

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Национальный исследовательский университет
«Московский институт электронной техники»

Институт микроприборов и систем управления имени Л.Н. Преснухина

Лабораторная работа

По дисциплине

«Электротехника»

По теме

«ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ СИНУСОИДАЛЬНОГО
ТОКА»

Вариант 5

Работу выполнил: Иванов Иван Иванович

Группа: ИБ-21

Дата выполнения: 28.10.2024

Задание 1. По параметрам из таблицы 1 рассчитать и записать аналитическое выражение (мгновенное значение) напряжения синусоидального сигнала (амплитуду, угловую частоту, период). Собрать схему эксперимента в Multisim, зафиксировать показания вольтметра, осциллографа, частотомера (V_{RMS} ; V_{peak} ; T , мс; f , Гц; ψ , °).

Частота = 100 Гц

Фаза = 120°

Действующее значение $V_{RMS} = 42.3 \text{ В}$

Амплитудные значения $V_{peak} = \sqrt{2} * V_{RMS} = U_m = 1.41 * 42.3 = 59.643 \text{ В}$

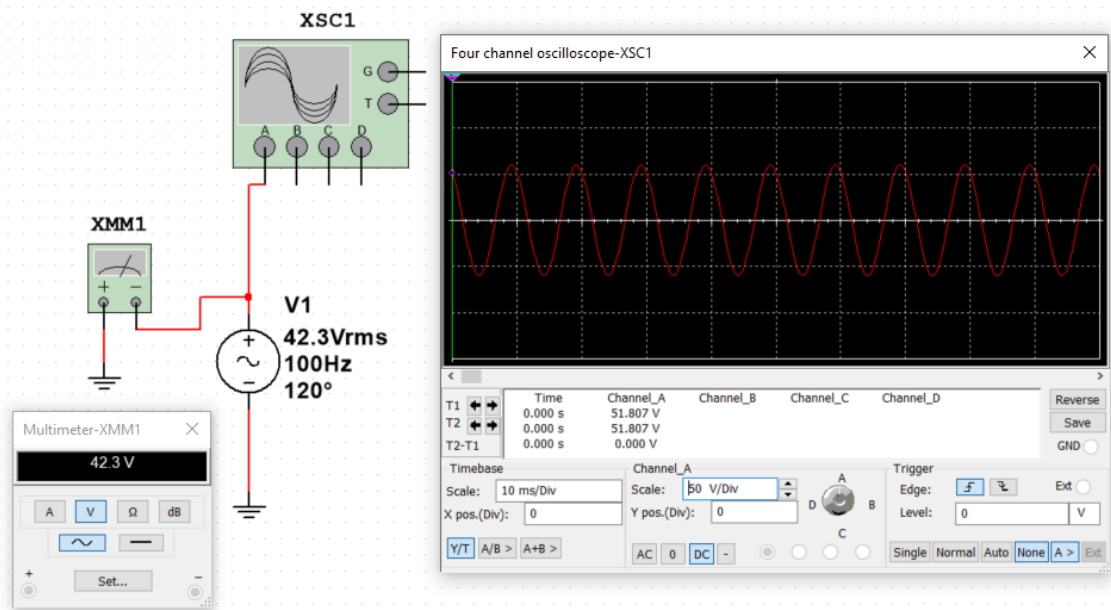
Двойные амплитудные значения $V_{p-p} = V_{peak} * 2 = 59.643 * 2 = 119,286$

