

Задание №2

Расчет установившегося синусоидального режима.

1. Для заданных 2^x -полюсников "1", "2", "3" при питании от источника синусоидального напряжения на частоте, соответствующей варианту, определить функции времени мгновенных значений токов в ветвях, а также показания приборов электродинамической системы (действующие значения).

2. Для каждой схемы построить векторные диаграммы токов и напряжений, продемонстрировав выполнение законов Кирхгофа в векторной форме.

3. Определить активные мощности, потребляемые 2^x -полюсниками на заданной частоте.

4. Выполнить компьютерное моделирование каждого двухполюсника, определить комплексные и мгновенные значения токов в ветвях, измерить активную мощность.

5. Для схем "1" и "2" получить частотные зависимости модуля комплексного входного сопротивления $|Z_{вх.}(\omega)|$, построить график $|Z_{вх.}(\omega)|$ в частотном диапазоне $0 \leq f \leq 10$ кГц.

6. Для схем «1» и «2» выполнить компьютерное моделирование и получить графики модуля и фазы комплексного входного сопротивления.

ПРИМЕР 1

Проведем выполнение 3^x первых пунктов расчетного задания для цепи, изображенной на рис. 6 .

Дано:

$$U(t) = U_m \sin(\omega t + \alpha) = 360\sqrt{2} \sin(1000t + 34^\circ) \text{ В}$$

$$\begin{aligned} R_1 &= 100 \text{ Ом} \\ R_2 &= 200 \text{ Ом} \\ L_1 &= 0,04 \text{ Гн} \\ L_2 &= 0,02 \text{ Гн} \\ C &= 50 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} \end{aligned}$$

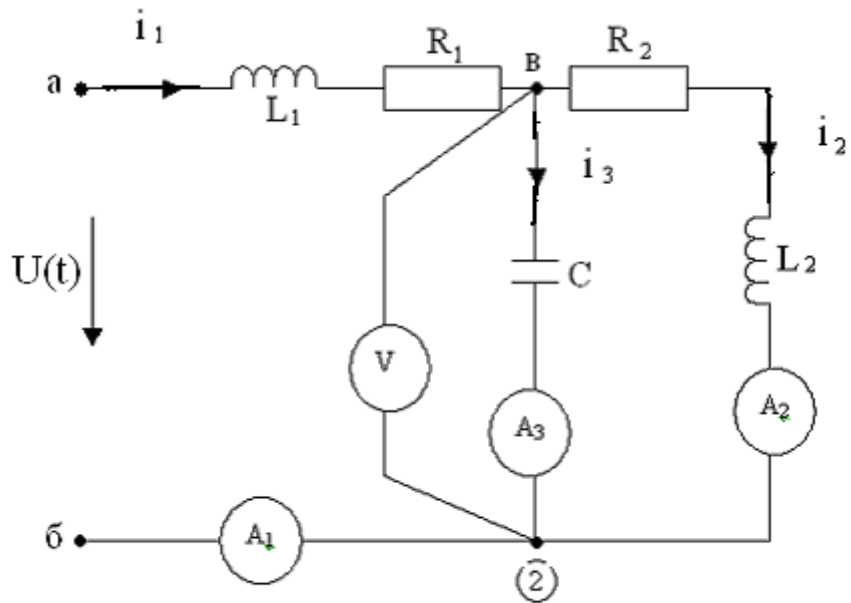


Рис. 6

РЕШЕНИЕ

1. Комплекс действующего значения входного напряжения:

$$\dot{U} = \frac{U_m}{\sqrt{2}} e^{j\alpha} = 360 e^{j34^\circ} \text{ В.}$$

2. Комплексные сопротивления всех пассивных элементов цепи:

$$Z_{R1} = R_1 = 100 \text{ Ом}; \quad Z_{R2} = R_2 = 200 \text{ Ом};$$

$$Z_{L1} = j\omega L_1 = j \cdot 1000 \cdot 0,04 = j40 \text{ Ом};$$

$$Z_{L2} = j\omega L_2 = j20 \text{ Ом};$$

$$Z_C = -j \frac{1}{\omega C} = -j \frac{1}{1000 \cdot 50 \cdot 10^{-6}} = -j20 \text{ Ом.}$$

3. Символическая расчетная модель цепи приведена на рис.7,

где $\dot{I}_1, \dot{I}_2, \dot{I}_3, \dot{U}$ - комплексы действующего значения. Идеальные измерительные приборы на рис. 7 не показаны.

