

1 Выбор схемы и числовых данных

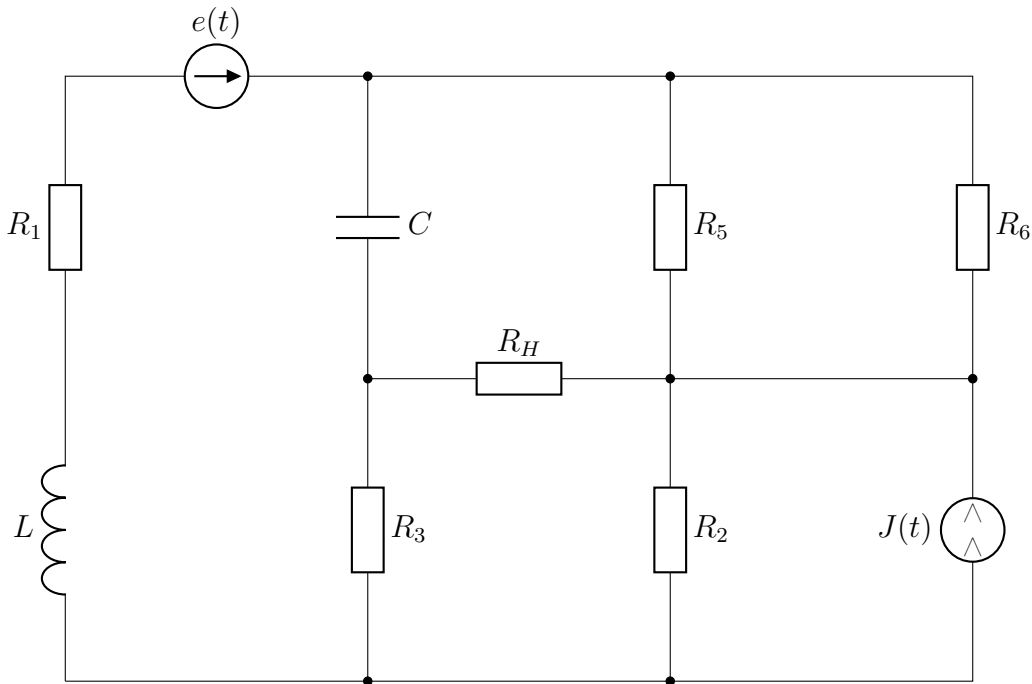


Рис. 1: Электрическая цепь

Параметры:

$$N = 7$$

$$n = 16$$

$$\omega = 1300 \text{ rad/c}$$

$$k = 3$$

$$e(t) = E_0 + E_m \sin 3\omega t$$

$$E_0 = 2 + 0.5 \cdot N + 0.3 \cdot n = 2 + 0.5 \cdot 7 + 0.3 \cdot 16 = 10.3 \text{ B}$$

$$E_m = E_0 \sqrt{2} = 10.3 \cdot \sqrt{2} = 14.57 \text{ B}$$

$$e(t) = 10.3 + 14.57 \cdot \sin(3 \cdot 1300t) = 10.3 + 14.57 \cdot \sin 3900t \text{ B}$$

$$J(t) = J_0 + J_m \sin \omega t$$

$$J_0 = 7 + 3 \cdot N + 7 \cdot n = 7 + 3 \cdot 7 + 7 \cdot 16 = 140 \text{ mA}$$

$$J_m = J_0 \sqrt{2} = 140 \cdot \sqrt{2} = 197.99 \text{ mA}$$

$$J(t) = 140 + 197.99 \cdot \sin 1300t \text{ mA}$$

$$R_1 = 50 + 7 \cdot N + 5 \cdot n = 50 + 7 \cdot 7 + 5 \cdot 16 = 179 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 75 + 9 \cdot N + 7 \cdot n = 75 + 9 \cdot 7 + 7 \cdot 16 = 250 \text{ Ом}$$

$$R_3 = 100 + 7 \cdot N + 5 \cdot n = 100 + 7 \cdot 7 + 5 \cdot 16 = 229 \text{ Ом}$$

$$R_4 = 75 + 7 \cdot N + 5 \cdot n = 75 + 7 \cdot 7 + 5 \cdot 16 = 204 \text{ Ом}$$

$$R_5 = R_6 = 100 + 9 \cdot N + 7 \cdot n = 100 + 9 \cdot 7 + 7 \cdot 7 = 212 \text{ Ом}$$

$$R_H = 60 + 9 \cdot N + 7 \cdot n = 60 + 9 \cdot 7 + 7 \cdot 16 = 235 \text{ Ом}$$

$$L = 50 + 0.8 \cdot N + 0.3 \cdot n = 50 + 0.8 \cdot 7 + 0.3 \cdot 16 = 60.4 \text{ мГн}$$

$$C = 3 + 0.3 \cdot N + 0.2 \cdot n = 3 + 0.3 \cdot 7 + 0.2 \cdot 16 = 8.3 \text{ мкФ}$$

2 Расчет линейных электрических цепей с синусоидальными переодическими источниками к-ой гармоники

Так как расчет проводится с частотой 3ω , то разорвем источник тока, потому что у него нет данной частоты.