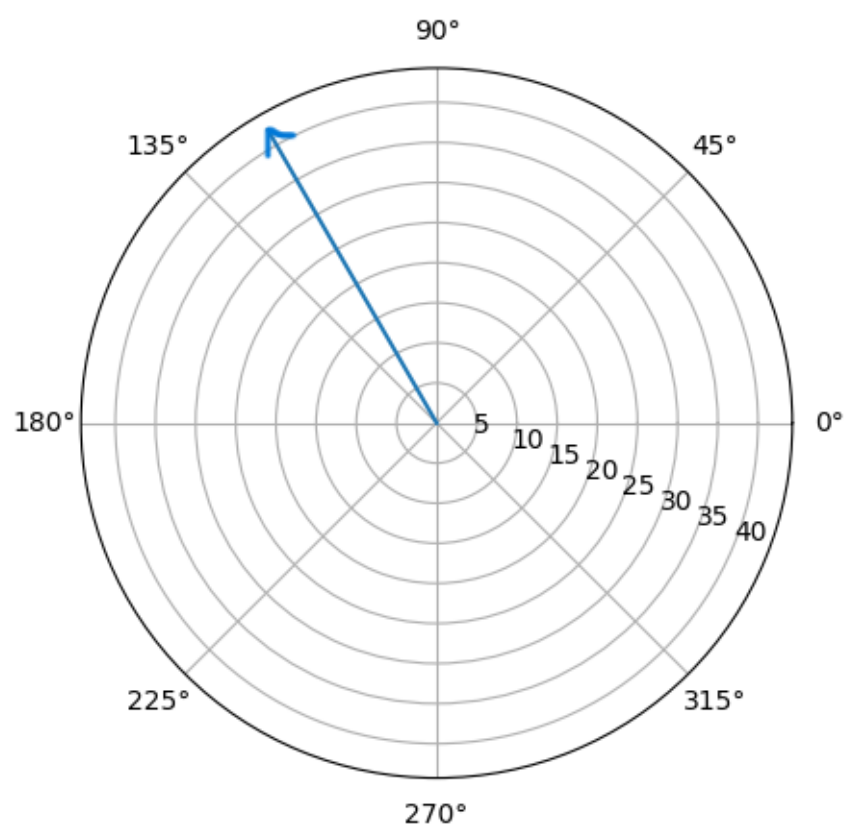
Период $T = 1/f = 1/100 = 0.01 \text{ с}$

Угловая частота = $2\pi * f = 628 \text{ рад/с}$

Мгновенное напряжение = $u(t) = U_m * \sin(\omega t + \psi) = 59.643 * \sin(628t + 120^\circ)$

Комплексное значение напряжения $u(t) = 59.643 * \sin(628t + 120^\circ) \Rightarrow U = (59.643/\sqrt{2}) * e^{j120^\circ}$





Задание 2. По аналитическому выражению (мгновенное значение) напряжения синусоидального сигнала в таблице 2 рассчитать и записать действующее значение, амплитудное значение, полный размах напряжения, частоту, период, начальную фазу. Собрать схему эксперимента в Multisim, снять показания вольтметра, осциллографа и частотомера (V_{RMS} , V_{peak} , T , (мс), f (Гц), Ψ (°)). Изобразить мгновенное($i(t)$), комплексное(J) значения напряжения на временной и векторной диаграммах

$$\text{Мгновенное напряжение} = u(t) = U_m * \sin(\omega t + \psi) = 310 * \sin(314t - 120^\circ)$$

$$\text{Частота} = 50 \text{ Гц}$$

$$\text{Фаза} = -120^\circ$$

$$\text{Действующее значение } V_{RMS} = V_{peak} / \sqrt{2} = 310 / 1.41 = 219.9 \text{ В}$$

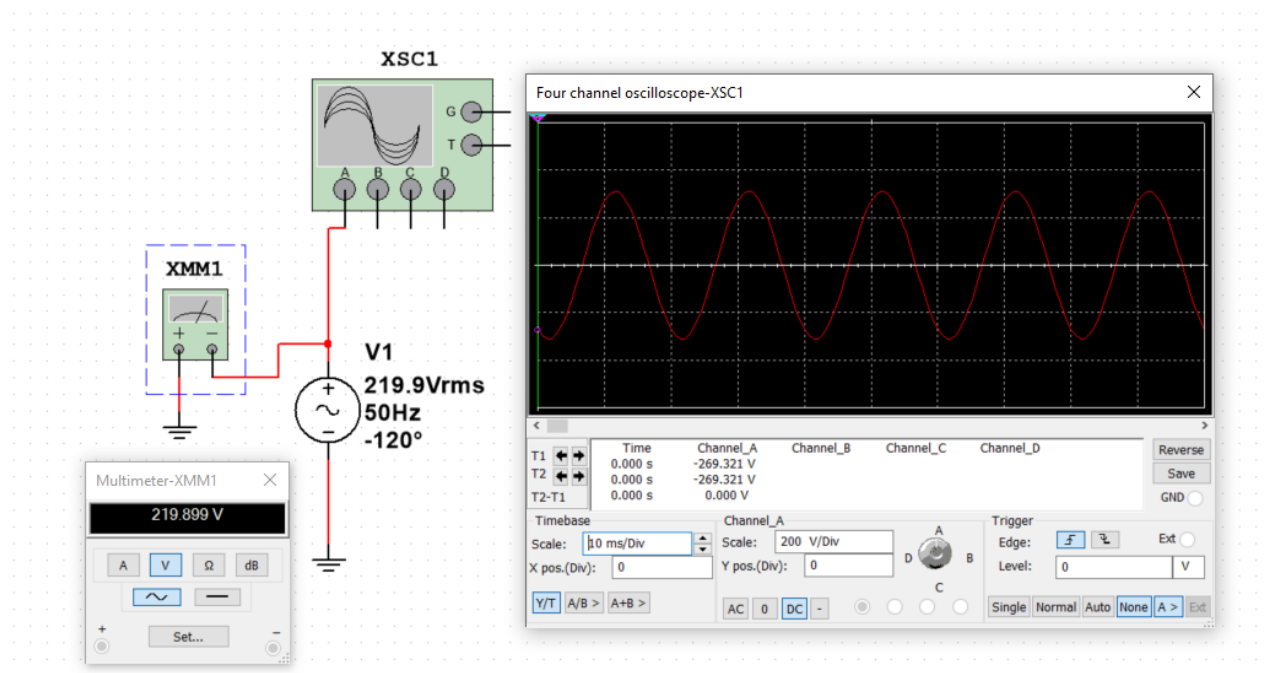
$$\text{Амплитудные значения } V_{peak} = \sqrt{2} * V_{RMS} = 310 \text{ В}$$