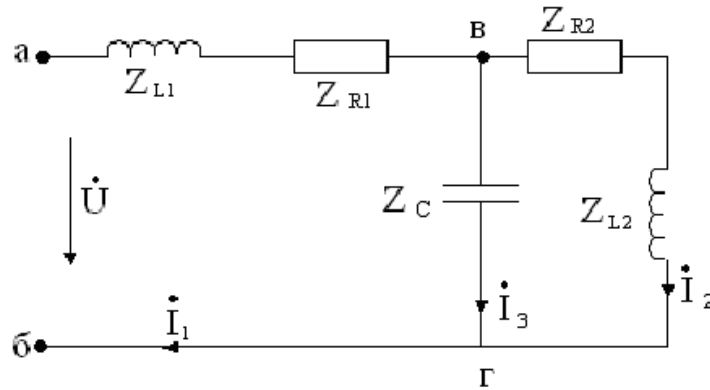


Рис. 7

4. Расчет символической модели.

Полное комплексное входное сопротивление по отношению к зажимам «аб» (рис.7):

а) $Z_{a\bar{b}} = Z_{L1} + Z_{R1} + Z_{\bar{e}2}$, где

$$Z_{\bar{e}2} = \frac{(Z_{R2} + Z_{L2}) \cdot Z_C}{(Z_{R2} + Z_{L2}) + Z_C} = \frac{(20 + j20) \cdot (-j20)}{20 + j20 - j20} = 20 - j20 = 20\sqrt{2}e^{-j45^\circ} \text{ Ом};$$

$$Z_{a\bar{b}} = 10 + j40 + 20 - j20 = 30 + j20 \cong 36e^{j34^\circ} \text{ Ом.}$$

б) Комплекс действующего значения тока \dot{I}_1 :

$$\dot{I}_1 = \dot{U}_1 / Z_{a\bar{b}} = \frac{360e^{j34^\circ}}{36e^{j34^\circ}} = 10e^{j0} \text{ А.}$$

в) Комплекс напряжения \dot{U} вг

$$\dot{U}_{\bar{e}2} = \dot{I}_1 \cdot Z_{\bar{e}2} = 10e^{j0} \cdot 20\sqrt{2}e^{-j45^\circ} = 200\sqrt{2}e^{-j45^\circ} \text{ В}$$

г) Токи в параллельных ветвях

$$\dot{I}_2 = \frac{\dot{U}_{\bar{e}2}}{Z_{R2} + Z_{L2}} = \frac{200\sqrt{2}e^{-j45^\circ}}{20 + j20} = 10e^{-j90^\circ} \text{ А.};$$

$$\dot{I}_3 = \frac{\dot{U}_{\bar{e}2}}{Z_C} = \frac{200\sqrt{2}e^{-j45^\circ}}{-j20} = \frac{200\sqrt{2}e^{-j45^\circ}}{20e^{-j90^\circ}} = 10\sqrt{2}e^{+j45^\circ} \text{ А.}$$

