

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ
РАДИОТЕХНИКИ ЭЛЕКТРОНИКИ И АВТОМАТИКИ
(ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

Типовой расчет №1

Задание 1.2. Линейные электрические
цепи синусоидального тока.

Вариант №3.

Выполнил студент
гр. ВВ-2-06
Маркидонов К. А.
Преподаватель:
Лысенко В.Г.

Москва 2007

Данные задачи:

$$L_2 = 1.74 \text{ мГн}$$

$$C_3 = 4.02 \text{ мкФ}$$

$$R_1 = 17 \text{ Ом}$$

$$f = 1100 \text{ Гц}$$

$$e_1 = 100 \sin(\omega t)$$

$$e''_1 = 13 \cos(\omega t - 90^\circ) = 13 \sin(\omega t)$$

$$e_3 = 46.2 \cos(\omega t - 90^\circ) = 46.2 \sin(\omega t)$$

$$e''_3 = 32.4 \sin(\omega t - 90^\circ)$$

Переведём данные в удобные для расчета:

$$X_{L2} = 2\pi * f * L_2 = 12.026 \text{ Ом}$$

$$X_{C3} = 1/(2\pi * f * C_3) = 36 \text{ Ом}$$

$$\dot{E}_{m1} = 100 e^{j0} = 100 \text{ В}$$

$$\dot{E}''_{m1} = 13 e^{j0} = 13 \text{ В}$$

$$\dot{E}_{m3} = 42.6 e^{j0} = 42.6 \text{ В}$$

$$\dot{E}''_{m3} = 32.4 e^{j(-90)} = -32.4j \text{ В}$$

Пересчитаем комплексы действующих значений:

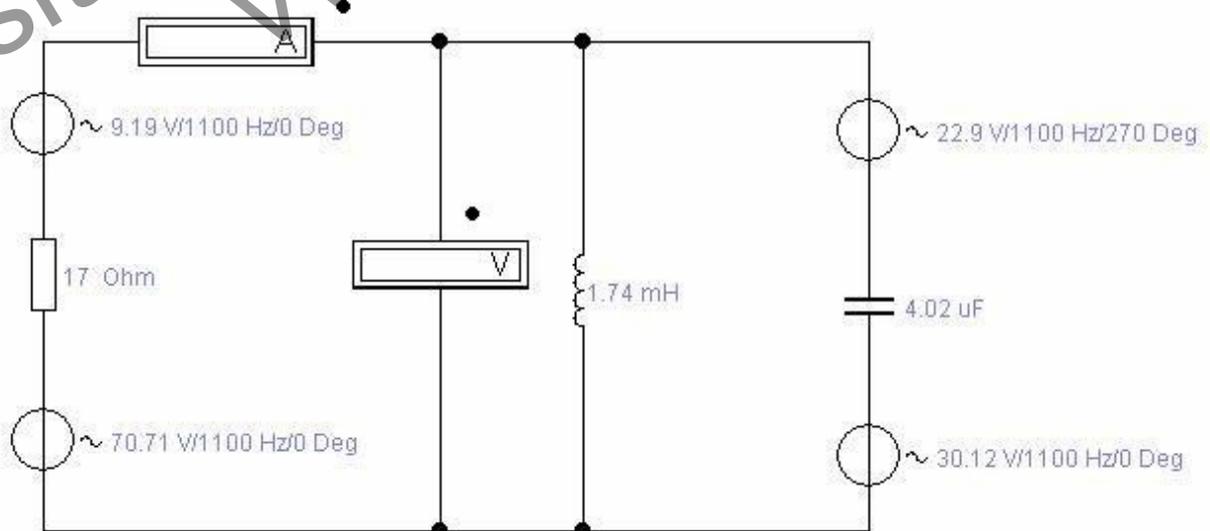
$$\dot{E} = \dot{E}_m / \sqrt{2}$$

$$\dot{E}_1 = 70.71$$

$$\dot{E}''_1 = 9.19$$

$$\dot{E}_3 = 30.12$$

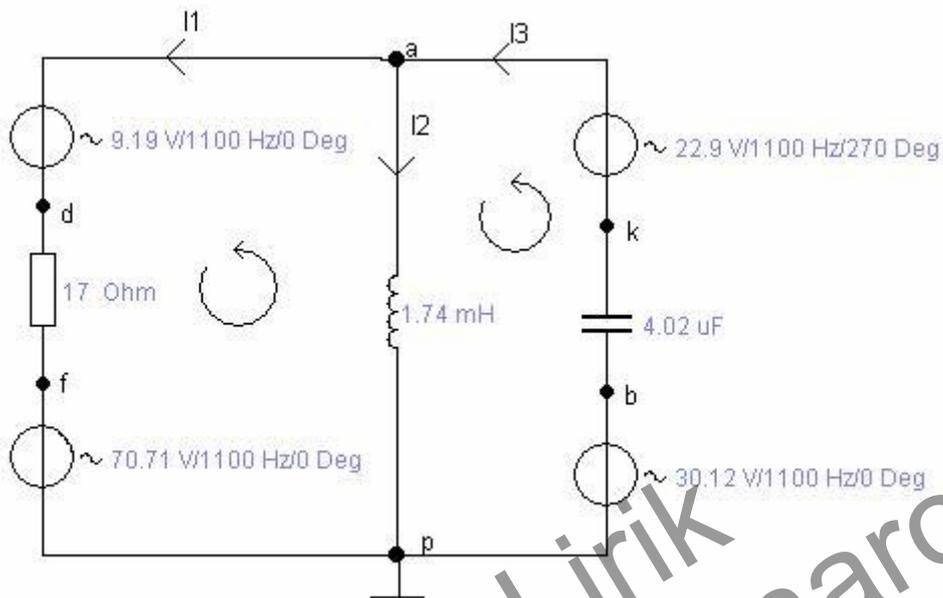
$$\dot{E}''_3 = -22.9j$$



П.1. Составить уравнения Кирхгофа для:

А) мгновенных значений

Б) комплексных амплитуд



А)

$$-i_1(t) - i_2(t) + i_3(t) = 0$$

$$i_1(t) \cdot R_1 - L_2 \frac{d}{dt}(i_2) = -(e_1 + e_1)$$

$$L_2 \frac{d}{dt}(i_2) + \frac{1}{C_3} \int i_3 dt = e_3 + e_3$$

Б)

$$-\dot{I}_1 - \dot{I}_2 + \dot{I}_3 = 0$$

$$\dot{I}_1 \cdot R_1 - j\omega L_2 \cdot \dot{I}_2 = -(\dot{E}_1 + \dot{E}_1)$$

$$j\omega L_2 \cdot \dot{I}_2 + \frac{1}{j\omega C_3} \cdot \dot{I}_3 = \dot{E}_3 + \dot{E}_3$$

П.2. Подсчитать токи одним из базовых методов.

Прим.: Метод МУП в нашем случае переходит в метод МДУ.

$$\varphi_p = 0$$

$$\varphi_a \cdot (Y_1 + Y_2 + Y_3) = Y_1 \cdot (\dot{E}_1 + \dot{E}_1) + Y_3 \cdot (\dot{E}_3 + \dot{E}_3)$$

$$Z_1 = R_1 = 17$$

$$Z_2 = j\omega L_2 = 12.026j$$

$$Z_3 = 1/(j\omega C_3) = -36j$$

$$\varphi_a = [Y_1 * (\dot{E}'_{1+} + \dot{E}''_{1-}) + Y_3 * (\dot{E}'_3 + \dot{E}''_3)] / (Y_1 + Y_2 + Y_3)$$

$$\begin{aligned} \varphi_a &= [79.9 * 0.059 + 0.028j * (30.12 - 22.9j)] / (0.059 - 0.083j + 0.028j) = \\ &= 41.31 + 52.7j = 66.96 e^{j(52)} \end{aligned}$$

$$\dot{I}_1 = (\varphi_a - (\dot{E}'_{1+} + \dot{E}''_{1-})) * Y_1$$

$$\dot{I}_2 = \varphi_a * Y_2$$

$$\dot{I}_3 = (-\varphi_a + \dot{E}'_3 + \dot{E}''_3) * Y_3$$

$$\dot{I}_1 = -2.27 + 3.1j = 3.842 e^{j(126)}$$

$$\dot{I}_2 = 4.382 - 3.435j = 5.568 e^{j(-38)}$$

$$\dot{I}_3 = 2.1 - 0.211j = 2.123 e^{j(-8)}$$

Для большей уверенности найдем токи методом **МКТ**:

Договоримся, что по правому (1-му) контуру течет ток \dot{I}_{11} , а по левому (2-му) контуру течет контурный ток \dot{I}_{22} .

