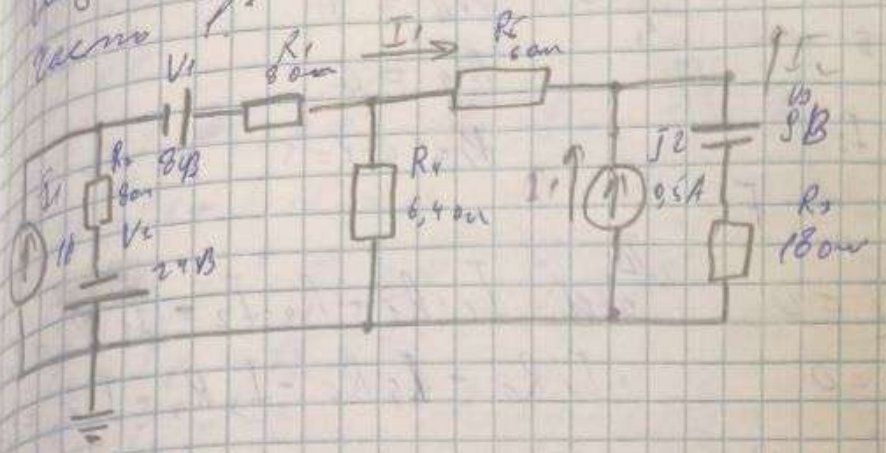
Индивидуальное задание по Электротехнике

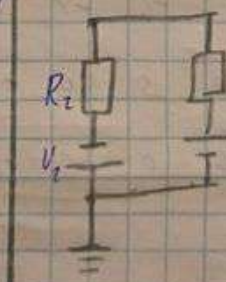
Вариант 17



1. Рассчитать ток для ветви (R_2 V_2), методом эквивалентных преобразований.

- ~~$R_{345} = R_4 + R_3 + R_5 = 8 + 6 + 18 = 32$ Ом~~
- Перевести V_3 в источник тока:
$J_3 = 9/18 = 0{,}5$ А.
- Токи J_2 и J_3 можно сложить
$J_{23} = 1$ А.
- R_3 и R_5 соединены последовательно:
$R_{35} = 6 + 18 = 24$ Ом.
- R_4 и R_{35} параллельно.
$R_{345} = \frac{R_4 \cdot R_{35}}{R_4 + R_{35}} = \frac{24 \cdot 6{,}4}{30{,}4} = 5{,}05$. 3,09
- R_1 и R_{345} подключены последовательно
$R_{1345} = 8 + 5{,}05 = 13{,}05$. 11,09

Схема после преобразований.



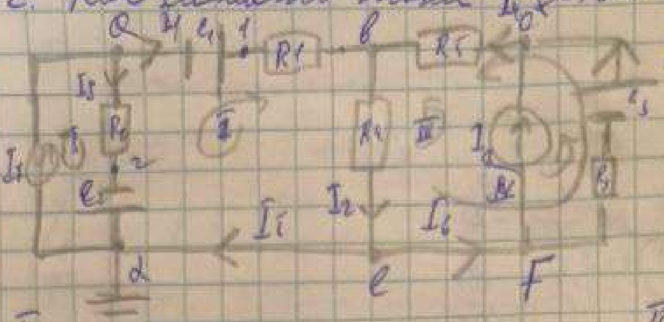
$R_{общ} = 21{,}05$

$I = \frac{18{,}009 + 24}{21} =$

$= 2$ А

- Преобразуем J_{23} в ЭДС:
$V_{23} = R_{1345} \cdot J_{23} = 13{,}05$ В. 11,01
- Сложим V_{23} и V_4 3,00
$V_{123} = -8 + 13{,}05 = 5{,}05$ В.
- Преобразуем V_{123} в J_{123}:
$J_{123} = 5{,}05 / 13{,}05 = 0{,}38$ А. 0,271
- Сложим J_1 и J_{123} $\Rightarrow$ $V_{общ} = 13{,}05 \cdot 1{,}38 = 18{,}009$ В 14,0
$J_{общ} = 1{,}38$ А. 1,27

2. Рассчитать токи цепей по законам Кирхгофа:



$N_в = 9$

$N_у = 6$

$N_1 = 6 - 1 = 5$ $N_2 =$ [illegible]

I

a: $I_7 - I_1 - I_9 = 0$

b: $I_1 + I_4 - I_2 = 0$

c: $-I_4 + I_3 + I_8 = 0$

d: $-I_7 + I_9 + I_5 = 0$

e: $-I_5 + I_2 - I_6 = 0$

II:

обх: $I_1 \cdot R_1 + R_4 \cdot I_2 + I_9 R_2 = E_1 ...$

$\cdot I_1 R_1 - I_4 R_5 - I_3 R_3 - I_9 R_2 = E_1 ...$

$1 - I_1 - I_9 = 0$ 7×8

$I_1 + I_4 - I_2 = 0$

$0{,}5 + I_3 - I_4 = 0$

$I_9 + I_5 - I_7 = 0$

$I_2 - I_6 - I_5 = 0$

$I_1 \cdot 8 + I_2 \cdot 6{,}4 - I_9 \cdot 8 = 8 - 24^{-16}$

$I_1 \cdot 8 - I_4 \cdot 6 - I_3 \cdot 18 - I_9 \cdot 8 = 8 - 9 - 24^{-25}$

I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	I_9	
-1	0	0	0	0	0	-1	-1
1	-1	0	1	0	0	0	0
0	0	1	-1	0	0	0	-0,5
0	0	0	0	1	0	1	1
0	1	0	0	-1	-1	0	0
8	6,4	0	0	0	0	-8	-16
8	0	-18	-6	0	0	-8	-25

$I_1 = -0{,}56$ A

$I_2 = 0{,}15$ A

$I_3 = 0{,}21$ A

$I_4 = 0{,}71$ A

$I_5 = -0{,}56$ A

$I_6 = 0{,}71$ A

$I_9 = 1{,}56$ A

3. Построение потенциальной диаграммы

· Возьмем контур abcd.

