Министерство образования и науки Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИЭТ»

Кафедра: Электротехника

Дисциплина: Электротехника

Курсовая работа
Вариант №5

Группа: ИБ-21

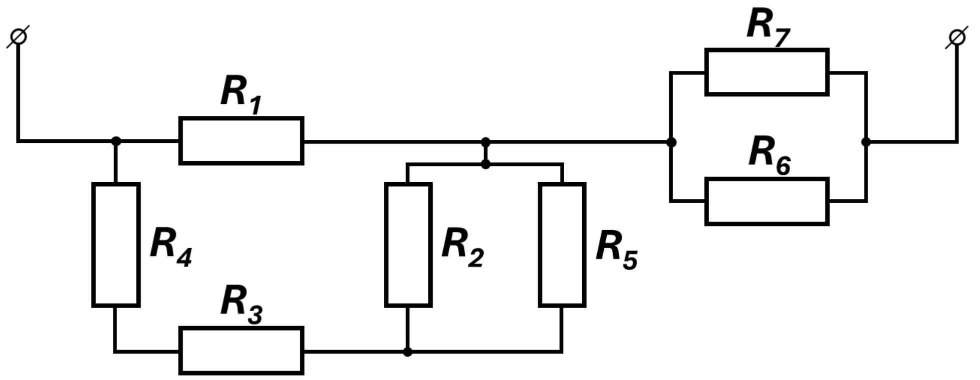
Выполнил: Иванов Иван Иванович

Содержание

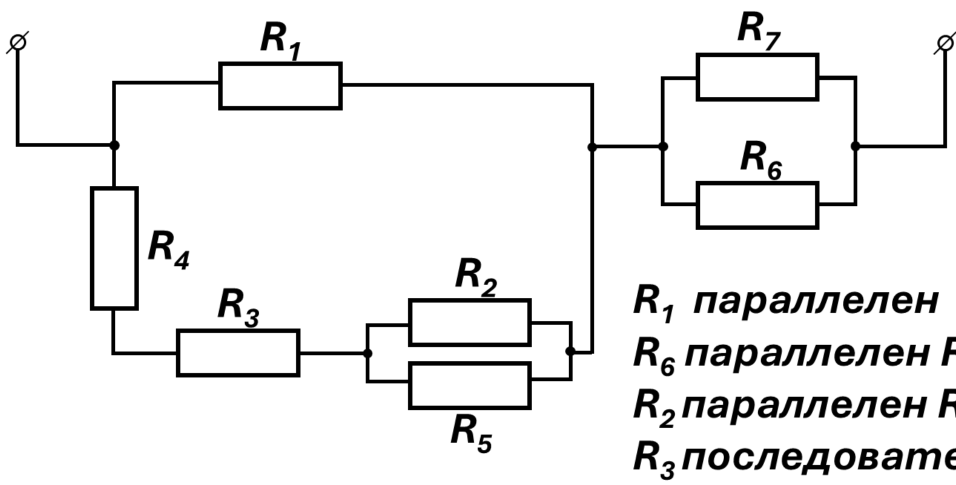
Отчёт о выполнении Курсовой Работы по Электротехнике (часть 1)

Задание 1.

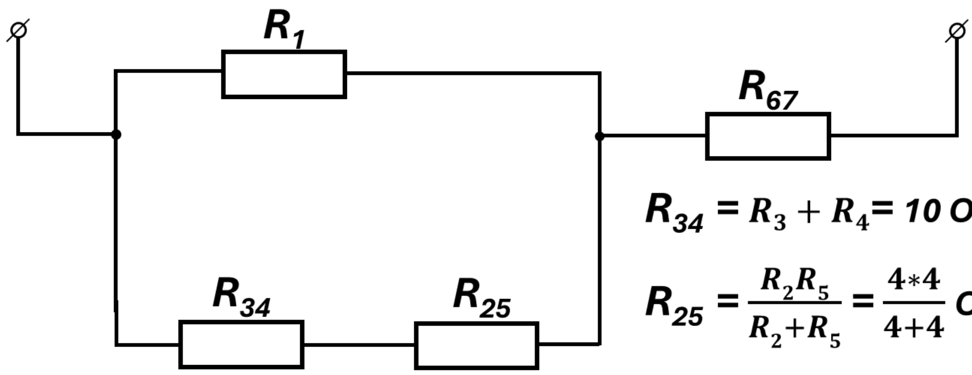
Определить эквивалентное сопротивление цепи.



$R_1 = 12$ Ом
$R_2 = 4$ Ом
$R_3 = 8$ Ом
$R_4 = 2$ Ом
$R_5 = 4$ Ом
$R_6 = 12$ Ом
$R_7 = 3$ Ом



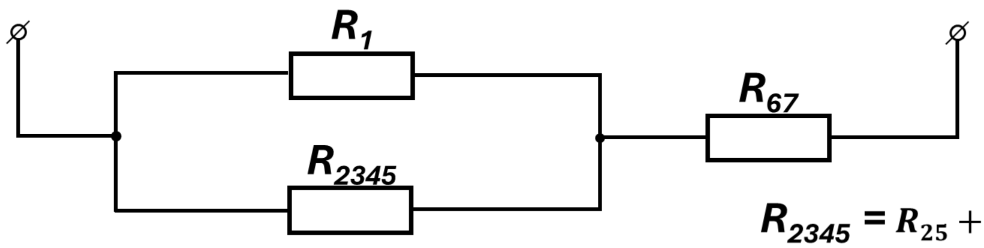
R_1 параллелен $R_2\,R_3\,R_4\,R_5$
R_6 параллелен R_7
R_2 параллелен R_5
R_3 последователен с R_4



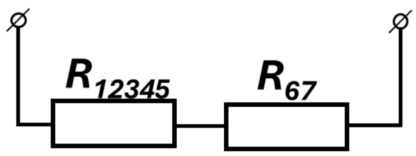
$$R_{34} = R_3 + R_4 = 10\ \text{Ом}$$

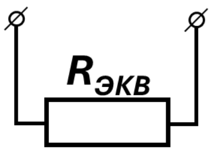
$$R_{25} = \frac{R_2 R_5}{R_2 + R_5} = \frac{4*4}{4+4}\ \text{Ом} = 2\ \text{Ом}$$

$$R_{67} = \frac{R_6 R_7}{R_6 + R_7} = \frac{12*3}{12+3}\ \text{Ом} = 2.4\ \text{Ом}$$



$$R_{2345} = R_{25} + R_{34} = 12\ \text{Ом}$$





$$R_{12345} = \frac{R_1 R_{2345}}{R_1 + R_{2345}} =$$

$$= \frac{12*12}{12+12}\ \text{Ом} = 6\ \text{Ом}$$

$$R_{ЭКВ} = R_{12345} + R_{67} = 8.4\ \text{Ом}$$

Задание 2.

Определить ток **I₁** методом свёртки, а затем ток **I₃**, используя выражение для делителя тока

$E = 20$ В $\quad L = 2$ мГн

$C_1 = 5$ пФ $\quad C_2 = 1$ пФ

$R_1 = 5$ Ом

$R_2 = 5$ Ом

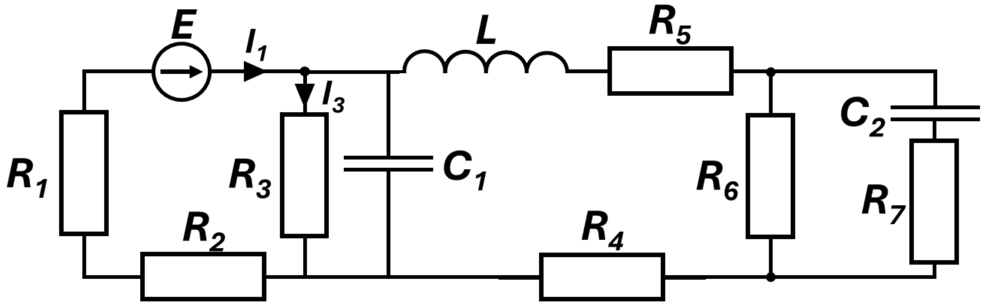
$R_3 = 20$ Ом

$R_4 = 7$ Ом

$R_5 = 5$ Ом

$R_6 = 8$ Ом

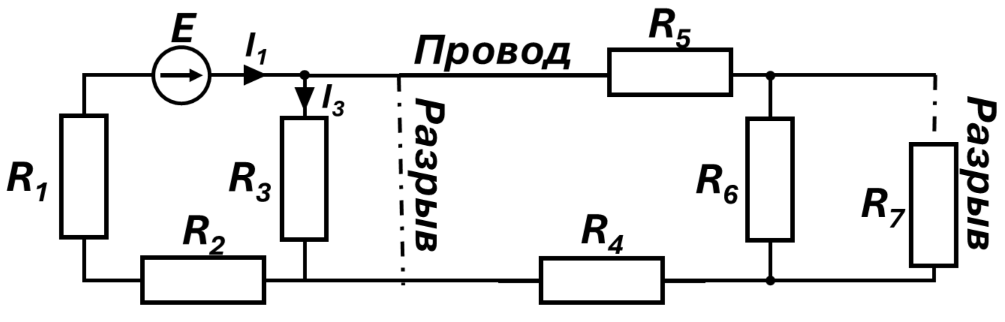
$R_7 = 8$ Ом



Так как у нас дан источник постоянного напряжения, то частота f = 0

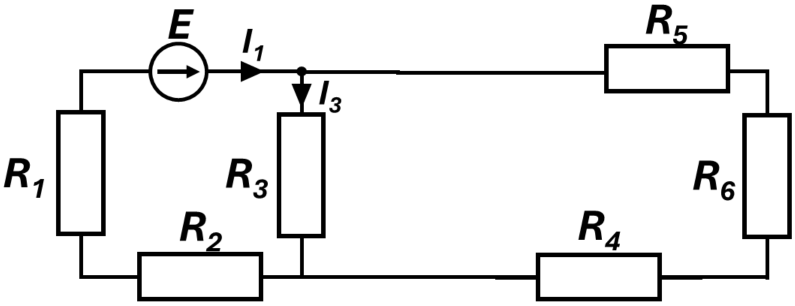
Как следствие: $X_L = w*L = 2*pi*f*L = 0$ $\Rightarrow$ провод

$X_C = 1 / w*C = 1/ 2*pi*f*C = \infty$ $\Rightarrow$ разрыв



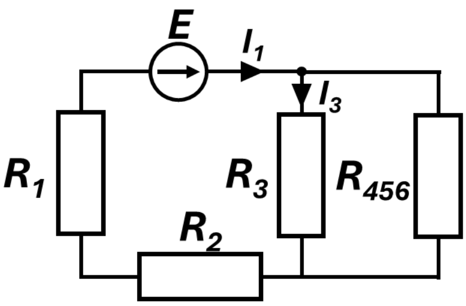
Начнём упрощать (сворачивать) цепь:

R_4 последователен с R_5 и R_6

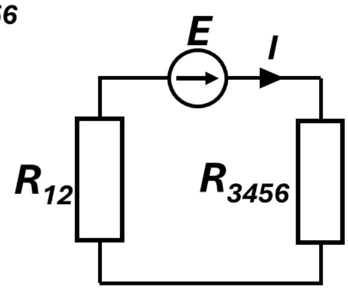


$$R_{456} = R_4 + R_5 + R_6 = 20\ \text{Ом}$$

R_1 последователен с R_2
R_3 параллелен с R_{456}



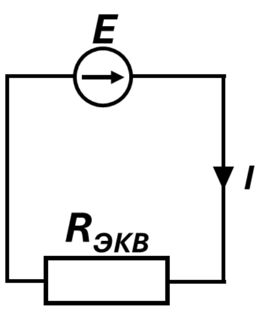
$$R_{12} = R_1 + R_2 = 10\ \text{Ом}$$



$$R_{3456} = \frac{R_3 R_{456}}{R_3 + R_{456}} = \frac{20*20}{20+20}\ \text{Ом} = 10\ \text{Ом}$$

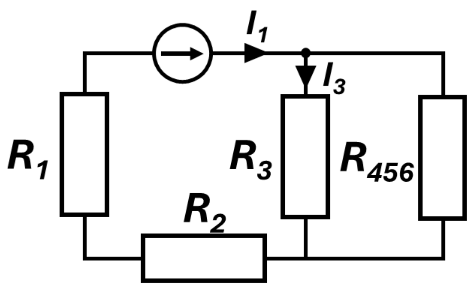
$$R_{ЭКВ} = R_{12} + R_{3456} = 20\ \text{Ом}$$

$$I = \frac{E}{R_{\text{ЭКВ}}} = 1\ A$$



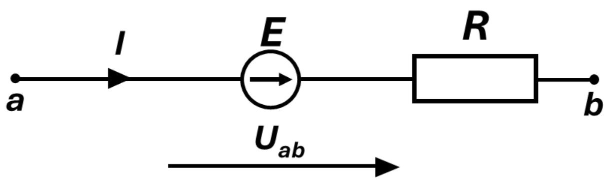
Выражение для делителя тока:

$$I_3 = I * \frac{R_{3456}}{R_3} = 0.5\ A$$



Задание 3.

