

Министерство цифрового развития и массовых коммуникаций
Российской Федерации
Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский технический университет связи и информатики»
(МТУСИ)

Кафедра Теории электрических цепей

Отчет по лабораторной работе №32

по дисциплине «Электротехника»

на тему:

«Исследование пассивных цепей при гармоническом воздействии на
постоянной частоте»

Выполнил: студент группы БИН2206

Васильев Пётр Алексеевич

Проверила:

Степанова Анастасия Георгиевна

Москва 2023 г.

Содержание	
1. Цель работы	3
2. Задание на лабораторную работу	3
3. Ход выполнения лабораторной работы	5
Вопросы для самопроверки	14

1. Цель работы

С помощью программы Micro-Cap исследовать электрический режим конденсатора и катушки индуктивности в цепях гармонического тока. Сравнить полученные характеристики с помощью программы Micro-Cap, с аналогичными характеристиками, полученными расчётным путём.

2. Задание на лабораторную работу

- 2.1. Рассчитать в алгебраической форме комплексное сопротивление конденсатора Z_C , определить его полное сопротивление $|Z_C|$ и аргумент $\arg(Z_C)$ на пяти частотах 1, 2, 3, 4 и 5 кГц, если $C=38,7$. Построить векторную диаграмму. Полученные величины занести в таблицу 1 предварительного расчёта.
- 2.2. Рассчитать в алгебраической форме комплексное сопротивление Z_{RC} RC-цепи для пяти частот 1, 2, 3, 4 и 5 кГц, определить его полное сопротивление и аргумент, если $R=3$ кОм, $C=38,7$ нФ. Построить векторную диаграмму. Полученные величины занести в таблицу 2 предварительного расчёта.
- 2.3. Рассчитать напряжения на конденсаторе $U_2=U_2e^{i\varphi}$, если $U_1=0,707e^{i0}$ на частотах 1, 2, 3, 4 и 5 кГц, определить его модуль и фазу. Записать комплексное напряжение U_2 в экспоненциальной форме. Полученные данные занести в таблицу 3 предварительного расчёта.
- 2.4. Рассчитать в экспоненциальной форме комплексное сопротивление катушки индуктивности Z_L для пяти частот 1, 2, 3, 4 и 5 кГц, определить ее полное сопротивление и аргумент, если $L=31$ мГн. Построить векторную диаграмму. Полученные величины занести в таблицу 4 предварительного расчёта.
- 2.5. Рассчитать в алгебраической форме комплексное сопротивление Z_{RL} RL-цепи для пяти частот 1, 2, 3, 4 и 5 кГц, определить его полное сопротивление и аргумент, если $R=3$ кОм, $L=31$ мГн. Построить

векторную диаграмму. Полученные величины занести в таблицу 5 предварительного расчёта.

- 2.6. Рассчитать напряжение на катушке индуктивности $U_2=U_2e^{i\varphi}$, если $U_1=0,707e^{i0}$ для пяти частот 1, 2, 3, 4 и 5 кГц, определить его модуль и фазу. Записать комплексное напряжение U_2 в экспоненциальной форме. Полученные данные занести в таблицу 6 предварительного расчёта.

Расчетные формулы:

Закон Ома для комплексных величин

$I=U/Z$ - комплексный ток

$U=Z*I$ – комплексное падение напряжения

$U_L=j*\omega*L*I=|U_L|e^{j90^\circ}$ - комплексное напряжение на катушке

$U_C=-j/(\omega*C)*I=|U_C|e^{-j90^\circ}$ - комплексное напряжение на конденсаторе

$Z=Re(Z)+jIm(Z)=R+jX=(R^2+X^2)^{1/2} * e^{j\varphi}=Z*e^{j\varphi}$

$R=Re(Z)$ – резистивное сопротивление двухполюсника

$X=Im(Z)$ – реактивное сопротивление двухполюсника

$|Z|=Z$ – модуль комплексного сопротивления двухполюсника

$\varphi =\arg(Z)$ – аргумент (фаза) комплексного сопротивления

двухполюсника

$\omega=2\pi f$ – угловая частота

f – частота

$j=\sqrt{-1}$ – мнимая единица

Для C-цепи

$Z_C=-j*X_C=-j/(\omega*C) = 1/(\omega*C)*e^{-j90^\circ}=U_C/I=|U_C|/|I|*e^{j*\arg(U_C/I)}$