· $\varphi_a = 0$

· $\varphi_a - \varphi_1 + E_1 = 0$ $\quad \varphi_1 = +E_1 = 18$ В

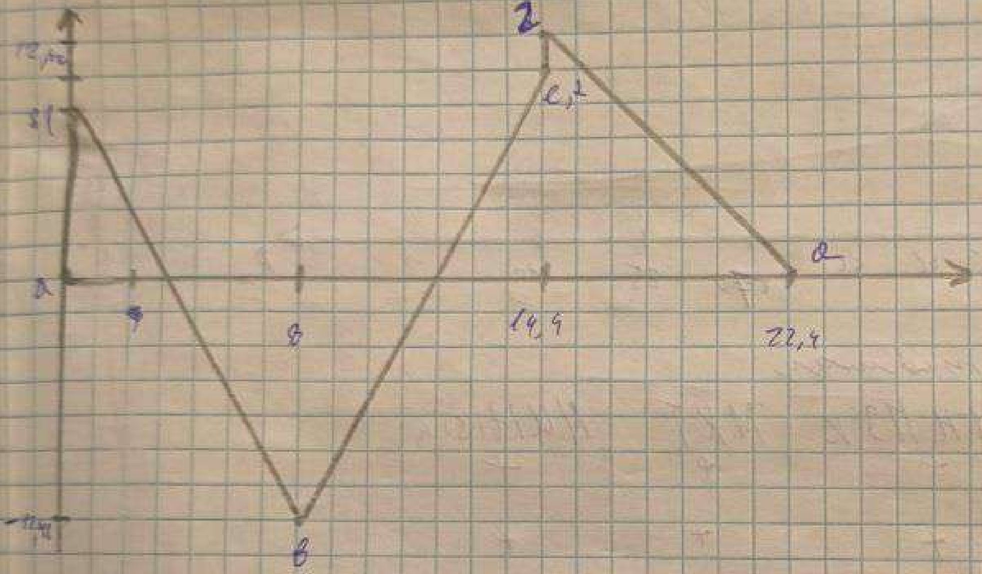
· $\varphi_1 - \varphi_b - I_1 \cdot R_1 = 0$ $\quad \varphi_b = -0{,}56 \cdot 8 = -12{,}48$ В

· $\varphi_b - \varphi_c + I_2 R_4 = 0$ $\quad \varphi_c = 12{,}48 + 6{,}4 \cdot 0{,}15 = 11{,}52$ В

· $\varphi_d = \varphi_c = 11{,}52$

· $\varphi_d - \varphi_2 = -E$ $\quad \varphi_2 = E - \varphi_2 = 24 - 11{,}52 = 12{,}48$ В

· $\varphi_2 - \varphi_a - I_4 R_2 = 0$ $\quad \varphi_a = -\varphi_2 + I_4 R_2 = -12{,}48 + 12{,}48 = 0.$



4. Рассчитать баланс мощностей

$\sum I \cdot E = \sum I^2 \cdot R$

$\sum I \cdot E = 1^2 + 0{,}5^2 + 1{,}56 \cdot 24 + 0{,}21 \cdot 9 = 36{,}1$ Вт.

$0{,}25 + 37{,}44 + 1{,}89 =$

$\sum I^2 \cdot R(P_{пот}) = 0{,}56^2 \cdot 8 + 1{,}56^2 \cdot 8 + 0{,}21^2 \cdot 18 + 0{,}15^2 \cdot 6{,}4 + 0{,}71^2 \cdot 6$

$= 2{,}5088 + 19{,}4688 + 0{,}7938 + 0{,}144 + 3{,}0246 =$

$= 25{,}94$ Вт.

$\delta = \frac{|25{,}94 - 36{,}1|}{36{,}1} \cdot 100 = 28{,}1\%$ – баланс мощностей не выполняется (наверное с чем-то не так)

5. Рассчитать токи ветвей методом контурных токов

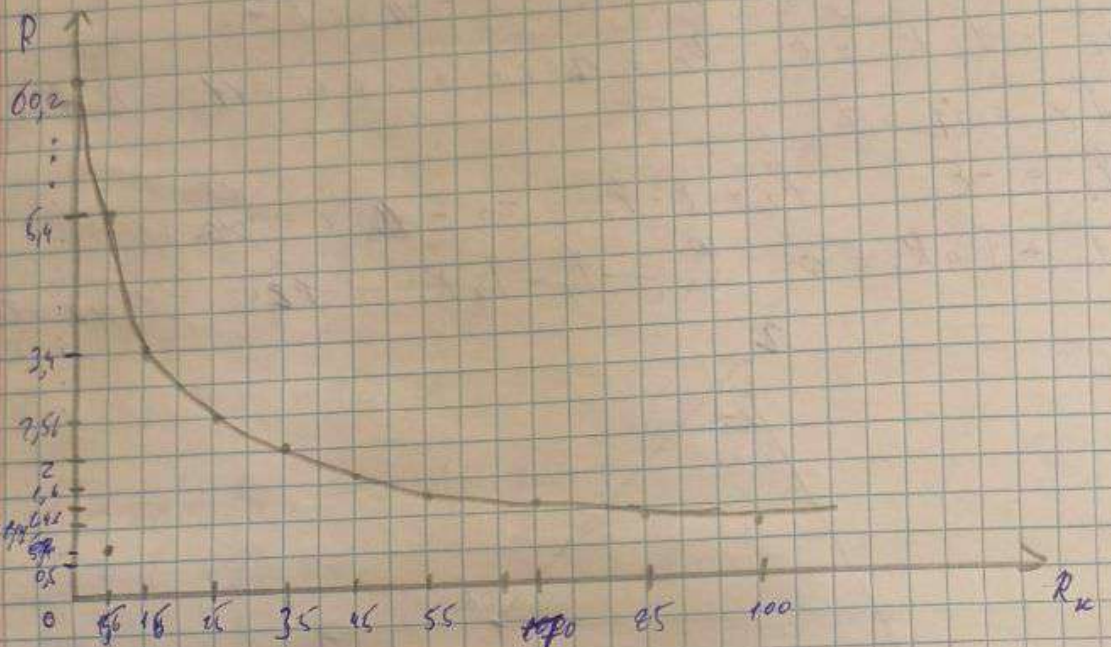
$I_{11} = 1A \quad I_{33} = 0{,}5A. \mid I_{22} \cdot (R_1 + R_4 + R_2) - I_{11} \cdot R_2 + I_{33} \cdot R_4$