Рассчитать ЭДС, используя обобщённый закон Ома.

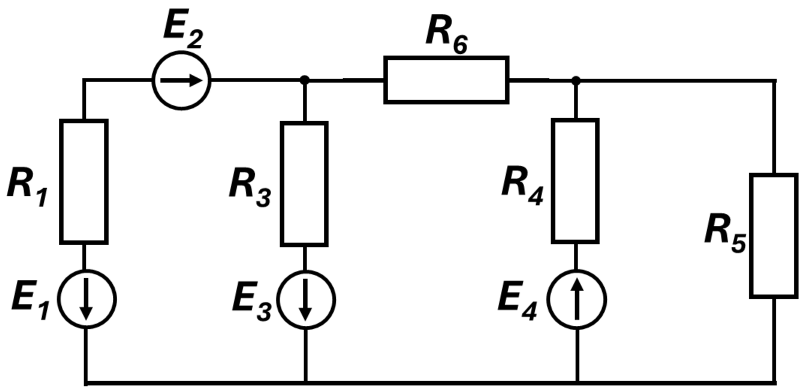


$U_{ab} = 5$ В
$I = 1$ А
$R = 9$ Ом

$$\varphi_a + E - IR = \varphi_b$$
$$\varphi_a - \varphi_b = U_{ab} = IR - E$$
$$E = IR - U_{ab} = 1\ \text{А} * 9\ \text{Ом} - 5\ \text{В} = 4\ \text{В}$$

Задание 4.

Дана схема. Применить соответствующие методы расчёта для цепи.

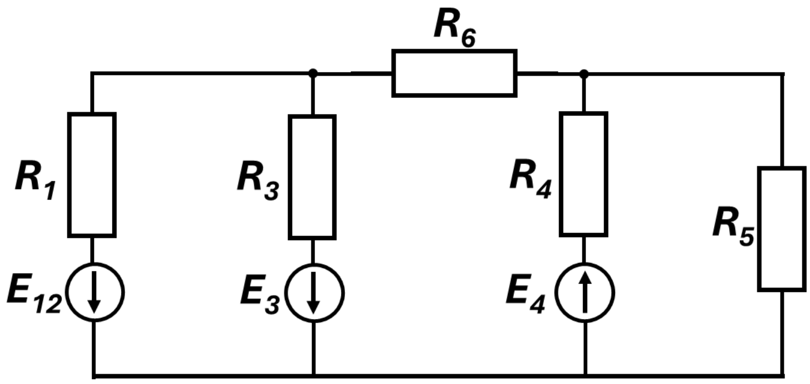


E_1 = 12 В
E_2 = 5 В
E_3 = 12 В
E_4 = 6 В
R_1 = 3 Ом
R_3 = 4 Ом
R_4 = 6 Ом
R_5 = 6 Ом
R_6 = 2 Ом

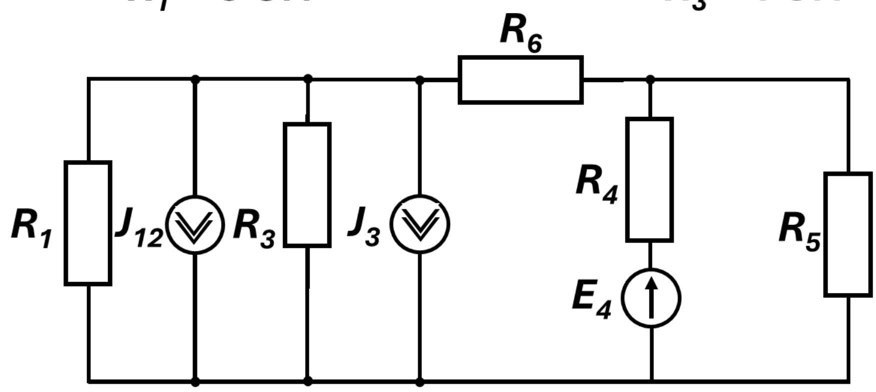
А) МЭП – Метод элементарных образований

Найти ток в любой ветви схемы.

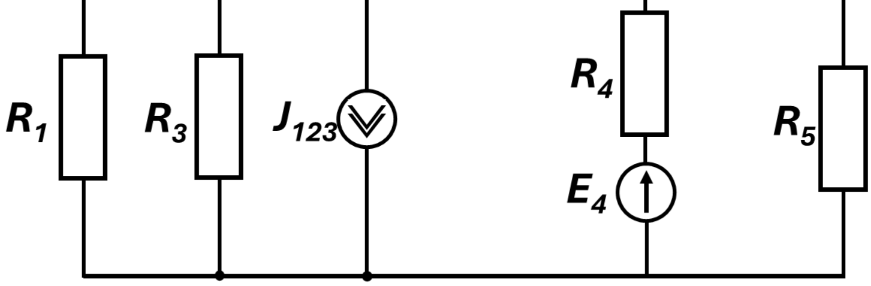
$$E_{12} = E_1 - E_2 = 12\ В - 5\ В = 7\ В$$



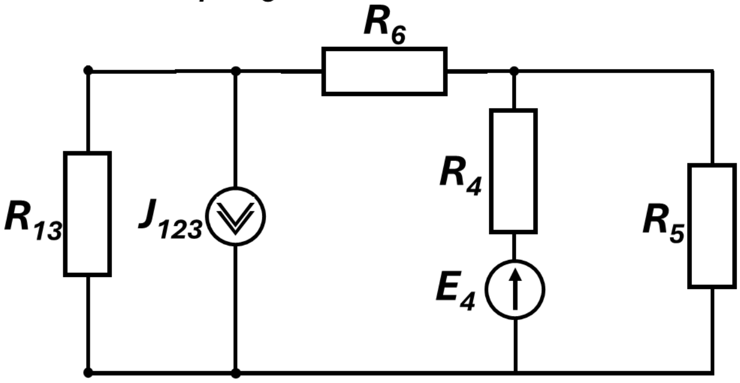
$$J_{12} = \frac{E_{12}}{R_1} = \frac{7\ В}{3\ Ом} = 2,(3)\ А \qquad J_3 = \frac{E_3}{R_3} = \frac{12\ В}{4\ Ом} = 3\ А$$



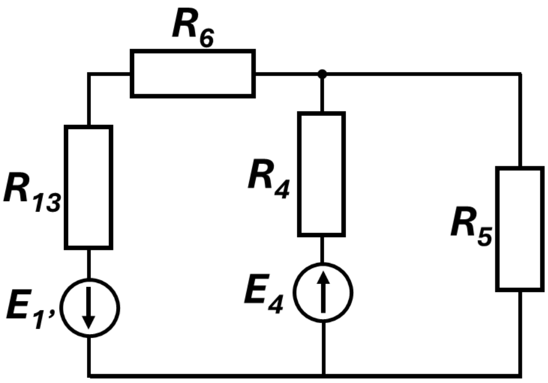
$$J_{123} = J_{12} + J_3 = 5,(3)\ А$$



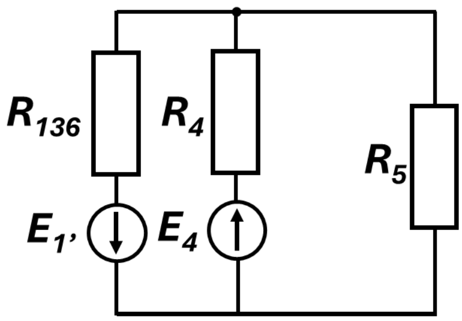
$$R_{13} = \frac{R_1 * R_3}{R_1 + R_3} = \frac{3 * 4}{3 + 4}\ \text{Ом} \approx 1{,}7142\ \text{Ом}$$



$$E_{1'} = J_{123} * R_{13} \approx 9{,}1429\ \text{В}$$

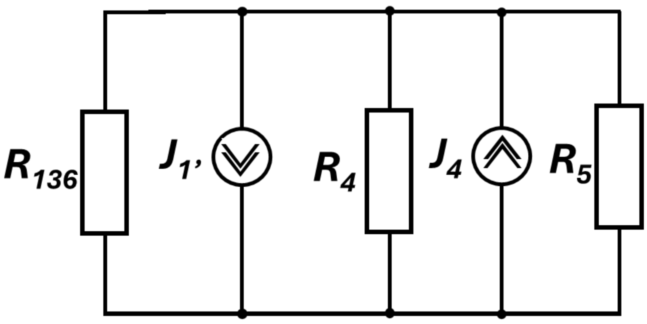


$$R_{136} = R_{13} + R_6 = 3{,}7142\ \text{Ом}$$



$$J_{1'} = \frac{E_{1'}}{R_{136}} = \frac{9{,}1429\ \text{В}}{3{,}7142\ \text{Ом}} \approx 2{,}4616\ \text{А}$$

$$J_4 = \frac{E_4}{R_4} = \frac{6\ \text{В}}{6\ \text{Ом}} = 1\ \text{А}$$

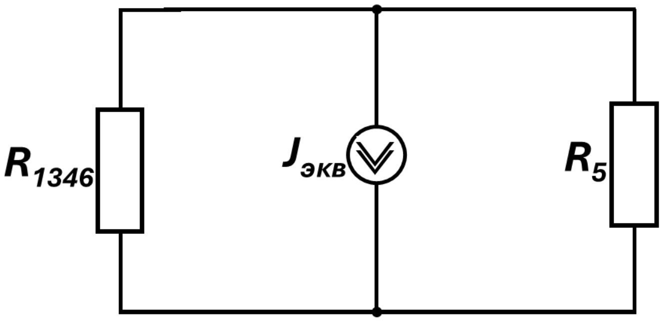


$$J_{экв} = J_{1'} - J_4 = 1{,}4616\ A$$

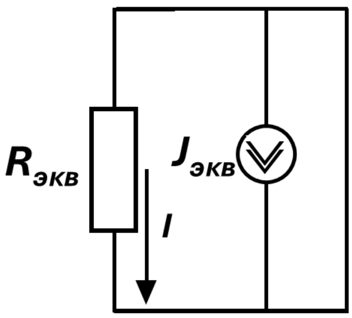
$$R_{1346} = \frac{R_{136} * R_4}{R_{136} + R_4} =$$

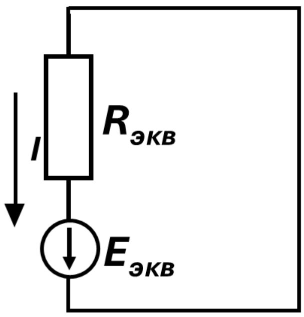
$$= \frac{3{,}7142 * 6}{3{,}7142 + 6}\ Ом \approx$$

$$\approx 2{,}2941\ Ом$$



$$R_{экв} = \frac{R_{1346} * R_5}{R_{1346} + R_5} = \frac{2{,}2941 * 6}{2{,}2941 + 6}\ Ом \approx 1{,}66\ Ом$$

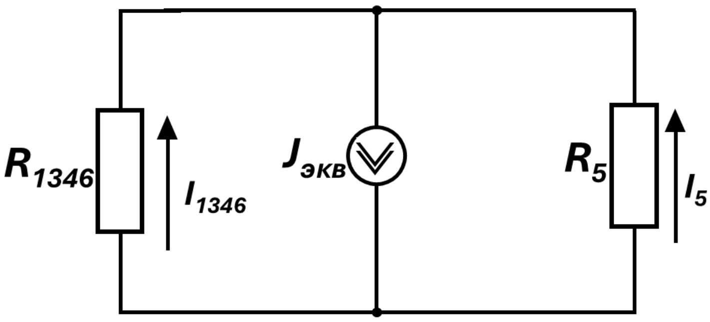




$$E_{экв} = J_{экв} * R_{экв} =$$
$$= 1{,}4616\ A * 1{,}66\ Ом \approx$$
$$\approx 2{,}4198\ B \approx 2{,}42\ B$$

$$I_5 = I * \frac{R_5}{R_{13456}} = \frac{E_э}{R_э} * \frac{R_э}{R_5} =$$

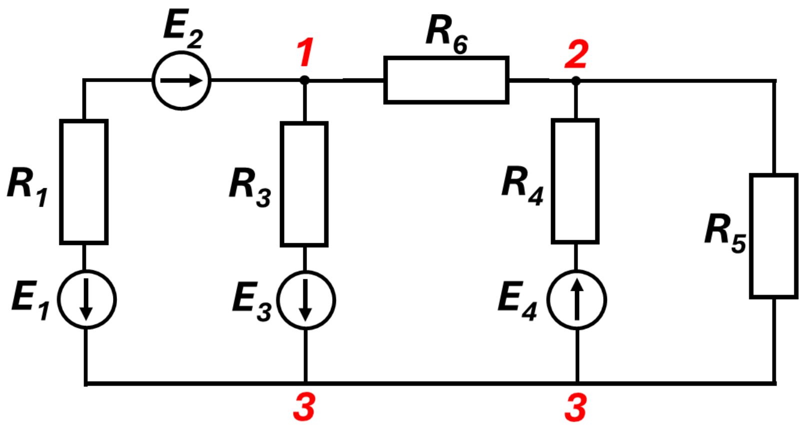
$$= \frac{E_э}{R_5} = \frac{2{,}42}{6}\ A \approx 0{,}4\ A$$



Б) ЗК – Законы Кирхгофа

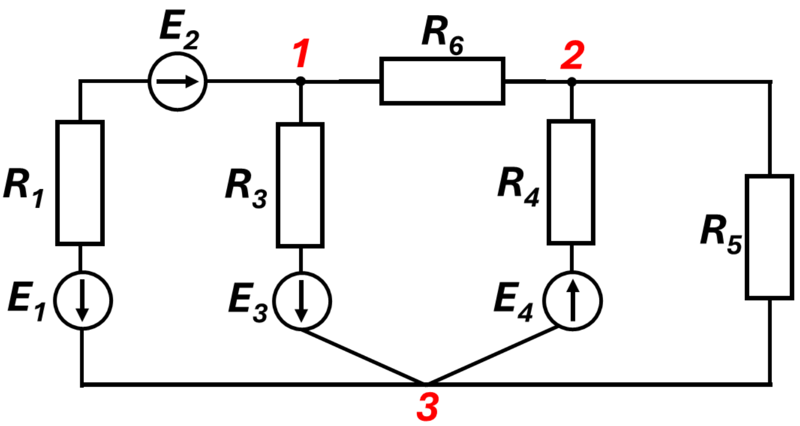
Найти токи во всех ветвях.

