = 11,2$$

$$f_2 = 8,07$$

$$\Delta f = 3,12$$

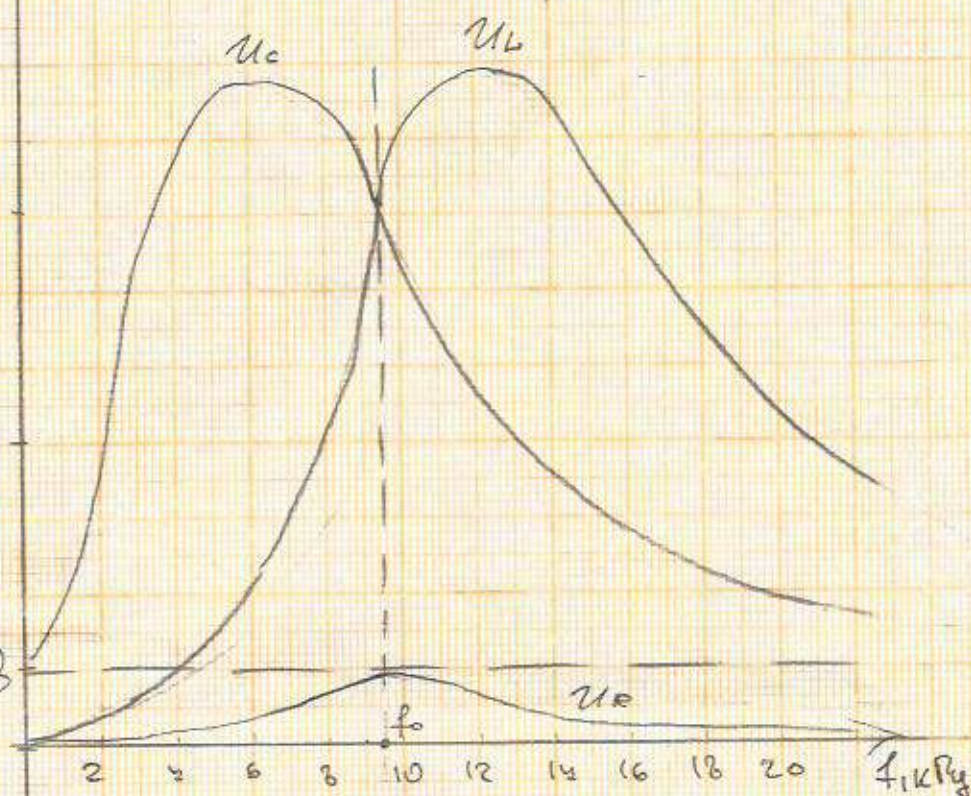
Параллельн

$$f_2 = 3175$$

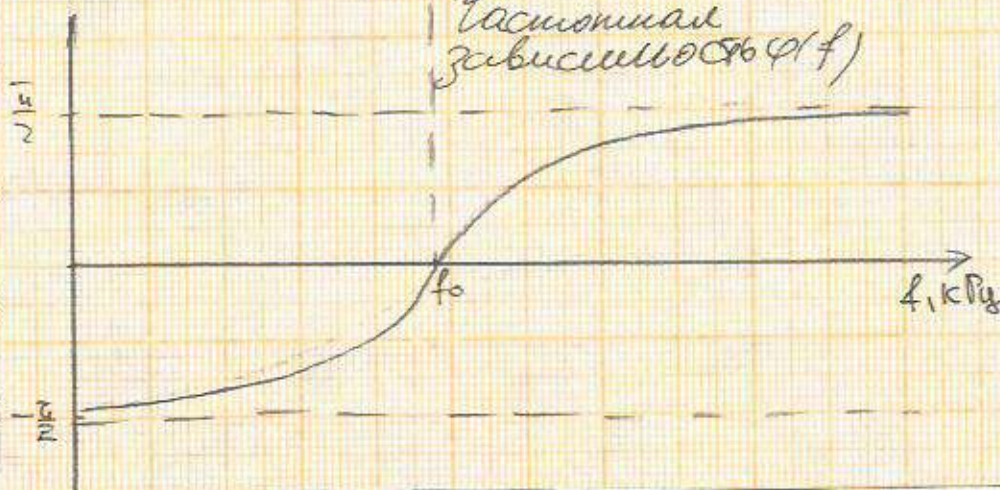
$$f_3 = 2845$$

$$\Delta f = 28910 \text{ Гц}$$

Частотные зависимости
 $U_R(f), U_C(f), U_L(f)$