$X_C=1/\omega*C$ – ёмкостное сопротивление конденсатора

Для L-цепи

$Z_L=j*X_L=j*\omega*L = \omega*L*e^{j90^\circ}=U_L/I=|U_L|/|I|*e^{j*\arg(U_C/I)}$

$X_L=\omega*L$ – индуктивное сопротивление катушки

3. Ход выполнения лабораторной работы

Сборка схемы с источником синусоидального напряжения и конденсатором

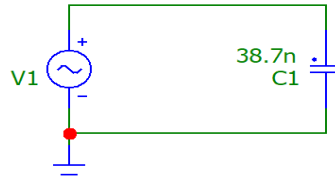


Рисунок 1 - Схема с источником синусоидального напряжения и конденсатором

Таблица 1 - Результаты предварительного расчета

По предварительному расчету						
f , кГц	C , нФ	\underline{Z}_C , Ом	$ \underline{Z}_C $, Ом	$\arg(\underline{Z}_C)$, град.	$ \underline{Z}_C $, Ом	$\arg(\underline{Z}_C)$, град.
1	38,7	-4112,59j	4112,59j	-90	4,113	-90
2		-2055,8j	2055,8j		2,056	
3		-1370,86j	1370,86j		1,371	
4		-1028,30j	1028,30j		1,028	
5		-822,5j	822,5j		0,822	