Составим решение матричного уравнения в виде системы уравнений.

$$\begin{aligned} \dot{I}_{11} * (R_1 + j\omega L_2) - \dot{I}_{22} * j\omega L_2 &= -(\dot{E}'_{1+} + \dot{E}''_{1-}) \\ -\dot{I}_{11} * j\omega L_2 + \dot{I}_{22} * (j\omega L_2 - j * (1/\omega C_3)) &= -\dot{E}'_3 + \dot{E}''_3 \end{aligned}$$

Решив эту систему уравнений мы получим значение для комплексных действующих значений контурных токов.

$$\dot{I}_{11} = -2.293 + 3.109j = 3.863 e^{j(126)}$$

$$\dot{I}_{22} = 2.105 - 0.303j = 2.127 e^{j(-8)}$$

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_{11}$$

$$\dot{I}_2 = \dot{I}_{22} - \dot{I}_{11}$$

$$\dot{I}_3 = \dot{I}_{22}$$

$$\dot{I}_1 = -2.293 + 3.109j = 3.863 e^{j(126)}$$

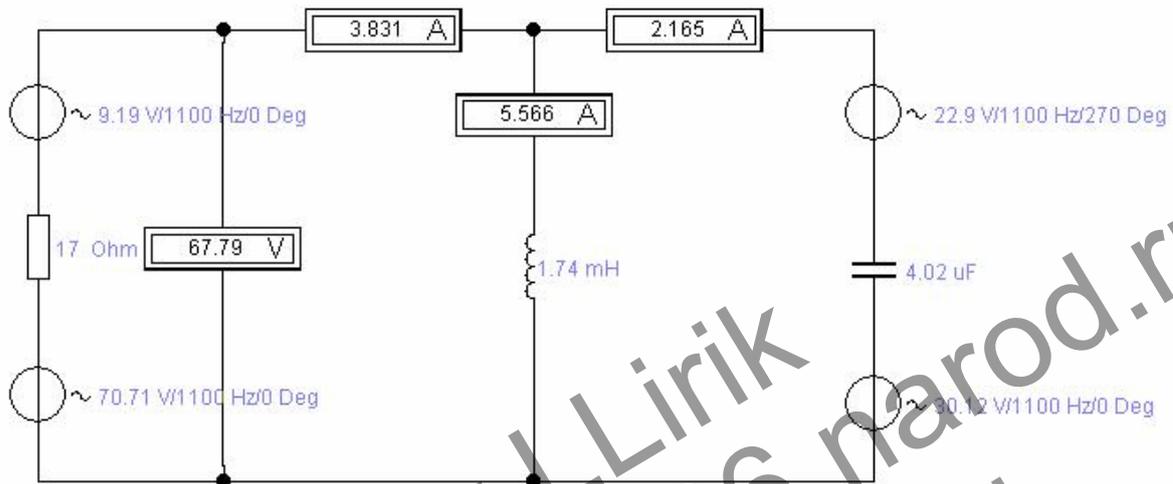
$$\dot{I}_2 = 4.398 - 3.412j = 5.566 e^{j(-38)}$$

$$\dot{I}_3 = 2.105 - 0.303j = 2.127 e^{j(-8)}$$

Если потратить немного времени, можно без проблем получить токи по системе, составленной по законам Кирхгофа.

Сравнительная таблица полученных значений.

	\dot{I}_1	\dot{I}_2	\dot{I}_3
Кирхгоф	$3.860 e^{j(126)}$	$5.541 e^{j(-38)}$	$2.111 e^{j(-8)}$
МУП	$3.842 e^{j(126)}$	$5.568 e^{j(-38)}$	$2.123 e^{j(-8)}$
МКТ	$3.863 e^{j(126)}$	$5.566 e^{j(-38)}$	$2.127 e^{j(-8)}$
EWB	$3.831 e^{j\varphi}$	$5.566 e^{j\varphi}$	$2.165 e^{j\varphi}$



П.3. Рассчитать показания ваттметра.