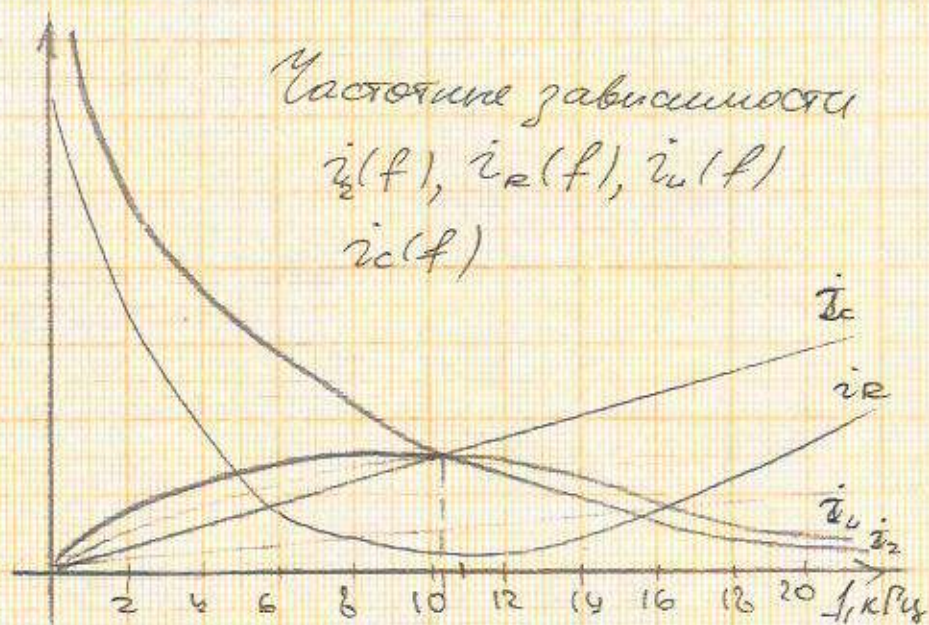
Частотная
зависимость $\varphi(f)$



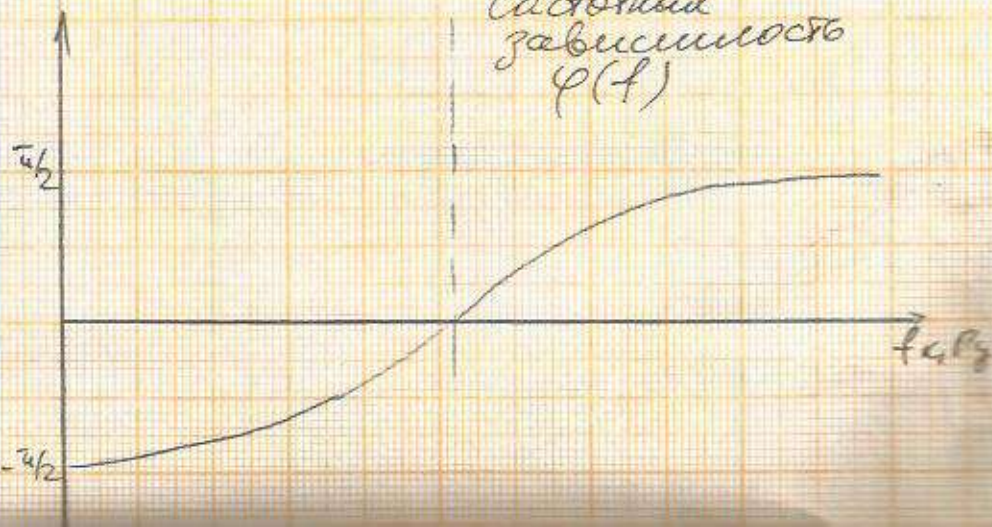
Лабораторная работа №6.

Переходные процессы в линейных электрических цепях с сосредоточенными параметрами.