5. Найденным комплексам токов соответствуют синусои-

дальные функции времени:

$$i_1(t) = 10\sqrt{2}\sin(1000t + 0^\circ) A,$$

$$i_2(t) = 10\sqrt{2}\sin(1000t - 90^\circ) A,$$

$$i_3(t) = 20\sin(1000t + 45^\circ) A.$$

6. Показания приборов равны модулям найденных комплексов действующего значения:

$$\textcircled{A_1} \rightarrow I_1 = 10 A,$$

$$\textcircled{A_2} \rightarrow I_2 = 10 A,$$

$$\textcircled{A_3} \rightarrow I_3 = 10\sqrt{2} A,$$

$$\textcircled{V} \rightarrow U_{\text{БГ}} = 200\sqrt{2} B.$$

7. Активная мощность, потребляемая от источника:

$$P = U \cdot I_1 \cos(34^\circ - 0^\circ) = 360 \cdot 10 \cdot 0,83(3) = 3000 \text{ Вт}, \text{ или}$$

$$P = I_1^2 \cdot R_1 + I_2^2 \cdot R_2 = 10^2 \cdot 10 + 10^2 \cdot 20 = 3000 \text{ Вт}$$

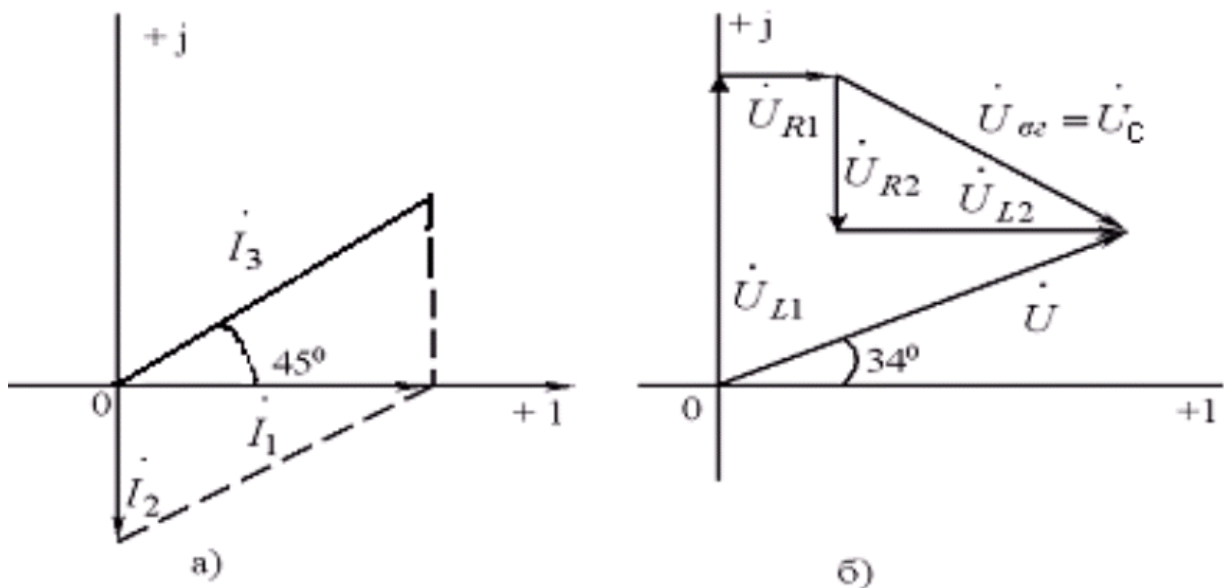


Рис. 8

8. Для данной цепи справедлива система уравнений Кирхгофа в комплексной форме:

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_2 + \dot{I}_3$$

$$\dot{U} = \dot{I}_1 \cdot j\omega L_1 + \dot{I}_1 R_1 + \dot{U}_{\text{сз}} = \dot{U}_{L1} + \dot{U}_{R1} + \dot{U}_c$$

$$\dot{U}_{вз} = \dot{U}_c = I_2 R_2 + I_2 \cdot j\omega L_2 = \dot{U}_{R2} + \dot{U}_{L2}$$

Этим уравнениям соответствуют векторные диаграммы рис.8

Векторная диаграмма напряжений рис. 8, б построена с учетом предварительно найденных модулей векторов:

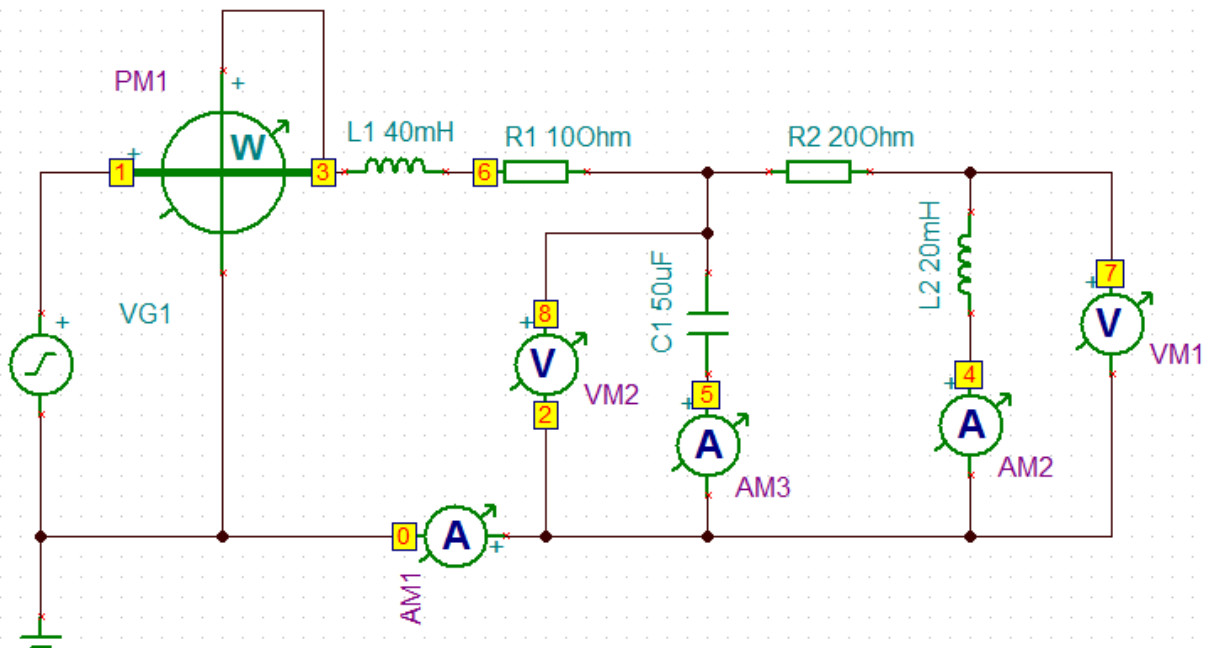
$$U_{L1} = I_1 \cdot \omega L_1 = 10 \cdot 40 = 400B,$$

$$U_{R1} = I_1 \cdot R_1 = 10 \cdot 10 = 100B,$$

$$U_{R2} = I_2 \cdot R_2 = 10 \cdot 20 = 200B,$$

$$U_{L2} = I_2 \cdot \omega L_2 = 10 \cdot 20 = 200B.$$

Компьютерное моделирование



F=159,154 Гц Um=509,117 В Φ=34 град

Variable	Value
AM1	14,12A
AM2	14,12A
AM3	19,97A
I_L1[3,6]	14,12A / 310,3m°
I_L2[4,7]	14,12A / 90,31°
I_R1[6,8]	14,12A / 310,3m°
I_R2[8,7]	14,12A / -89,69°
I_VG1[1,0]	14,12A / -179,69°
PM1	2,99kW
V_AM1[2,0]	0V / 0°
V_AM2[4,2]	0V / 0°
V_AM3[5,2]	0V / 0°
V_C1[5,8]	399,38V / 135,31°
V_L1[3,6]	564,81V / 90,31°
V_L2[4,7]	282,41V / -179,69°
V_R1[6,8]	141,2V / 310,3m°
V_R2[8,7]	282,41V / -89,69°
V_VG1[1,0]	509,12V / 34°
V_VM1[7,2]	282,41V / 310,98m°
V_VM2[8,2]	399,38V / -44,69°
VM1	282,41V
VM2	399,38V
VP_1	509,12V / 34°
VP_2	0V / 0°
VP_3	509,12V / 34°
VP_4	0V / 0°
VP_5	0V / 0°
VP_6	509,12V / -33,38°
VP_7	282,41V / 310,98m°
VP_8	399,38V / -44,69°

Show

Nodal Voltages Currents

Other Voltages Outputs

Cancel Help OK

ПРИМЕР 2

Получение частотной зависимости модуля комплексного входного сопротивления $|Z_{ex}|$ ω (пункт «4» расчётного задания) показано для двухполосников рис 9,а и рис. 10, а.

