

Лабораторная работа «Исследование линейных электрических цепей синусоидального тока (резонанс напряжений)»			
Выполнил		МГТУ им. Н.Э.Баумана	Гр.
Проверил			Стенд №

2. ЗАДАНИЯ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

2.1. Изучите описание лабораторного стенда (методические указания «Стенд и приборы для исследования электрических цепей»)

2.2. Исследование линейной электрической цепи при последовательном соединении катушки индуктивности L и конденсатора C (резонанс напряжений)

В лабораторной работе используются следующие мини блоки:

- катушка индуктивности 33 мГн (номинальный ток 50 мА);
- катушка индуктивности 100 мГн (номинальный ток 50 мА);
- конденсатор 0,47 мкФ (номинальное напряжение 63 В);
- конденсатор 1,0 мкФ (номинальное напряжение 63 В);
- резисторы 100 Ом, 220 Ом, 330 Ом (номинальная мощность 2 Вт).

2.2.1. Измерьте активное сопротивление катушек индуктивности

Для проведения измерений включите общее питание стенда и компьютера, тумблер питания однофазного источника и питание блока мультиметров. Выберите любой из четырех мультиметров. Подсоедините к выбранному мультиметру измерительные провода (красный ко входу $V\Omega$, черный – ко входу COM). Установите переключатель мультиметра в положение Ω (предел измерения 200). Смонтируйте мини блоки 33 мГн и 100 мГн на наборном поле в соответствии с рис. 6.

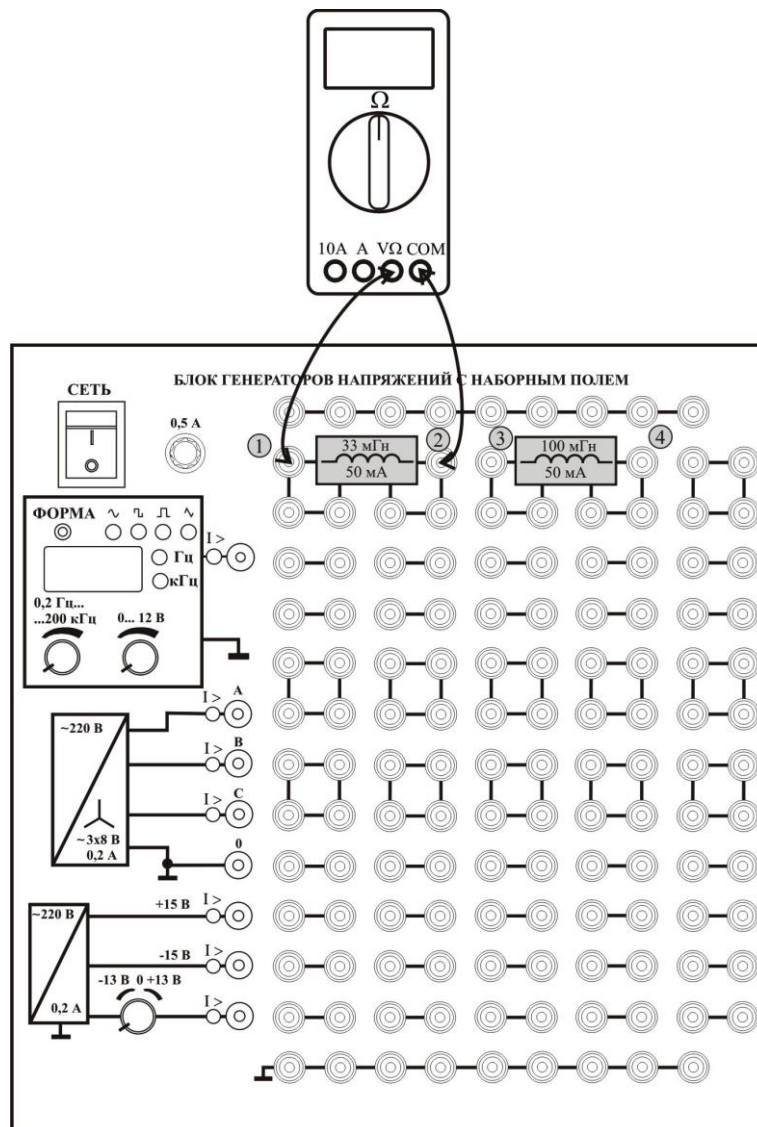


Рис. 6. Измерение активного сопротивления катушек индуктивности.