Важно: в цепи 3 узла!

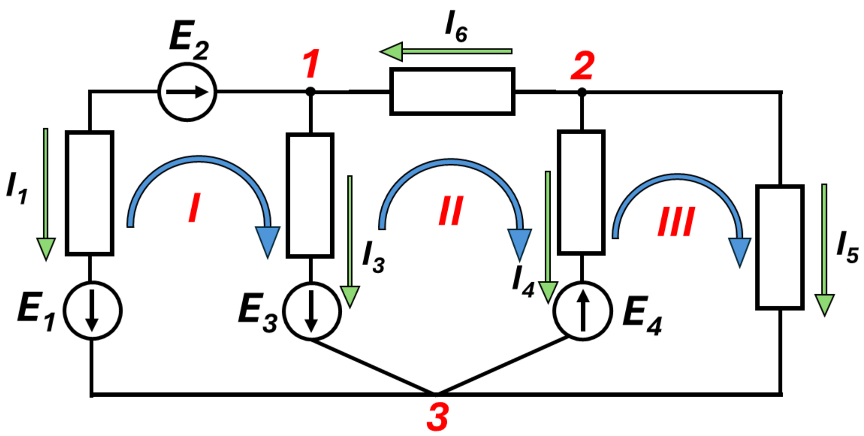


E_1 = 12 В
E_2 = 5 В
E_3 = 12 В
E_4 = 6 В
R_1 = 3 Ом
R_3 = 4 Ом
R_4 = 6 Ом
R_5 = 6 Ом
R_6 = 2 Ом

Перерисуем цепь:

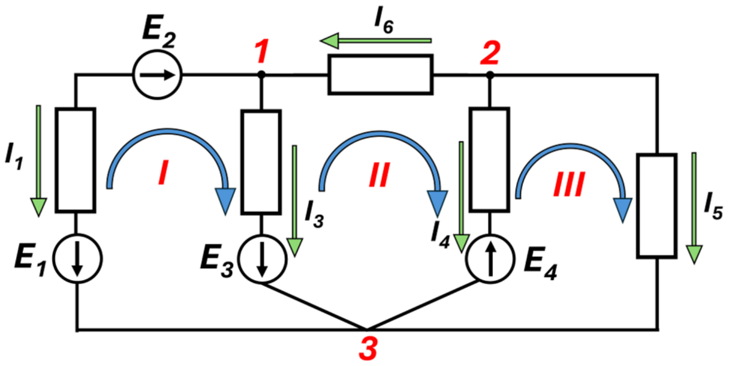


Укажем направление контурных токов



Составим уравнения по первому Закону Кирхгофа

$$n_1 = N_{узлов} - 1 = 2$$

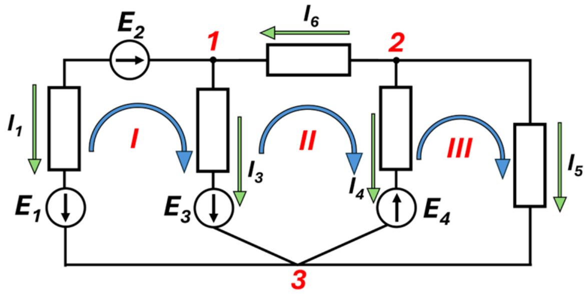


$$\sum_i^n I_i = 0$$

$$\begin{array}{l} 1 \\ 2 \end{array} \begin{cases} -I_1 - I_3 + I_6 = 0 \\ -I_6 - I_4 - I_5 = 0 \end{cases}$$

Составим уравнения по второму Закону Кирхгофа

$$n_2 = N_{ветвей} - N_{ветвей\ с\ ист.\ тока} - n_1 = 6 - 3 = 3$$



$$\sum_i^n I_i R_i = \sum_k^m E_k$$

$$\begin{array}{l} I \\ II \\ III \end{array} \begin{cases} -I_1 R_1 + I_3 R_3 = E_3 + E_2 - E_1 \\ -I_6 R_6 + I_4 R_4 - I_3 R_3 = -E_4 - E_3 \\ +I_5 R_5 - I_4 R_4 = +E_4 \end{cases}$$

Составим из СЛАУ матрицу и решим методом Гаусса.

$$\begin{array}{ccccc} I_1 & I_3 & I_4 & I_5 & I_6 \end{array}$$
$$\left[\begin{array}{ccccc|c} -1 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & -1 & -1 & 0 \\ -3 & 4 & 0 & 0 & 0 & 5 \\ 0 & -4 & 6 & 0 & -2 & -18 \\ 0 & 0 & -6 & 6 & 0 & 6 \end{array}\right] \Leftarrow \begin{array}{l} 1 \\ 2 \\ I \\ II \\ III \end{array} \begin{cases} -I_1 - I_3 + I_6 = 0 \\ -I_6 - I_4 - I_5 = 0 \\ -I_1 R_1 + I_3 R_3 = E_3 + E_2 - E_1 \\ -I_6 R_6 + I_4 R_4 - I_3 R_3 = -E_4 - E_3 \\ +I_5 R_5 - I_4 R_4 = +E_4 \end{cases}$$

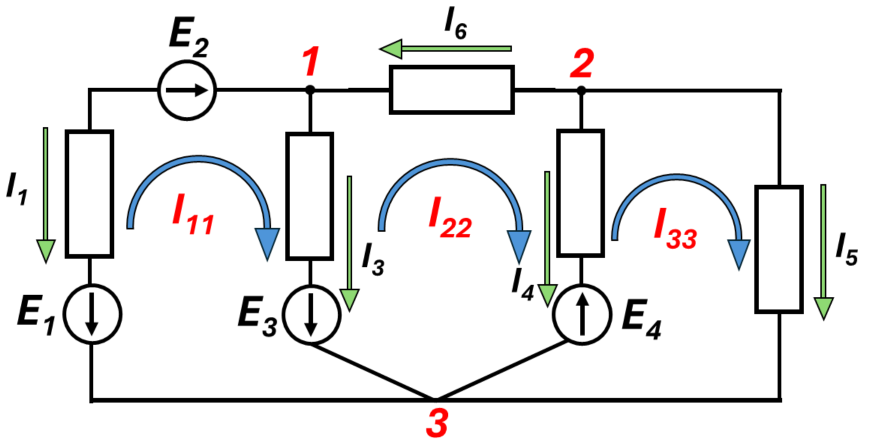
Получим, что токи равны:

$$I_1 = \frac{15}{47} A \quad I_3 = \frac{70}{47} A \quad I_4 = -\frac{66}{47} A \quad I_5 = -\frac{19}{47} A \quad I_6 = \frac{85}{47} A$$

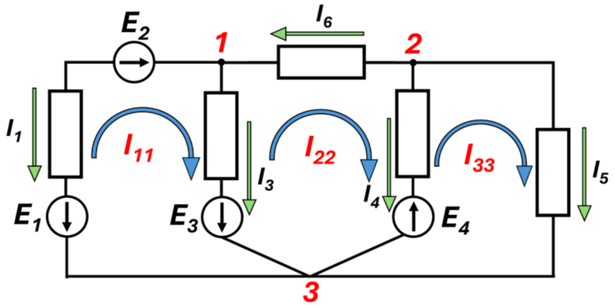
В) МКТ – Метод Контурных Токов

Найти токи во всех ветвях.

Укажем направление контурных токов



Составим уравнения контурных токов



$$
\begin{cases}
I_{11}(R_1+R_3) - I_{22}R_3 = E_3 + E_2 - E_1 \\
I_{22}(R_3+R_4+R_6) - I_{33}R_4 - I_{11}R_3 = \\
\qquad = -E_4 - E_3 \\
I_{33}(R_4+R_5) - I_{22}R_4 = E_4
\end{cases}
$$

Составим из СЛАУ матрицу и решим методом Гаусса.

$$\begin{array}{ccc|c} I_{11} & I_{22} & I_{33} & \\ \end{array}$$

$$\left[\begin{array}{ccc|c} 7 & -4 & 0 & 5 \\ -4 & 12 & -6 & -18 \\ 0 & -6 & 12 & 6 \end{array}\right] \triangleleft \begin{cases} I_{11}(R_1+R_3)-I_{22}R_3=E_3+E_2-E_1 \\ I_{22}(R_3+R_4+R_6)-I_{33}R_4-I_{11}R_3=-E_4-E_3 \\ I_{33}(R_4+R_5)-I_{22}R_4=E_4 \end{cases}$$

Получим, что контурные токи равны:

$$I_{11}=-\frac{15}{47}A \quad I_{22}=-\frac{85}{47}A \quad I_{33}=-\frac{19}{47}A$$

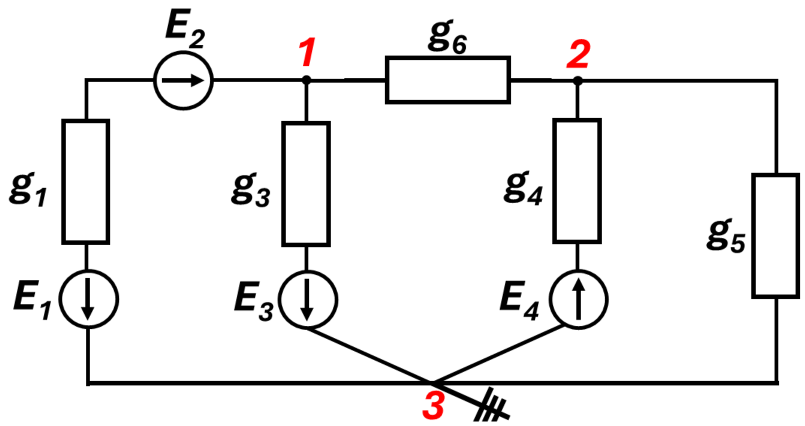
Получим, что токи равны:

$$\begin{cases} I_1=-I_{11} & =\frac{15}{47}A \\ I_3=I_{11}-I_{22} & =\frac{70}{47}A \\ I_4=I_{22}-I_{33} & =-\frac{66}{47}A \\ I_5=I_{33} & =-\frac{19}{47}A \\ I_6=-I_{22} & =\frac{85}{47}A \end{cases}$$

Г) МУП – Метод Узловых Потенциалов

Найти токи во всех ветвях.