$= I_{22} \cdot (8 + 6{,}4 + 8) - 8 + 3{,}2 = 0 \quad I_{22} = \frac{4{,}8}{22{,}4} \approx 0{,}21 A$

$I_{44}(R_5 + R_3 + R_4) - I_{22} \cdot R_4 = 0$

$I_{44} = \frac{6,34 В}{30,4} = \boxed{0,04\ А}$

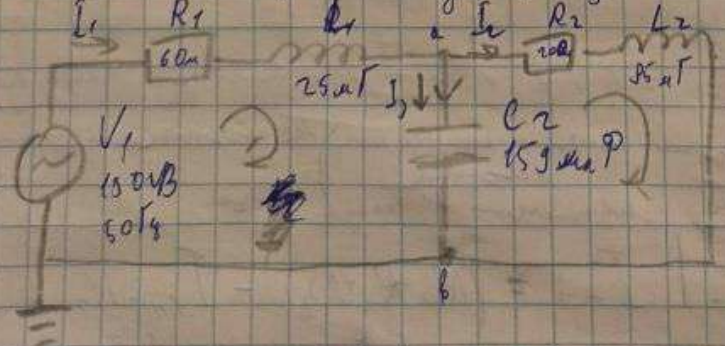
7. Построить график $P_{R_x} = f(R_x)$



9. Составить таблицу

	MJ17	MHM3K	MKT	Multisim
I_1	- (24)	+	+	+
I_2	-	+	+	+
I_3	-	+	+	+
I_4	-	+	+	+
I_5	-	+	+	+
I_6	-	+	+	+
I_7	-	+	+	+

– Часть 2. Однофазная синусоидальная цепь



• Токи в ветвях и напр

$I_1 = 11,114$ А $U_{RL1} = 222$

$I_2 = 7,4$ мА $U_{RL2} = 222$

$I_3 = 11,122$ А $U_{C2} = 222$

~~Вывод: 11,122 А.~~

$\omega = 2\pi f = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 50 = 314$ (с$^{-1}$)

$Z_{L1} = j\omega L = j\,314 \cdot 25 \cdot 10^{-3} = j\,7{,}85 = 7{,}85\, e^{j90}$ Ом

$Z_{L2} = j\,314 \cdot 95 \cdot 10^{-3} = 29{,}83\, e^{j90}$ Ом

$Z_{C2} = \frac{1}{j\omega C} = \frac{1}{j \cdot 314 \cdot 159 \cdot 10^{-6}} = 20{,}0296\, e^{-j90}$ Ом

$Z_1 = R_1 + Z_{L1} = 6 + 7{,}85\,j = \sqrt{36 + 7{,}85^2}\, e^{j \arctg \frac{7{,}85}{6}} =$

$= 9{,}88 \cdot e^{j52{,}3}$ Ом.

$Z_3 = Z_{C2} = 20{,}0296\, e^{-j90}$ Ом

$Z_2 = R_2 + Z_{L2} = 20 + 29{,}83\,j = 35{,}814 \cdot e^{j56{,}169}$ Ом.

$$\begin{cases} I_1 + I_2 - I_3 = 0 & I_1 - I_2 - I_3 = 0 \\ I_1 Z_1 + I_3 Z_3 = \mathcal{E} & I_1 (9{,}88\, e^{j52{,}216}) + I_3 (20{,}0296\, e^{-j90}) = 150 \\ I_2 Z_2 - I_3 Z_3 = 0 & I_2 (35{,}814\, e^{j56{,}169}) - I_3 (20{,}0296\, e^{-j90}) = 0 \end{cases}$$

• Воспользовавшись компьютером для подсчета получим

$I_1 = 3{,}712 + 3{,}36\,j = 5{,}011 \cdot e^{j41{,}97}$ А

$I_2 = 1{,}125 - 4{,}37\,j = 4{,}5\, e^{-j73{,}52}$ А

$I_3 = 2{,}463 + 7{,}696\,j = 8{,}08 \cdot e^{j71{,}87}$ А

$U_1 = 49{,}51\, e^{j94{,}31}$ В

$U_2 = 161{,}85\, e^{-j17{,}65}$ В

$U_3 = 161{,}85\, e^{-j17{,}65}$ В

• Составим баланс мощностей:

$P_{прим} = P_{активн\,прим} + P_{реакт\,прим} = 556{,}86 - 504{,}89\,j$ ВТ.

$P_{активн} = |I_1|^2 \cdot R_1 + |I_2|^2 \cdot R_2 = 556{,}86$ ВТ

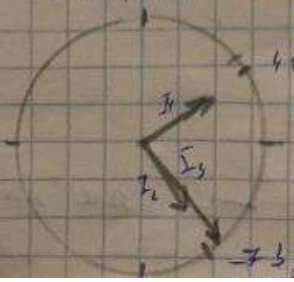
$P_{реакт} = |I_1|^2 \cdot Z_1 + |I_2|^2 \cdot Z_2 + |I_3|^2 \cdot Z_3 = -504{,}89\,j$ ВТ

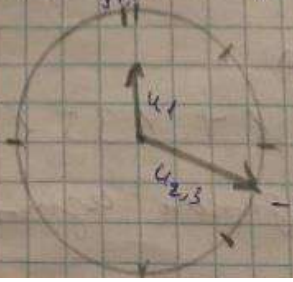
$P_{ист} = V_1 \cdot I_1 = 556{,}89 + 504{,}89\,j$ ВТ

$P_{ист} = P_{прием} \Rightarrow$ баланс сходится.