Подсоедините измерительные провода в любой полярности к точкам ① и ②, измеренное значение активного сопротивления катушки индуктивности занесите в графу R_{K1} таблицы 1. Прделайте те же измерения с мини блоком 100 мГн (точки ③ и ④) и занесите результат в графу R_{K2} таблицы 1.

Таблица 1

Мини блок	L_{K1} , мГн	R_{K1} , Ом
33 мГн	33	
Мини блок	L_{K2} , мГн	R_{K2} , Ом
100 мГн	100	

Примечание: сопротивление R_{K1} должно быть около 60 Ом, а R_{K2} - около 190 Ом.

2.2.2. Соберите схему на наборном поле

Электрическая схема цепи приведена на рис. 7.

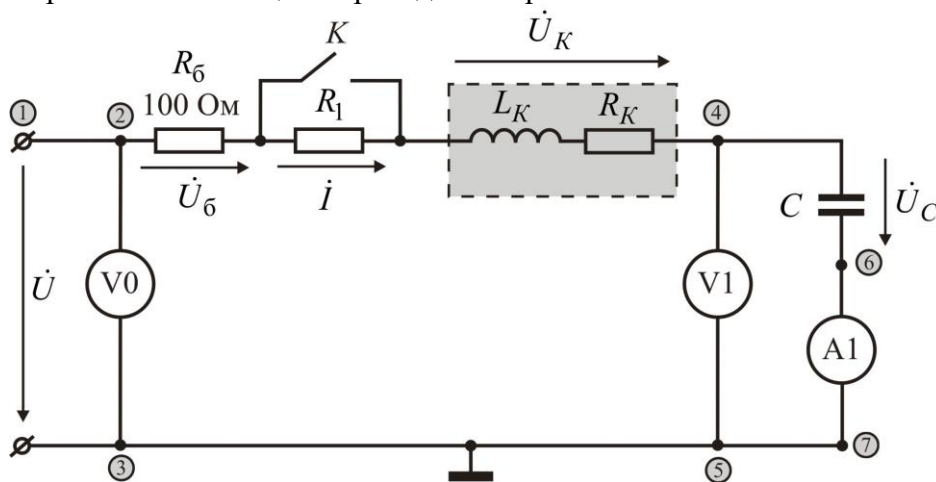


Рис. 7. Электрическая схема.

Она содержит генератор синусоидального напряжения \dot{U} (точка ①), балластный резистор R_6 (он необходим для устойчивой работы виртуальных приборов), резистор R_1 , мини блок катушки индуктивности L_K, R_K и конденсатор C . Мини блоки выбираются по номеру стенда, таблица 2.

Таблица 2

№ стенда	R_1 , Ом	L_K , мГн	C , мкФ
1 или 11	220	33	0,47
2 или 12	330	33	0,47
3 или 13	220	33	1,0
4 или 14	330	33	1,0
5 или 15	220	100	0,47
6 или 16	330	100	0,47
7 или 17	220	100	1,0
8 или 18	330	100	1,0
9 или 19	220	33	0,47
10 или 20	330	100	0,47

В схему включен виртуальный вольтметр V_0 , измеряющий выходное напряжение генератора, виртуальный вольтметр V_1 , измеряющий напряжение на

конденсаторе и виртуальный амперметр A1, измеряющий ток в цепи. Параллельно резистору R_1 включен ключ K , при замкнутом ключе резистор R_1 исключается из схемы.

Для монтажа исследуемой схемы на наборном поле, рекомендуется на первом этапе смонтировать только мини блоки, а затем подключить генератор и измерительные приборы, рис. 8.

Клеммы + (красного цвета) вольтметров V0, V1 и амперметра A1 подключены к точкам ②, ④ и ⑥ соответственно. Клеммы – (синего цвета) вольтметров V0, V1 и амперметра A1 подключены к любым вводам земляной шины.

2.2.3. Активация виртуальных измерительных приборов

Активируйте левой кнопкой мыши иконку «ВП ТОЭ» на рабочем столе компьютера. В открывшейся вкладке **Приборы I**, рис. 9 а, установите приборы V0, V1, A1 для измерения действующего значения. Нажмите указателем мыши на вкладку Меню, и в раскрывшемся списке, рис. 9 б, последовательно активируйте **Приборы II**, **Осциллограф** и **Аналоговый прибор**, рис. 10.

Измените вкладку **Активное сопротивление R (Приборы II)** на **Угол сдвига фаз**. Измените номер входа **Аналогового прибора** с 1 на 7. Виртуальные приборы готовы для измерения напряжений, тока и угла сдвига фаз между входным напряжением и током.