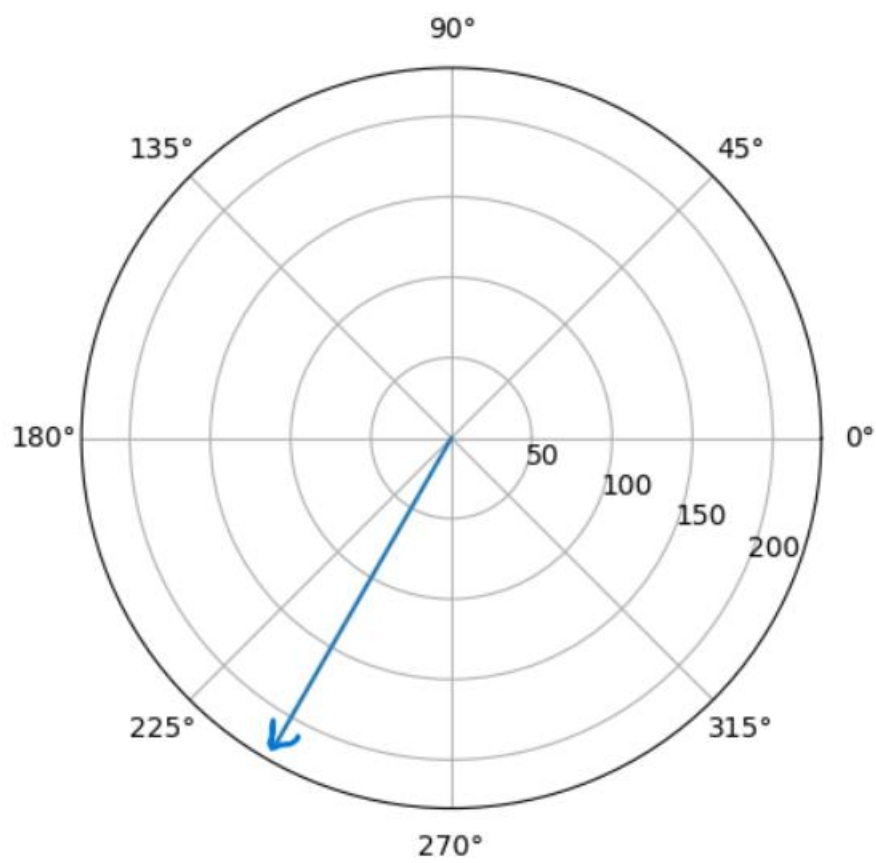
$$\text{Двойные амплитудные значения } V_{p-p} = V_{peak} * 2 = 620 \text{ В}$$

$$\text{Период } T = 1/f = 1/50 = 0.02 \text{ с}$$

$$\text{Угловая частота} = 2 * 3.14 * f = 314 \text{ рад/с}$$

$$\text{Комплексное значение напряжения } u(t) \Rightarrow U = (310 / \sqrt{2}) * e^{-j120}$$





Задание 3. R элемент в линейной электрической цепи синусоидального тока. Используя аналитическое выражение источника ЭДС (данные из таблицы 2) собрать принципиальную электрическую схему с R элементом. Рассчитать мгновенное значение тока, напряжения, мощности, действующие комплексные значения тока, напряжения, мощности. Собрать схему эксперимента в Multisim, снять показания осциллографа (V_{RMS} , V_{peak} , T , (мс), f (Гц), ψ_e (°), $i(t)$, $u(t)$, $p(t)$).