$P_{полная} = 741{,}165$ ВТ. – полная мощность.

• Диаграмма токов





• Диаграмма напряжений

In [66]:
```
import math
import numpy as np;
import matplotlib.pyplot as plt
from math import atan2
```

In [16]:
```
m = np.array([[0, 1j], [1, 1+1j]])
print(m)
```

```
[[0.+0.j 0.+1.j]
 [1.+0.j 1.+1.j]]
```

In [13]:
```
Zl1 = 1j*314*25*10**-3
Zl2 = 1j*314*95*10**-3
Zc2 = 1/(1j*314*159*10**-6)
```

In [8]:
```
print(Zl1)
```

```
7.8500000000000005j
```

In [25]:
```
Z1 = 6 + Zl1
Z2 = 20 + Zl2
Z3 = Zc2
print(Z1)
```

```
(6+7.8500000000000005j)
```

In [27]:
```
X = np.array([
      [1, -1, -1]
    , [Z1, 0, Z3]
    , [0, Z2, -Z3]
])

A = np.array([
      [0]
    , [150]
    , [0]
])
res = numpy.linalg.solve(X, A)
print(numpy.linalg.solve(X, A))
```

```
[[3.71242662+3.36596752j]
 [1.24915995-4.33003977j]
 [2.46326667+7.6960073j ]]
```

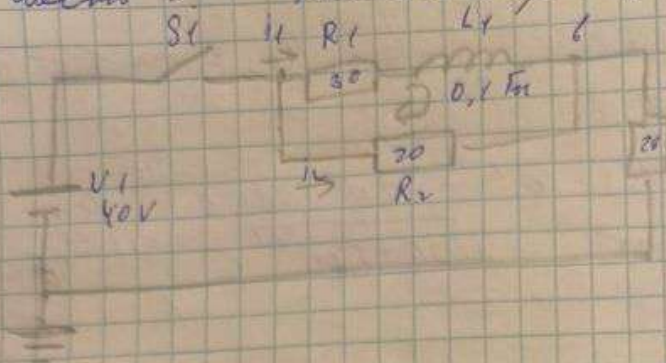
In [45]:
```
print("Z1 =", abs(Z1), "e**i", atan2(Z1.imag, Z1.real)*57,2958)
print("Z2 =", abs(Z2), "e**i", atan2(Z2.imag, Z2.real)*57,2958)
print("Z3 =", abs(Z3), "e**i", atan2(Z3.imag, Z3.real)*57,2958)

print("\nI1 =", abs(res[0]), "e**i", atan2(res[0].imag, res[0].real)*57,29
print("I2 =", abs(res[1]), "e**i", atan2(res[1].imag, res[1].real)*57,2958
print("I3 =", abs(res[2]), "e**i", atan2(res[2].imag, res[2].real)*57,2958

U1 = Z1*res[0]
U2 = Z2*res[1]
U3 = Z3*res[2]

print("\nU1 =", abs(U1), "e**i", atan2(U1.imag, U1.real)*57,2958)
print("U2 =", abs(U2), "e**i", atan2(U2.imag, U2.real)*57,2958)
print("U3 =", abs(U3), "e**i", atan2(U3.imag, U3.real)*57,2958)
```

```
Z1 = 9.880409910524968 e**i 52.33661101799312 2958
Z2 = 35.91418800418575 e**i 55.86957850231222 2958
Z3 = 20.02964387293194 e**i -89.5353906273091 2958

I1 = [5.01117239] e**i 41.97999796525505 2958
I2 = [4.50662235] e**i -73.52630334118923 2958
I3 = [8.08060709] e**i 71.87866578843209 2958

U1 = [49.51243738] e**i 94.31660898324817 2958
U2 = [161.85168231] e**i -17.65672483887701 2958
U3 = [161.85168231] e**i -17.656724838877015 2958
```

In [65]:
```
Sract = (abs(res[0])**2)*Zl1 + (abs(res[1])**2)*Zl2 + (abs(res[2])**2)*Zc2
Sact = (abs(res[0])**2)*6 + (abs(res[1])**2)*20
Ssource = res[0] * 150
print(Sact + Sract, Ssource)
```

```
[556.86399251-504.8951287j] [556.86399251+504.8951287j]
```

• Часть 3: Расчет переходных процессов.



$u = iR + L\frac{di}{dt}$ $\quad i_L(0_-) = i_L(0_+)$

$u = u_C + R \cdot C\frac{du_C}{dt}$ $\quad u_C(0_-) = u_C(0_+)$

$-u = (i_1 R_1 + L_1\frac{di_1}{dt}) + i_2 R_2 + i_3 R_3$

$i(t) = i_{прин} + i_{св}$ $\quad \frac{(30 + pL_1)\cdot 20}{50 + pL_1} + 20 = \frac{600 + 20p}{50 + pL_1} + 20 =$

$i_{прин} = \frac{U}{Z_{экв}} = \frac{U}{\left(\frac{(R_1 + j\omega L_1)\cdot R_2}{R_1 + j\omega L_1 + R_2}\right) + R_3}$

• при постоянном токе $\frac{di}{dt} = 0 \Rightarrow$

$i_{прин} = \frac{40}{\frac{30\cdot 20}{50} + 20} = \frac{40}{12 + 20} = 1\ A.$

$i_{св} = A \cdot e^{pt}$

$(i_1 R_1 + L_1\frac{di_1}{dt}) - i_2 R_2 - i_3 R_3 = 0$ $\quad \frac{d}{dt} \to p$

