

Лабораторная работа

«Исследование линейных электрических цепей синусоидального тока
(резонанс напряжений)»

Выполнил		МГТУ им. Н.Э. Баумана	Группа
Проверил			Стенд №

ЗАДАНИЯ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Исследуйте линейную электрическую цепь при последовательном соединении катушки индуктивности L и конденсатора C .

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).

Задание 1. Измерение активного сопротивления катушек индуктивности

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

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

Таблица 1

Параметры катушек индуктивности

Мини-блок, мГн	Катушка индуктивности, мГн		Резистор, Ом	
	L_{K1}	L_{K2}	R_{K1}	R_{K2}
33	33	–		–
100	–	100	–	
Примечание. Сопротивление резистора R_{K1} должно быть около 60 Ом, R_{K2} – около 190 Ом.				

Задание 2. Построение схемы последовательного колебательного контура на наборном поле

Электрическая схема цепи приведена на рис. 7. На схеме показан 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 необходимо выбирать по номеру стенда (табл. 2). Таблица 2

Параметры элементов на стендах

Номер стенда	Резистор R_1 , Ом	Катушка индуктивности L_K , мГн	Конденсатор C , мкФ
1; 11	220	33	0,47
2; 12	330	33	0,47
3; 13	220	33	1,0
4; 14	330	33	1,0
5; 15	220	100	0,47
6; 16	330	100	0,47
7; 17	220	100	1,0
8; 18	330	100	1,0
9; 19	220	33	0,47
10; 20	330	100	0,47