$$u(t) = U_m * \sin(\omega t + \psi) = 310 * \sin(314t - 120^\circ)$$

Общее сопротивление $R_{общ} = 1 \text{ k}\Omega$

Внутреннее сопротивление = $0.01 \text{ }\Omega$

Действующее значение напряжения $U_d = U_m / \sqrt{2} = 310 / 1.41 = 219.9 \text{ В}$

Максимально значение напряжения $U_m = 310 \text{ В}$

Частота = $\omega / 2\pi = 314 / 2\pi = 314 / 6.28 = 50 \text{ Гц}$

Период $t = 1/f = 1/50 = 0.02 \text{ с}$

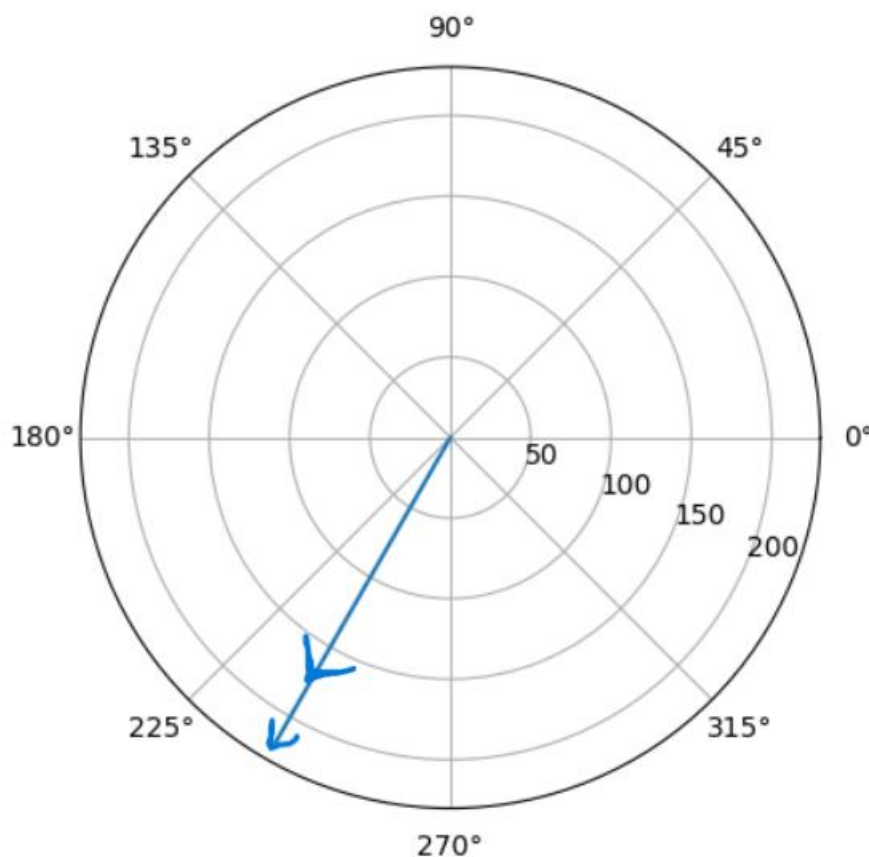
Фаза = -120°

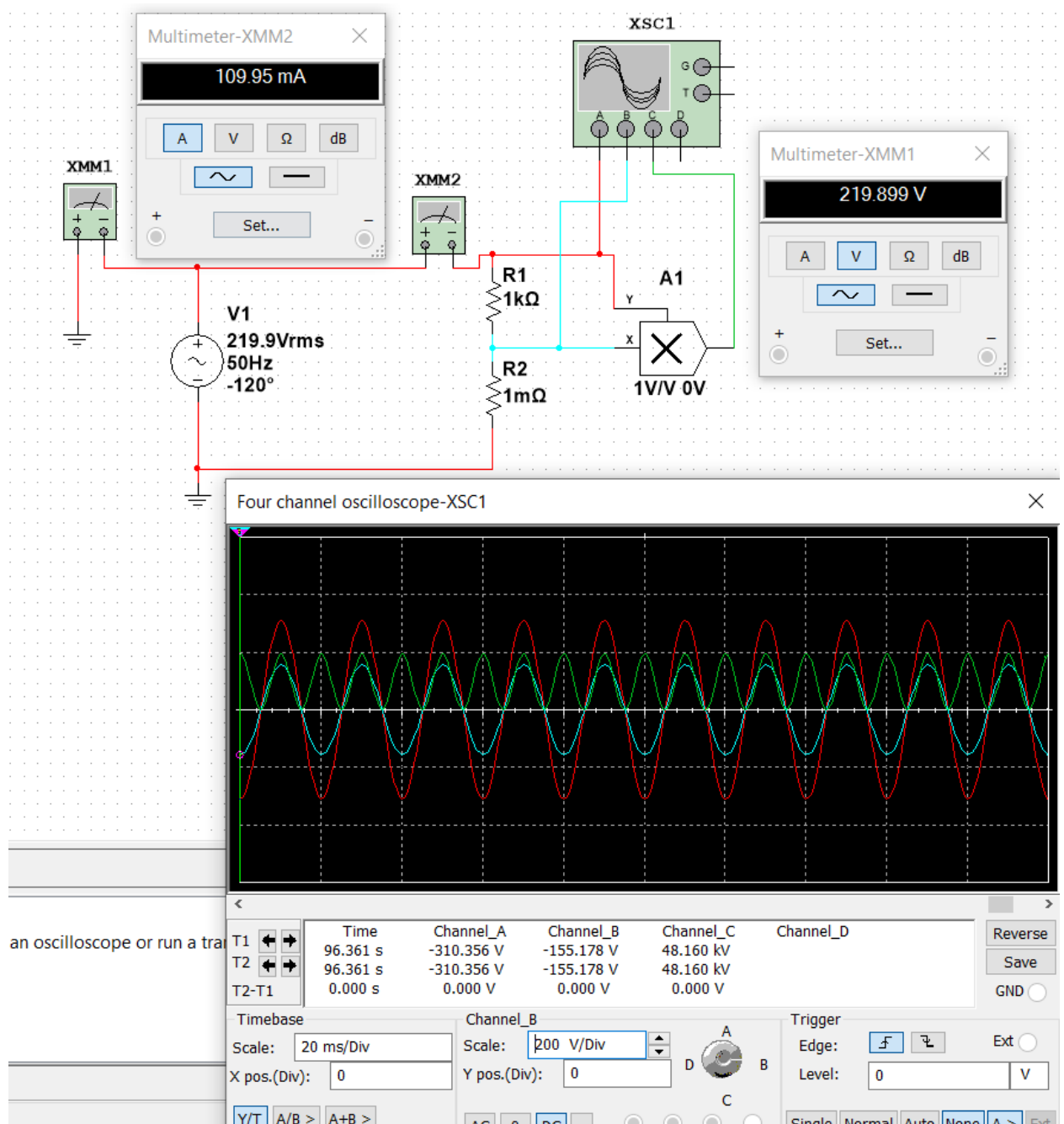
Мгновенное значение тока $I_m = U_m / z = U_m / R_{общ} = 310 / 1000 = 0.31$

Фаза для резистивного сопротивления = Фазе = -120°

Зависимость мощности от времени на резистивном сопротивлении

$$p(t) = u(t) * i(t) = U_m * I_m * \sin^2(\omega t) = 0.5 * U_m * I_m * (1 - \cos[2\omega t]) = 96.1 * \sin^2(314t)$$





Задание 4. L элемент в линейной электрической цепи синусоидального тока. Используя аналитическое выражение источника ЭДС (данные из таблицы 2) собрать принципиальную электрическую схему с L элементом. Рассчитать мгновенное значение тока, напряжения, мощности, действующие комплексные значения тока, напряжения, мощности. Собрать схему эксперимента в Multisim, снять показания осциллографа (V_{RMS} , V_{peak} , T , (мс), f , (Гц), ψ_e (°), $i(t)$, $u(t)$, $p(t)$).

По закону Ома находим ток, протекающий через катушку индуктивности