А. Схема рис. 9, а ($R = 100 \text{ Ом}$, $L = 0,1 \text{ Гн}$, $C = 10 \cdot 10^{-6} \text{ ф}$)

Последовательное включение элементов данного пассивного двухполюсника позволяет сразу записать его комплексное вход-

ное сопротивление в алгебраической форме:

$$Z_{ex} = R + j\omega L - j\frac{1}{\omega C} = R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right).$$

Его модуль:

$$|Z_{ex}| = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

По полученному выражению на рис 9б построен график зависимости $|Z_{ex}|$ от ω .

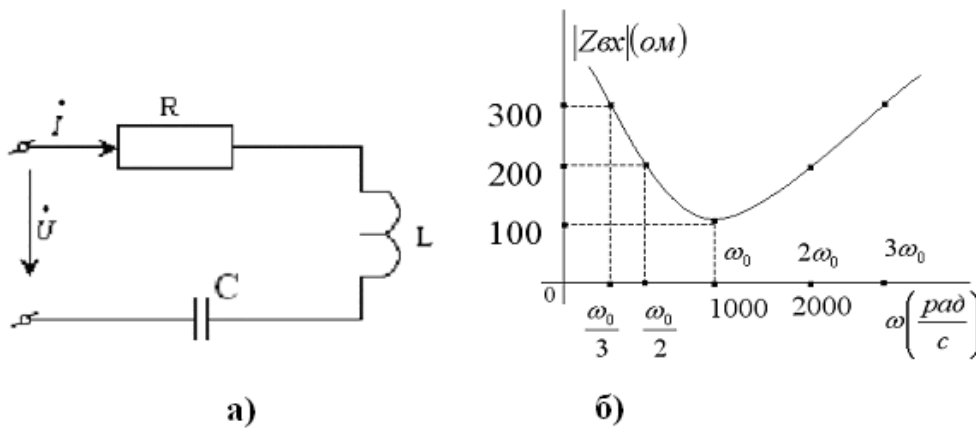
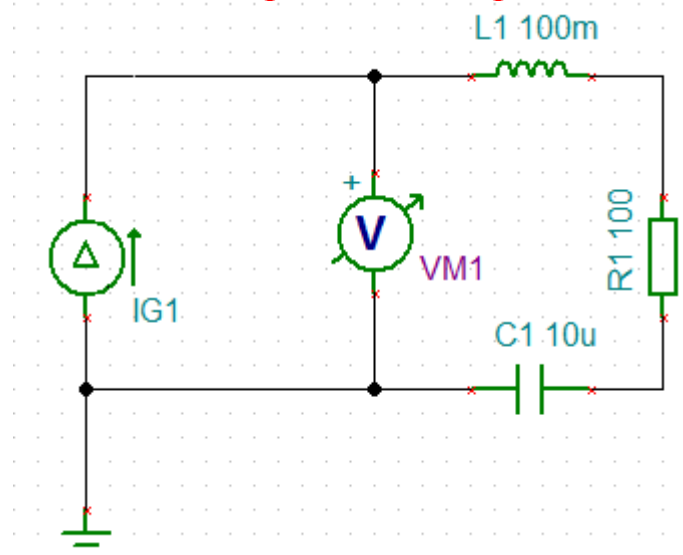