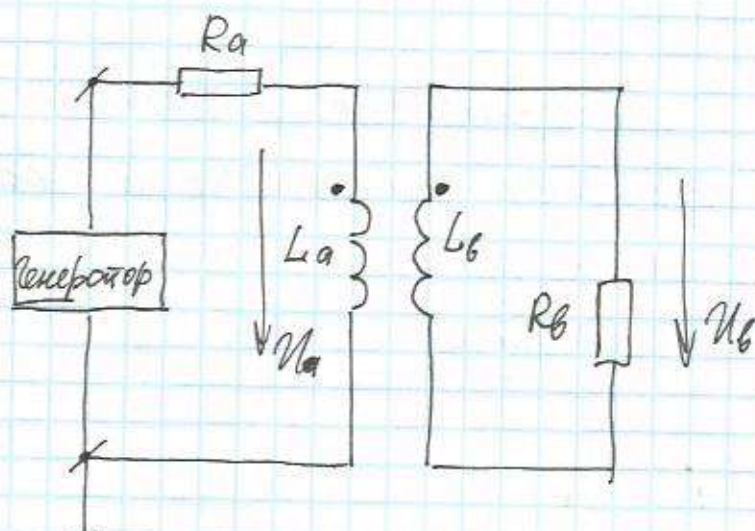
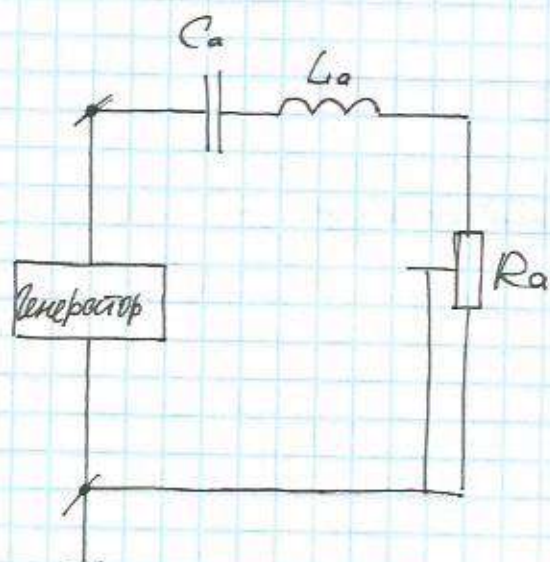
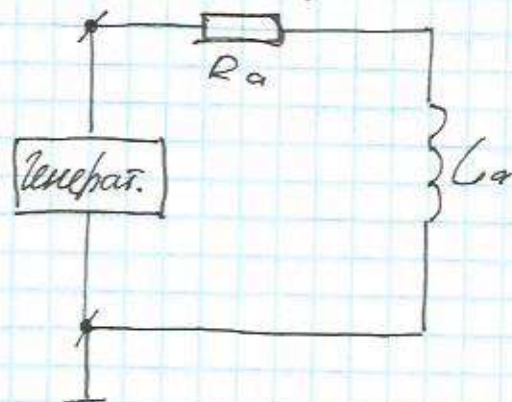
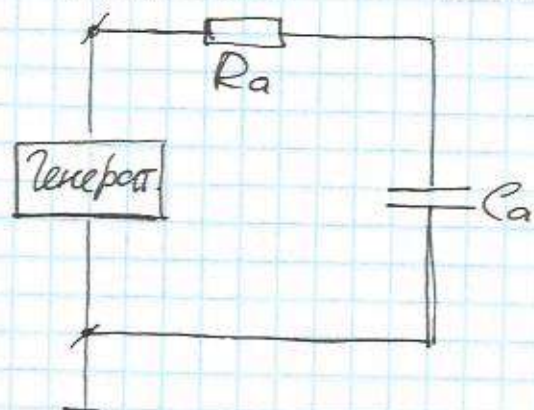
Частотные зависимости
 $i_e(f)$, $i_r(f)$, $i_u(f)$
 $i_c(f)$



Частотная
зависимость
 $\varphi(f)$



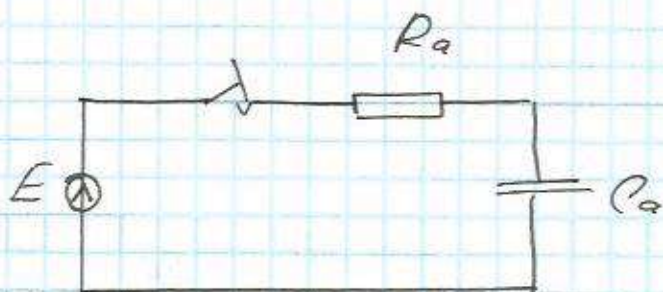
Цель работы: исследование переходных процес-
сов в цепях с сосредоточенными парамет-
рами при коммутации их на источник
постоянного или импульсного напряжения.



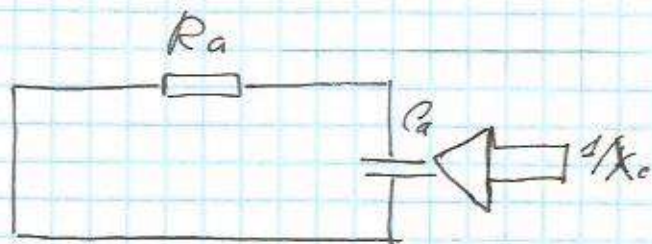
Расчётное задание:

$$R_a = 1500 \text{ Ом}$$

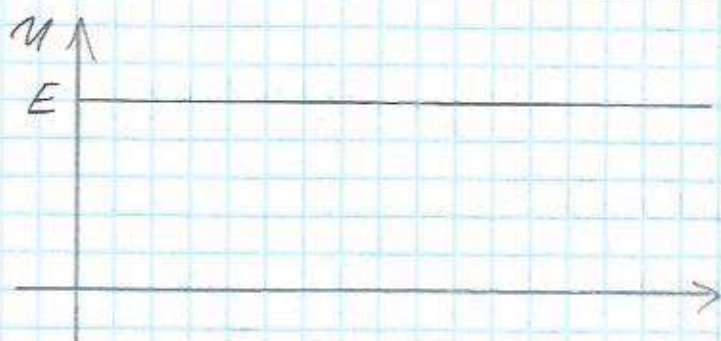
$$C_a = 0,01 \text{ мкФ}$$



1. Схема в свободном режиме



$$\tau = R_{\text{экв}} C_a = R_a C_a = 15 \text{ мкс}$$



$$t \rightarrow +\infty: i = 0 \Rightarrow U_{\text{экв}} = E, U_{\text{уем}} = 0$$

$$U_c(+0) = U_c(-0) = U_{\text{схем}}(-0) = 0$$

$$t = t(+0):$$

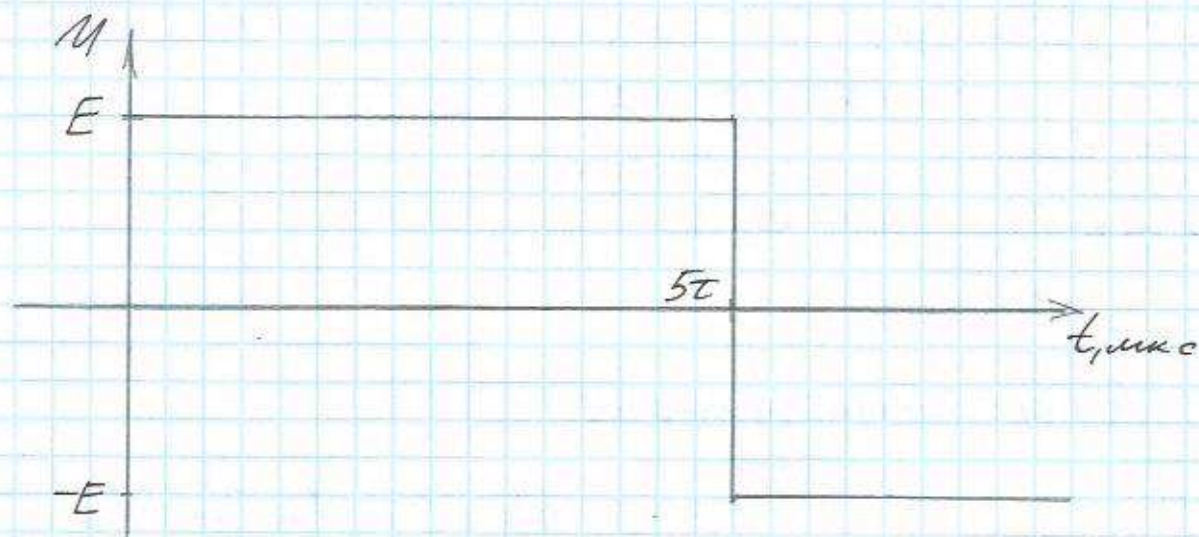
$$U_c = E, U_c = 0$$

$$U_c = A \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) + U_{\text{уем}} \Rightarrow 0 = A + E \Rightarrow A = -E.$$

$$U_c = B \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) + U_{\text{уем}} \Rightarrow E = B$$