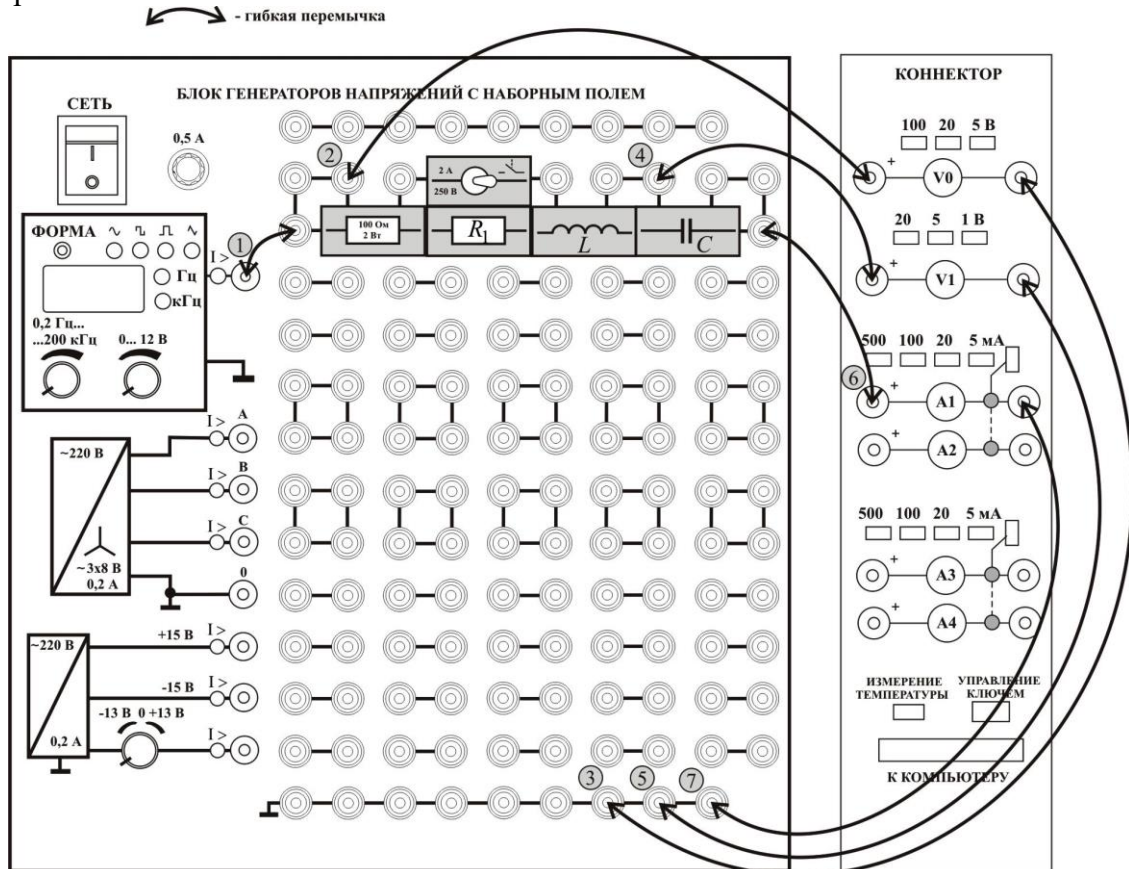


Рис. 8. Монтажная схема.

2.2.4. Измерение резонансных частот при различных параметрах элементов схемы

Установите мини блоки схемы и положение ключа K в соответствии со строкой 1 таблицы 3.

Пояснения по заполнению таблицы 3.

В графу **Конфигурация цепи** внесите значение R_1 в соответствии с номером стенда (таблица 2).

В столбец R_K внесите значения сопротивления мини блоков индуктивностей 33 и 100 мГн, измеренные ранее (таблица 1).

Значение 0 в графе R_1 соответствует замкнутому положению ключа K (смотри обозначения на рис. 7). Значение R_1 - разомкнутому положению ключа.

При заполнении столбцов **Вычислено (теоретически)** для каждой строки использовать расчетные соотношения:

- общее активное сопротивление цепи $R = 100 + R_1 + R_K$;