$i_1 R_1 + Lpi_1 - i_2 R_2 - i_3 R_3 = 0.$

$p_1 = \frac{i_2 R_2 - i_1 R_1}{L i_1} = \frac{i_2 R_2}{L i_1} - \frac{R_1}{L} = \frac{20 i_2}{0{,}1 i_1} - \frac{30}{0{,}1} =$

$200\, i_2/i_1 - 300$

$p = pL + R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} = 0{,}1p + 30 + \frac{560}{46} = 41{,}$

• Определим закон изменения тока в катушке индуктивности:

$i_L(t) = 1 + 1{,}33\, e^{-416{,}6\, t}\ A.$

• Определим закон изменения напряжения на катушке:

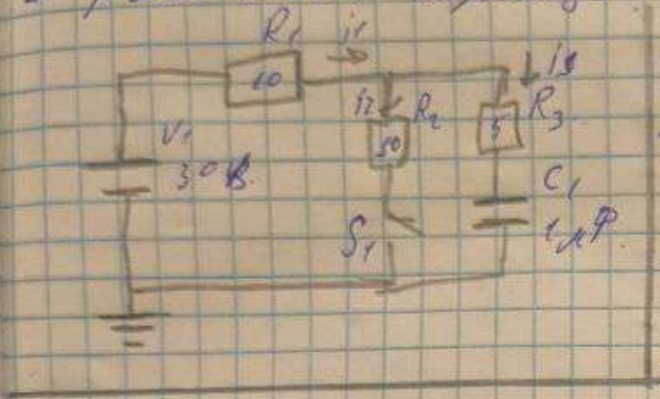
$\frac{60p + (28 \cdot 50) + 70}{50 + 0,1p} = \frac{7000 + 4,2k}{50 \cdot 0,1p}$

$U_L(t) = \frac{d}{dt} \cdot (i_L(t)) = 0,4 \cdot (1 + 1,33 \cdot e^{416,66t})' =$

$0,4 \cdot 1,33 \cdot 416,66 \cdot e^{416,66t} = 55,4 \cdot e^{416,66t}$

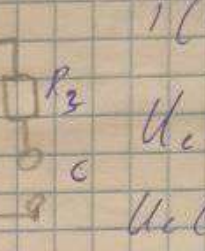
$\tau = \frac{1}{p} = 0,002\ c.$

- Расчитаем переходный процесс классическим методом.



- $i_C(t) = C \frac{du}{dt}$

- При $t < 0$

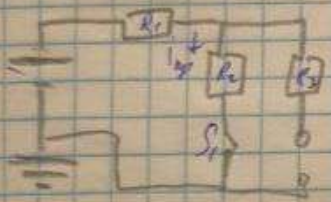


$i(0_-) = \frac{E}{R_1 + R_3} = 2\ A.$

$U_c(0_-) = i(0_-) \cdot R_3 = 30\ В$

$U_c(0_-) = U_c(0_+) = 30\ В$

- При $t = \infty$



- $i_{пр\infty} = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{30}{40} = 0,75\ A$

- $U_{пр\infty} = i_{пр} \cdot E = 22,5\ В.$

- Корни характеристического:

$Z(p) = R_1 + \frac{R_2 \cdot (R_3 + \frac{1}{pC})}{R_2 + R_3 + \frac{1}{pC}} = 0$

$10 + \frac{30 \cdot (5 + \frac{1}{p \cdot 10^{-6}})}{35 + \frac{1}{p \cdot 10^{-6}}} = 0$

$\frac{156 + \frac{3 \cdot 10^7}{p} + 350 + \frac{10^7}{p}}{35 + \frac{10^6}{p}} = 0 \qquad 500 + \frac{4 \cdot 10^7}{p} = 0$

$p = \frac{4 \cdot 10^7}{500} = 0,8 \cdot 10^5\ (c^{-1}).$

- Напряжение на конденсаторе:

$U_c = U_{пр} + U_{св} = 30 + Ae^{8 \cdot 10^4 t}$

$t: 22,5 = 30 + A.$

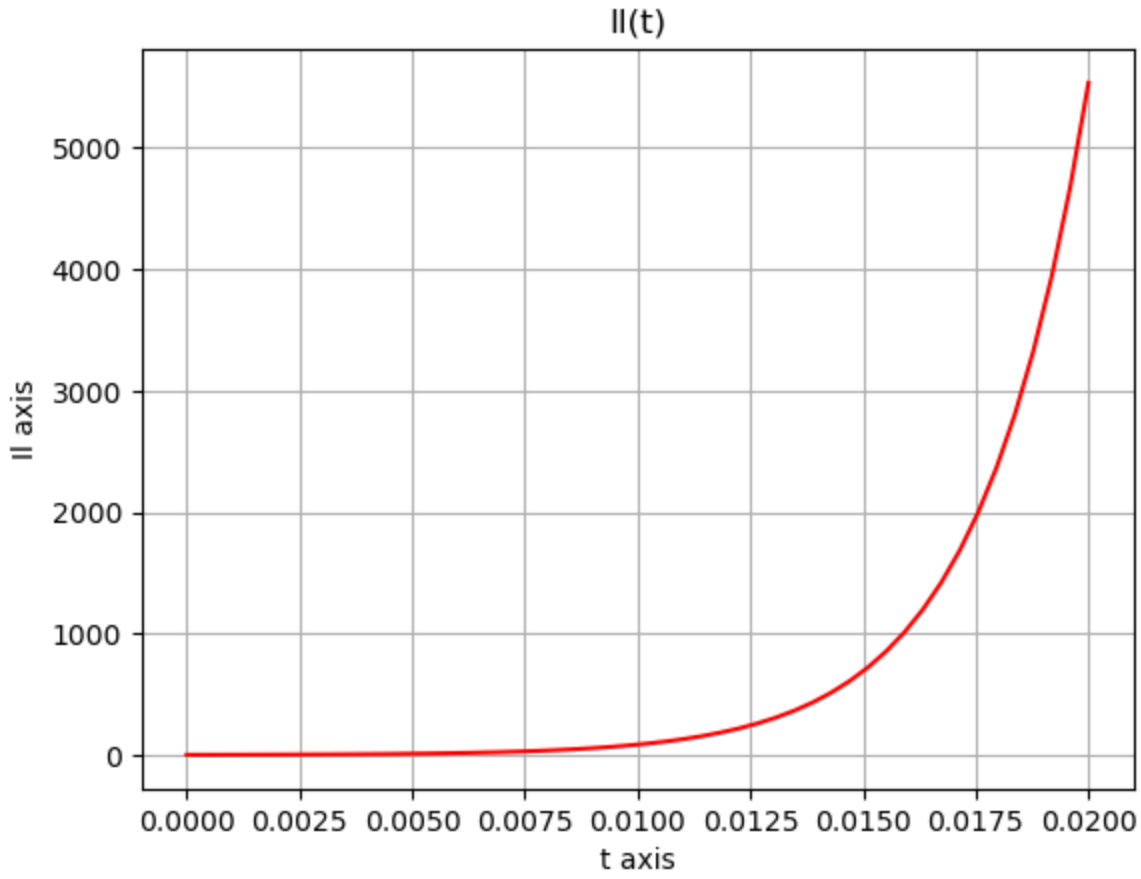
$A = -7,5$

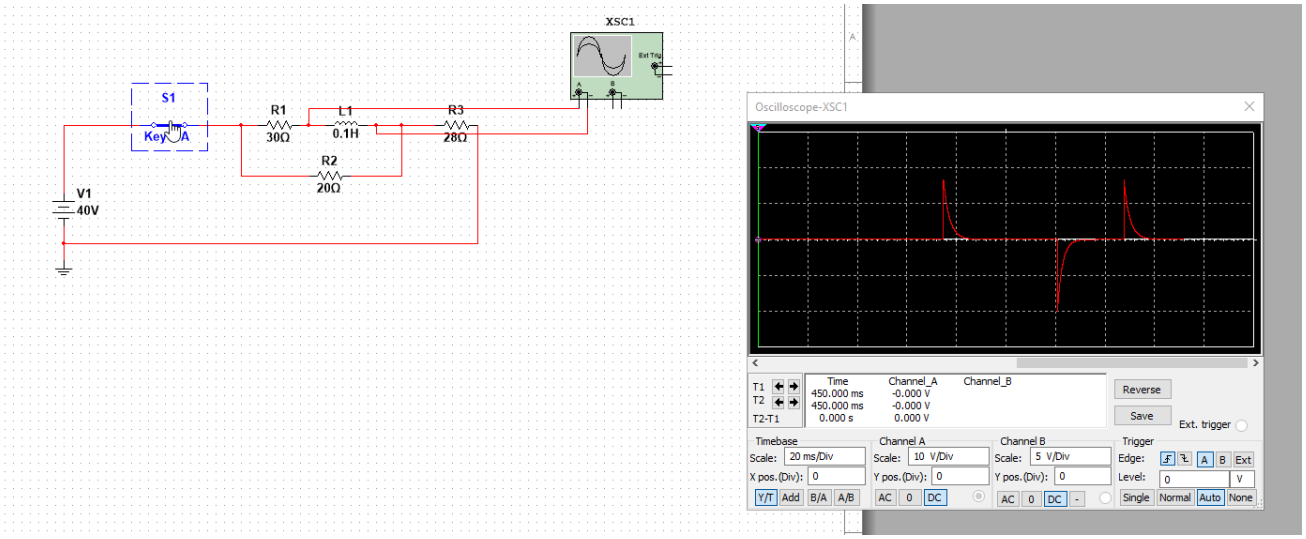
$U_c = 30 - 7,5\, e^{8 \cdot 10^4 t}\ В$