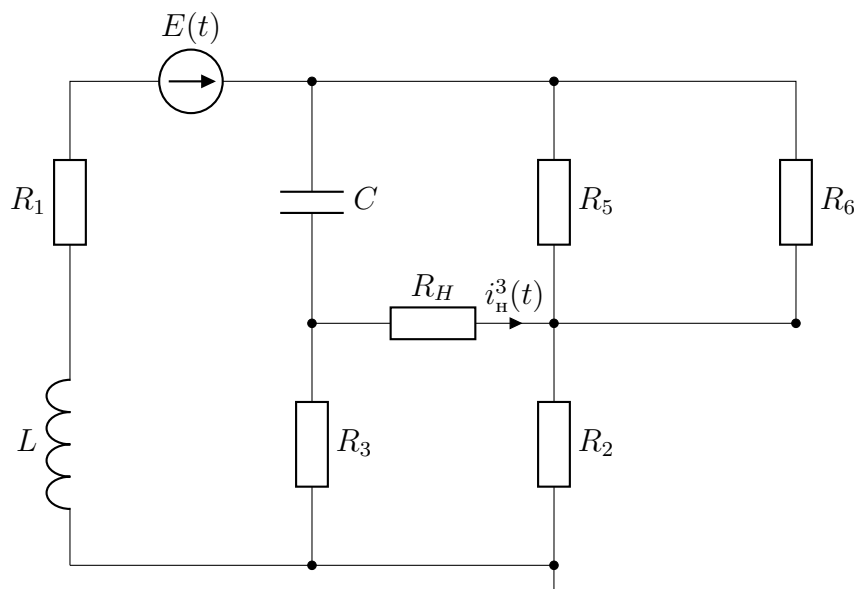


Рис. 2: Электрическая цепь

2.1 Определение тока $i_H^3(t)$ в нагрузке

Рассчитаем ток в нагрузке $i_H^3(t)$ при действии синусоидального источника и 3-ей гармоникой циклической частоты $\omega = 3900 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ с помощью метода эквивалентного генератора.

Определим реактивные сопротивления:

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{3900 \cdot 8.3 \cdot 10^{-6}} = 30.8989 \text{ Ом}$$

$$X_L = \omega \cdot L = 3900 \cdot 60.4 \cdot 10^{-3} = 235.56 \text{ Ом}$$

Заменяем конденсатор и катушку на резисторы с соответственными сопротивлениями

$$Z_C = -jX_C = -j30.9 \text{ Ом}$$

$$Z_L = jX_L = j235.56 \text{ Ом}$$

Заменяем R_1 и Z_L на эквивалентный резистор Z_{1L} :

$$Z_{1L} = R_1 + Z_L = 179 + j235.56 \text{ Ом}$$

Заменяем R_5 и R_6 на эквивалентный резистор R_{56} :

$$R_{56} = \frac{R_5 \cdot R_6}{R_5 + R_6} = \frac{212 \cdot 212}{212 + 212} = 106 \text{ Ом}$$

Переобозначим активные сопротивления:

$$Z_1 = R_1 = 179 \text{ Ом}$$

$$Z_2 = R_2 = 250 \text{ Ом}$$

$$Z_3 = R_3 = 229 \text{ Ом}$$

$$Z_{56} = R_{56} = 106 \text{ Ом}$$

$$Z_H = R_H = 235 \text{ Ом}$$

Перерисуем схему для действующих комплексных значений токов и напряжений:

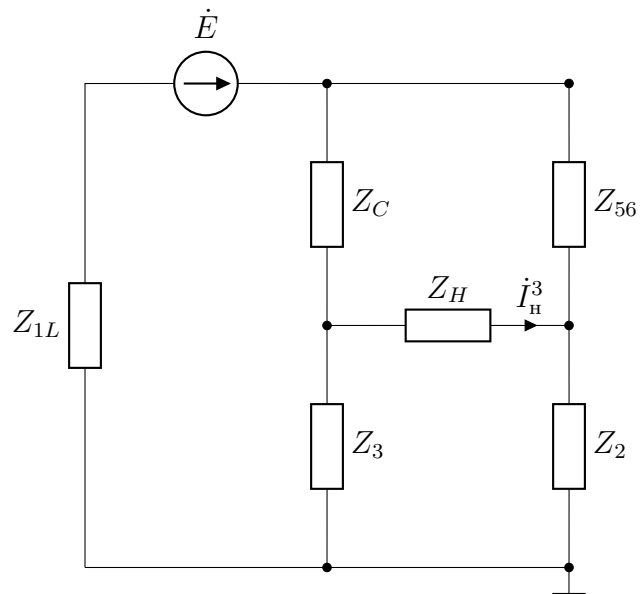


Рис. 3: Электрическая цепь

Перерисуем схему с U_p вместо резистора R_H для расчета тока I_H^3 :

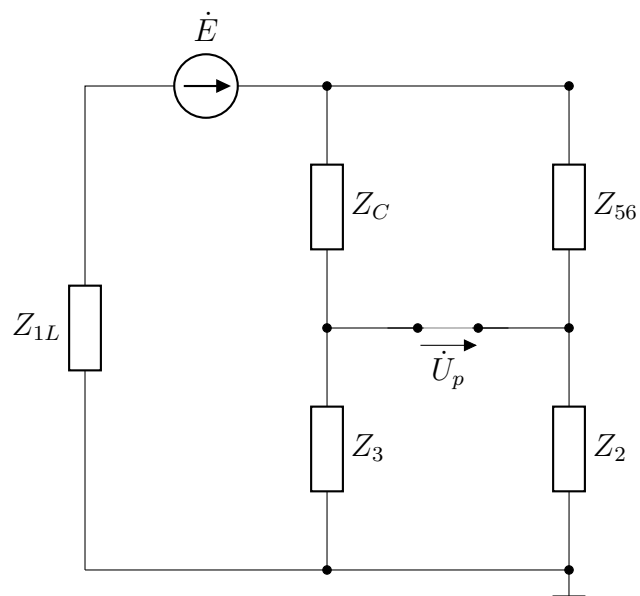


Рис. 4: Электрическая цепь

Уберем источник напряжения \dot{E} Для расчета входного сопротивления $Z_{\text{вх}}$:

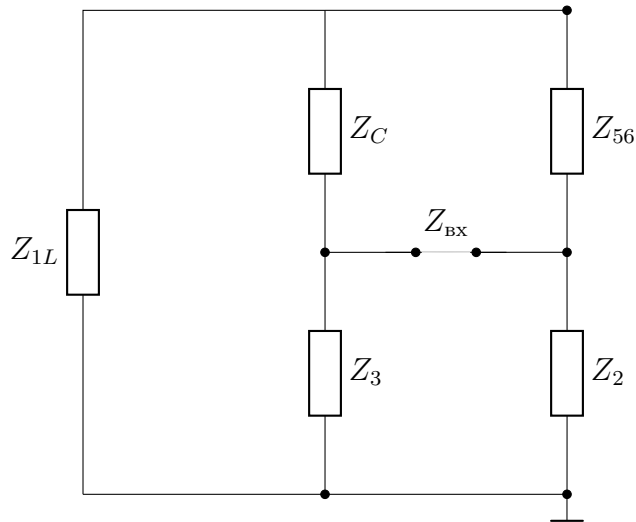


Рис. 5: Электрическая цепь

Перерисуем схему для более удобного расчета:

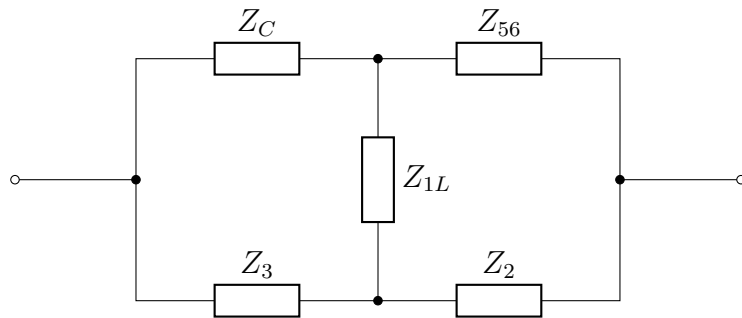


Рис. 6: Электрическая цепь

Сопротивление Z_{1L}, Z_2, Z_3 подключены звездой, это подключение можно преобразовать в треугольник с сопротивлениями Z_{12L}, Z_{13L}, Z_{23} , где

$$Z_{12L} = Z_{1L} + Z_2 + \frac{Z_{1L} \cdot Z_2}{Z_3} = 179 + 235.56j + 250 + \frac{(179+235.56j) \cdot 250}{229} = 624.41 + 492.72j \text{ Ом}$$

$$Z_{13L} = Z_{1L} + Z_3 + \frac{Z_{1L} \cdot Z_3}{Z_2} = 179 + 235.56j + 229 + \frac{(179+235.56j) \cdot 229}{250} = 571.96 + 451.33j \text{ Ом}$$

$$Z_{23} = Z_2 + Z_3 + \frac{Z_2 \cdot Z_3}{Z_{1L}} = 250 + 229 + \frac{250 \cdot 229}{179+235.56j} = 596.078 - 154.072j \text{ Ом}$$

Перерисуем схему с учетом этих сопротивлений:

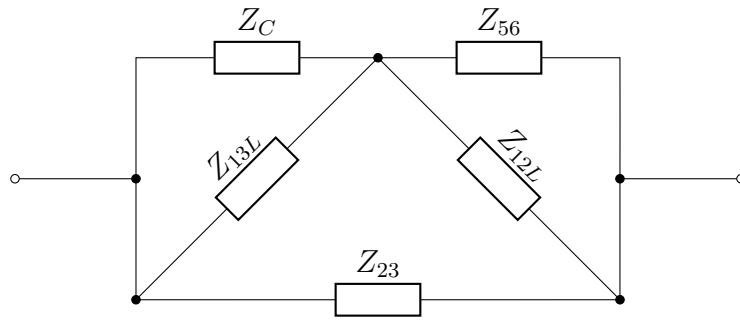


Рис. 7: Электрическая цепь

Перерисуем схему, В итоге получаем следующую цепь:

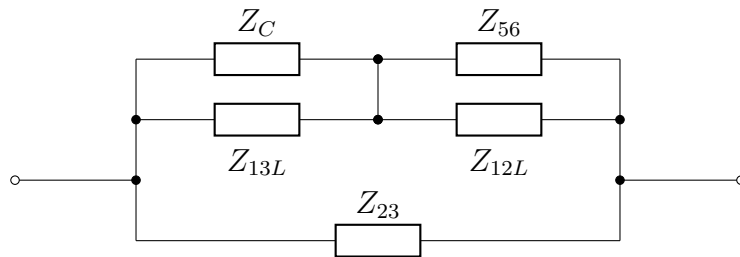


Рис. 8: Электрическая цепь

Резисторы Z_C , Z_{13L} подключены параллельно, их общее сопротивление Z_{13CL} равно:

$$Z_{13CL} = \frac{Z_C \cdot Z_{13L}}{Z_C + Z_{13L}} = \frac{-30.9j \cdot (571.96 + 451.33j)}{-30.9j + (571.96 + 451.33j)} = 1.084 - 31.697j \text{ Ом}$$

Резисторы Z_{56} , Z_{12L} подключены параллельно, их общее сопротивление Z_{1256L} равно:

$$Z_{1256L} = \frac{Z_{56} \cdot Z_{12L}}{Z_{56} + Z_{12L}} = \frac{106 \cdot (624.41 + 492.72j)}{106 + (624.41 + 492.72j)} = 95.43 + 7.13j \text{ Ом}$$

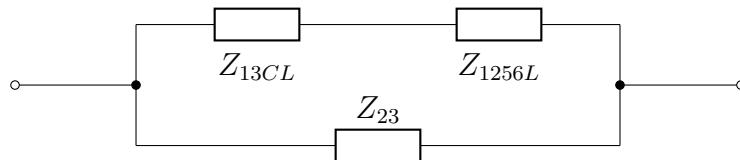


Рис. 9: Электрическая цепь

Между собой резисторы Z_{13CL} и Z_{1256L} подключены последовательно с общим сопротивлением $Z_{12356CL} = Z_{13CL} + Z_{1256L} = 1.084 - 31.697j + 95.43 + 7.13j = 96.514 - 24.57j \text{ Ом}$