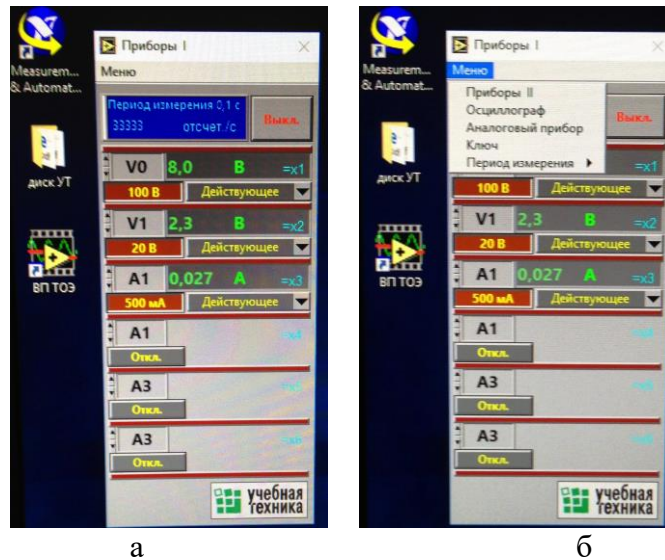


Рис. 9. Активация виртуальных приборов.

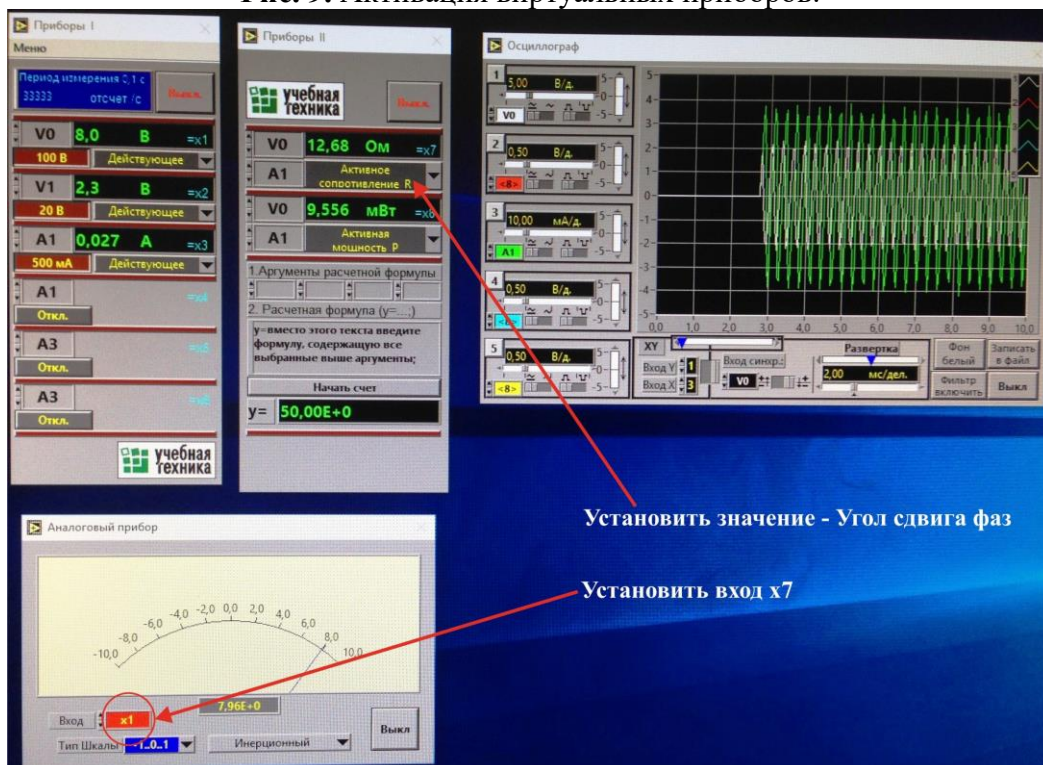


Рис. 10. Набор виртуальных приборов.

- резонансная частота $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_K C}}$, где значения L_K брать в Генри, а C – в Фарадах;

- емкостное сопротивление рассчитывать по выражению $x_C = \frac{1}{\omega_0 C}$,

где $\omega_0 = 2\pi f_0$;

- ток при резонансе I_0 вычислить как $I_0 = \frac{V_0}{R} = \frac{8}{R}$;

- добротность Q вычислить как $Q = \frac{x_C}{R}$.

Кнопкой Форма (рис. 8), установить синусоидальную форму сигнала генератора. Вращая ручку регулировки амплитуды, установить напряжение генератора $V_0 = 8\text{ В}$ и занести в столбец V_0 . Напряжение контролировать по виртуальному вольтметру V_0 . При проведении измерений поддерживать это напряжение неизменным.

Изменяя частоту генератора, добиться резонанса. Резонанс достигается при минимальном сдвиге фаз (показания виртуального фазометра) и максимальном токе (показания виртуального амперметра A_1). Используя показания приборов, заполнить строку 1 таблицы 3.

Заменяя мини блоки цепи, как указано в строках 2 – 8, провести измерения для каждой строки.