$I_C(t) = 10^{-6} \cdot (-7,5 \cdot 8 \cdot 10^4 \cdot e^{8 \cdot 10^4 t}) =$

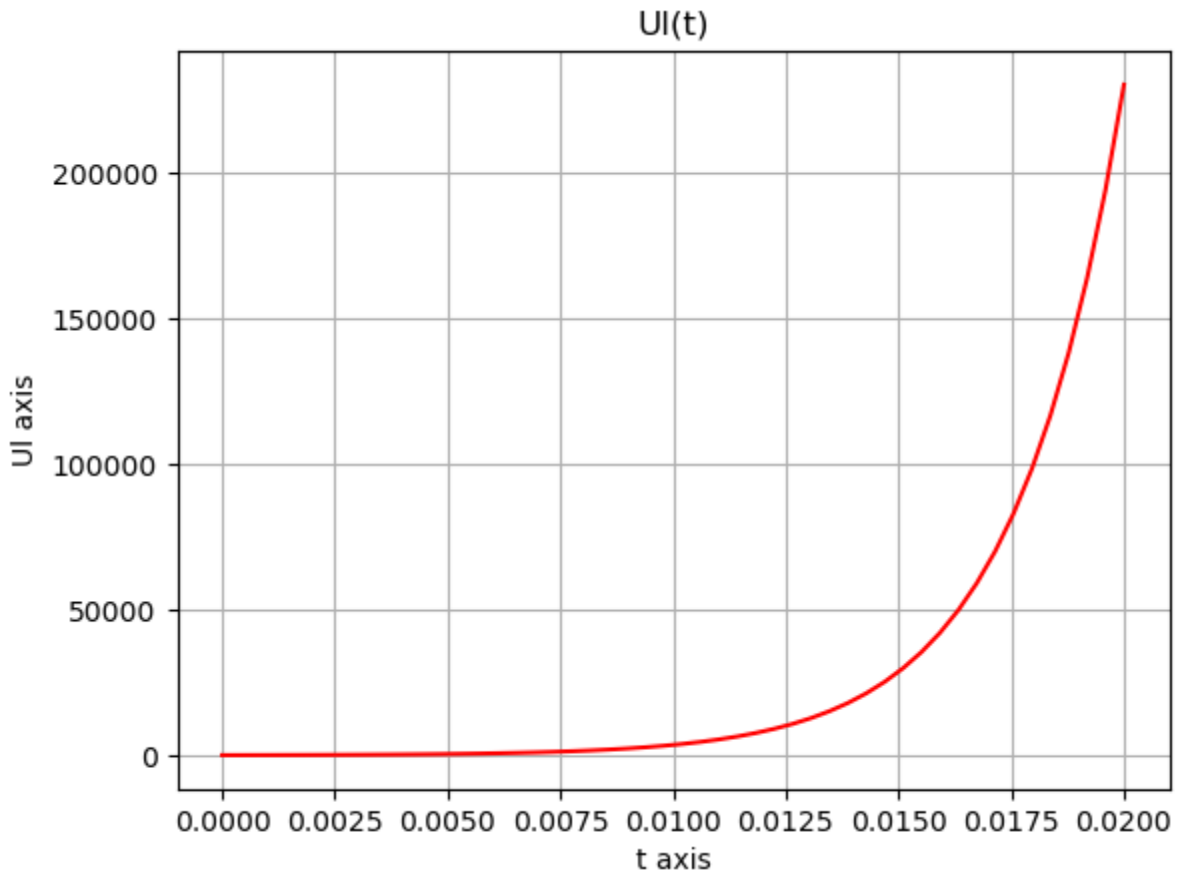
$= 0,6 \cdot e^{8 \cdot 10^4 t}\ А$

In [105]:
```
x = np.linspace(0, 0.02)
y = 1 + 1.33 * np.exp(416.66*x)

plt.title("Il(t)")
plt.xlabel("t axis")
plt.ylabel("Il axis")
plt.plot(x, y, color ="red")
plt.grid()
plt.show()
```