Прим.: Ваттметр стоит в 1-й ветви у узла а. Он меряет напряжение $\dot{U}_{pa} = -\dot{U}_{ap}$, и ток \dot{I}_1 , так как он втекает в точку, отмеченную на ваттметре.

$$P = \operatorname{Re}\{\hat{S}\} = \operatorname{Re}\{P + jQ\}$$

$$P = \operatorname{Re}\{-\dot{U}_{ap}\dot{I}_1\}, \text{ где } \dot{I} - \text{ комплексно сопряженное к } \dot{I}$$

$$P = \operatorname{Re}\{-66.96 e^{j(52)} * 3.863 e^{-j(126)}\} = -258.666 \cos(-74^\circ) = -71,298 \text{ (Вт)}$$

П.4. Построить топографическую диаграмму, совмещенную с векторной диаграммой токов. Потенциал точки а = 0.

$$\varphi_a = 0$$

$$\varphi_d = \varphi_a - \dot{E}_1$$

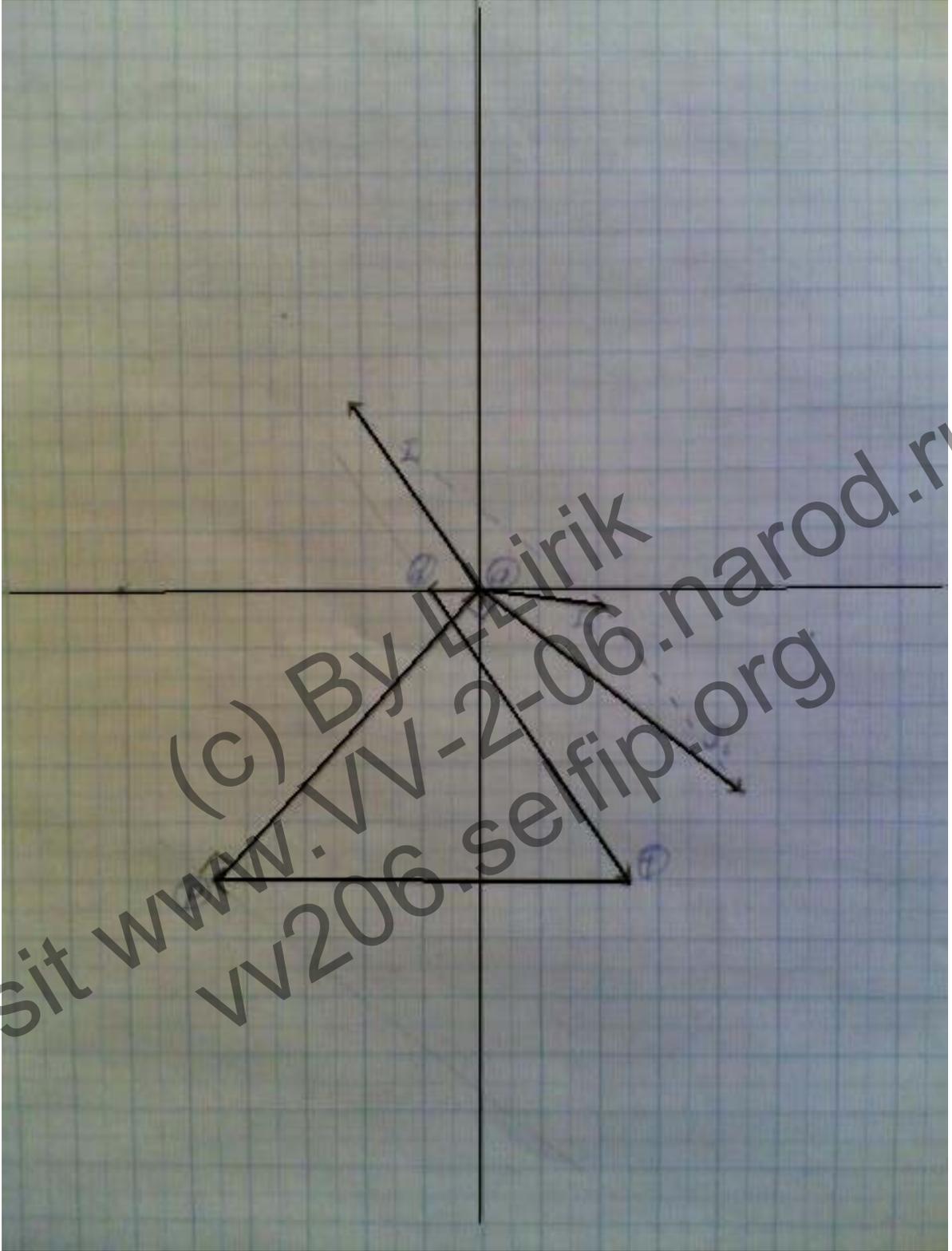
$$\varphi_f = \varphi_d - \dot{I}_1 * R_1$$