$$U_c(t) = E(1 - \exp(-\frac{t}{\tau}))$$

$$U_e(t) = E \exp(-\frac{t}{\tau})$$



$$t < 0: U_L = U_R = 0$$

$$0 < t < 5\tau: U_C = E(1 - \exp(-\frac{t}{\tau}))$$

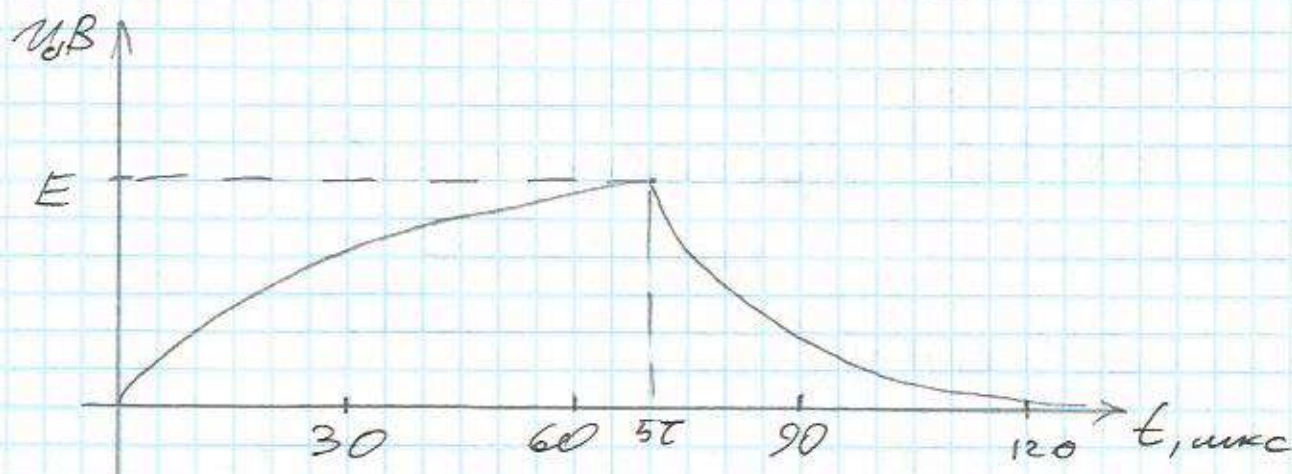
$$U_R = E \exp(-\frac{t}{\tau})$$

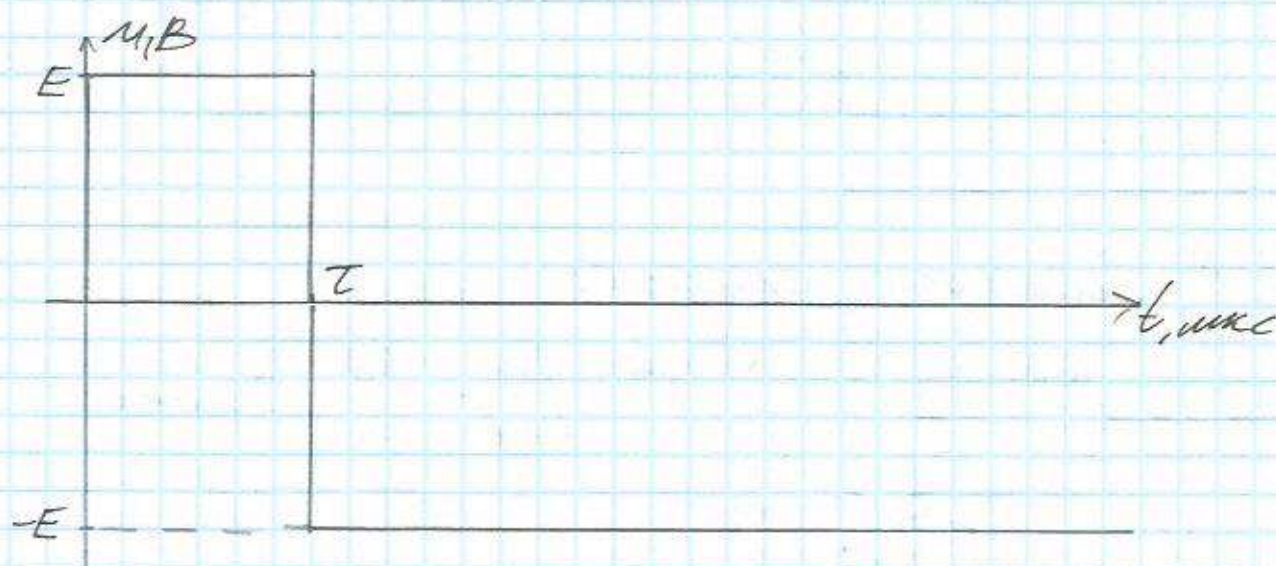
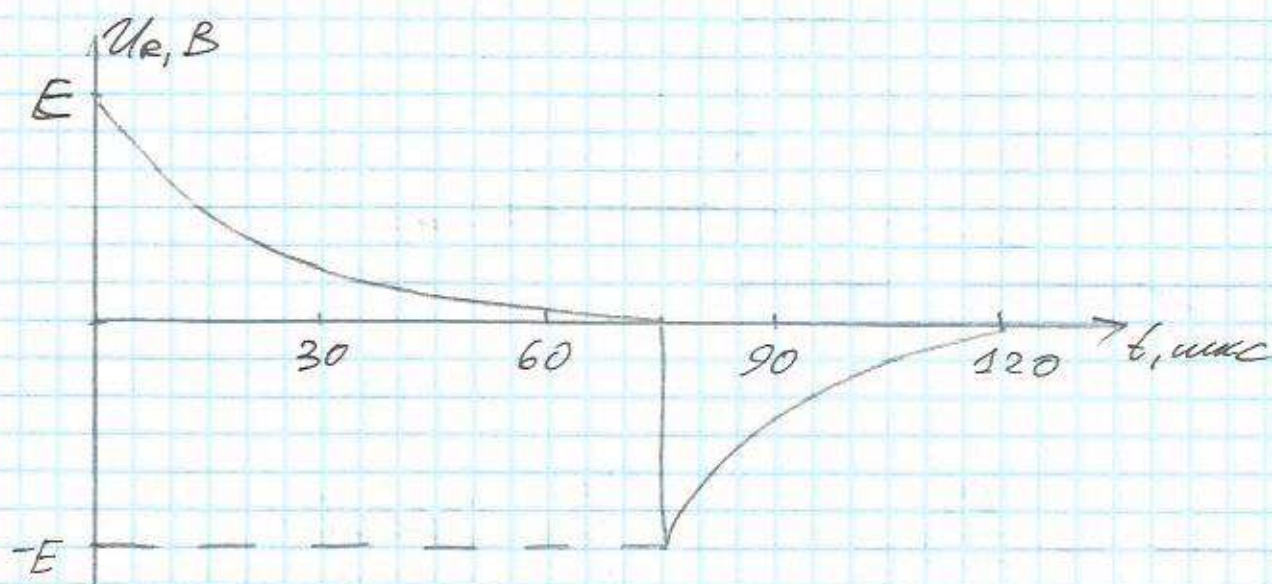
$$t > 5\tau: U_C = E(1 - \exp(-\frac{t}{\tau})) - E(1 - \exp(-\frac{t-5\tau}{\tau})) =$$