Сопротивление Z_{23} подключено к резистору $Z_{12356CL}$ параллельно и общее сопротивление $Z_{\text{общ}} = Z_{\text{вх}}$ всей цепи равняется:

$$Z_{\text{вх}} = \frac{Z_{23} \cdot Z_{12356CL}}{Z_{23} + Z_{12356CL}} = \frac{(596.078154.072j) \cdot (96.514 - 24.57j)}{(596.078154.072j) + (96.514 - 24.57j)} = 83.06 - 21.19j \text{ Ом}$$

Вернемся обратно к искомой цепи и обозначим направление токов и потенциалы на схеме ($\dot{\varphi}_0 = 0B$):

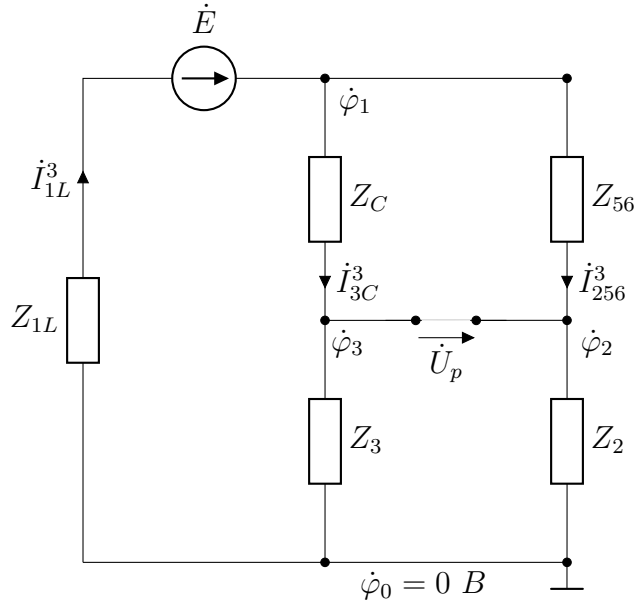


Рис. 10: Электрическая цепь

Рассчитаем потенциал $\dot{\varphi}_1$ с помощью формулы двух узлов:

$$\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_0 = \frac{\dot{E} \cdot Y_{1L}}{Y_{1L} + Y_{3C} + Y_{256}}$$

Посчитаем проводимости:

$$Y_{1L} = \frac{1}{Z_{1L}} = \frac{1}{179 + 235.56j} = 2.05 - 2.7j \text{ мСм}$$

$$Y_{3C} = \frac{1}{Z_{3C}} = \frac{1}{Z_3 + Z_C} = \frac{1}{229 - 30.9j} = 4.29 + 0.58j \text{ мСм}$$

$$Y_{256} = \frac{1}{Z_{256}} = \frac{1}{Z_2 + Z_{56}} = \frac{1}{250 + 106} = 2.8 \text{ мСм}$$

В итоге $\dot{\varphi}_1$ равен:

$$\dot{\varphi}_1 - 0 = \frac{\dot{E} \cdot Y_{1L}}{Y_{1L} + Y_{3C} + Y_{256}} = \frac{10.3 \cdot (2.05 - 2.7j)}{2.05 - 2.7j + 4.29 + 0.58j + 2.8} = 2.86 - 2.37j \text{ В}$$

Рассчитаем \dot{U}_p :

$$\dot{U}_p = \dot{\varphi}_3 - \dot{\varphi}_2$$

$$\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_3 = \dot{I}_{3C}^3 \cdot Z_C$$

$$\dot{\varphi}_3 = \dot{\varphi}_1 - \dot{I}_{3C}^3 \cdot Z_C$$

$$\dot{I}_{3C}^3 = (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_0) \cdot Y_{3C} = (2.86 - 2.37j) \cdot (4.29 + 0.58j) = 13.644 - 8.51j \text{ мА}$$

$$\dot{\varphi}_3 = (2.86 - 2.37j) - (13.644 - 8.51j) \cdot (-30.9j) \cdot 10^{-3} = 3.12 - 1.95j \text{ В}$$

$$\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2 = \dot{I}_{256}^3 \cdot Z_{56}$$

$$\dot{\varphi}_2 = \dot{\varphi}_1 - \dot{I}_{256}^3 \cdot Z_{56}$$

$$\dot{I}_{256}^3 = (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_0) \cdot Y_{256} = (2.86 - 2.37j) \cdot 2.8 = 8.008 - 6.64j \text{ мА}$$

$$\dot{\varphi}_2 = (2.86 - 2.37j) - (8.008 - 6.64j) \cdot (106) \cdot 10^{-3} = 2.011 - 1.667j \text{ В}$$

$$\dot{U}_p = \dot{\varphi}_3 - \dot{\varphi}_2 = (3.12 - 1.95j) - (2.011 - 1.667j) = 1.109 - 0.283j \text{ В}$$

Найдем ток \dot{I}_H^3 :

$$\dot{U}_p = 1.109 - 0.283j \text{ В}$$

$$Z_{\text{вх}} = 83.06 - 21.19j \text{ Ом}$$

$$\dot{I}_H^3 = \frac{\dot{U}_p}{Z_{\text{вх}} + Z_H} = \frac{1.109 - 0.283j}{235 + (83.06 - 21.19j)} = 3.5 - 0.65j \text{ мА}$$

2.2 Расчет узлов с помощью OrCAD

С помощью OrCad рассчитаем потенциалы узлов $\dot{\varphi}_1$, $\dot{\varphi}_2$ и $\dot{\varphi}_3$:

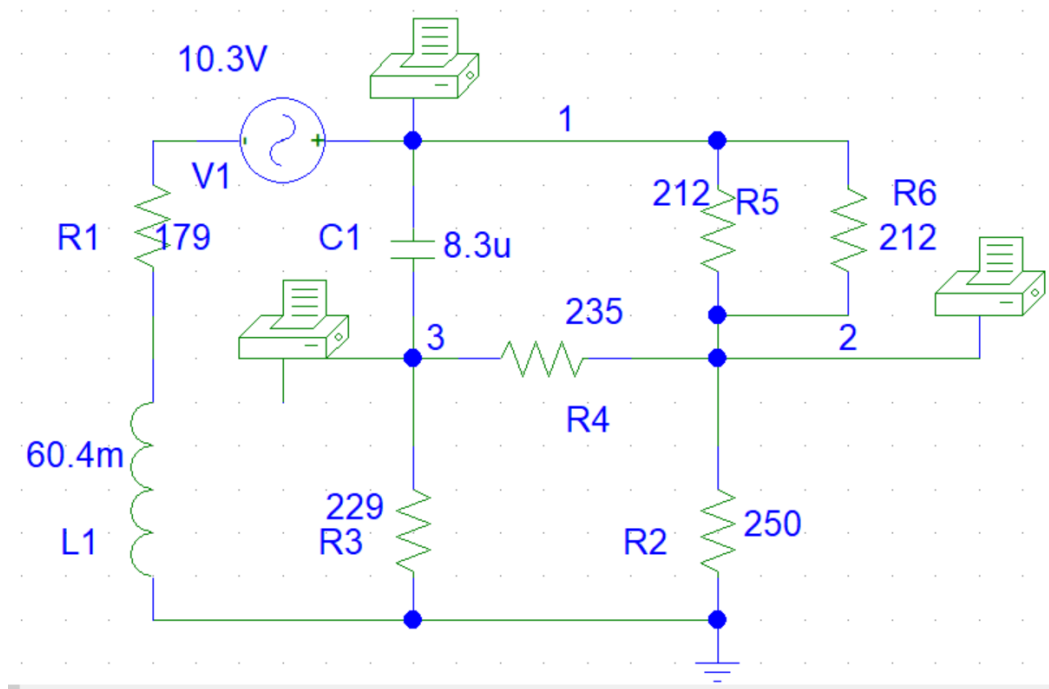


Рис. 11: Электрическая цепь, OrCad

Запустим симуляцию цепи, заранее выбрав в AC Sweep частоту $f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{3900}{2\pi} = 620.7$ Гц, для расчета потенциалов в узлах.

Получим отчет в текстовом формате:

```

FREQ      VM(3)      VP(3)      VR(3)      VI(3)
6.207E+02  3.578E+00  -3.228E+01  3.025E+00  -1.911E+00
^
*** 12/02/23 15:55:42 ***** PSpice 9.2 (Mar 2000) ***** ID# 1 *****
* C:\Users\zelle\Documents\Kursach_Part3.sch

****      AC ANALYSIS              TEMPERATURE = 27.000 DEG C
*****

FREQ      VM(2)      VP(2)      VR(2)      VI(2)
6.207E+02  2.808E+00  -3.867E+01  2.193E+00  -1.755E+00
^
*** 12/02/23 15:55:42 ***** PSpice 9.2 (Mar 2000) ***** ID# 1 *****
* C:\Users\zelle\Documents\Kursach_Part3.sch

****      AC ANALYSIS              TEMPERATURE = 27.000 DEG C
*****

FREQ      VM(1)      VP(1)      VR(1)      VI(1)
6.207E+02  3.666E+00  -4.148E+01  2.747E+00  -2.428E+00

```

Рис. 12: Расчет потенциалов в OrCad

Расшифруем данные:

$$FREQ = f = 6.2070e + 02 = 620.7 \text{ Гц} - \text{частота}$$

$$VM(1) = V_{\dot{\varphi}_1} = 3.666 \text{ В} - \text{амплитуда потенциала первого узла}$$

$$VP(1) = \alpha_1 = -41.48^\circ - \text{фаза потенциала первого узла}$$

$$VR(1) = Re[\dot{\varphi}_1] = 2.747 \text{ В} - \text{действительная часть потенциала первого узла}$$

$$VI(1) = Im[\dot{\varphi}_1] = -2.428 \text{ В} - \text{мнимая часть потенциала первого узла}$$

$$\dot{\varphi}_1 = 3.666e^{-j41.48^\circ} = 2.747 - 2.428j \text{ В}$$

$$VM(2) = V_{\dot{\varphi}_2} = 2.808 \text{ В} - \text{амплитуда потенциала второго узла}$$

$$VP(2) = \alpha_2 = -38.67^\circ - \text{фаза потенциала второго узла}$$

$$VR(2) = Re[\dot{\varphi}_2] = 2.193 \text{ В} - \text{действительная часть потенциала второго узла}$$

$$VI(2) = Im[\dot{\varphi}_2] = -1.755 \text{ В} - \text{мнимая часть потенциала второго узла}$$

$$\dot{\varphi}_2 = 2.808e^{-j38.67^\circ} = 2.193 - 1.755j \text{ В}$$

$$VM(3) = V_{\dot{\varphi}_3} = 3.578 \text{ В} - \text{амплитуда потенциала третьего узла}$$

$$VP(3) = \alpha_3 = -32.28^\circ - \text{фаза потенциала третьего узла}$$

$$VR(3) = Re[\dot{\varphi}_3] = 3.025 \text{ В} - \text{действительная часть потенциала третьего узла}$$

$$VI(3) = Im[\dot{\varphi}_3] = -1.911 \text{ В} - \text{мнимая часть потенциала третьего узла}$$

$$\dot{\varphi}_3 = 3.578e^{-j32.28^\circ} = 3.025 - 1.911j \text{ В}$$

Нарисуем схему и укажем направления токов:

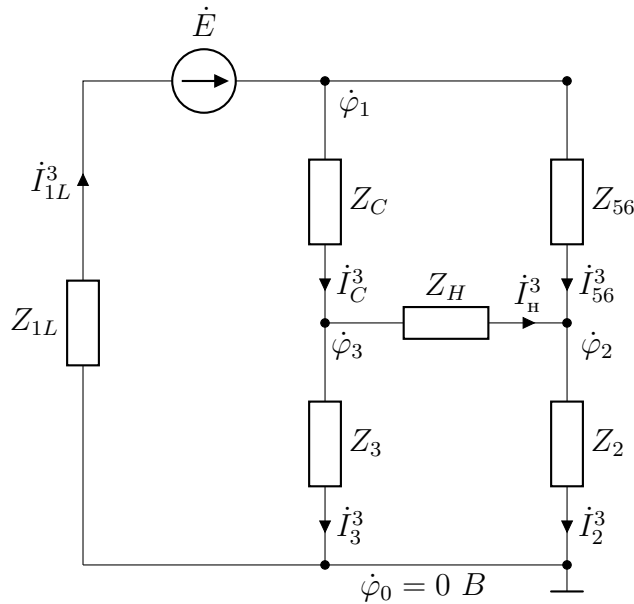


Рис. 13: Электрическая цепь

По полученным потенциалам рассчитаем значения всех токов 3-ей гармоники в цепи:

$$\dot{I}_1^3 = \dot{I}_L^3 = \dot{I}_{1L}^3 = \frac{(\varphi_0 - \varphi_1) + \dot{E}}{Z_{1L}} = \frac{(0 - (2.7472.428j)) + 10.3}{179 + 235.56j} = 21.98 - 15.36j \text{ мА} = 26.82e^{-j34.95^\circ} \text{ мА}$$

$$\dot{I}_2^3 = \frac{(\varphi_2 - \varphi_0)}{Z_2} = \frac{(2.1931.755j) - 0}{250} = 8.772 - 7.02j \text{ мА} = 11.24e^{-j38.67^\circ} \text{ мА}$$

$$\dot{I}_3^3 = \frac{(\varphi_3 - \varphi_0)}{Z_3} = \frac{(3.0251.911j) - 0}{229} = 13.21 - 8.34j \text{ мА} = 15.62e^{-j32.28^\circ} \text{ мА}$$

$$\dot{I}_5^3 = \dot{I}_6^3 = \frac{\dot{I}_{56}^3}{2} = \frac{(\varphi_1 - \varphi_2)}{2 \cdot Z_{56}} = \frac{(2.7472.428j) - (2.1931.755j)}{2 \cdot 106} = 2.61 - 3.17j \text{ мА} = 4.11e^{-j50.54^\circ} \text{ мА}$$

$$\dot{I}_C^3 = \frac{(\varphi_1 - \varphi_3)}{Z_C} = \frac{(2.7472.428j) - (3.0251.911j)}{-30.9j} = 16.73 - 9j \text{ мА} = 19e^{-j28.27^\circ} \text{ мА}$$

$$\dot{I}_H^3 = \frac{(\varphi_3 - \varphi_2)}{Z_H} = \frac{(3.0251.911j) - (2.1931.755j)}{235} = 3.5 - 0.66j \text{ мА} = 3.602e^{-j10.62^\circ} \text{ мА}$$

Приведем эти данные в таблицу с действительными комплексными значениями и мгновенными, домножив амплитуду на $\sqrt{2}$ и записав в фазу аргумент указанный в степени значения.

Ток	действительный комплекс, мА	мгновенное значение, мА
\dot{I}_1^3	$21.98 - 15.36j$	$37.929\sin(3900t - 34.95^\circ)$
\dot{I}_2^3	$8.772 - 7.02j$	$15.9\sin(3900t - 38.67^\circ)$
\dot{I}_3^3	$13.21 - 8.34j$	$22.09\sin(3900t - 32.28^\circ)$
\dot{I}_C^3	$16.73 - 9j$	$26.87\sin(3900t - 28.27^\circ)$
\dot{I}_5^3	$2.61 - 3.17j$	$5.81\sin(3900t - 5.54^\circ)$
\dot{I}_6^3	$2.61 - 3.17j$	$5.81\sin(3900t - 5.54^\circ)$
\dot{I}_H^3	$3.5 - 0.66j$	$5.094\sin(3900t - 10.62^\circ)$

Таблица 1: Действующие комплексные и мгновенные значения тока

Сравним рассчитанное \dot{I}_H^3 и полученное в OrCAD:

$$\begin{aligned} \dot{I}_H^3 \text{ рассчитанное} &= 3.5 - 0.65j \text{ мА} \\ \dot{I}_H^3 \text{ OrCAD} &= 3.5 - 0.66j \text{ мА} \\ 3.5 - 0.65j &\approx 3.5 - 0.66j - \text{Расчеты верны и точны.} \end{aligned}$$

2.3 Баланс мощностей

Мощность источника:

$$\dot{S}_{\dot{E}} = \dot{E} \cdot \dot{I}_1^3 = 10.3 \cdot (21.98 - 15.36j) = 226.394 - 158.208j \text{ мВА} = 276.196e^{-j34.95^\circ} \text{ мВА}$$

$$\dot{P}_{\dot{E}} = 226.394 \text{ мВт}$$

$$\dot{Q}_{\dot{E}} = 158.208 \text{ мВАР}$$

Мощность приемников:

$$\dot{S}_{1L} = (\dot{I}_1^3)^2 \cdot Z_{1L} = (21.9815.36j)^2 \cdot (179 + 235.56j) \cdot 10^{-6} = 203.303 - 62.6371j \text{ мВА}$$

$$\dot{S}_2 = (\dot{I}_2^3)^2 \cdot Z_2 = (8.7727.02j)^2 \cdot 250 \cdot 10^{-6} = 6.9169 - 30.7897j \text{ мВА}$$

$$\dot{S}_3 = (\dot{I}_3^3)^2 \cdot Z_3 = (13.218.34j)^2 \cdot 229 \cdot 10^{-6} = 24.0332 - 50.4585j \text{ мВА}$$

$$\dot{S}_5 = (\dot{I}_5^3)^2 \cdot Z_5 = (2.613.17)^2 \cdot 212 \cdot 10^{-6} = -0.686202 - 3.50805j \text{ мВА}$$

$$\dot{S}_6 = (\dot{I}_6^3)^2 \cdot Z_6 = (2.613.17)^2 \cdot 212 \cdot 10^{-6} = -0.686202 - 3.50805j \text{ мВА}$$

$$\dot{S}_C = (\dot{I}_C^3)^2 \cdot Z_C = (16.739j)^2 \cdot (-30.9j) \cdot 10^{-6} = -9.30523 - 6.14579j \text{ мВА}$$

$$\dot{S}_H = (\dot{I}_H^3)^2 \cdot Z_H = (3.50.66j)^2 \cdot 235 \cdot 10^{-6} = 2.77 - 1.0857j \text{ мВА}$$