Соотношение фазы напряжения и тока на индуктивности

$$\varphi_u - \varphi_i = \pi/2$$

Анализ мгновенной мощности в индуктивном элементе

Из аналитического выражения для мощности можно сделать вывод, что это знакопеременная функция, изменяющаяся с двойной частотой по отношению к частоте изменения напряжения U_L и тока I_L в цепи. Среднее значение мощности $P_L(t)$ за период T равно нулю. В индуктивном элементе в первую четверть периода T напряжение U_L и ток I_L имеют знак плюс, поэтому мощность больше нуля, т.е. Индуктивный элемент потребляет электрическую энергию источника и преобразовывает её в магнитную, накапливая её в магнитном поле катушке. Во вторую четверть периода напряжение U_L и ток I_L имеют противоположные знаки, поэтому мощность отрицательна. В это время накопленная магнитная энергия возвращается источнику, преобразовываясь в электрическую энергию. В третьей четверти происходит накопление энергии в магнитном поле элемента L , в четвертой — её возврат источнику энергии. Теперь параллельно подключаем две катушки индуктивности с тем же номиналом. Общая емкость параллельно соединенных катушек индуктивности равна сумме емкостей этих конденсаторов $L_{экв} = L_1 L_2 / (L_1 + L_2)$;

$$u(t) = U_m * \sin(\omega t + \psi) = 310 * \sin(314t - 120^\circ) = u_L + u_{R_{вн}} \sim u_L$$