Укажем узловые потенциалы, проводимости резисторов



$$g_1 = \frac{1}{3}\ \text{Ом}$$

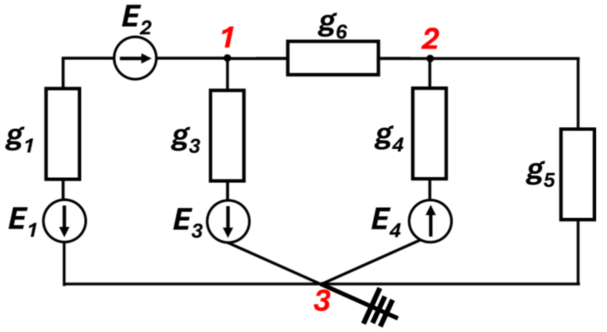
$$g_3 = \frac{1}{4}\ \text{Ом}$$

$$g_4 = \frac{1}{6}\ \text{Ом}$$

$$g_5 = \frac{1}{6}\ \text{Ом}$$

$$g_6 = \frac{1}{2}\ \text{Ом}$$

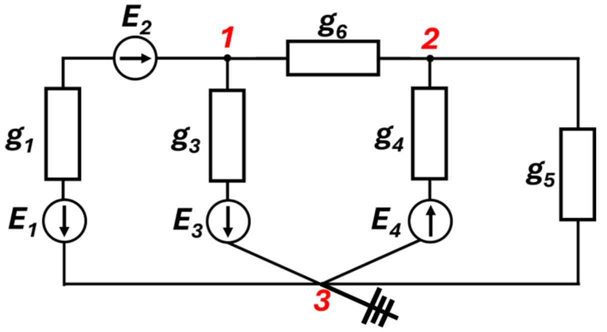
Укажем узловые потенциалы, проводимости резисторов



$$\varphi_3 = 0\ (\text{земля})$$

$$\begin{cases} \varphi_1(g_1 + g_3 + g_6) - \varphi_2 g_6 = -E_3 g_3 + \\ + E_2 g_1 - E_1 g_1 \\ \varphi_2(g_4 + g_5 + g_6) - \varphi_1 g_6 = E_4 g_4 \end{cases}$$

Укажем узловые потенциалы, проводимости резисторов



$$\begin{cases} \frac{13}{12} * \varphi_1 - \frac{1}{2} * \varphi_2 = -\frac{16}{3} \\ \frac{5}{6} * \varphi_2 - \frac{1}{2} * \varphi_1 = 1 \end{cases}$$

Составим из СЛАУ матрицу и решим методом Гаусса.

$$\begin{array}{c} \begin{array}{ccc} \varphi_1 & \varphi_2 & I_{33} \end{array} \\ \left[\begin{array}{cc|c} \frac{13}{12} & -\frac{1}{2} & -\frac{16}{3} \\ -\frac{1}{2} & \frac{5}{6} & 1 \end{array}\right] \end{array} \quad \begin{cases} \frac{13}{12}*\varphi_1 - \frac{1}{2}*\varphi_2 = -\frac{16}{3} \\ \frac{5}{6}*\varphi_2 - \frac{1}{2}*\varphi_1 = 1 \end{cases}$$

Получим, что потенциалы равны:

$$\varphi_1 = -\frac{284}{47}\ \text{В} \qquad \varphi_2 = -\frac{114}{47}\ \text{В}$$

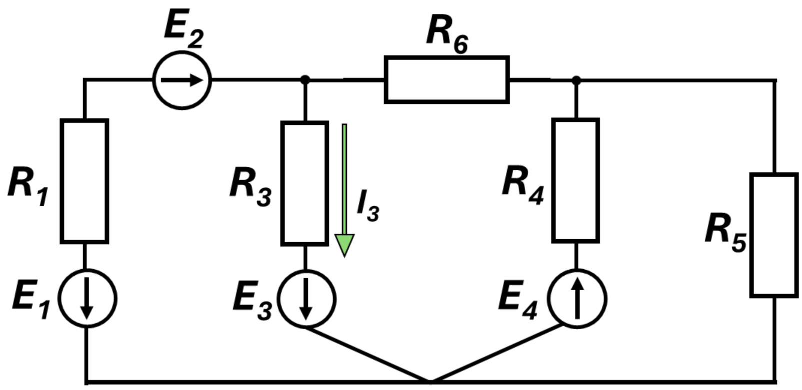
Получим, что токи равны:

$$\begin{cases} I_1 = (\varphi_1 - \varphi_3 + E_{12})*g_1 = \frac{15}{47}\,A \\ I_3 = (\varphi_1 - \varphi_3 + E_3)*g_3 = \frac{70}{47}\,A \\ I_4 = (\varphi_2 - \varphi_3 - E_4)*g_4 = -\frac{66}{47}\,A \\ I_5 = (\varphi_2 - \varphi_3)*g_5 = -\frac{19}{47}\,A \\ I_6 = (\varphi_2 - \varphi_1)*g_6 = \frac{85}{47}\,A \end{cases}$$

Д) МЭГ – Метод Эквивалентного Генератора

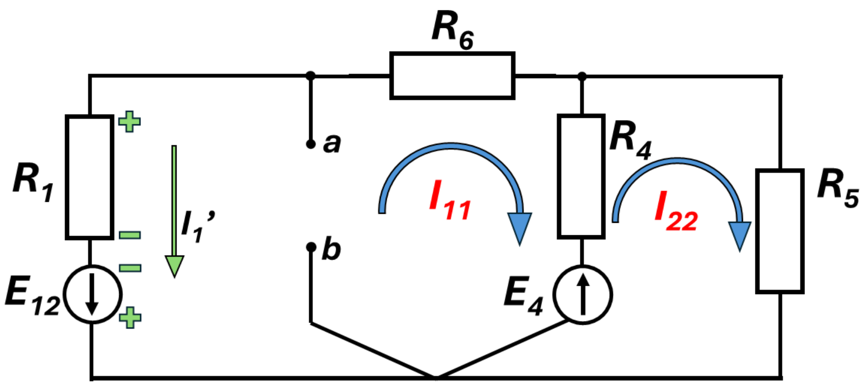
Найти ток в любой ветви.

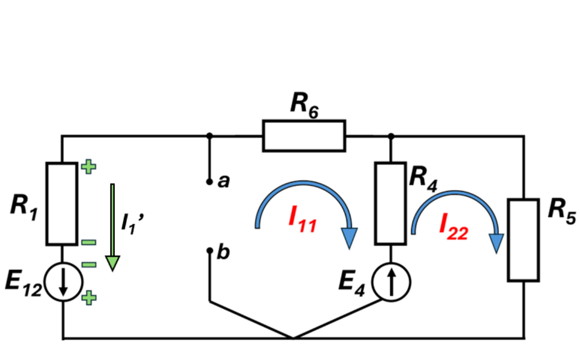
Перерисуем цепь:



Укажем контурные токи.

Перерисуем цепь:





$$U_{ab} = E_{экв} = I_1' * R_1 - E_{12}$$

$$\begin{cases} I_{11}(R_1 + R_4 + R_6) - I_{22} R_4 = -E_4 - E_{12} \\ I_{22}(R_4 + R_5) \qquad - I_{11} R_4 = E_4 \end{cases}$$

Составим из СЛАУ матрицу и решим методом Гаусса.

$$\begin{array}{cc|c} I_{11} & I_{22} & \\ \end{array}$$
$$\left[\begin{array}{cc|c} 11 & -6 & -13 \\ -6 & 12 & 6 \end{array}\right] \lhd \begin{cases} I_{11}(R_1+R_4+R_6) - I_{22}R_4 = -E_4 - E_{12} \\ I_{22}(R_4+R_5) \quad - I_{11}R_4 = E_4 \end{cases}$$

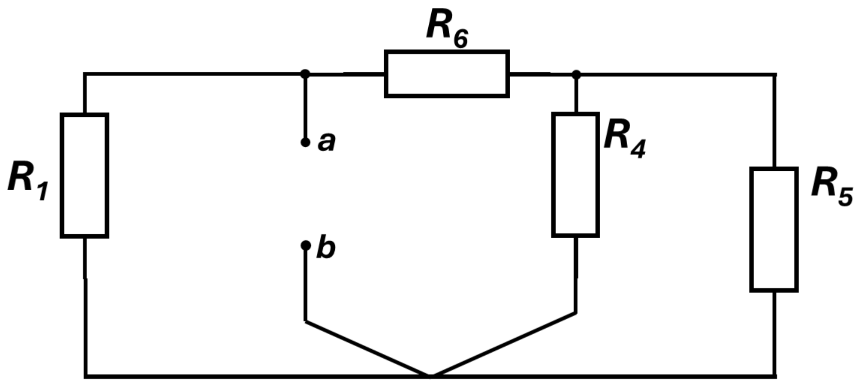
Получим, что контурные токи равны:

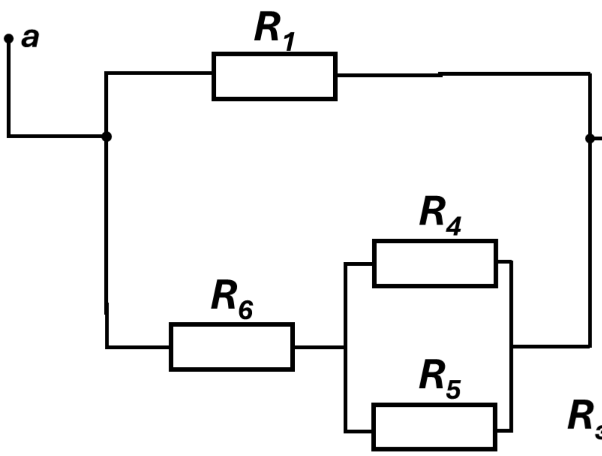
$$I_{11} = -\frac{5}{4}\ \text{A} \qquad I_{22} = -\frac{1}{8}\ \text{A}$$

$$\Rightarrow I_1' = -I_{11} = \frac{5}{4}\ \text{A}$$

$$U_{ab} = E_{экв} = \frac{5}{4}*3 - 7\ \text{В} = -\frac{13}{4}\ \text{В}$$

Перерисуем цепь и посчитаем $R_{экв}$

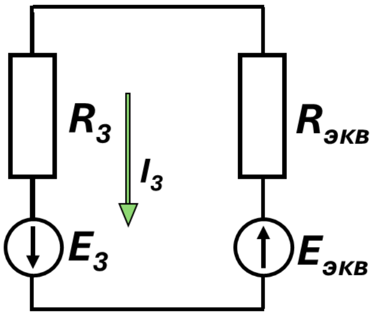




$$R_{45} = \frac{R_4 R_5}{R_4+R_5} = \frac{6*6}{6+6}\ Ом = 3\ Ом$$

$$R_{456} = R_{45} + R_6 = 5\ Ом$$

$$R_{экв} = R_{456} + R_1 = \frac{3*5}{3+5}\ Ом = 1.875\ Ом$$



$$I_3 = \frac{E_3 + E_{экв}}{R_3 + R_{экв}} =$$

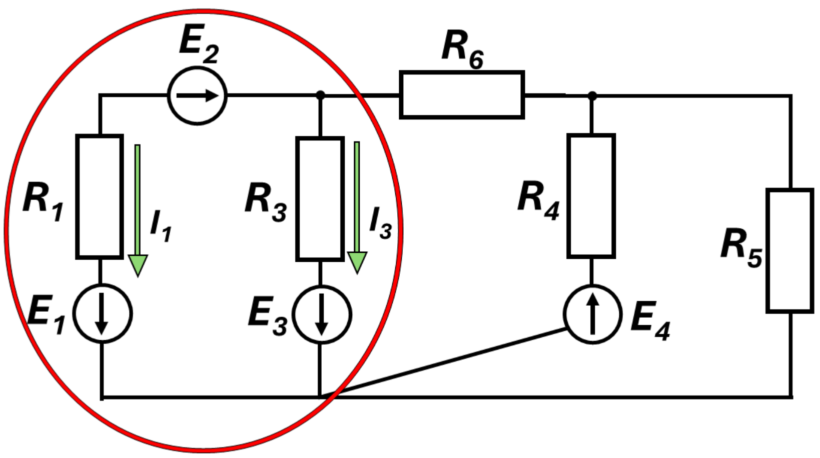
$$= \frac{12 - \frac{13}{4}}{4 + \frac{15}{8}}\ \text{А} =$$

$$= \frac{70}{47}\ \text{А}$$

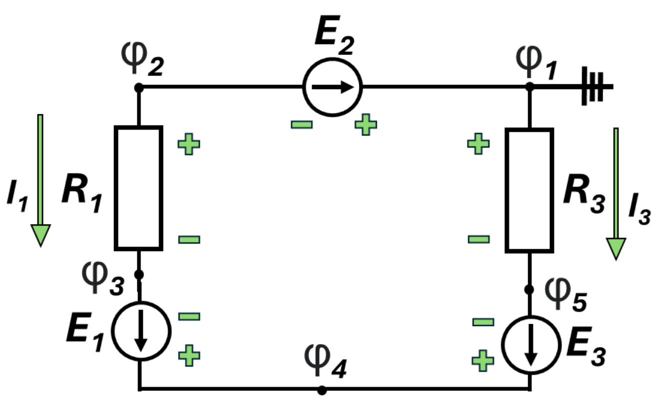
E) Таблица Расчёта Токов

Метод / Ток	МЭП	ЗК	МКТ	МУП	МЭГ
I_1	-	$\frac{15}{47}$ A	$\frac{15}{47}$ A	$\frac{15}{47}$ A	-
I_3	-	$\frac{70}{47}$ A	$\frac{70}{47}$ A	$\frac{70}{47}$ A	$\frac{70}{47}$ A
I_4	-	$-\frac{66}{47}$ A	$-\frac{66}{47}$ A	$-\frac{66}{47}$ A	-
I_5	≈ -0.4 A	$-\frac{19}{47}$ A	$-\frac{19}{47}$ A	$-\frac{15}{47}$ A	-
I_6	-	$\frac{85}{47}$ A	$\frac{85}{47}$ A	$\frac{85}{47}$ A	-