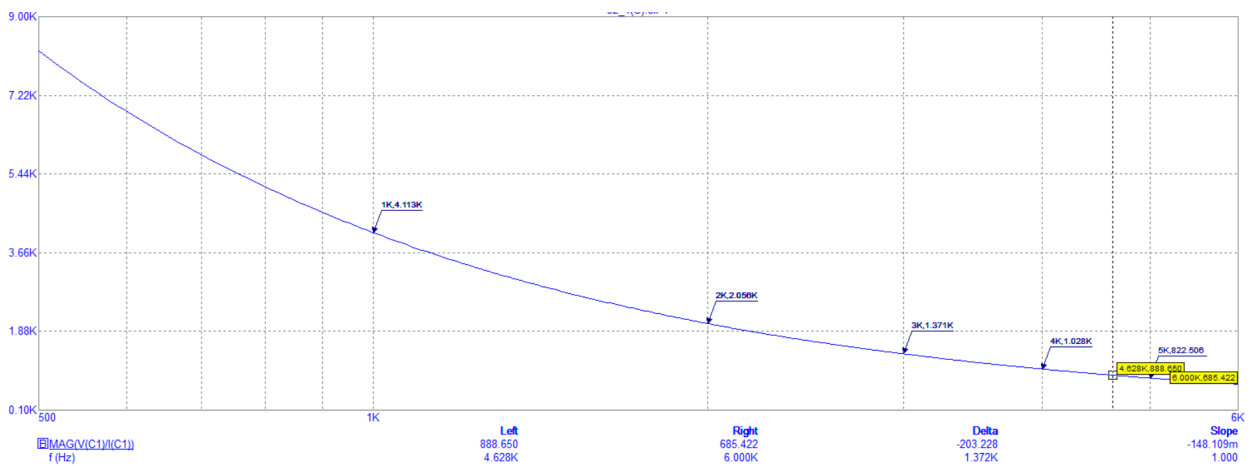


Рисунок 2 - График зависимости модуля сопротивления С-цепи от частот

Вывод: Значение модуля сопротивления цепи уменьшается при увеличении частоты

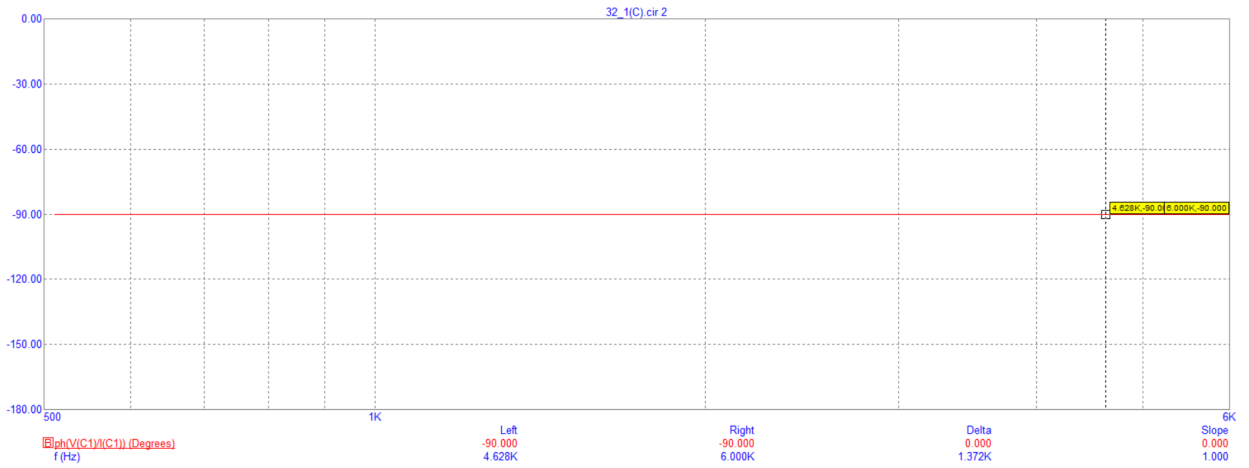


Рисунок 3 - График зависимости фазы сопротивления С-цепи от частоты

Вывод: Падение напряжения увеличивается при увеличении сопротивления нагрузки.

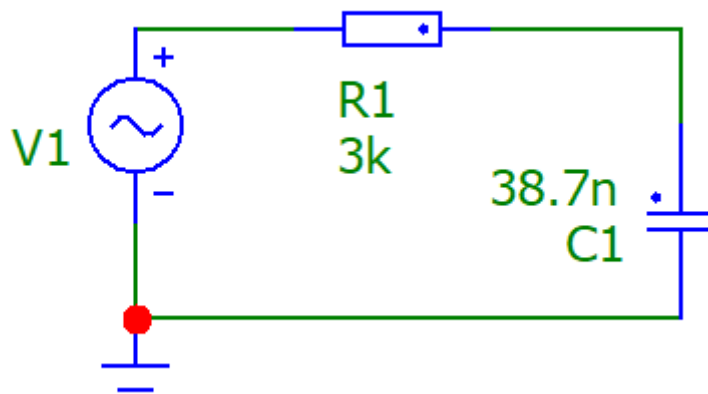


Рисунок 4 -RC-цепь

Таблица 1

По предварительному расчету						Получено экспериментально	
f, кГц	C, нФ	R, кОм	Z_{RC} , Ом	$ Z_{RC} $, Ом	arg(Z_C), град.	$ Z_C $, Ом	arg(Z_C), град.
1	38,7	3	$5090e^{-53,9j}$	$5090e^{-53,9j}$	-53,9	5091	-53,9

2			$3636,7e^{-34,4j}$	$3636,7e^{-34,4j}$	-34,4	3637	-34,4
3			$3295e^{-24,6j}$	$3295e^{-24,6j}$	-24,6	3296	-24,6
4			$3170e^{-18,9j}$	$3170e^{-18,9j}$	-18,9	3171	-18,9
5			$3110,6e^{-15,3j}$	$3110,6e^{-15,3j}$	-18,3	3111	-15,3

Таблица 2

По предварительному расчету							Получено экспериментально	
f, кГц	C, нФ	R, кОм	U ₁ , В	U ₂ , В	φ, град.	<u>U</u> ₂ , В	U ₂ , В	φ, град.
1	38,7	3	0,707	0,807	-36,1	$0,807 e^{-36,1j}$	0,807	-36,1
2				0,565	-55,6	$0,565 e^{-55,6j}$	0,565	-55,6
3				0,415	-65,4	$0,415 e^{-65,4j}$	0,415	-65,4
4				0,324	-71,1	$0,324 e^{-71,1j}$	0,324	-71,1
5				0,264	-74,7	$0,264 e^{-74,4j}$	0,264	-74,7