Индуктивность $L = 1 \text{ мН}$

Внутреннее сопротивление = 0.01 Ом

Закон Ома для индуктивности $u_L = L * di / dt$

$$\text{Тогда } i_L = \frac{1}{L} \int u_L dt = \frac{1}{L} \int u(t) dt$$

$$\text{Получим, что } i_L = 1000 * 310 / 314 * (-\cos[314t - 120^\circ]) = -987 * \cos(314t - 120^\circ) = 987 * \cos(314t + 60^\circ)$$

Реактивное сопротивление $X_L = \omega * L = 0.314 \text{ Ом}$

Частота = $\omega / 2\pi = 314 / 2\pi = 314 / 6.28 = 50 \text{ Гц}$

Период $t = 1/f = 1/50 = 0.02 \text{ с}$

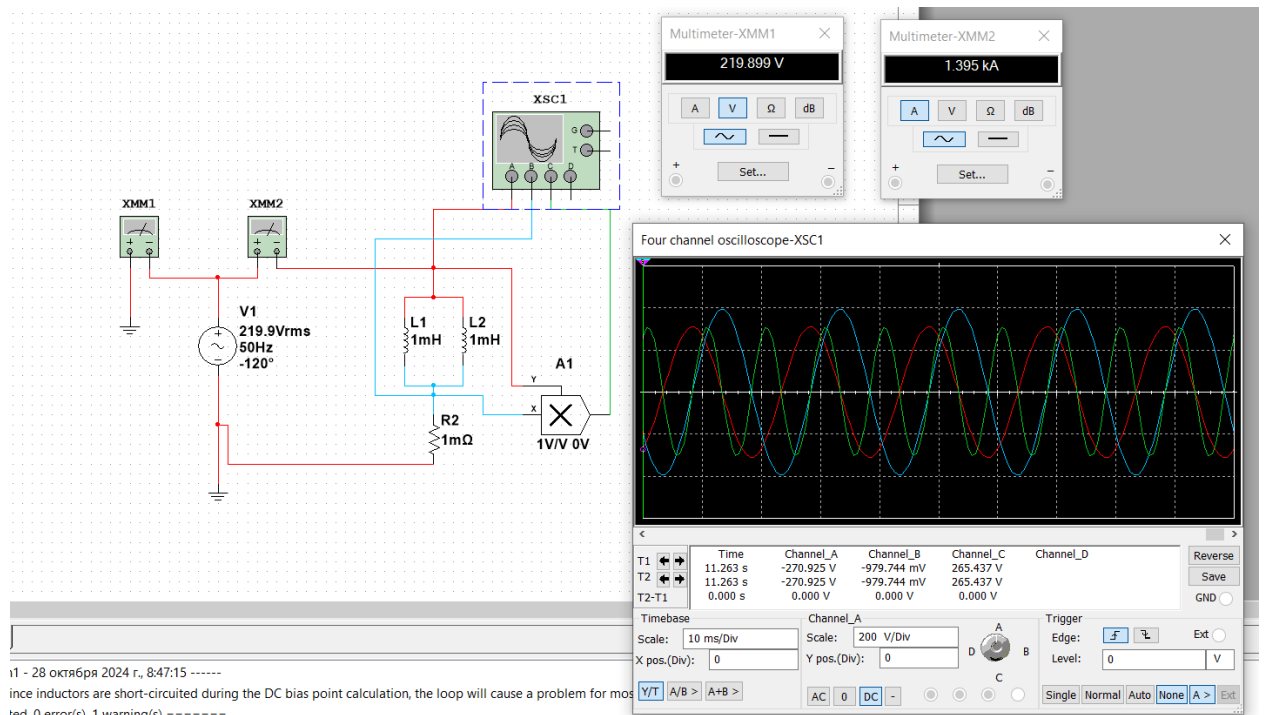
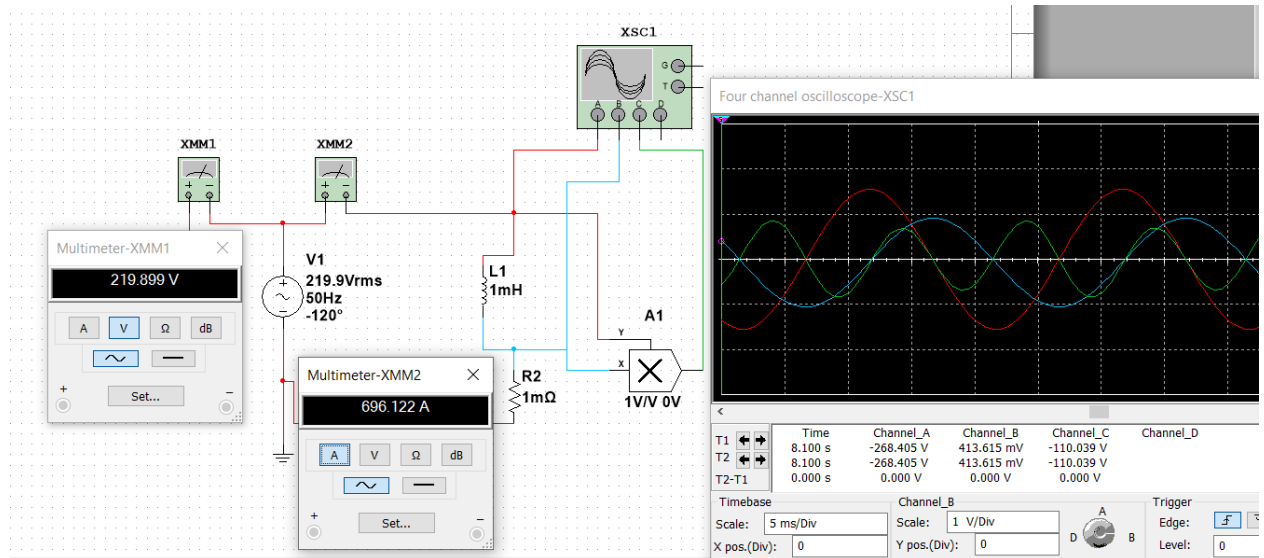
Фаза = -120°