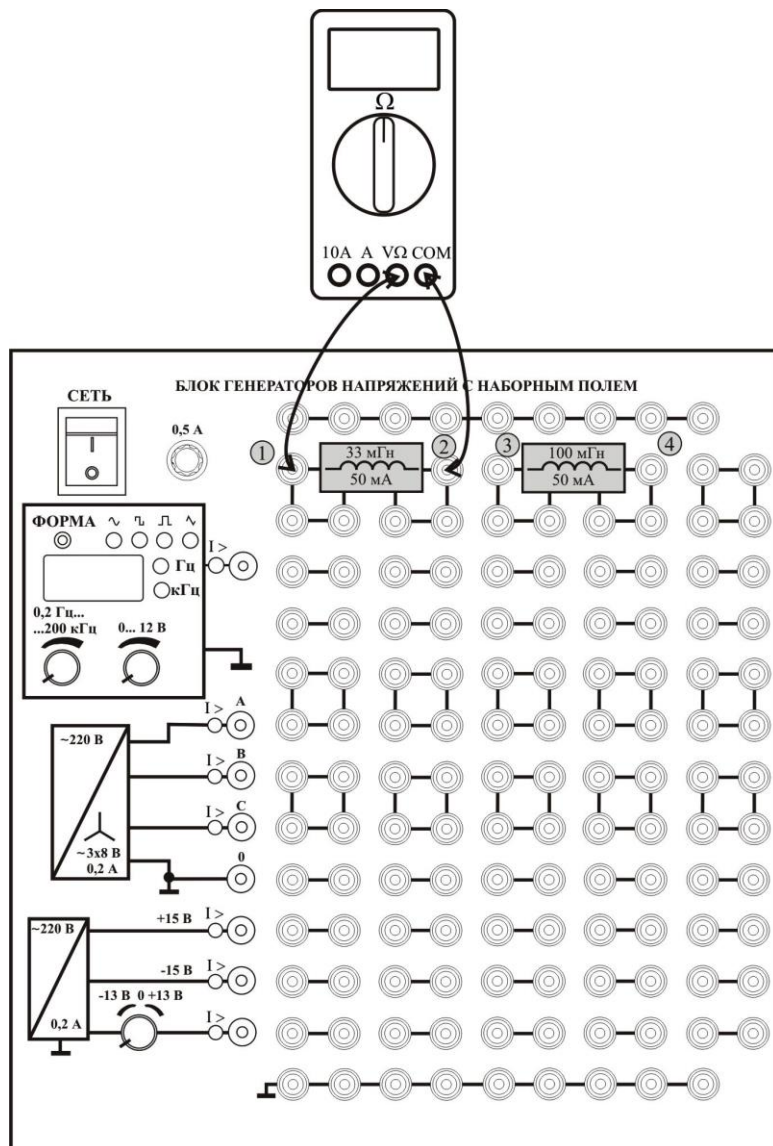


Рис. 6. Измерение активного сопротивления катушек индуктивности

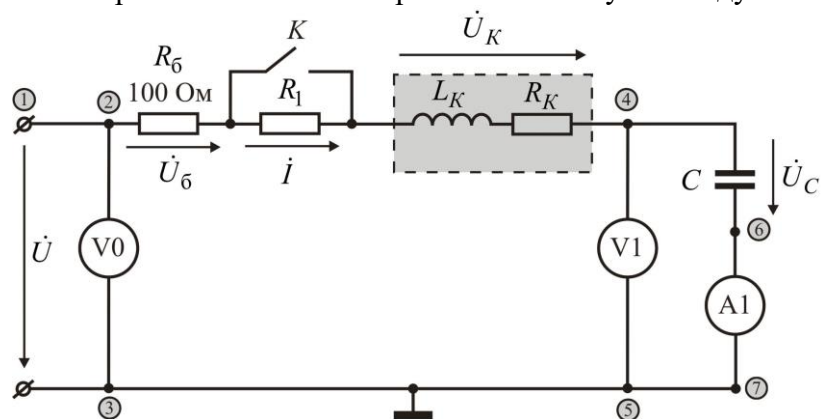


Рис. 7. Электрическая схема цепи

В схему включены:

- виртуальный вольтметр V0, измеряющий выходное напряжение генератора;
- виртуальный вольтметр V1, измеряющий напряжение на конденсаторе;
- 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).

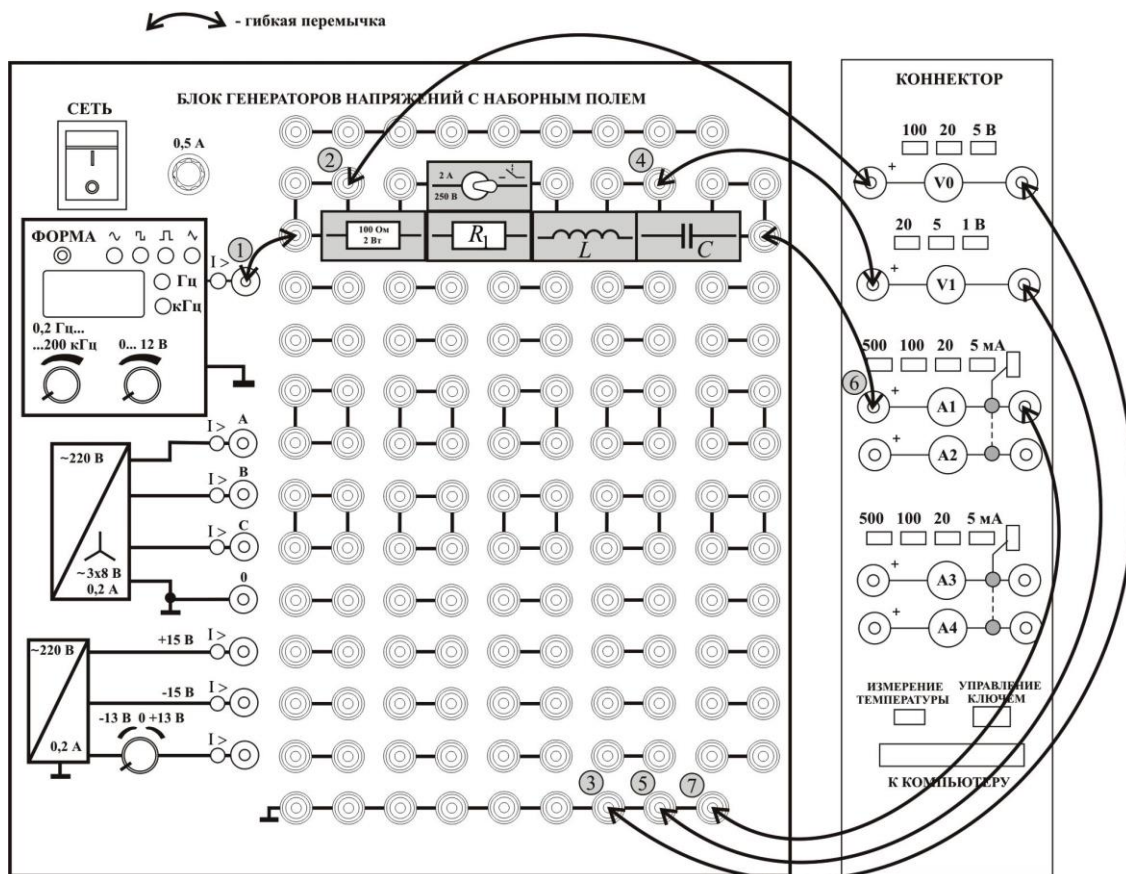


Рис. 8. Монтажная схема

Клеммы красного цвета вольтметров V_0 , V_1 и амперметра A_1 подключены к точкам ②, ④ и ⑥ соответственно. Клеммы синего цвета вольтметров V_0 , V_1 и амперметра A_1 подключены к любым вводам земляной шины.