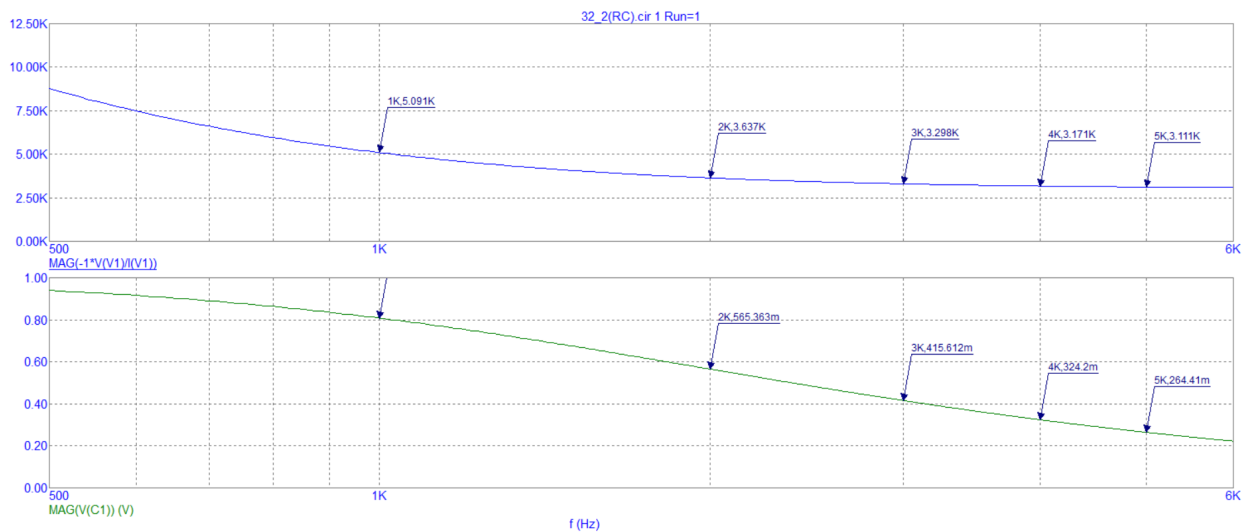


Рисунок 5- График зависимости модуля и фазы комплексного сопротивления RC-цепи от частоты

Вывод: При увеличении частоты значение модуля комплексного сопротивления уменьшается, а его фаза растет.