Мгновенное значение тока $I_m = U_m / z = U_m / X_L = 987 \text{ А}$

Фаза для индуктивного сопротивления = Фазе - $90^\circ = -120^\circ + 90^\circ = -30^\circ$

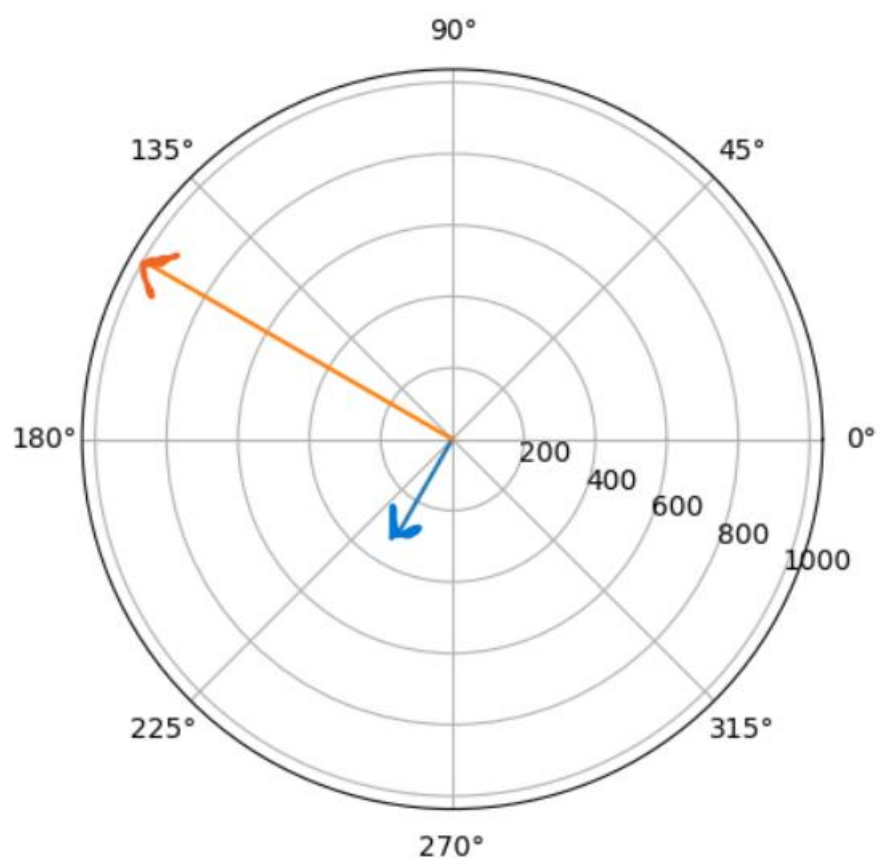
Зависимость мощности от времени на резистивном сопротивлении