Просуммируем мощности:

$$\begin{aligned} \dot{S}_{\text{пр}} &= \dot{S}_1 + \dot{S}_2 + \dot{S}_3 + \dot{S}_5 + \dot{S}_6 + \dot{S}_C + \dot{S}_H = 203.303 - 62.6371j + 6.9169 - 30.7897j + 24.0332 - \\ &50.4585j + (-0.686202 - 3.50805j) + (-0.686202 - 3.50805j) + (-9.30523 - 6.14579j) + (2.77 - \\ &1.0857j) = 226.345 + 158.133j \text{ мВА} = 276.118e^{-j34.94^\circ} \text{ мВА} \end{aligned}$$

$$\dot{P}_{\text{пр}} = 226.325 \text{ мВт}$$

$$\dot{Q}_{\text{пр}} = 158.133 \text{ мВАР}$$

Сравним мощность источника и приемников

$$\dot{P}_{\dot{E}} = 226.394 \text{ мВт} \approx \dot{P}_{\text{пр}} = 226.325 \text{ мВт}$$

$$\dot{Q}_{\dot{E}} = 158.208 \text{ мВАР} \approx \dot{Q}_{\text{пр}} = 158.133 \text{ мВАР}$$

Погрешность измерений менее $< 1\%$, что показывает нам верность всех расчетов.

2.4 Итоговое значение $i_H^3(t)$ при включении всех источников

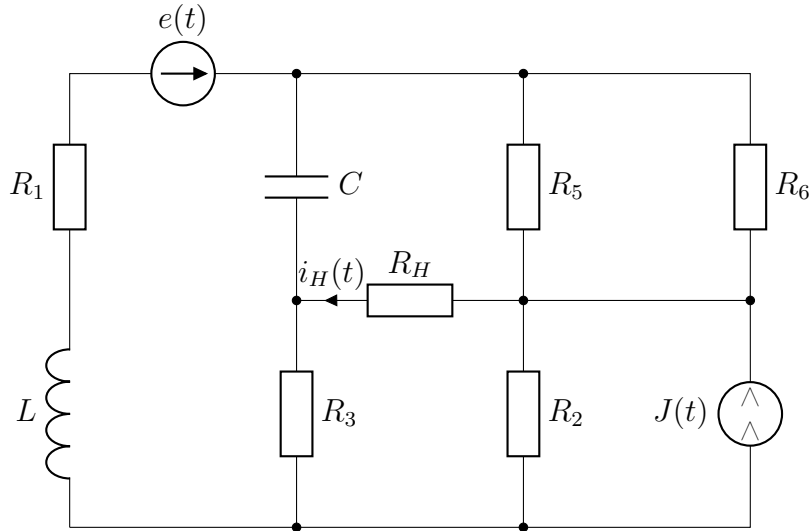


Рис. 14: Электрическая цепь

Для расчета общей силы тока в резисторе R_H , по принципу суперпозиции требуется сложить все токи, подсчитанные ранее. Так как сила тока 3-ей гармоники была изначально направлена в другую сторону, то она войдет со знаком минус:

$$i_H(t) = i_{H0} + i_H^1(t) - i_H^3(t) = 39.27 + 40.42\sin(1300t - 6.677^\circ) - 5.094\sin(3900t - 10.62^\circ) \text{ мА}$$