Ё) Векторно-потенциальная диаграмма

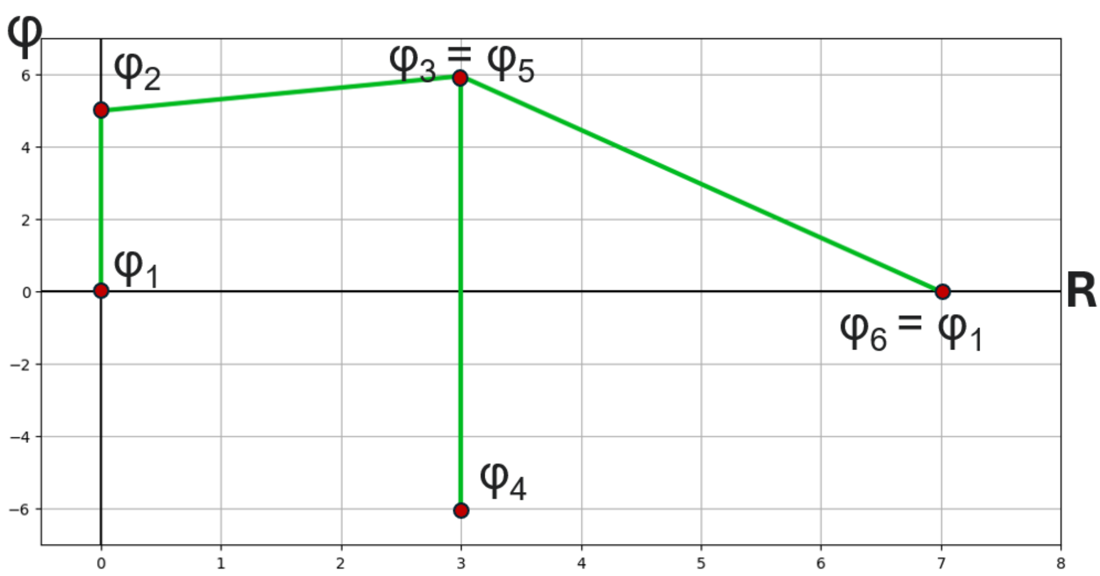


Перерисуем цепь
Выделим контур

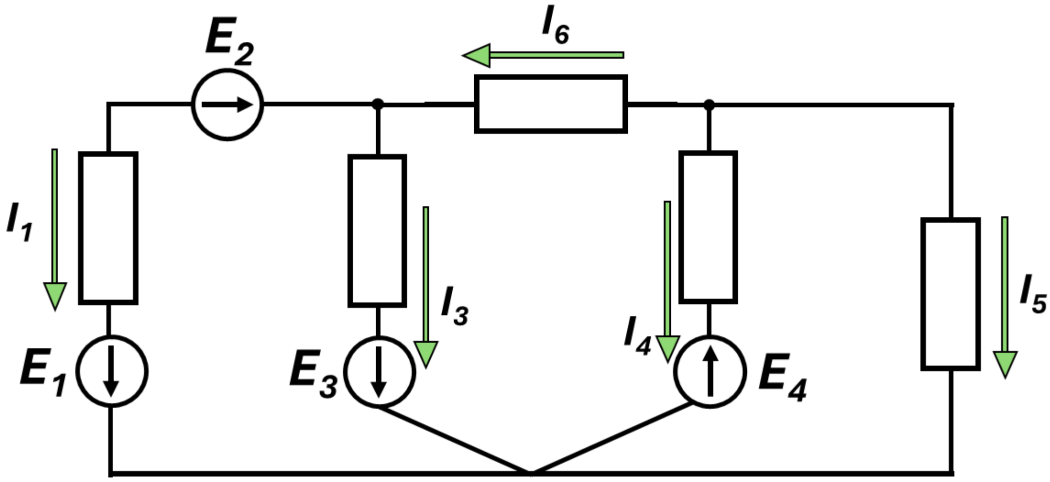


$\varphi_1 = 0$ - Земля

$$\varphi_2 = \varphi_1 + E_2 \quad = 5В$$
$$\varphi_3 = \varphi_2 + I_1R_1 \approx 5.96В$$
$$\varphi_4 = \varphi_3 - E_1 \quad = -6.04В$$
$$\varphi_5 = \varphi_4 + E_3 \quad = 5.96В$$
$$\varphi_1 = \varphi_5 - I_3R_3 = 0В$$



Ж) Баланс мощностей



$$P_{ист} = E_1 I_1 - E_2 I_1 + E_3 I_3 - E_4 I_4 \approx \approx 29.489 \text{ вт}$$

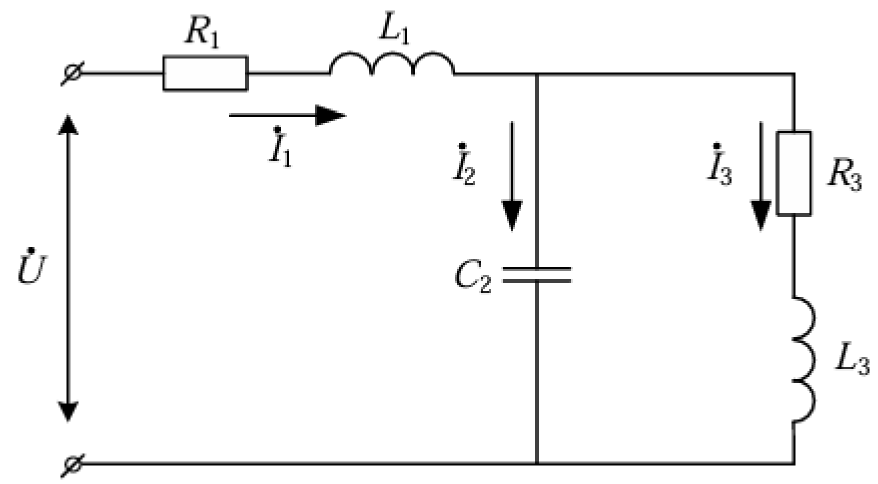
$$P_{нагр} = I_1^2 R_1 + I_3^2 R_3 + I_4^2 R_4 + I_5^2 R_5 + + I_6^2 R_6 \approx 28.532 \text{ вт}$$

$$\begin{cases} \sum P_{\text{источники}} = \sum E_i I_i \\ \sum P_{\text{нагрузки}} = \sum I_i^2 R_i \end{cases}$$

Причем $P_{ист} = P_{нагр}$

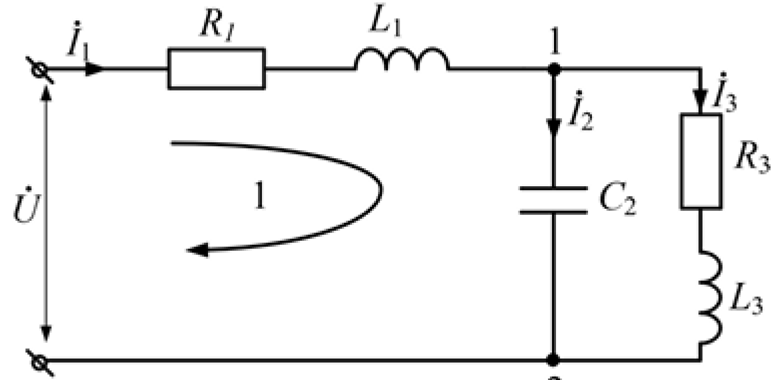
$$\delta_{\%} = \frac{|P_{ист} - P_{нагр}|}{P_{ист}} * 100\% \approx 3.2\% \leq 5\%$$

Отчёт о выполнении Курсовой Работы по Электротехнике (часть 2)



R_1, Ом	R_3, Ом	X_{L1}, Ом	X_{L3}, Ом	X_{C2}, Ом	$\dot{U}$, В
5	7	1	3	4	10

Задание 1.
Рассчитать сопротивления ветвей и входное сопротивление (комплексные).



Z1 = R1 + j*XL1 = 5 + j

Z2 = - j*XC2 = - 4j

Z3 = R3 + j*XL3 = 7 + 3j

Zэкв = Z1 + Z2*Z3 / (Z2 + Z3) = Z1 + Z23

Zэкв = 5 + j + (-4j)*(7 + 3j) / (7 – j) = 5 + j + 2.24 – 3.68j = 7.24 – 2.68j

Задание 2.

Рассчитать токи ветвей

Зная Zэкв и $\dot{U}$, мы можем с легкостью посчитать входящий ток:

$\dot{I} = \dot{I}_1 = \dot{U}$ / Zэкв = 1.21 + 0.45j

С помощью выражения для делителя тока найдём $\dot{I}_2$ и $\dot{I}_3$:

$\dot{I}_2 = \dot{I}_1 * Z23 / Z2 = 0.87 + 1.09j$

$\dot{I}_3 = \dot{I}_1 * Z23 / Z3 = 0.35 – 0.64j$

Задание 3.

Рассчитать напряжения на всех элементах

$\dot{U}_{R1} = \dot{I}_1 * R_1 = 5 * (1.21 + 0.45j) = 6.07 + 2.25j$

$\dot{U}_{L1} = \dot{I}_1 * jX_{L1} = j * (1.21 + 0.45j) = - 0.45 + 1.21j$

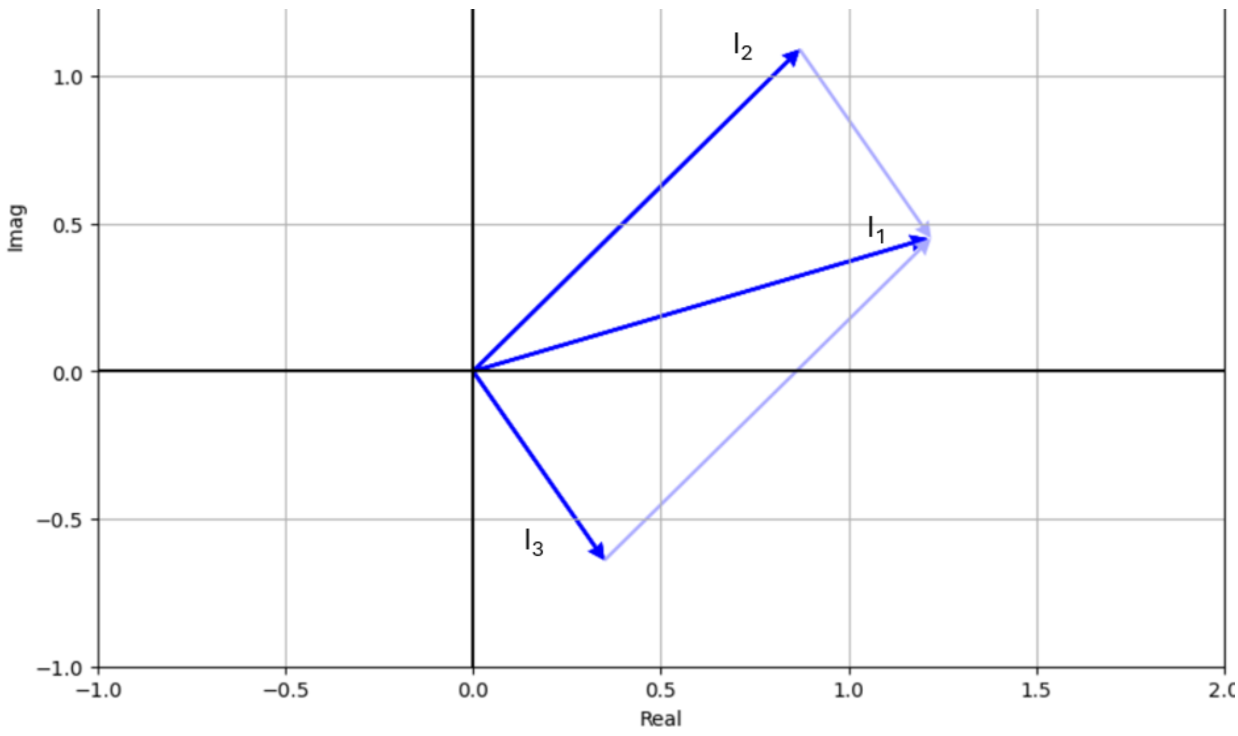
$\dot{U}_{C2} = \dot{I}_2 * -jX_{C2} = -4j * (0.87 + 1.09j) = 4.38 - 3.46j$