$$\varphi_p = \varphi_f - \dot{E}_1$$

$$\varphi_a = \varphi_p - \dot{I}_2 * j\omega L_2 = 0$$

Масштаб для токов возьмем равный 1:1

Масштаб для потенциалов возьмем 1:10



(c) By Elirik
visit www.vv-2-06.narod.ru
vv206.sefip.org

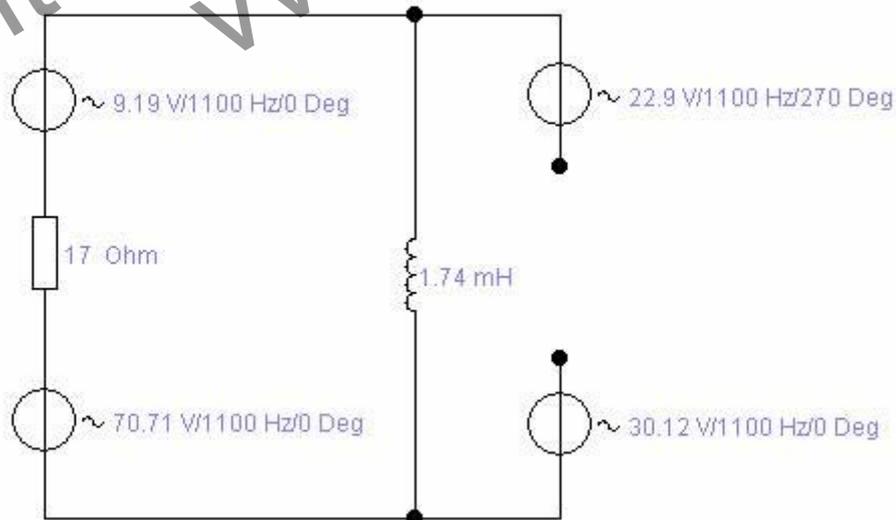
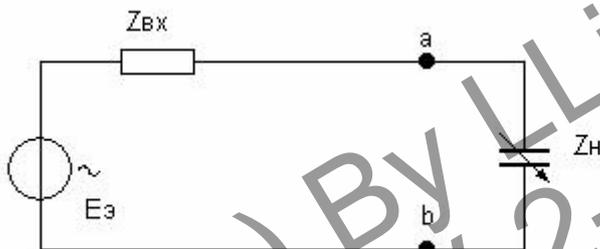
На диаграмме видно прямое следствие из 1-го закона Кирхгофа: векторы токов образуют параллелограмм.

Так же видно, что напряжение на индуктивности действительно опережает ток в ней на 90° .

П.5. Построить круговую диаграмму для тока в цепи с варьирующим сопротивлением.

Для построения круговой диаграммы потребуется два параметра. Это ток короткого замыкания в цепи ($\dot{I}_{кз}$) и разность фаз сопротивления нагрузки и входного сопротивления ($\psi = \varphi_H - \varphi_{вх}$).