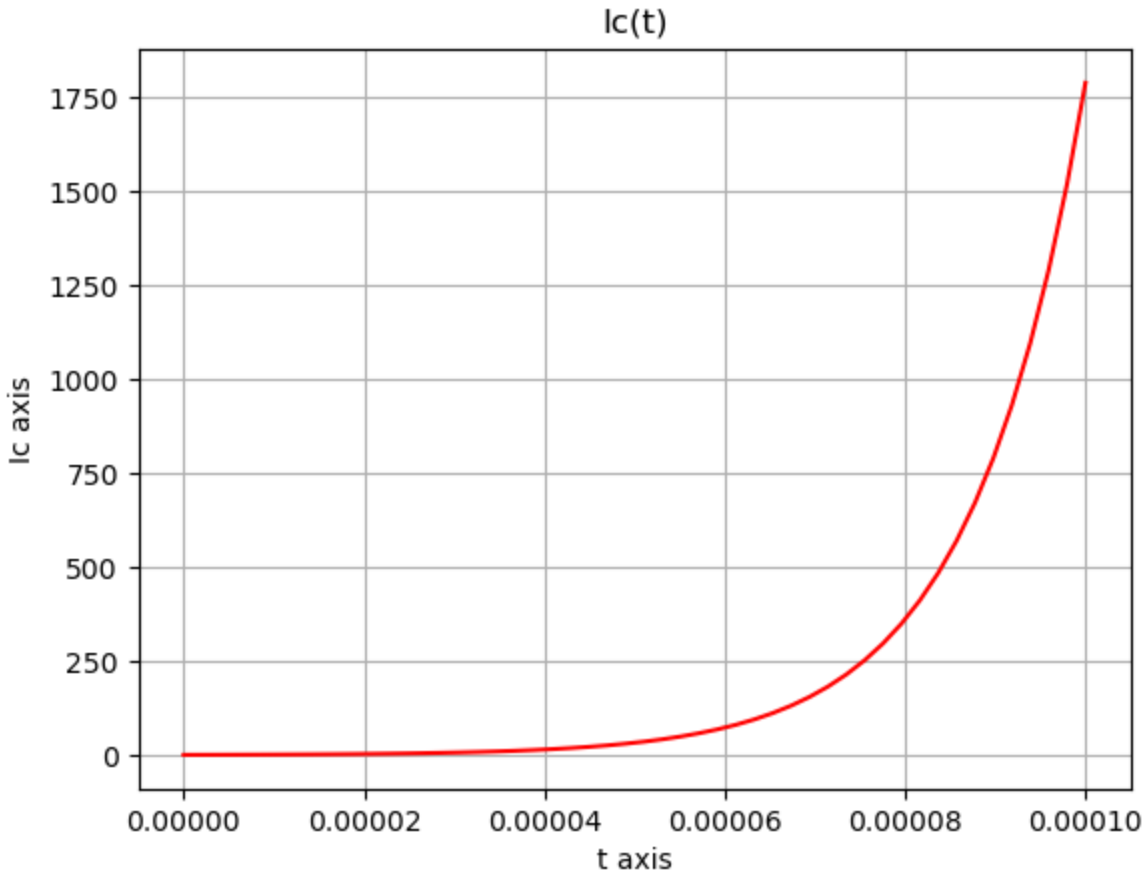


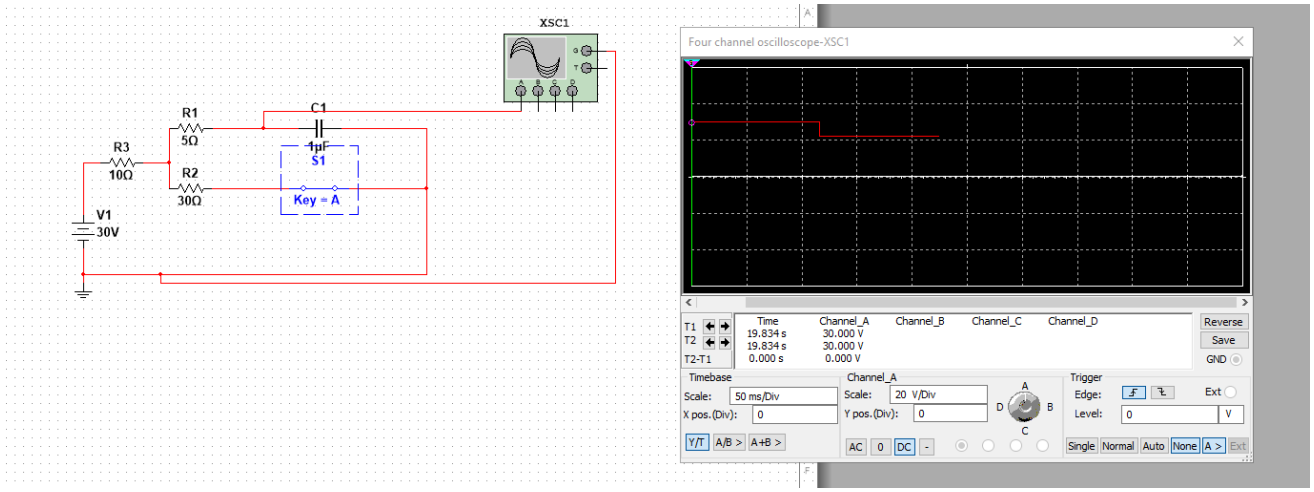


In [103]:
```
x = np.linspace(0, 0.02)
y = 55.41 * np.exp(416.66*x)

plt.title("Ul(t)")
plt.xlabel("t axis")
plt.ylabel("Ul axis")
plt.plot(x, y, color ="red")
plt.grid()
plt.show()
```

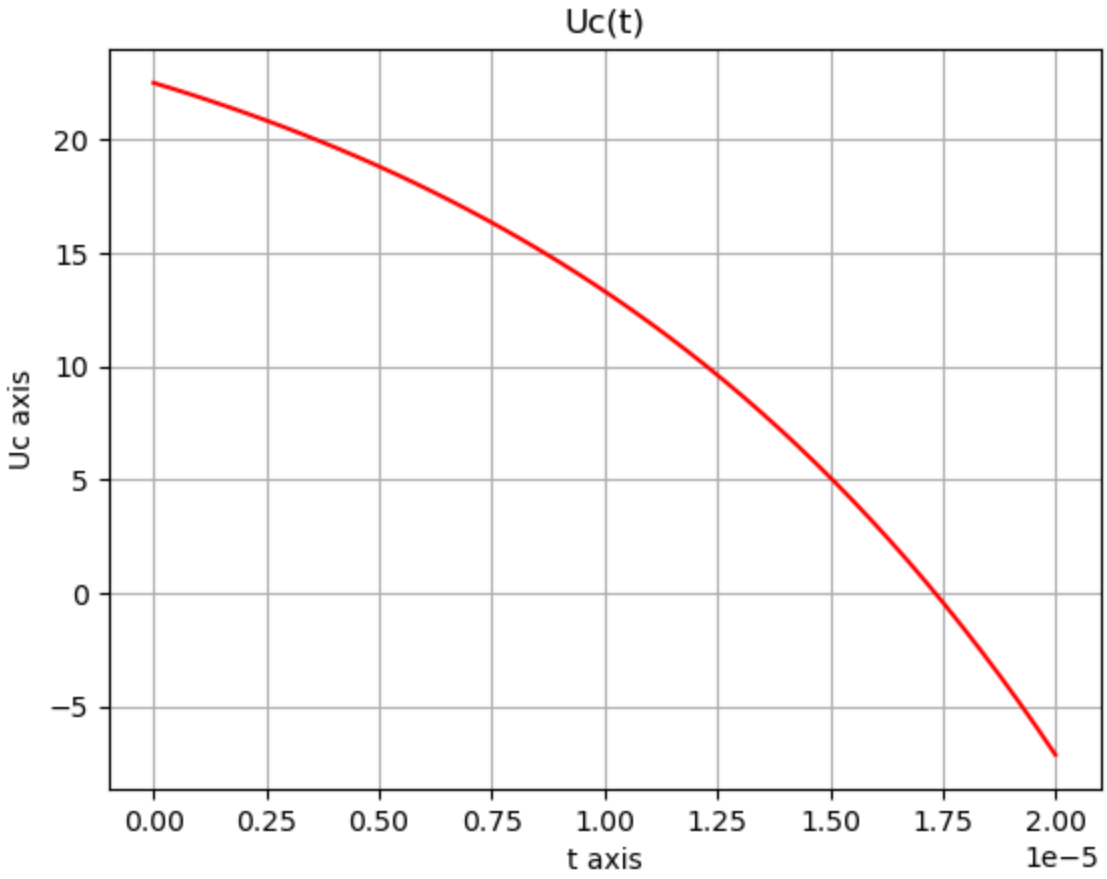


In [90]:
```
x = np.linspace(0, 0.0001)
y = 0.6 * np.exp(8*(10**4)*x)

plt.title("Ic(t)")
plt.xlabel("t axis")
plt.ylabel("Ic axis")
plt.plot(x, y, color ="red")
plt.grid()
plt.show()
```





In [98]:
```
x = np.linspace(0, 0.00002)
y = 30 - 7.5 * np.exp(8*(10**4)*x)

plt.title("Uc(t)")
plt.xlabel("t axis")
plt.ylabel("Uc axis")
plt.plot(x, y, color ="red")
plt.grid()
plt.show()
```



In