По результатам измерений для каждой строки вычислить емкостное сопротивление $x_C = \frac{V_1}{A_1}$ и добротность $Q = \frac{V_1}{V_0}$.

Сделать выводы о влиянии параметров схемы на резонансную частоту, резонансный ток и добротность. При расхождении теоретических расчетов и экспериментальных данных, необходимо объяснить возникшее расхождение.

2.2.5. Частотные характеристики резонансного контура

2.2.5.1. Переведите ключ K в замкнутое положение ($R_1 = 0$).

2.2.5.2. Установите мини блоки схемы (рис. 8) в соответствии с номером Вашего стенда (таблица 2).

2.2.5.3. Заполните первую строку таблицы 4 (кроме значений Δ_1 , Δ_2 , Δf).

2.2.5.4. Изменяя частоту генератора, добиться резонанса (по минимальному абсолютному значению угла сдвига фаз). Занести в таблицу 4 резонансную частоту f_0 , резонансный ток I_0 , угол сдвига фаз φ и напряжение на конденсаторе V_1 .

2.2.5.5. Изменяя частоту в меньшую сторону, добейтесь уменьшения тока до уровня $\frac{I_0}{\sqrt{2}}$. Запишите полученную частоту f_1 , ток, угол сдвига фаз и напряжение на конденсаторе в столбец f_1 .

2.2.5.6. Изменяя частоту в большую от f_0 сторону, добейтесь значение тока $\frac{I_0}{\sqrt{2}}$. Запишите полученную частоту f_2 , ток, угол и напряжение на конденсаторе в столбец f_2 .

2.2.5.7. Вычислите шаг Δ_1 изменения частоты для частот меньших резонансной частоты f_0 , и шаг Δ_2 для частот больших резонансной частоты. Занесите вычисленные значения в первую строку таблицы 4.

2.2.5.8. Проведите необходимые измерения для остальных частот.

2.2.5.9. Вычислите для всех частот отношение текущего тока к резонансному I/I_0 , полное сопротивление $z=8/I$, отношение полного сопротивления к сопротивлению на резонансе z/z_0 и занесите полученные значения в таблицу 4.

2.2.5.10. Вычислите ширину полосы пропускания $\Delta f = f_2 - f_1$ и занесите результат в таблицу 4.

2.2.5.11. Разомкните ключ K и проделайте измерения по пунктам 2.2.5.3 – 2.2.5.10, занося результаты в таблицу 5.

2.2.5.12. Постройте графики $\frac{I}{I_0}$, $\frac{z}{z_0}$ и φ в функции частоты по данным таблиц 4 и 5 в единой системе координат, рис. 11.

2.2.5.13. Постройте, рис. 12, векторную диаграмму напряжений для частот f_0 , f_1 , f_2 по данным таблицы 4. Векторная диаграмма должна отображать взаимное расположение входного напряжения \dot{U} , напряжения на балластном резисторе \dot{U}_6 , напряжения на конденсаторе \dot{U}_C и напряжения на катушке индуктивности \dot{U}_K . Вектор тока \dot{I} на рис. 11 построен без соблюдения масштаба и ориентирован горизонтально вправо. При построении используйте масштабную линейку (рис. 12).

Для облегчения построений, по данным таблицы 4 заполните таблицу 6 и вычислите напряжение на балластном резисторе.

Таблица 6

f	f_0	f_1	f_2
I, A			
U, B	8	8	8
U_C, B			
$U_6 = I \cdot 100, B$			
$\varphi, \text{град}$			

Пример построения векторной диаграммы показан на рис. 13:

- отложите под углом φ вектор входного напряжения \dot{U} (рис. 13 а);
- отложите вектор \dot{U}_6 по направлению тока \dot{I} , а вектор \dot{U}_C отстающим от тока на 90° , причем таким образом, чтобы концы (стрелки) векторов \dot{U} и \dot{U}_C сходились в одной точке (рис. 13 б);
- дополните систему векторов вектором \dot{U}_K так, чтобы выполнялось уравнение $\dot{U} = \dot{U}_6 + \dot{U}_K + \dot{U}_C$ (рис. 13 в).