Для нахождения тока короткого замыкания воспользуемся базой МЭГ.



$$\dot{I}_{кз} = \dot{E}_3 / Z_{вх}$$

Входное сопротивление- это сопротивление параллельных ветвей, по этому:

$$Z_{вх} = (R_1 * j\omega L_2) / (R_1 + j\omega L_2) = 5.67 + 8j = 9.8 e^{j(55)}$$

$$Z_H = 1 / (j 2\pi * f * C_3) = 36 e^{j(-90)}$$

$$\Psi = -145^\circ$$

$$\dot{E}_3 = \dot{U}_{кбхх}$$

Найдем разность потенциалов \dot{U}_{ap} методом МДУ.

$$\varphi_a = 0$$

$$\varphi_b (1/R_1 + 1/(j\omega L_2)) = (\dot{E}'_1 + \dot{E}''_1) / R_1$$

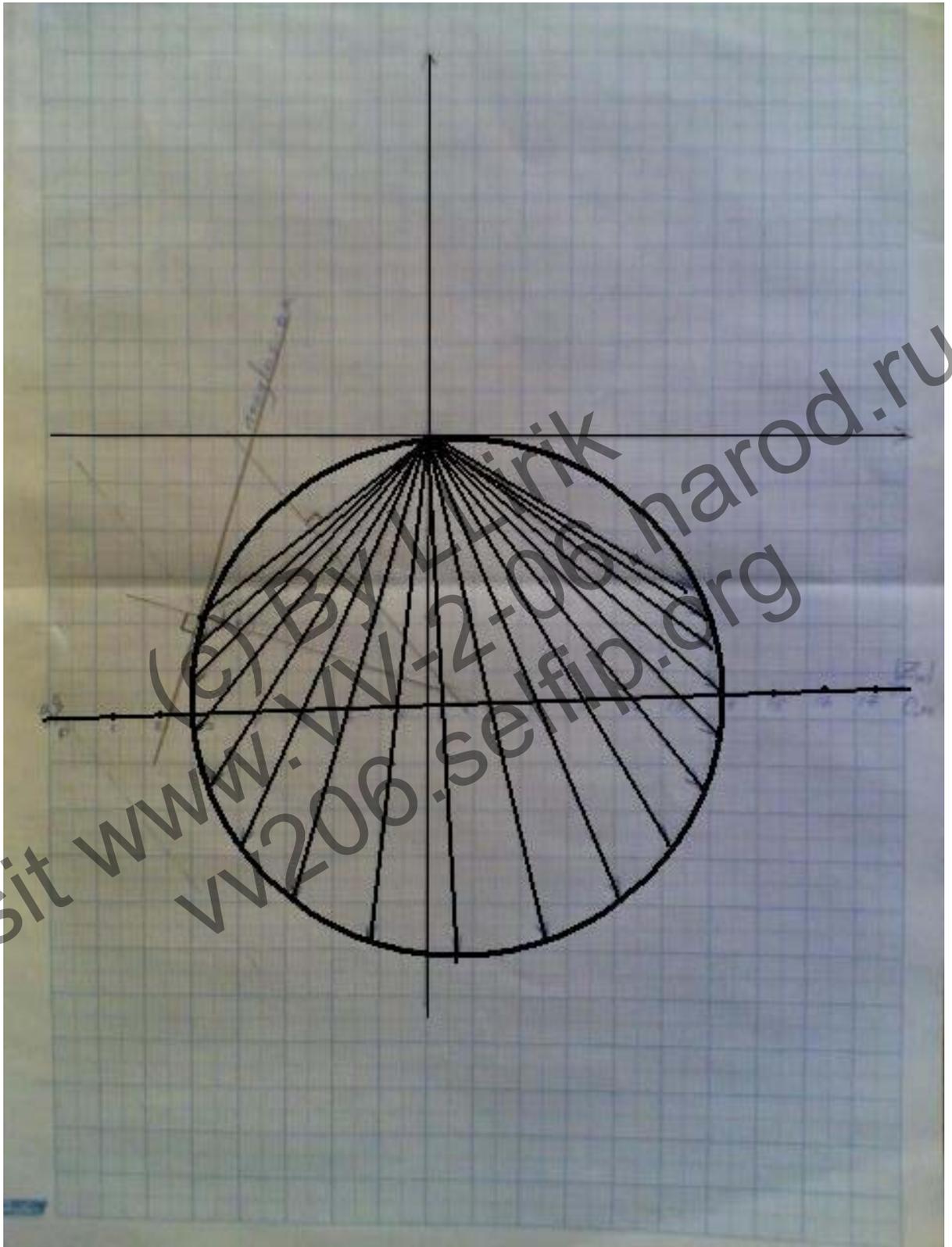
$$\varphi_b = 4.7 / (0.059 - 0.083j) = 26.74 + 37.62j = 46.155 e^{j(55)}$$

$$\dot{U}_{кбхх} = \varphi_a + \dot{E}'_3 - \varphi_b + \dot{E}''_3 = 3.38 - 60.52j = 60.61 e^{j(-87)}$$

$$\dot{I}_{кз} = 60.61 e^{j(-87)} / 9.8 e^{j(55)} = 6.185 e^{j(-142)}$$

Теперь можно построить круговую диаграмму.