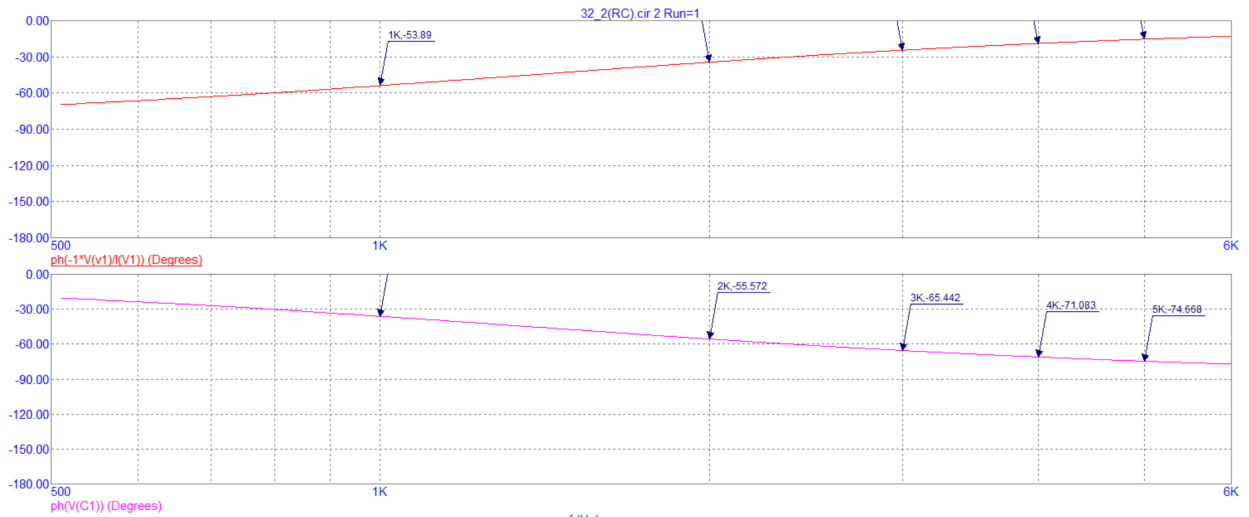


Рисунок 6 - График зависимости модуля и фазы комплексного напряжения на конденсаторе RC-цепи от частоты

Вывод: Значение модуля и фазы комплексного напряжения уменьшается при увеличении частоты.

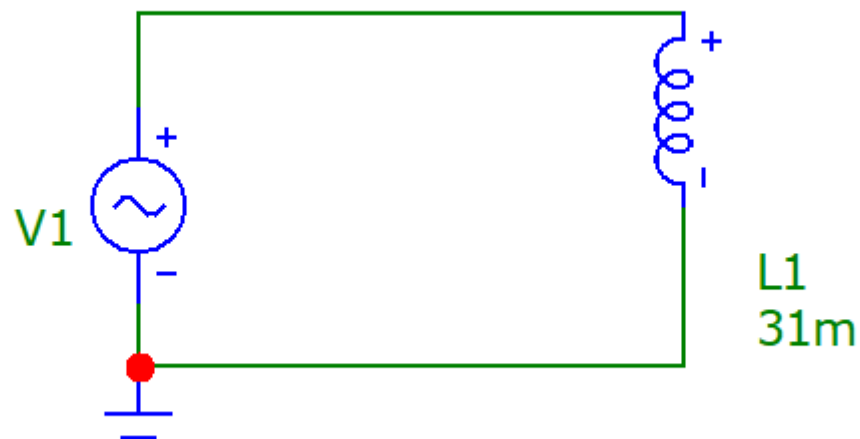


Рисунок 10 – Схема L-цепи

Таблица 3

По предварительному расчету	Получено
-----------------------------	----------

					экспериментально	
f, кГц	L, мГн	$ Z_L $, Ом	$ Z_L $, Ом	arg(Z_L), град.	$ Z_L $, Ом	arg(Z_L), град.
1	31	194,68 j	194,68 j	90	194,78	90
2		389,36 j	389,36 j		389,56	
3		584,04 j	584,04 j		584,34	
4		780,58 j	780,58 j		779,12	
5		973,4 j	973,4 j		973,89	