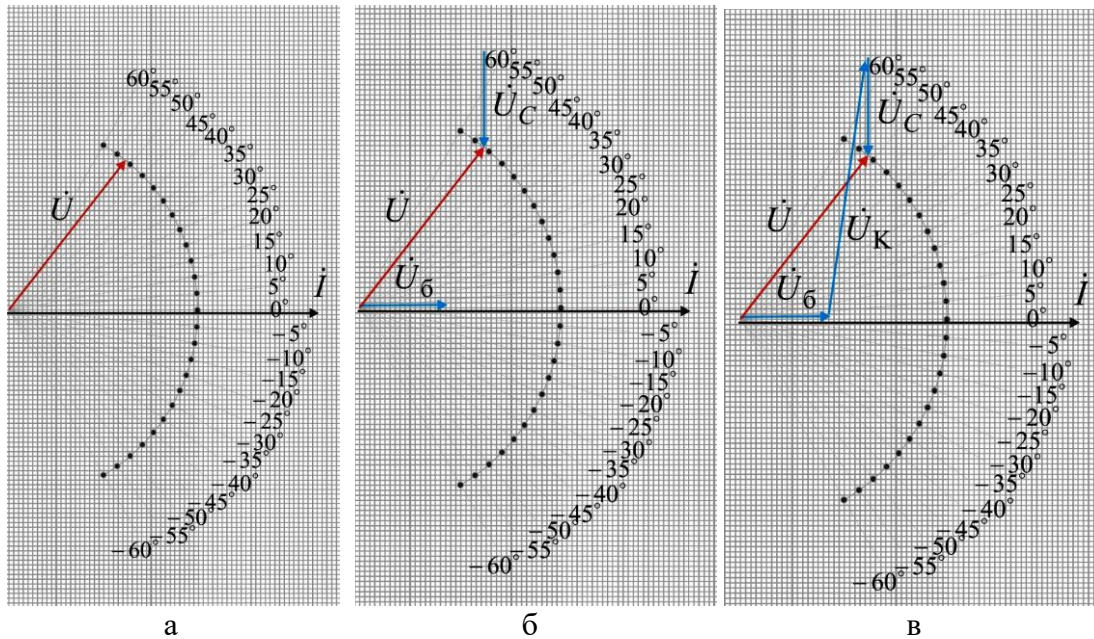


Рис. 13. Порядок построения векторной диаграммы.

После выполнения всех расчетов результаты показать преподавателю и, получив его разрешение, выключить питание стенда.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Почему в последовательной R - L - C цепи изменение емкости конденсатора приводит к изменению значения тока I , коэффициента мощности $\cos \varphi$, активной P и полной S мощностей?

2. Как добиться резонанса при последовательном соединении сопротивлений R - L - C элементов, и по каким признакам убедиться, что в цепи наступил резонанс?

3. В последовательной R - L - C цепи установлен режим резонанса напряжений. Сохранится ли резонанс, если:

а) параллельно конденсатору подключить активное сопротивление;

б) параллельно катушке индуктивности подключить активное сопротивление;

в) последовательно включить активное сопротивление?

4. В последовательной R - L - C установлен режим резонанса напряжений. Как изменится активная мощность, если:

а) последовательно включить активное сопротивление, конденсатор;

б) параллельно зажимам источника подключить активное сопротивление, конденсатор?

5. Как примерно изменятся графики, рис. 11, если уменьшить сопротивление R_K ?

6. Объясните, как качественно изменится векторная диаграмма напряжений, построенная при $C_1 = C_{рез}$, если увеличить частоту питающего напряжения?

7. Объясните, как качественно изменится векторная диаграмма напряжений, построенная при $C_1 = C_{рез}$, если увеличить емкость C_1 ?

8. Что такое добротность резонансного контура? Объясните, как найти добротность по экспериментальным данным и по графикам.

9. Как изменится добротность последовательного контура (рис. 7) при замыкании ключа K ?

10. Объясните, почему при резонансе напряжений, ток принимает максимальное значение?

Таблица 4

Вариант № Конфигурация цепи (ключ K замкнут): $R_1 = 0 \text{ Ом}$ $L_K =$ мГн $R_K =$ Ом $C =$ мкФ $R = R_K + 100 =$ Ом $\Delta_1 = (f_0 - f_1)/3 =$ Гц $\Delta_2 = (f_2 - f_0)/3 =$ Гц $\Delta f =$ Гц											
$f, \text{Гц}$	$f_1 - 2\Delta_1$	$f_1 - \Delta_1$	f_1	$f_0 - 2\Delta_1$	$f_0 - \Delta_1$	f_0	$f_0 + \Delta_2$	$f_0 + 2\Delta_2$	f_2	$f_2 + \Delta_2$	$f_2 + 2\Delta_2$
$I, \text{А}$			$\frac{I_0}{\sqrt{2}} =$			$I_0 =$			$\frac{I_0}{\sqrt{2}} =$		
$\frac{I}{I_0}$						1					
$\varphi, \text{град}$											
$z, \text{Ом}$						$z_0 =$					
$\frac{z}{z_0}$						1					
$V_1, \text{В}$											