$$= (e^5 - 1)E \exp(-\frac{t}{\tau})$$

$$U_R = E \exp(-\frac{t}{\tau}) - E \exp(-\frac{t-5\tau}{\tau}) =$$

$$= E(1 - e^5) \exp(-\frac{t}{\tau})$$





$$t < 0: U_C, U_R = 0$$

$$0 < t < \tau: U_C = E(1 - \exp(-\frac{t}{\tau}))$$

$$U_R = E \exp(-\frac{t}{\tau})$$

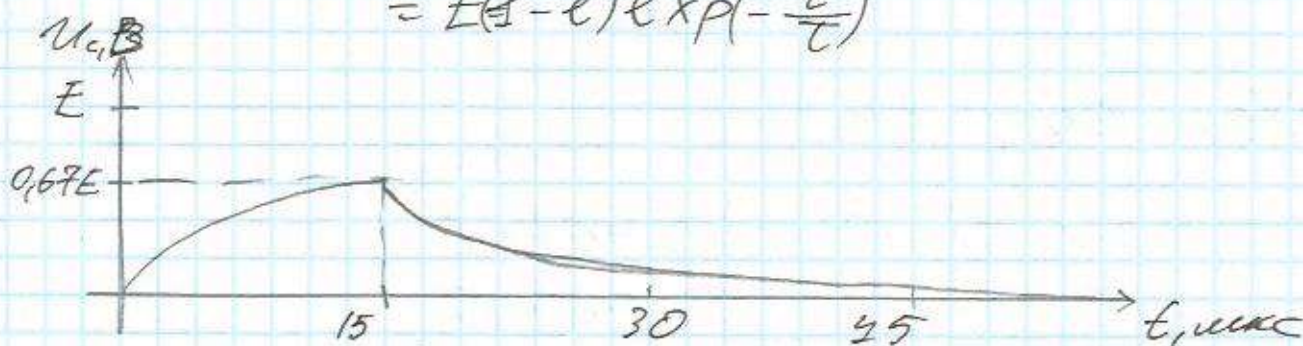
$$t > \tau: U_R = E \exp(-\frac{t}{\tau})$$