$\dot{U}_{R3} = \dot{I}_3 * R3 = 7 * (0.35 – 0.64j) = 2.45 - 4.48j$

$\dot{U}_{L3} = \dot{I}_3 * jX_{L3} = 3j * (0.35 – 0.64j) = 1.92 + 1.05j$

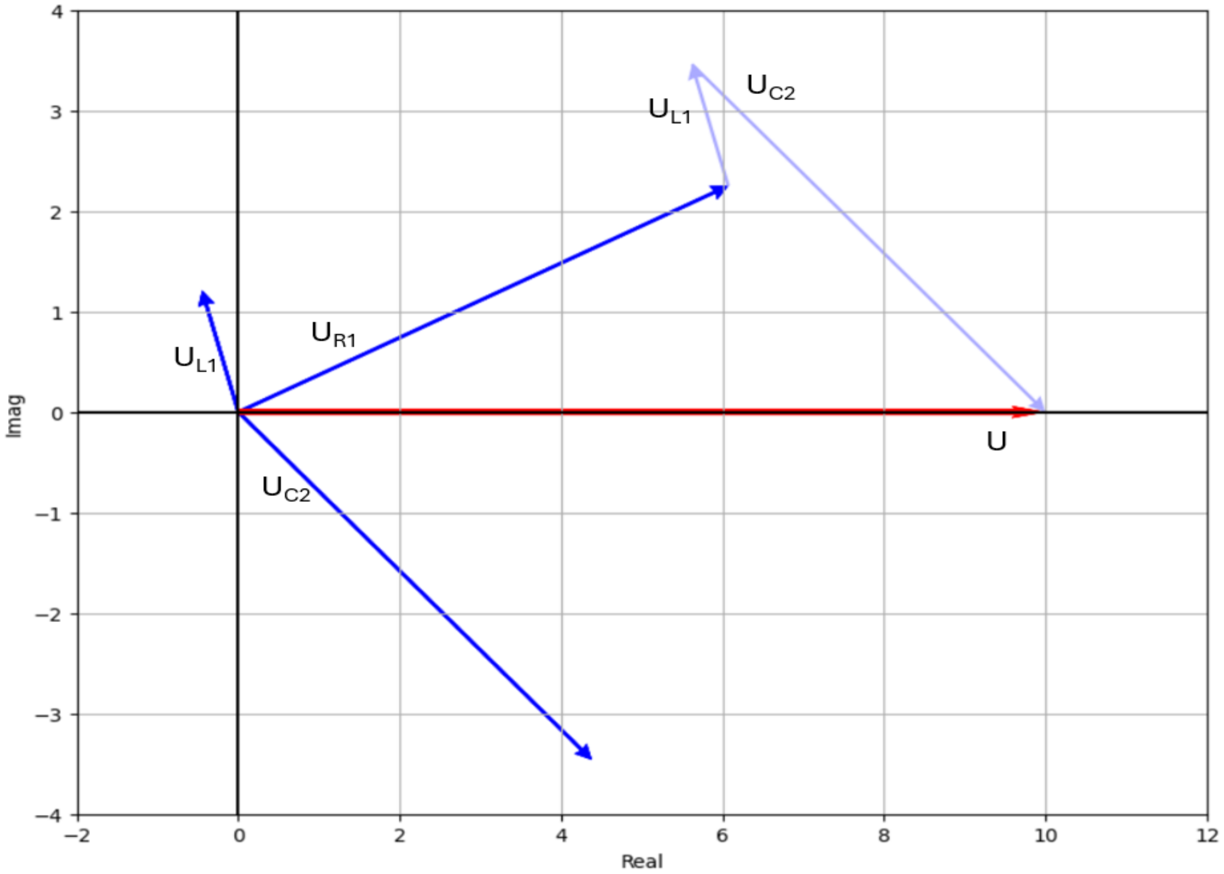
Задание 4.

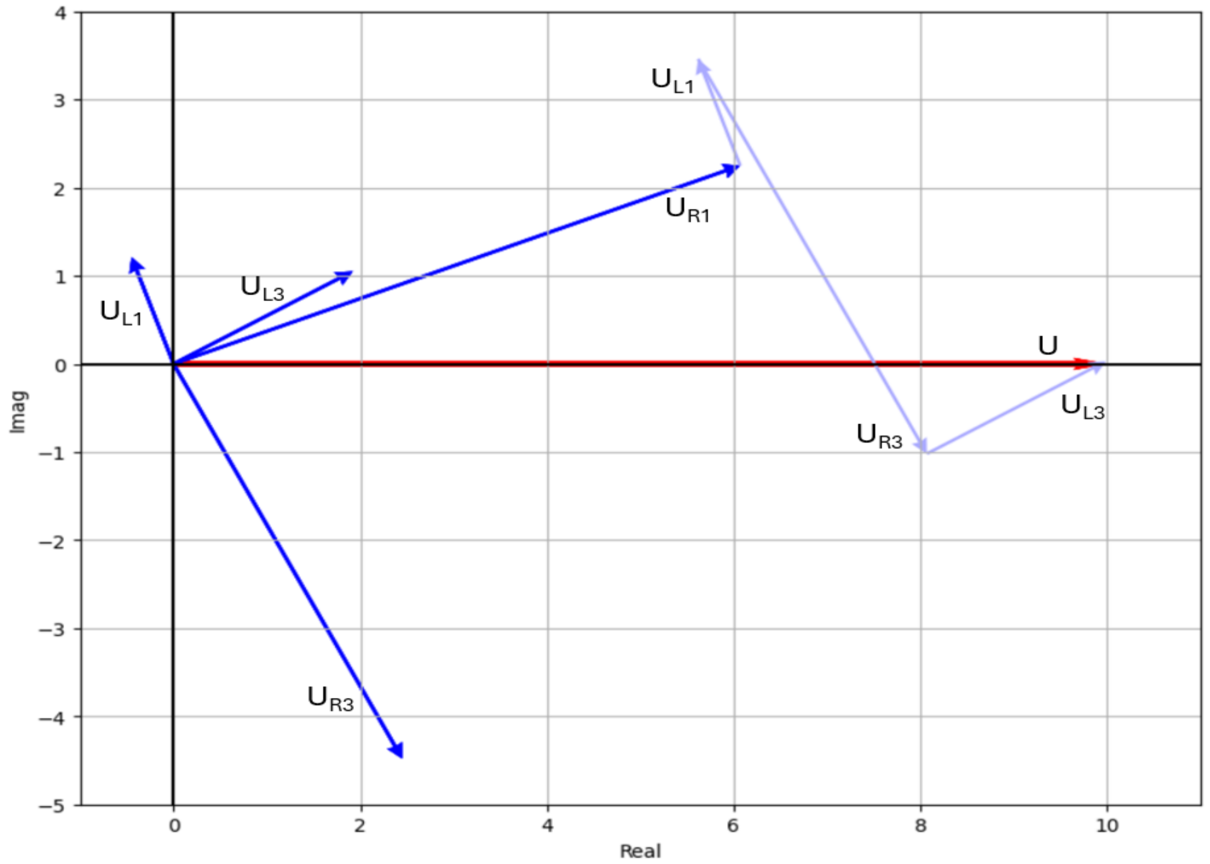
Построить векторную диаграмму токов



Задание 5.

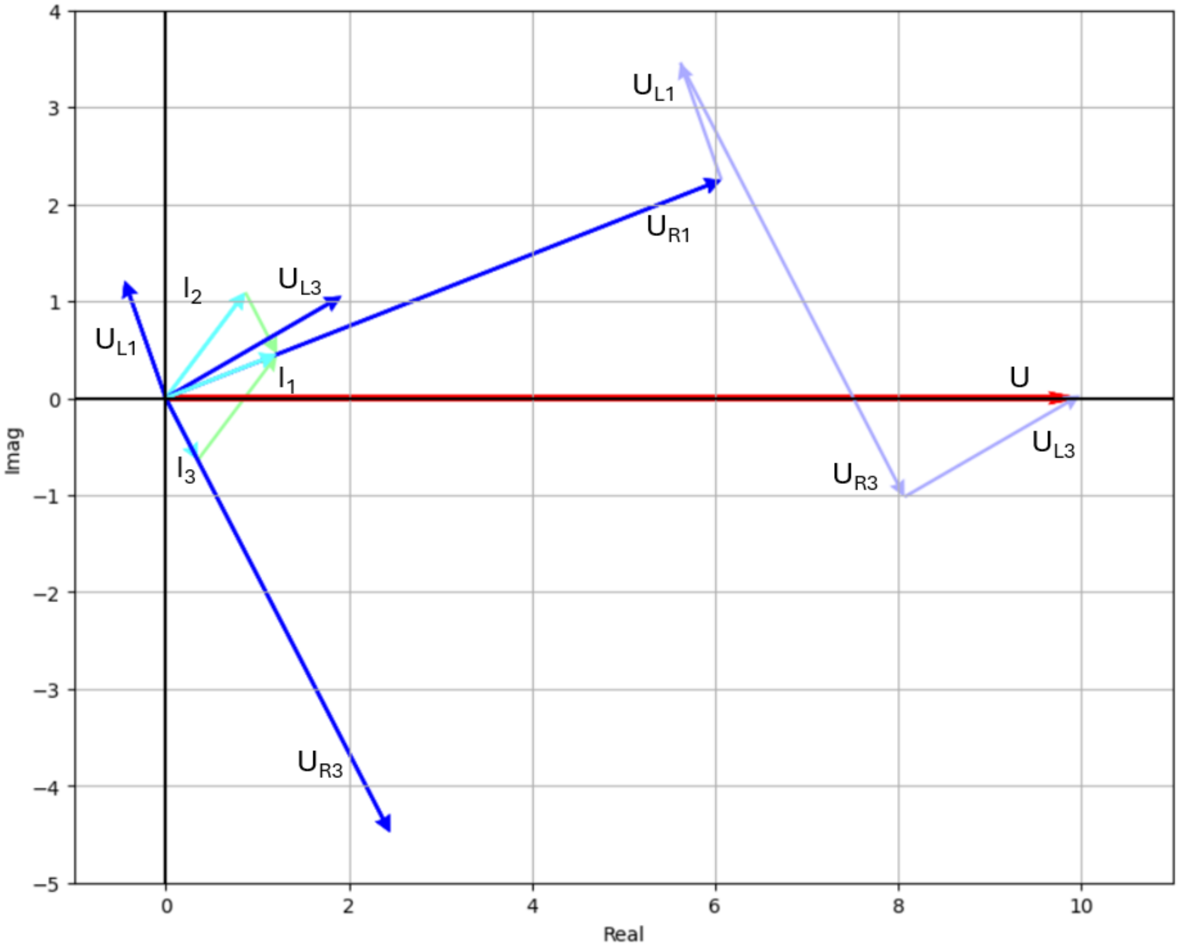
Построить векторную диаграмму напряжений





Задание 6.

Построить обобщенную векторную диаграмму



Задание 7.

Метод баланса мощностей

$\dot{U}\dot{I}_1^* = \dot{I}_1^2\,Z1 + \dot{I}_2^2\,Z2 + \dot{I}_3^2\,Z3$

$10 * 1.3e^{-20j} = 1.3^2\,(5 + j) + 1.4^2\,(-4j) + 0.73^2\,(7 + 3j)$

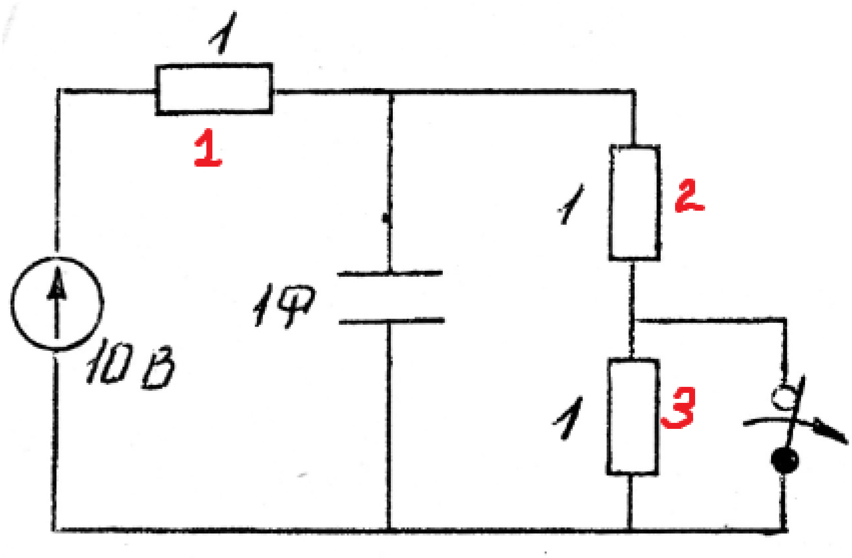
$13e^{-20j} = 12.15 – 4.55j$

$13e^{-20j}$ ~= $12.97e^{-20.5j}$

Как видим, баланс мощности выполняется.

Отчёт о выполнении Курсовой Работы по Электротехнике (часть 3)

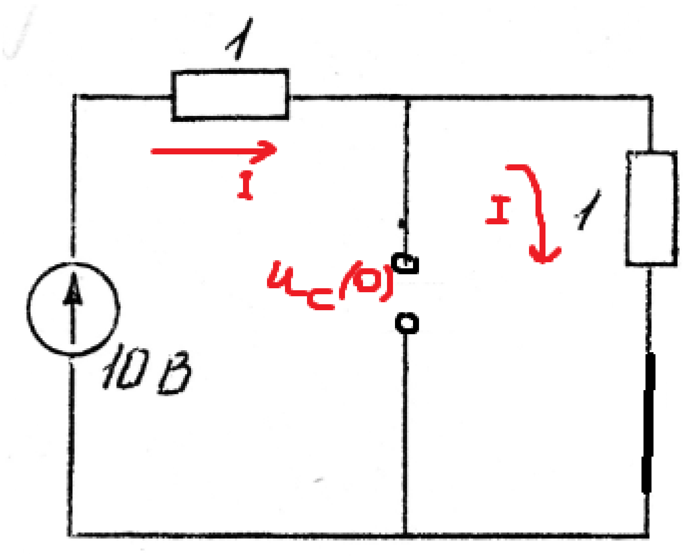
Задание №1.