Таблица 5

Вариант № Конфигурация цепи (ключ K разомкнут): $R_1 =$ Ом $L_K =$ мГн $R_K =$ Ом $C =$ мкФ $R = R_1 + R_K + 100 =$ Ом $\Delta_1 = (f_0 - f_1)/3 =$ Гц $\Delta_2 = (f_2 - f_0)/3 =$ Гц $\Delta f =$ Гц											
$f, \text{Гц}$	$f_1 - 2\Delta_1$	$f_1 - \Delta_1$	f_1	$f_0 - 2\Delta_1$	$f_0 - \Delta_1$	f_0	$f_0 + \Delta_2$	$f_0 + 2\Delta_2$	f_2	$f_2 + \Delta_2$	$f_2 + 2\Delta_2$
$I, \text{А}$			$\frac{I_0}{\sqrt{2}} =$			$I_0 =$			$\frac{I_0}{\sqrt{2}} =$		
$\frac{I}{I_0}$						1					
$\varphi, \text{град}$											
$z, \text{Ом}$						$z_0 =$					
$\frac{z}{z_0}$						1					
$V_1, \text{В}$											

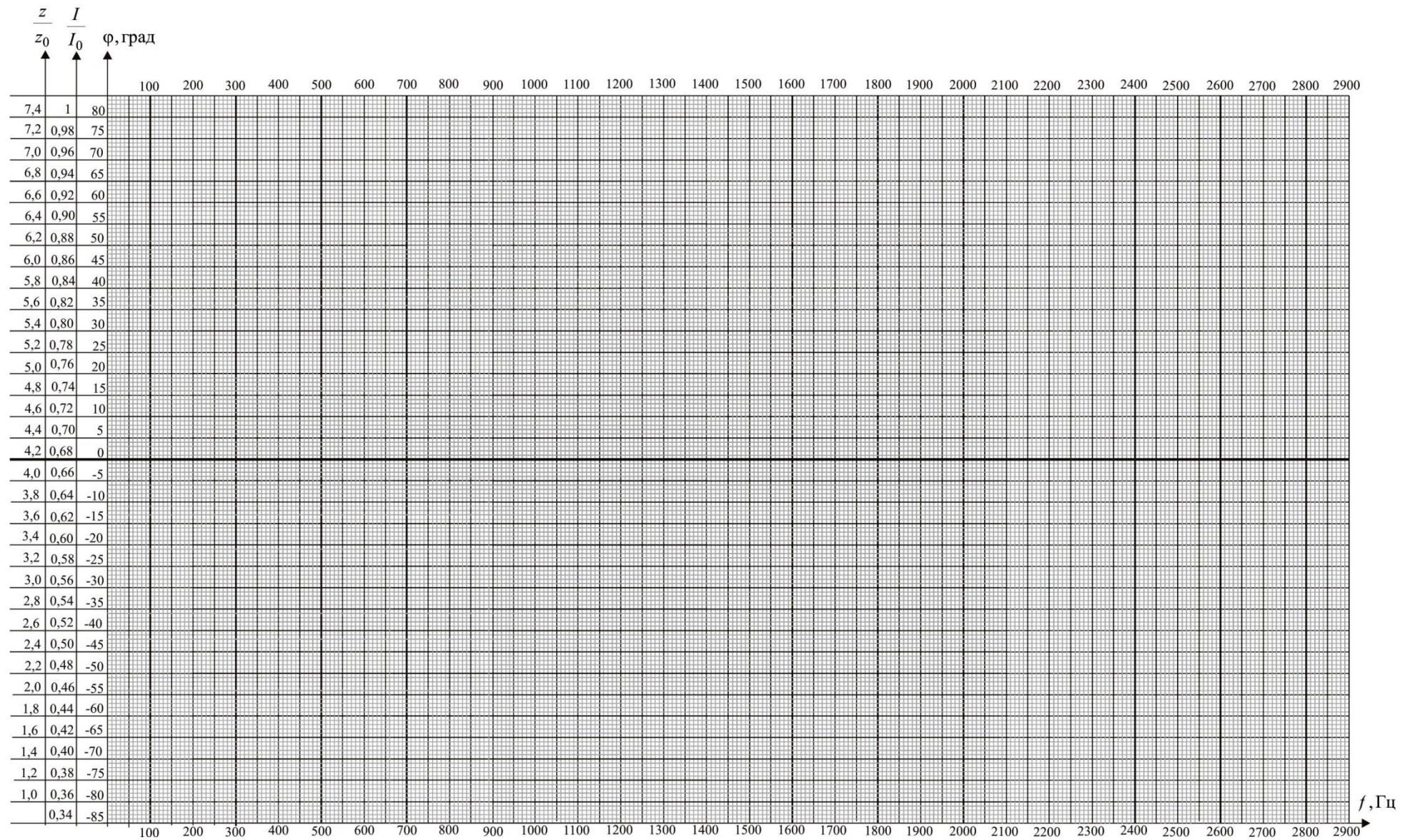


Рис. 11. Частотные характеристики последовательного резонансного контура.