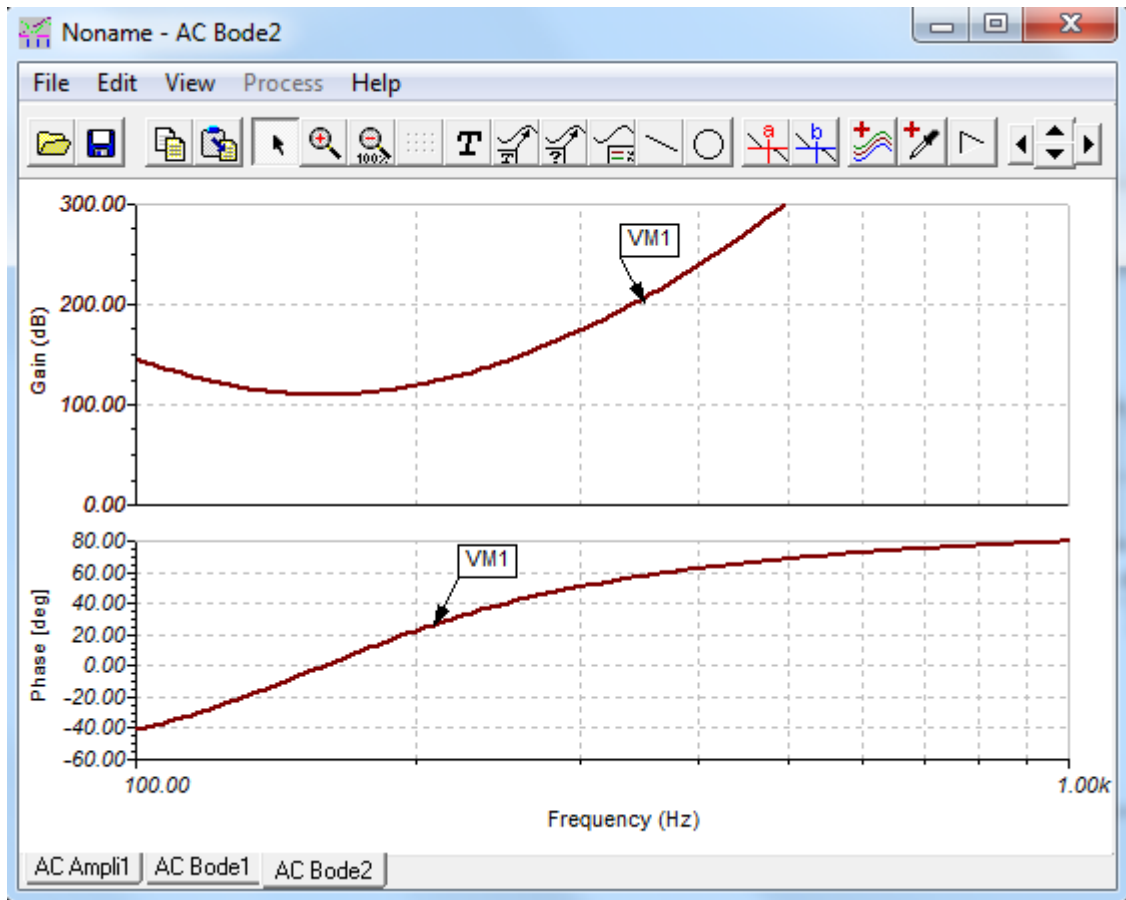
Рис. 9

Компьютерное моделирование



$$\underline{U}_{m1} = \underline{I}_m \underline{Z}_{ex}$$

Выполнить: *Analysis- AC Analysis-AC Transfer Characteristic*



Б. Для двухполюсника рис. 10 а, рекомендуется сначала получить выражение модуля комплексной входной проводимости:

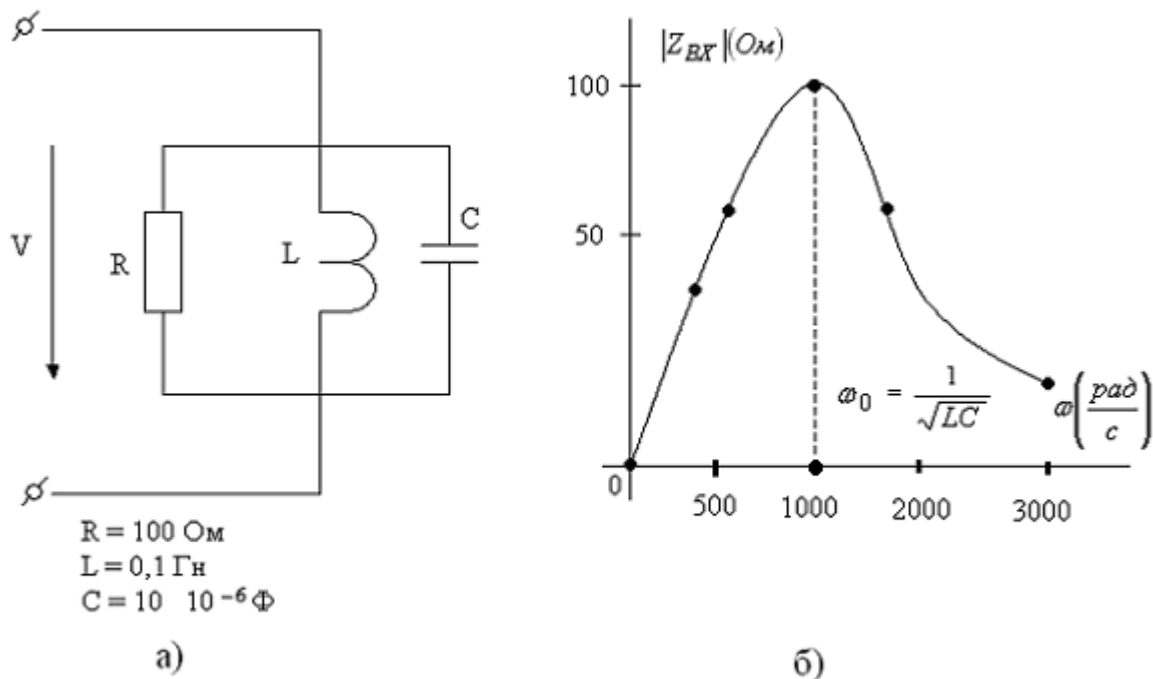


Рис. 10

$$Y_{ex} = Y_R + Y_L + Y_C = \frac{1}{R} + \frac{1}{j\omega L} + j\omega C = \frac{1}{R} + j\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right);$$

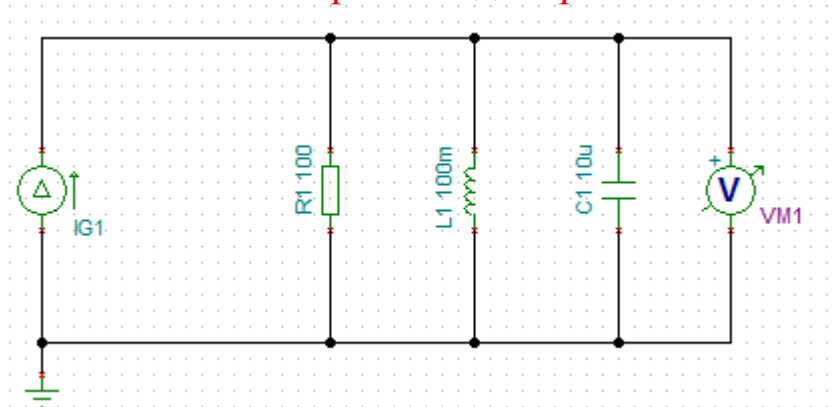
$$|Y_{ex}| = \sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)^2}.$$

Искомая функция модуля комплексного входного сопротивления

$$|Z_{ex}| = \frac{1}{|Y_{ex}|} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)^2}}.$$

График зависимости $|Z_{ex}|$ от ω построен на рис.10,б.

Компьютерное моделирование



$$U_{m1} = I_m Z_{ex}$$

Выполнить: *Analysis- AC Analysis-AC Transfer Characteristic*