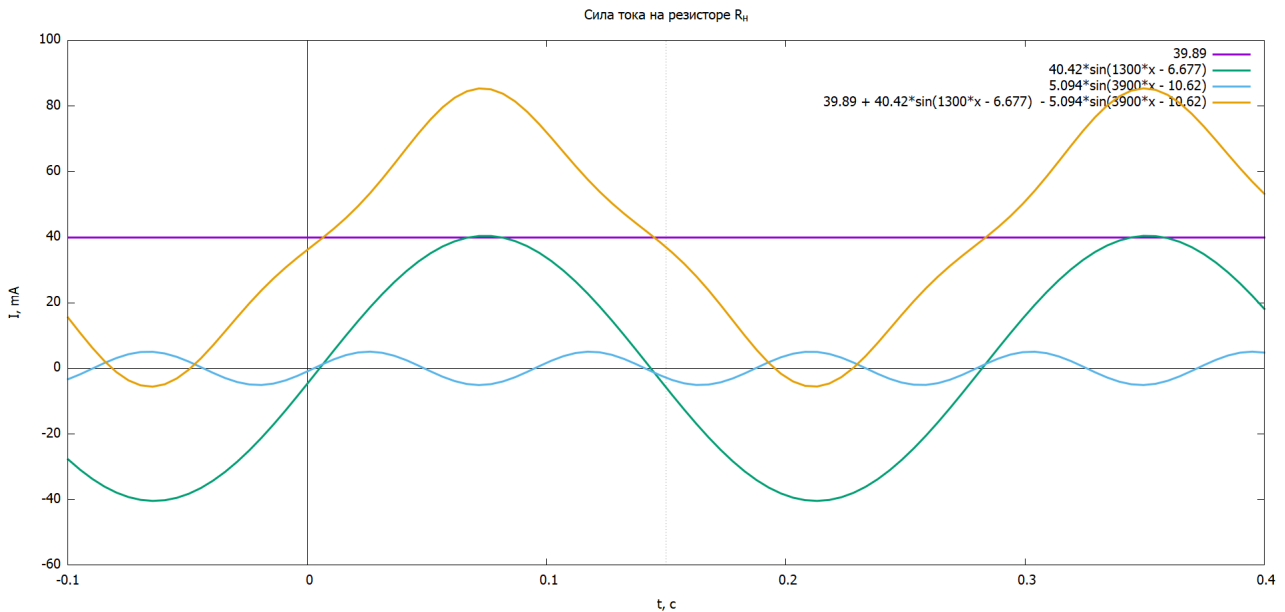


Рис. 15: Итоговая сила тока на резисторе R_H

Посчитаем действующее значение силы тока $i_H(t)$:

$$i_H = \sqrt{39.27^2 + 28.581^2 + 3.602^2} = 48.703 \text{ мА}$$

2.5 Полная система уравнений Кирхгофа во временной и частотной области для 3-ей гармоники

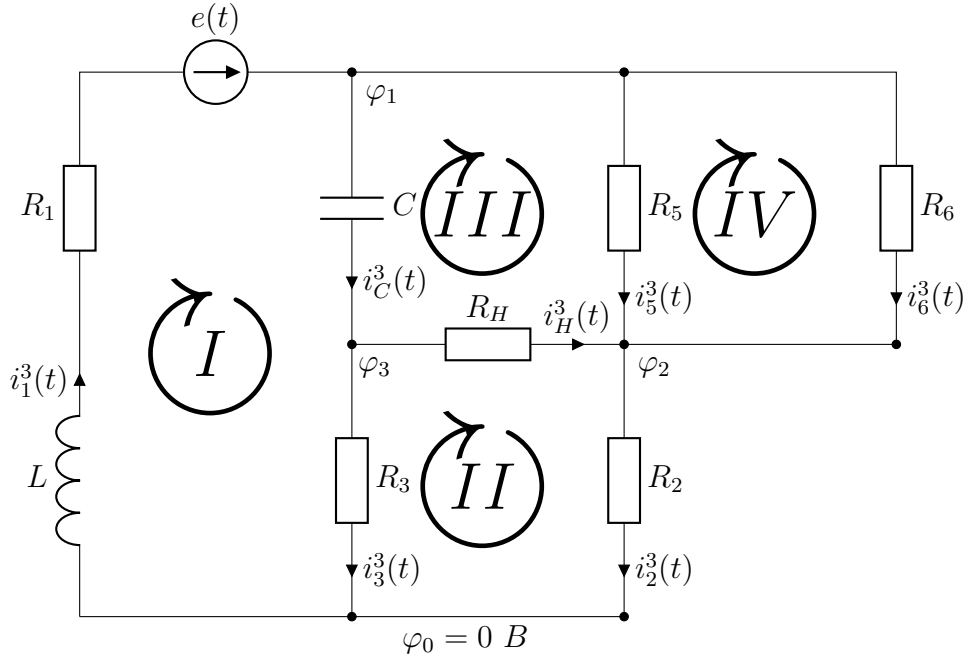


Рис. 16: Электрическая цепь

Запишем *I*-й и *II*-й законы Кирхгофа во временной и частотной области для узлов $\varphi_0, \varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ и для контуров *I, II, III, IV*:

Первый закон Кирхгофа:

Временная область

$$\varphi_1 : i_1^3(t) = i_C^3(t) + i_5^3(t) + i_6^3(t)$$

$$\varphi_2 : i_5^3(t) + i_6^3(t) + i_H^3(t) = i_2^3(t)$$

$$\varphi_3 : i_C^3(t) = i_3^3(t) + i_H^3(t)$$

$$\varphi_0 : i_2^3(t) + i_3^3(t) = i_1^3(t)$$

Частотная область

$$\varphi_1 : \dot{I}_1^3 = \dot{I}_C^3 + \dot{I}_5^3 + \dot{I}_6^3$$

$$\varphi_2 : \dot{I}_5^3 + \dot{I}_6^3 + \dot{I}_H^3 = \dot{I}_2^3$$

$$\varphi_3 : \dot{I}_C^3 = \dot{I}_3^3 + \dot{I}_H^3$$

$$\varphi_0 : \dot{I}_2^3 + \dot{I}_3^3 = \dot{I}_1^3$$

Второй закон Кирхгофа:

Временная область

$$I : i_1^3(t) \cdot R_1 + L \cdot \frac{di_1^3(t)}{dt} + \frac{1}{C} \int i_C^3(t) dt + i_3^3(t) \cdot R_3 = E(t)$$

$$II : i_H^3(t) \cdot R_H + i_2^3(t) \cdot R_2 - i_3^3(t) \cdot R_3 = 0$$

$$III : i_5^3(t) \cdot R_5 - i_H^3(t) \cdot R_H - \frac{1}{C} \int i_C^3(t) dt = 0$$

$$IV : i_5^3(t) \cdot R_5 - i_6^3(t) \cdot R_6 = 0$$

Частотная область

$$I : \dot{I}_1^3 \cdot (R_1 + jX_L) + \dot{I}_C^3 \cdot (-jX_C) + \dot{I}_3^3 \cdot R_3 = \dot{E}$$

$$II : \dot{I}_H^3 \cdot R_H + \dot{I}_2^3 \cdot R_2 - \dot{I}_3^3 \cdot R_3 = 0$$

$$III : \dot{I}_5^3 \cdot R_5 - \dot{I}_H^3 \cdot R_H - \dot{I}_C^3 \cdot (-jX_C) = 0$$

$$IV : \dot{I}_5^3 \cdot R_5 - \dot{I}_6^3 \cdot R_6 = 0$$