$$\begin{aligned}
 p(t) &= u(t) * i(t) = 310 * \sin(314t - 120^\circ) * 987 * \sin(314t + 60^\circ + 90^\circ) = \\
 &= 305970 * (0.5 \sin[314t] - 0.87 \cos[314t]) * (-0.87 \sin[314t] + 0.5 \cos[314t]) = \\
 &= 305970 * (0.25 \sin[314t] \cos[314t] - 0.43 \sin^2[314t] + 0.75 \cos[314t] \sin[314t] - 0.43 \cos^2[314t]) = \\
 &= 305970 * (0.25 \sin[314t] \cos[314t] + 0.75 \cos[314t] \sin[314t] - 0.43) = \\
 &= 305970 * (0.5 * \sin[628t] - 0.43) = 152985 * (\sin[628t] - 0.86)
 \end{aligned}$$



11 - 28 октября 2024 г., 8:47:15 -----

ince inductors are short-circuited during the DC bias point calculation, the loop will cause a problem for mos
ted, 0 error(s), 1 warning(s) =====



Задание 5. С элемент в линейной электрической цепи синусоидального тока. Используя аналитическое выражение источника ЭДС (данные из таблицы 2) собрать принципиальную электрическую схему с С элементом. Рассчитать мгновенное значение тока, напряжения, мощности, действующие комплексные значения тока, напряжения, мощности. Собрать схему эксперимента в Multisim, снять показания осциллографа (V_{RMS} , V_{peak} , T , (мс), f (Гц), ψ_e (°), $i(t)$, $u(t)$, $p(t)$).

закключаем, что это знакопеременная функция времени, изменяющаяся в противофазе с реактивной индуктивностью мощностью PL

Среднее значение мощности $P_c(t)$ за период равно нулю. В ёмкостном элементе в первую очередь периода T напряжения U_c и ток I_c имеют разные знаки, это означает, что емкостной элемент в первую четверть возвращает накопленную электростатическую энергию источнику. Во вторую четверть периода ток и напряжение имеют одинаковое направление и следовательно конденсатор заряжается. В третьей четверти происходит возврат энергии, в четвертой зарядка конденсатора энергией.

Теперь параллельно подключаем два конденсатора с тем же номиналом. Общая емкость параллельно соединенных конденсаторов равна сумме емкостей этих конденсаторов $C_{эв} = C_1 + C_2$

$$u(t) = U_m * \sin(\omega t + \psi) = 310 * \sin(314t - 120^\circ) = u_c + u_{RВН} \sim u_c$$

Ёмкость = 1 нФ

Внутреннее сопротивление = 0.01 Ом

$$\text{Закон Ома для ёмкости } u_c = \frac{1}{C} \int i(t) dt$$

$$\text{Тогда } i_L = C * \frac{du_c}{dt} = 9.734 * 10^{-8} * \cos(314t - 120^\circ) = 9.734 * 10^{-8} * \sin(314 - 30^\circ)$$

$$\text{Реактивное сопротивление } X_C = 1 / (\omega * C) \sim 3.2 * 10^9 \text{ Ом}$$

$$\text{Частота} = \omega / 2\pi = 314 / 2\pi = 314 / 6.28 = 50 \text{ Гц}$$

$$\text{Период } t = 1/f = 1/50 = 0.02 \text{ с}$$

$$\text{Фаза} = -120^\circ$$

$$\text{Фаза для ёмкостного сопротивления} = \text{Фазе} + 90^\circ = -30^\circ$$

Зависимость мощности от времени на резистивном сопротивлении

$$\begin{aligned} p(t) &= u(t) * i(t) = 310 * \sin(314t - 120^\circ) * 9.734 * 10^{-8} * \cos(314t - 120^\circ) = \\ &= 0.3 * 10^{-12} * 0.5 \sin(2 * [314t - 120^\circ]) = \\ &= 0.15 * 10^{-12} * \sin(628t - 240^\circ) = 0.15 * 10^{-12} * \sin(628t + 120^\circ) \end{aligned}$$