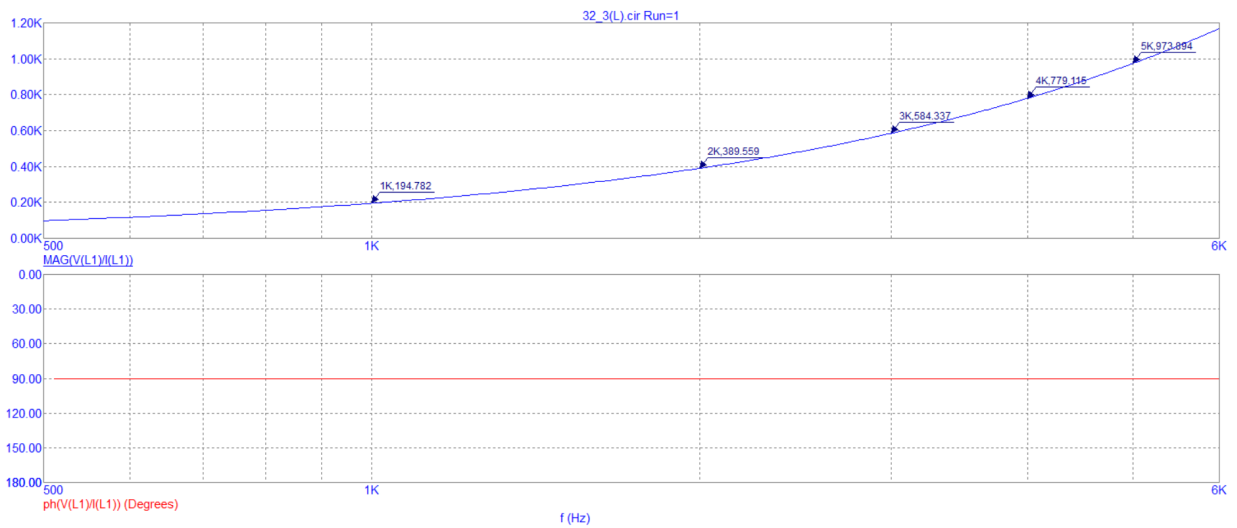


Рисунок 7 - График зависимости модуля и фазы комплексного сопротивления катушки L-цепи от частоты

Вывод: Значение модуля комплексного сопротивления увеличивается, а его фаза не изменяется при увеличении частоты.

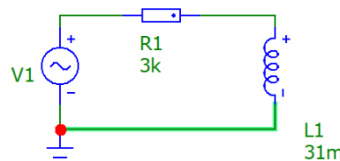


Рисунок 8 – схема RL-цепи

Таблица 4

По предварительному расчету						Получено экспериментально	
f, кГц	L, мГн	R, кОм	Z_{RL} , Ом	$ Z_{RL} $, Ом	arg(Z_{RL}), град.	$ Z_{RL} $, Ом	arg(Z_R), град.
1	31	3	$3006,3 e^{4j}$	$3006,3 e^{4j}$	4	3006	4
2			$3025 e^{7j}$	$3025 e^{7j}$	7	3025	7
3			$3056,1 e^{11j}$	$3056,1 e^{11j}$	11	3056	11
4			$3099 e^{14,5j}$	$3099 e^{14,5j}$	14,5	3100	14,5
5			$3154 e^{18j}$	$3154 e^{18j}$	18	3154	18

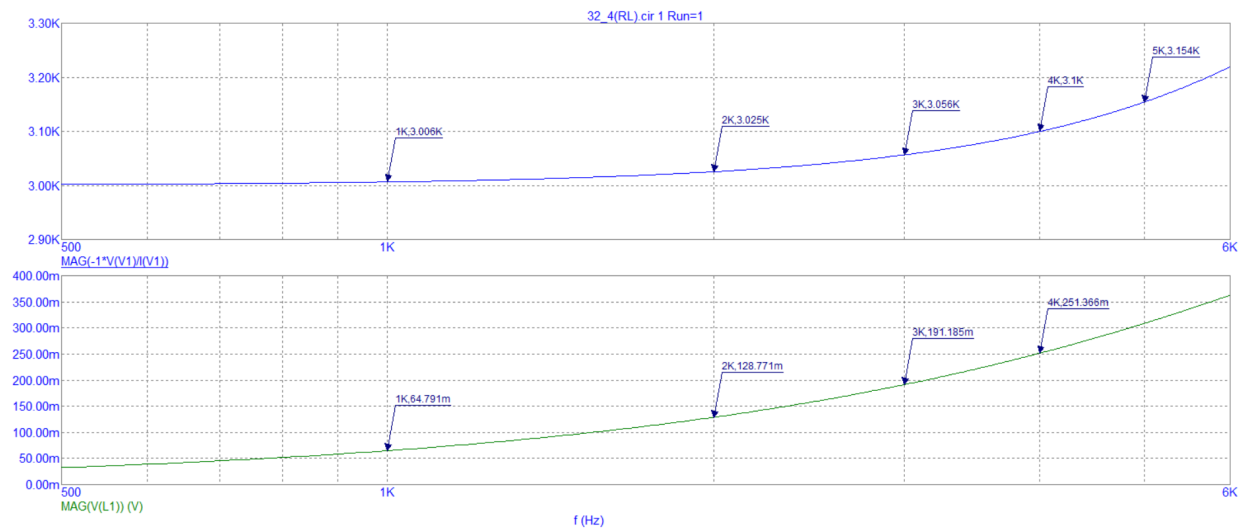


Рисунок 9 - График зависимости модуля и фазы комплексного сопротивления RL-цепи от частоты

Вывод: Чем больше частота, тем больше увеличивается фаза. И с уменьшением частоты емкостное сопротивление катушки уменьшается.