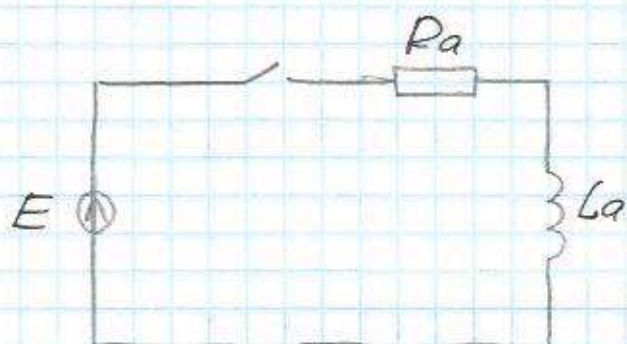
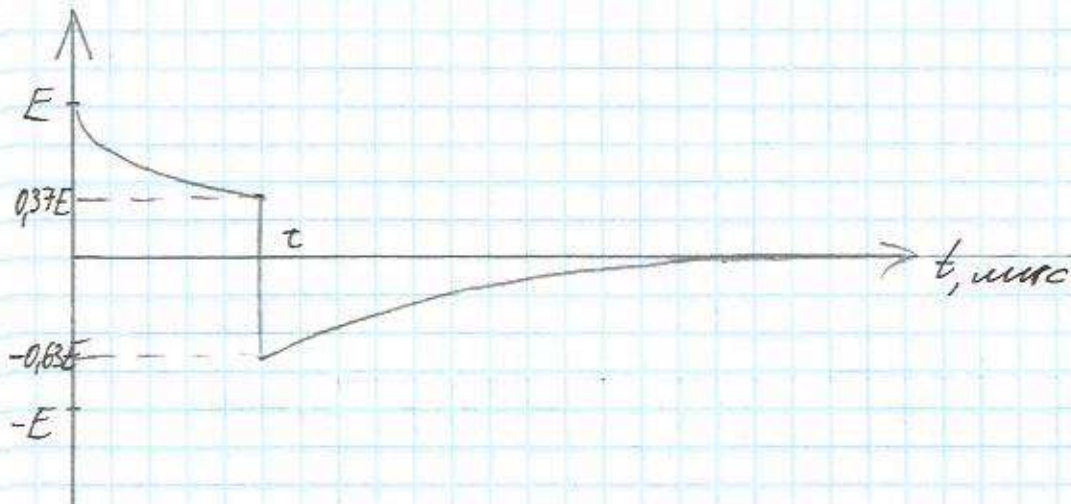
$$U_C = E(1 - \exp(-\frac{t}{\tau})) - E(1 - \exp(-\frac{t-\tau}{\tau})) =$$

$$= (e - 1) E \exp(-\frac{t}{\tau})$$

$$U_R = E \exp(-\frac{t}{\tau}) - E \exp(-\frac{t-\tau}{\tau}) =$$

$$= E(1 - e) \exp(-\frac{t}{\tau})$$

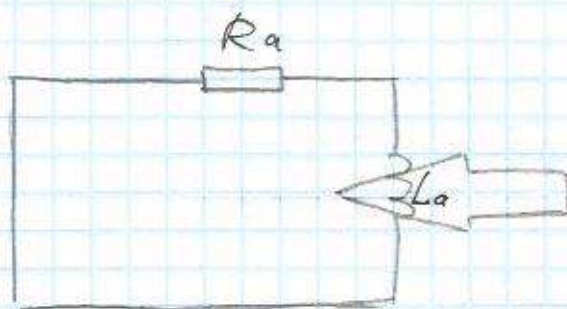




$$R_a = 1500 \Omega$$

$$L_a = 12,3 \mu\text{H}$$

Схема в свободном режиме:



$$\tau = \frac{L_a}{R_{\text{экв}}} = \frac{L_a}{R_a} = 8,2 \mu\text{s}$$



$$t \rightarrow +\infty \quad i = \frac{E}{R_a} \Rightarrow U_{\text{Lуст}} = 0$$

$$U_{\text{Rуст}} = 0$$

$$U_L(-0) = U_E(-0) = 0$$

$$i_L(-0) = i_L(+0) = 0 \Rightarrow U_L(+0) = E$$

$$U_E(+0) = 0$$

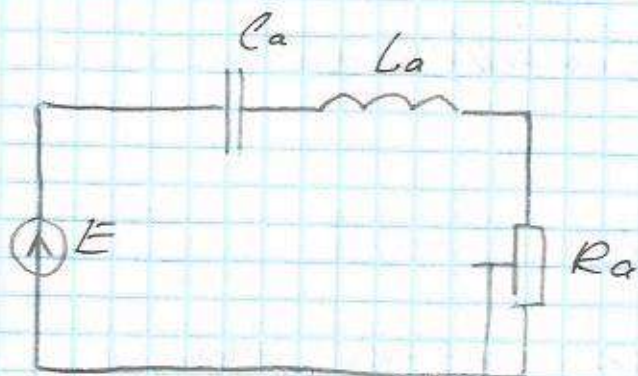
$$U_L = A \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) + U_{L, \text{yom}} \Rightarrow E = A.$$

$$U_R = B \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) + U_{R, \text{yom}} \Rightarrow 0 = B + E \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E = -B.$$