Найти $U_C(t)$ -?

1)

До размыкания ключа ток через конденсатор C не течёт, так же через резистор R_3 не течёт ток, т.к. он соединён параллельно с проводом с R = 0.



По закону коммутации:

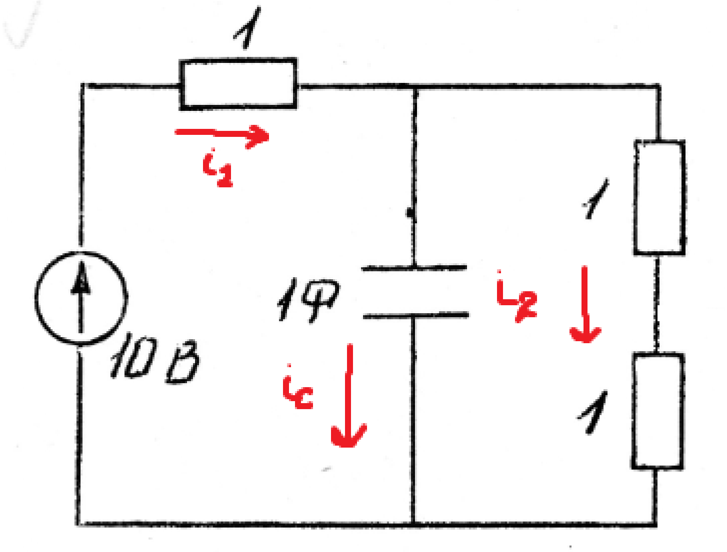
$U_C(0_-) = U_C(0_+) = IR_2$

$I = E/(R_1 + R_2) = 5$ А

$U_C(0_-) = U_C(0_+) = 5$ А * 1 Ом = 5 В

Сразу после размыкания ключа напряжение на конденсаторе не измениться, расставим токи, протекающие через каждую ветвь после замыкания ключа

2)



Напишем систему уравнений по закону Кирхгофа:

$$\begin{cases} i_1 - i_c - i_2 = 0 \\ R_1 i_1 + U_c = E \\ i_2(R_2 + R_3) - U_c = 0 \end{cases}$$ где $U_C = U_C(t)$

$$\begin{cases} i_1 = i_c + i_2 \\ i_1 + U_c = 10 \\ 2i_2 = U_c \end{cases} \begin{cases} i_1 = i_c + i_2 \\ i_C + i_2 + U_c = 10 \\ i_2 = 0{,}5U_c \end{cases}$$

$$\begin{cases} i_1 = i_c + i_2 \\ i_c + 1{,}5U_c = 10 \\ i_2 = 0{,}5U_c \end{cases} \Rightarrow$$

$$i_c + 1{,}5U_c = 10$$

Заряд на пластине конденсатора равен:

$$q = CU_C$$
$$\frac{dq}{dt} = C\frac{dU_C}{dt}$$
$$i_C = C\frac{dU_C}{dt}$$

Получим конечное уравнение:

$$1 * \frac{dU_C}{dt} + \frac{3}{2}U_c = 10$$

Решая данное дифференциальное уравнение, получим:

$$U_C(t) = \frac{20}{3} + C_0 e^{-1,5t}$$
$$U_C(0) = 10 \text{ В}$$
$$10 = \frac{20}{3} + C_0 => C_0 = \frac{-5}{3}$$
$$U_C(t) = \frac{20}{3} - \frac{5}{3}e^{-1,5t} \qquad (*)$$

Проверим данную зависимость при установившемся режиме после размыкания ключа (при t → ∞)

Тогда через конденсатор ток течь не будет, следовательно Uc = U_{R23}.

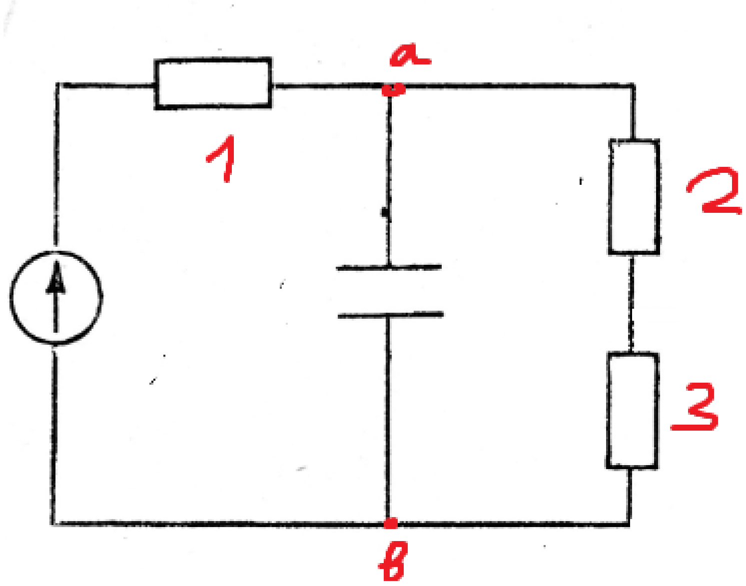
$$U_{R23} = I * R_{23} = \frac{E}{R_{\text{экв}}} * R_{23} = \frac{10}{3} * 2 = \frac{20}{3} \text{ В}$$

Теперь подставим t → ∞ в выражение для Uc(t):

$$U_C(t) = \frac{20}{3} - \frac{5}{3}e^{-1,5t} = \frac{20}{3} - \frac{5}{3} * \frac{1}{\infty} = \frac{20}{3} \text{ В}$$

Другой подход)

После коммутации:



$$U_{C\,\text{пр}} = U_{ab} = \frac{E(R_2 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3} = 10 * \frac{2}{3} = \frac{20}{3}\ \text{В}$$

$$U_C = U_{C\,\text{пр}} + U_{C\,\text{св}} = \frac{20}{3} + U_{C\,\text{св}} = \frac{20}{3} + Ae^{pt}$$

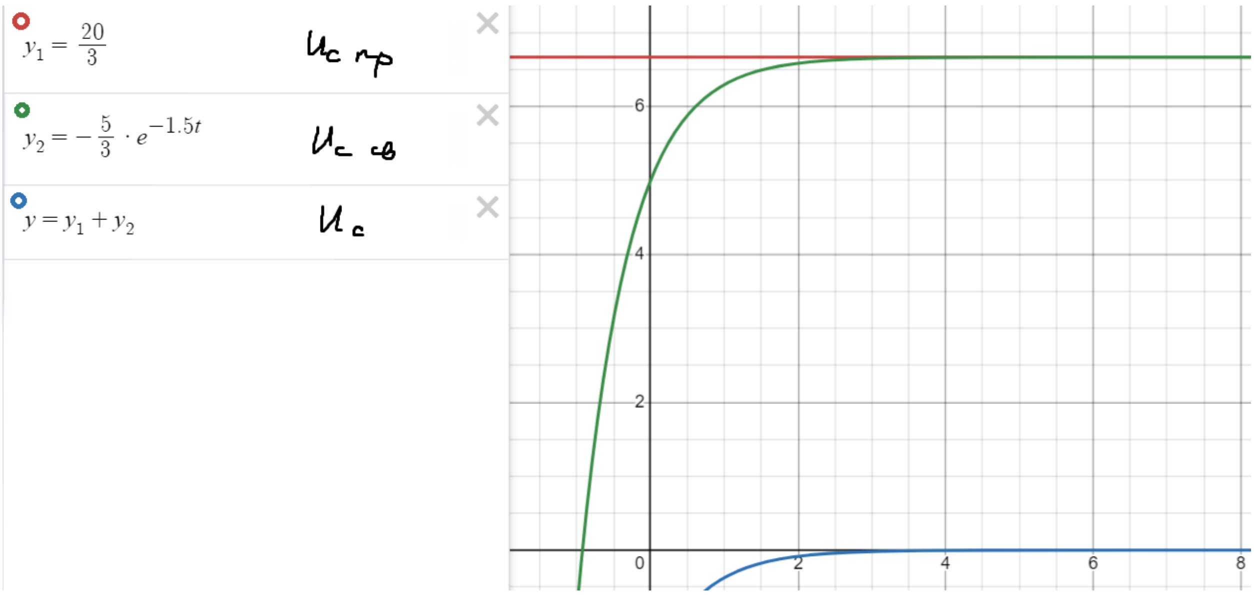
$$p = -\frac{1}{\boldsymbol{\tau}};\ \boldsymbol{\tau} = C * R_{\text{экв}} = C\frac{R_1(R_2 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3} = 1 * \frac{2}{3} = \frac{2}{3}; p = -\frac{3}{2}$$

$$U_C = \frac{20}{3} + Ae^{-1.5t}$$

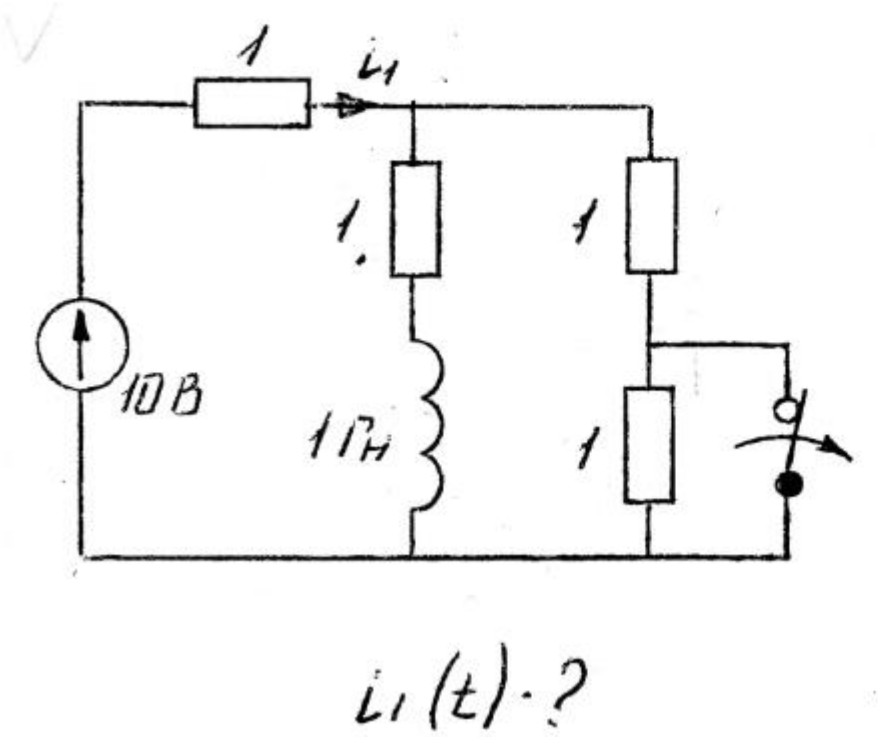
$$U_C(0) = 5 = \frac{20}{3} + Ae^{-1.5*0} = \frac{20}{3} + A * 1;\quad A = 5 - \frac{20}{3} = -\frac{5}{3}$$

Тогда:

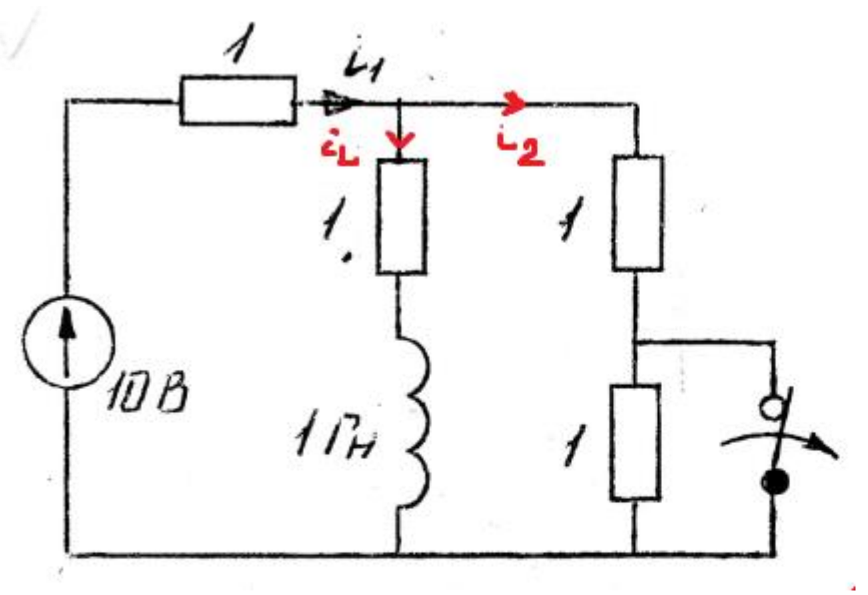
$$U_C = \frac{20}{3} - \frac{5}{3}e^{-1.5t}$$