Таблица 5

По предварительному расчету	Получено экспериментально

f, кГц	L, мГн	R, кОм	U ₁ , В	U ₂ , В	φ, град.	<u>U</u> ₂ , В	U ₂ , В	φ, град.
1	31	3	0,707	0,046	86,2	0,046 e ^{82j}	0,064	86,3
2				0,091	82	0,091 e ^{82j}	0,129	82,6
3				0,136	79	0,136 e ^{79j}	0,191	79
4				0,178	75,8	0,178 e ^{75j}	0,251	75,4
5				0,218	72,8	0,218 e ^{72j}	0,308	72

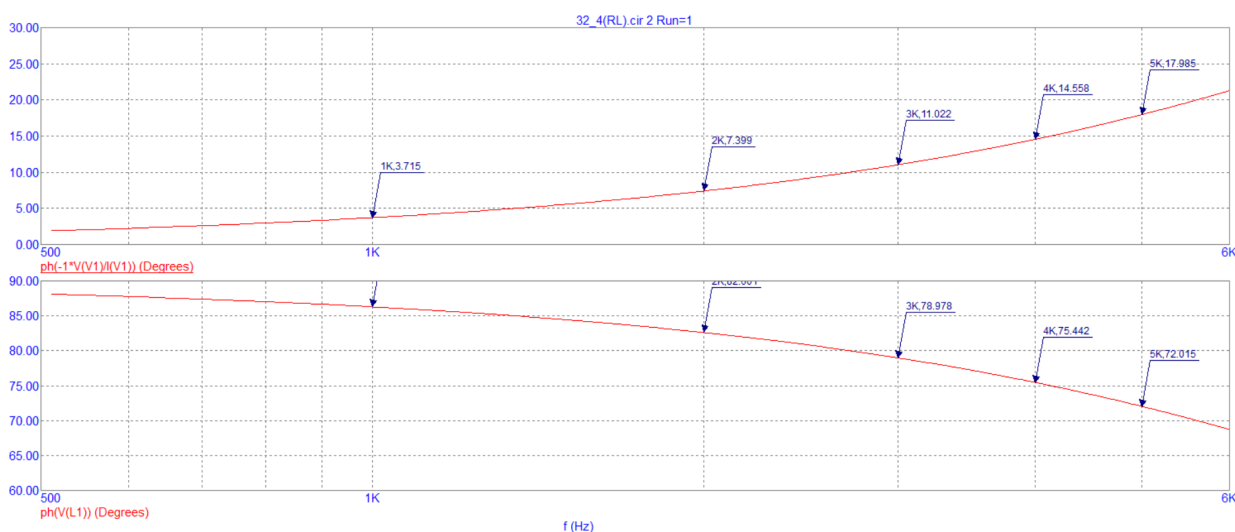


Рисунок 10 - График зависимости модуля и фазы комплексного напряжения на катушке RL-цепи от частоты

Вывод: Значение модуля комплексного напряжения увеличивается, а его фаза уменьшается при увеличении частоты.

Вопросы для самопроверки

1. Какая частота называется граничной для RL – цепи?

Ответ:

Частота, на которой действительная и мнимая часть комплексного входного сопротивления равны, называется граничной.

2. Каково значение модуля входного сопротивления RL – цепи на граничной частоте?

Ответ:

$$|Z_{вх}| = R\sqrt{2}$$

3. Каково значение аргумента входного сопротивления RL – цепи на граничной частоте?

Ответ:

$$\arg(\underline{Z})=44.98^\circ$$

4. К чему стремится модуль тока RL – цепи при увеличении частоты?

Ответ:

$$\frac{2\pi f \text{ } \varrho p L U}{\sqrt{R^2+(2\pi f \text{ } \varrho p L)^2}}=U$$

С ростом частоты входное сопротивление цепи RL возрастает, а модуль тока уменьшается. И стремится к нулю.

5. Чему равен модуль входного сопротивления RL – цепи при частоте равной нулю?

Ответ:

Модуль входного сопротивления RL-цепи при частоте равной нулю равен сопротивлению на резисторах