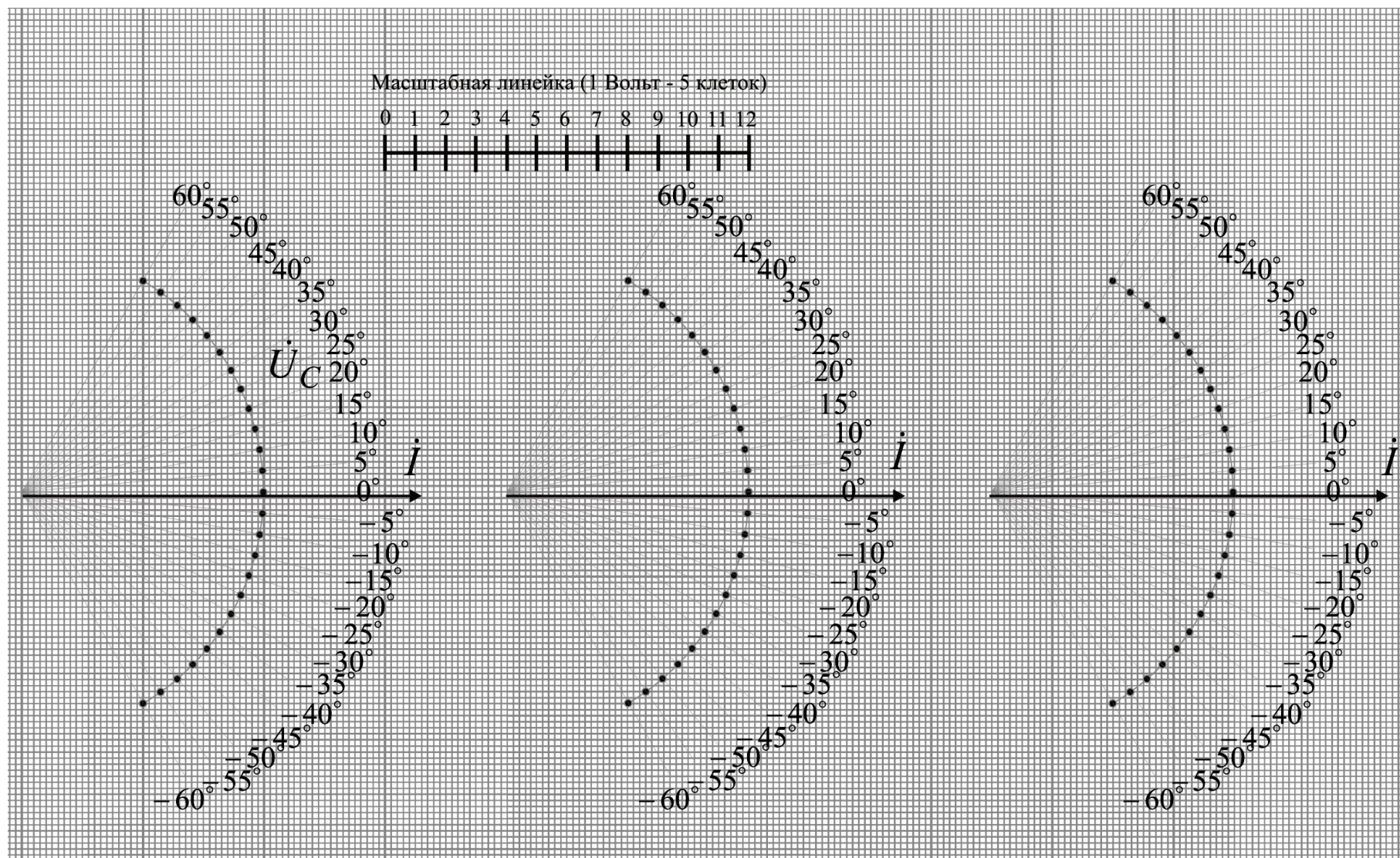


Рис. 12. Векторные диаграммы.