$y_1 = \frac{20}{3}$
$u_{c\ пр}$
$y_2 = -\frac{5}{3} \cdot e^{-1.5t}$
$u_{c\ св}$
$y = y_1 + y_2$
u_c
6
4
2
0
2
4
6
8

Задание №2



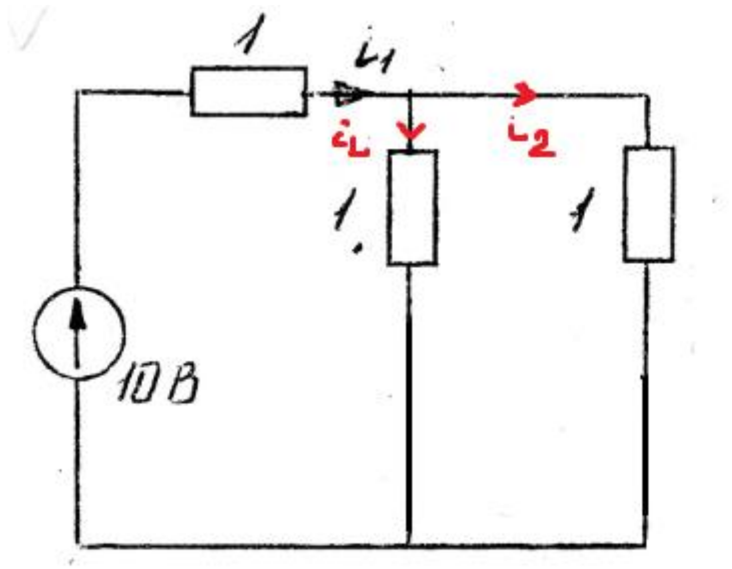
Найти $i_1(t)$ - ?



По первому закону Кирхгофа:

$i_1 = i_L + i_2$

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



$$R_{\text{экв}} = 1 + \frac{1}{\frac{1}{1}+\frac{1}{1}} = 1 + \frac{1}{2} = 1.5 \text{ Ом}$$

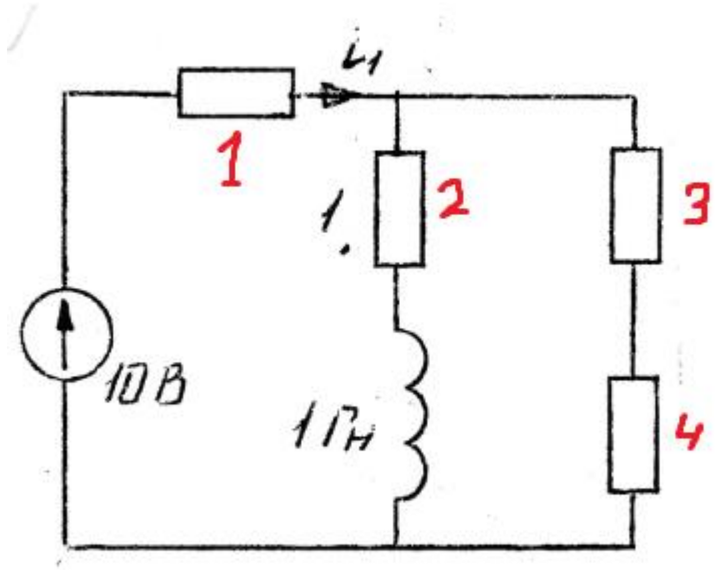
$$i_1(0) = \frac{E}{R_{\text{экв}}} = \frac{10}{1.5} = \frac{20}{3} \text{ А}$$

Тогда, используя выражение для делителя тока:

$$i_L(0) = i_1(0)\frac{R_{L\text{ и обычный}}}{R_L} = \frac{20}{3} * \frac{1}{2*1} = \frac{10}{3} \text{ А}$$

$$i_2(0) = i_1(0)\frac{R_{L\text{ и обычный}}}{R_{\text{обычный}}} = \frac{20}{3} * \frac{1}{2*1} = \frac{10}{3} \text{ А}$$

2)



$i_L = i_{L\ \text{принужденный}} + i_{L\ \text{свободный}}$

$$i_{L\ \text{пр}} = \frac{E}{R_{\text{экв}}} * \frac{R_{234}}{R_2} = \frac{10}{1.5} * \frac{\frac{1}{\frac{1}{1} + \frac{1}{1+1}}}{1} = \frac{20}{3} * \frac{\frac{1}{1.5}}{1} = \frac{20}{3} * \frac{2}{3} = \frac{40}{9}\ \text{A}$$

Тогда:

$$i_L = i_{L\ \text{пр}} + \ i_{L\ \text{св}} = \frac{40}{9} + \mathrm{A}e^{pt}$$

$$p = -\frac{1}{\boldsymbol{\tau}};\ \boldsymbol{\tau} = \ \frac{\mathrm{L}}{R_{\text{экв}}} = \frac{\mathrm{L}}{R_1 + R_{234}} = \frac{1}{1 + \frac{2}{3}} = \frac{3}{5}; p = -\frac{5}{3}$$

$$i_L = \frac{40}{9} + \mathrm{A}e^{-\frac{5}{3}t}$$

$$i_L(0) = \frac{10}{3} = \frac{40}{9} + \mathrm{A}e^{-\frac{5}{3}*0} = \frac{40}{9} + \mathrm{A} \quad => \quad A = \ \frac{10}{3} - \frac{40}{9} = -\frac{10}{9}$$

Тогда получим, что:

$$i_L = \frac{40}{9} - \frac{10}{9}e^{-\frac{5}{3}t}$$

Так как

$i_1 = i_L + i_2$, а i_2 не зависит от времени, то:

$$i_1(t) = \frac{40}{9} - \frac{10}{9}e^{-\frac{5}{3}t} + \frac{10}{3} = \frac{70}{9} - \frac{10}{9}e^{-\frac{5}{3}t}$$

Проверим при t = 0:

$$i_1(0) = \frac{70}{9} - \frac{10}{9}e^{-\frac{5}{3}*0} = \frac{70}{9} - \frac{10}{9} = \frac{60}{9} = \frac{20}{3}\ \text{A}$$

1

$$y_1 = \frac{70}{9} + 0 \cdot t$$

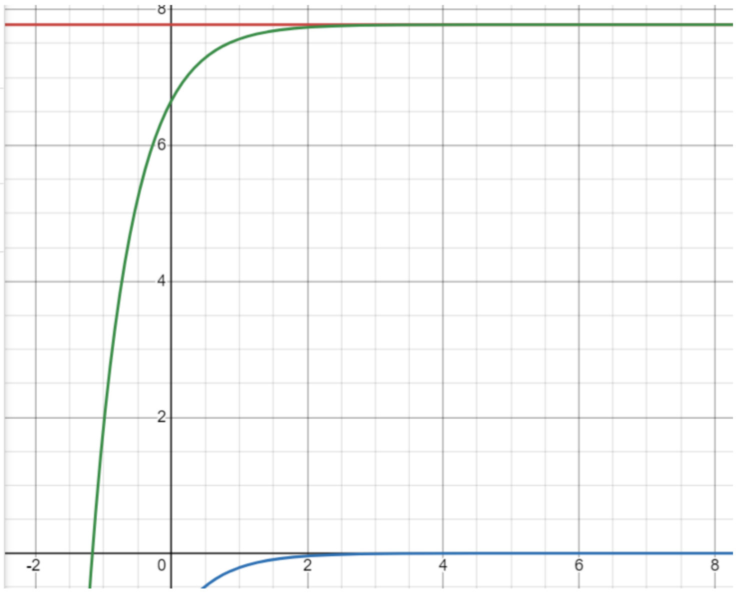
2

$$y_2 = -\frac{10}{9} \cdot e^{-\frac{5}{3}t}$$

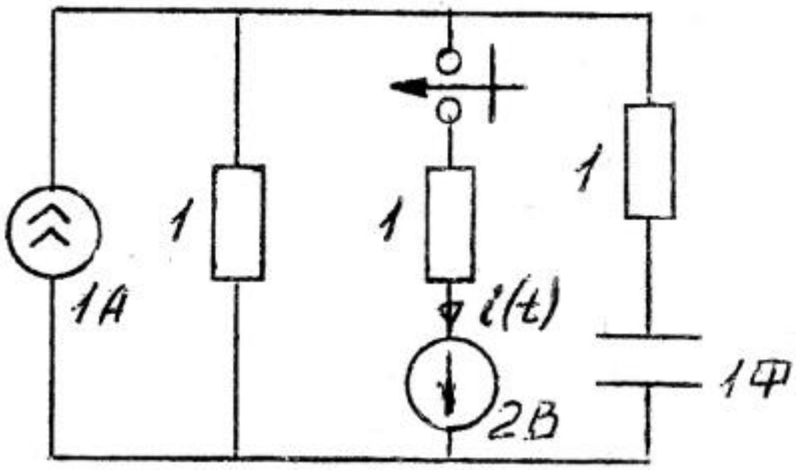
3

$$y = y_1 + y_2$$

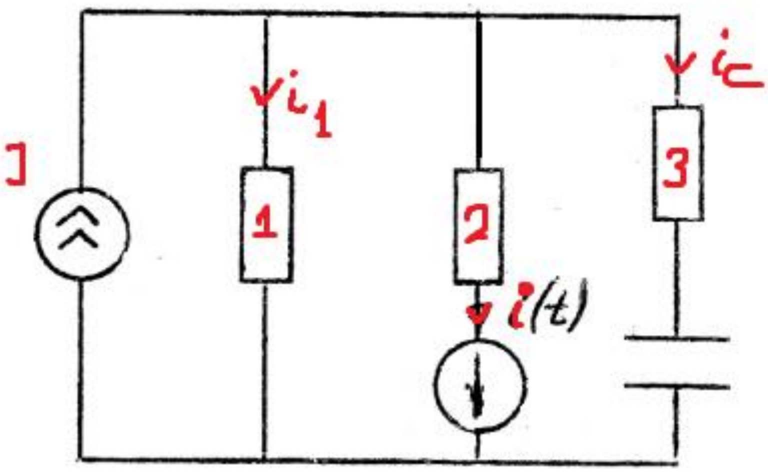
4



Задание №3



Найти i(t) - ?



Напишем систему для уравнений Кирхгофа:

$$\begin{cases} J = i_1 + i_c + i \\ R_2 i - E - U_c - R_3 i_c = 0 \\ i_1 R_1 + E - i R_2 = 0 \end{cases}$$, где $U_C = U_C(t)$, $i_C = i_C(t)$

$$\begin{cases} 1 - i_c = i_1 + i \\ i = 2 + U_c + i_c \\ i_1 - i = -2 \end{cases} \begin{cases} 2i = 3 - i_c \\ i = 2 + U_c + i_c \\ . \end{cases}$$

$$\begin{cases} i = 1.5 - 0.5 i_c \\ i = 2 + U_c + i_c \\ . \end{cases}$$ =>

$$1.5 - 0.5i_c = 2 + U_c + i_c$$
$$1.5i_c + U_c + 0.5 = 0$$

Заряд на пластине конденсатора равен:

$$q = CU_C$$
$$\frac{dq}{dt} = C\frac{dU_C}{dt}$$
$$i_C = C\frac{dU_C}{dt}$$

Получим конечное уравнение:

$$1.5 * \frac{dU_C}{dt} + U_c = -0.5$$

$$\frac{dU_C}{dt} + \frac{2}{3}U_c = -\frac{1}{3}$$

Решая данное дифференциальное уравнение, получим:

$$U_C(t) = -\frac{1}{2} + C_0 e^{-\frac{2}{3}t}$$
$$U_C(0) = 1 \text{ В}$$
$$1 = -\frac{1}{2} + C_0 \Rightarrow C_0 = \frac{3}{2}$$
$$U_C(t) = -\frac{1}{2} + \frac{3}{2}e^{-\frac{2}{3}t} \qquad (*)$$

Тогда получим зависимость для тока:

$$i_C(t) = -e^{-\frac{2}{3}t}$$

$$i(t) = 1.5 - 0.5i_c(t) = \frac{3}{2} + \frac{1}{2}e^{-\frac{2}{3}t}$$

Проверим данную зависимость при установившемся режиме после размыкания ключа (при t → ∞)

Тогда через конденсатор ток течь не будет, следовательно:
i = ½ + 2 / (1+1) = 0.5 + 2/2 = 1.5 А.

Теперь подставим t → ∞ в выражение для i(t):

$$i(\infty) = \frac{3}{2} + \frac{1}{2} e^{-\frac{2}{3} * \infty} = \frac{3}{2} + \frac{1}{2} * \frac{1}{\infty} = \frac{3}{2}\ A$$