visit www.vv-2-06.narod.ru
vv206.selfip.org

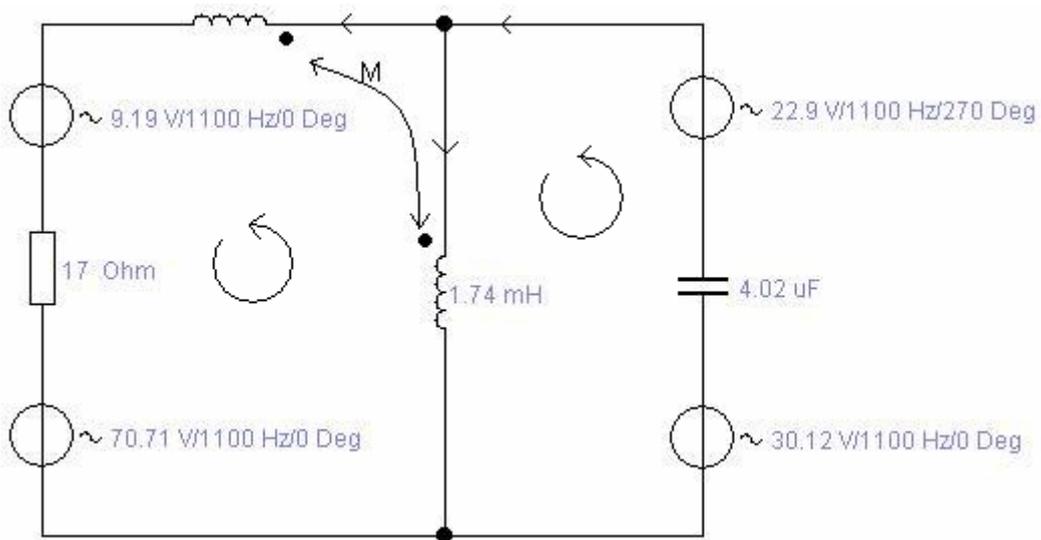


П.6. По круговой диаграмме построить график зависимости тока в ветви с изменяющимся сопротивлением от модуля этого сопротивления.



П.8. Составить в общем виде систему уравнений по законам Кирхгофа, считая что между двумя любыми катушками есть магнитная связь.

Для решения этой задачи нарисуем новую схему:



Мы вставили в 1-ю ветвь произвольную катушку и приняли согласное соединение катушек. (Оба тока втекают в отмеченные концы).

А)

$$-i_1(t) - i_2(t) + i_3(t) = 0$$

$$i_1(t) * R_1 + L_1 \frac{d}{dt}(i_1) + M \frac{d}{dt}(i_2) - L_2 \frac{d}{dt}(i_2) - M \frac{d}{dt}(i_1) = -(e_1 + e_1)$$

$$L_2 \frac{d}{dt}(i_2) + M \frac{d}{dt}(i_1) + 1/C_3 * \int i_3 dt = e_3 + e_3$$

Б)

$$-\dot{I}_1 - \dot{I}_2 + \dot{I}_3 = 0$$

$$\dot{I}_1 * R_1 + j\omega L_1 * \dot{I}_1 + j\omega M \dot{I}_2 - j\omega L_2 * \dot{I}_2 - j\omega M \dot{I}_1 = -(\dot{E}_1 + \dot{E}_1)$$

$$j\omega L_2 * \dot{I}_2 + j\omega M \dot{I}_1 + 1/(j\omega C_3) * \dot{I}_3 = \dot{E}_3 + \dot{E}_3$$

visit www.vw-2006.narod.ru
vw2006.selfip.org