$$U_L = E \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$$

$$U_R = E(1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right))$$



$$R_a = 1500 \Omega$$

$$L_a = 12,3 \mu\text{H}$$

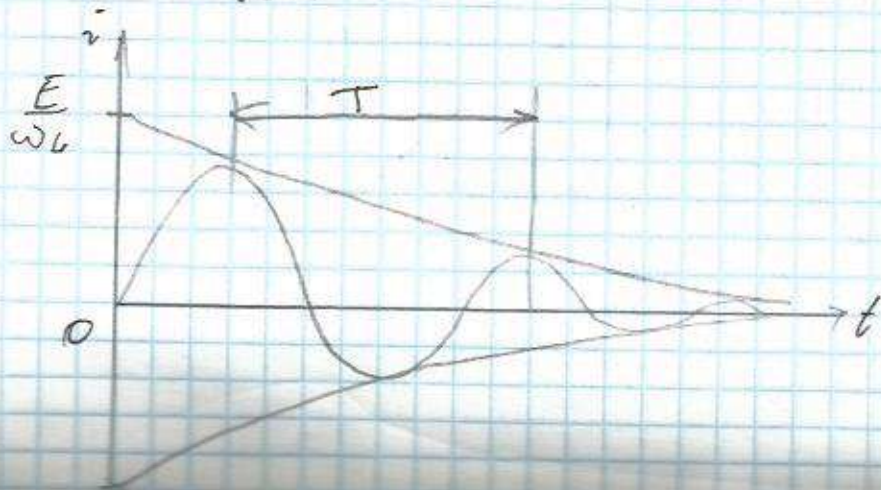
$$C_a = 0,01 \mu\text{F}$$

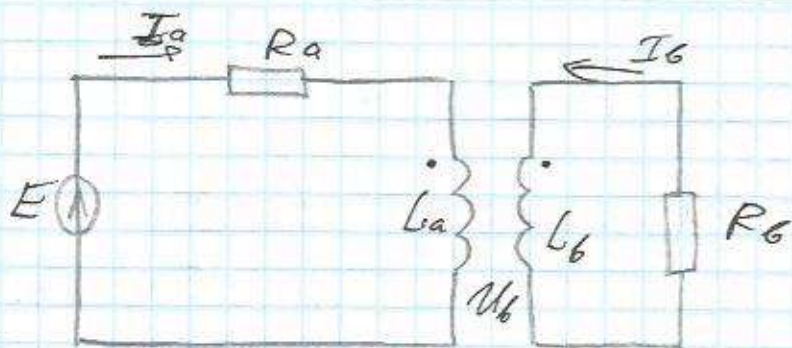
$$R_a = \frac{1}{g} R_{\text{xp}} = \frac{1}{g} 2 \sqrt{\frac{L_a}{C_a}} = 559,5 \Omega$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4C^2}}} = 72,10^{-5} \text{ s}$$

$$\Delta = e^{-\frac{R}{2L} T} = 5$$

$$i(t) = \frac{E}{\sqrt{\omega_0^2 - \delta^2 L}} e^{-\delta t} \sin(\sqrt{\omega_0^2 - \delta^2} t)$$

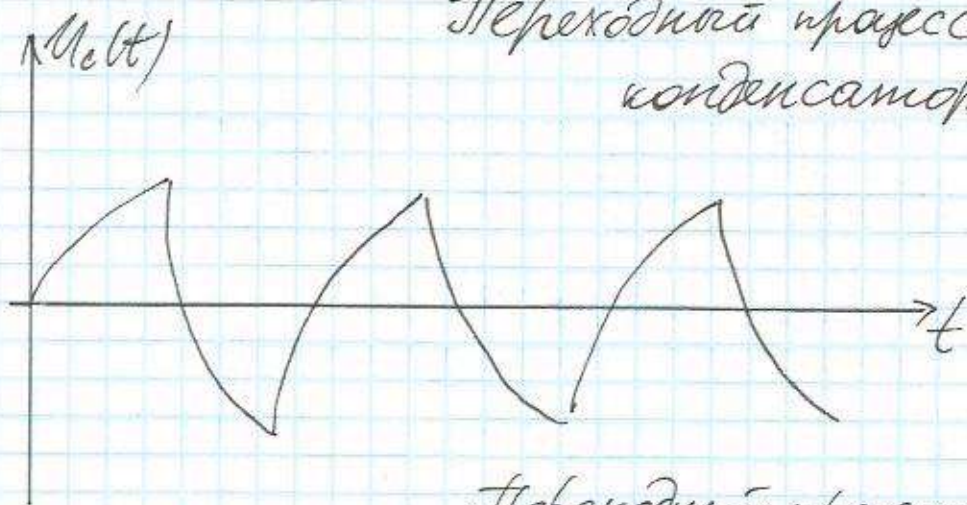




$$\begin{cases} I_a R_a + I_a j\omega L_a + I_b j\omega M = E \\ I_b j\omega L_b + \underbrace{I_b R_b}_{U_b} + I_a j\omega M = 0 \end{cases}$$

$$U_b = -j\omega (I_b L_b + I_a M)$$

Переходный процесс для конденсатора.



Переходный процесс для резистора