Задание 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 V_0 , V_1 , A_1 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**, далее номер входа **Аналогового прибора** с 1 на 7. Виртуальные приборы готовы для измерения напряжений, тока и угла сдвига фаз между входным напряжением и током.

Задание 4. Измерение резонансных частот при различных параметрах элементов схемы

Внесите значения параметров в шапку «**Конфигурация цепи**» (табл. 3) в соответствии с номером стенда (см. табл. 2), а в столбец R_K – значения сопротивления мини блоков индуктивностей 33 и 100 мГн, измеренные ранее (см. табл. 1).

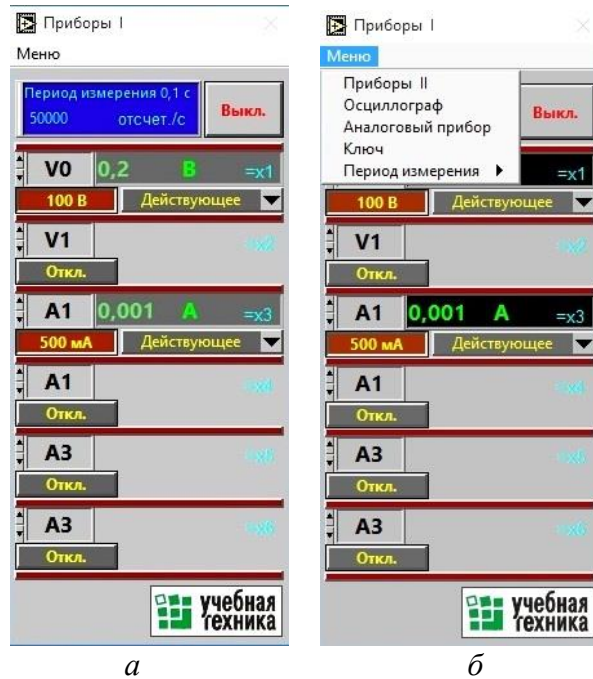


Рис. 9. Активация виртуальных измерительных приборов

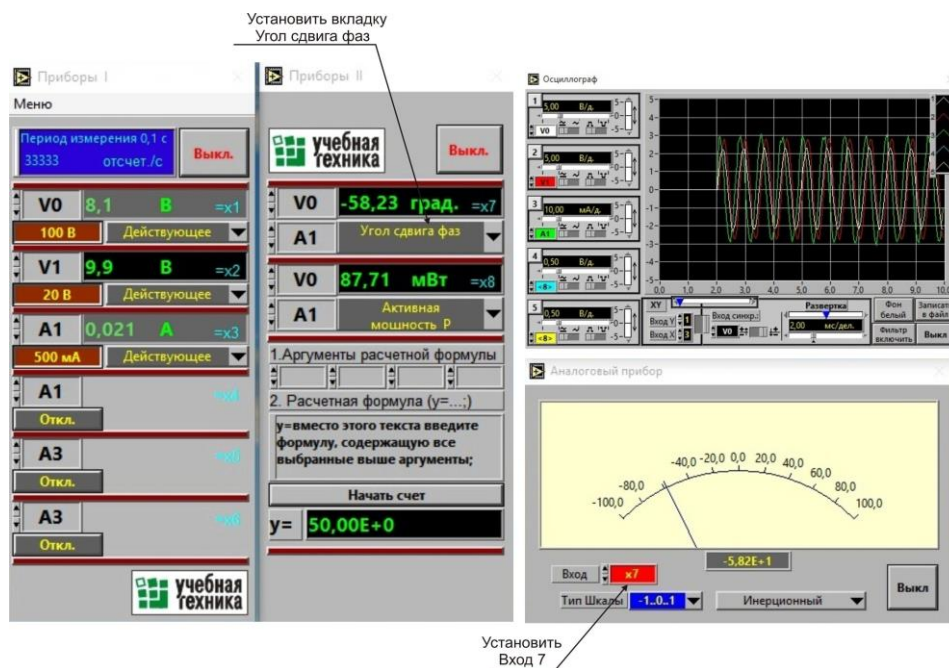


Рис. 10. Набор виртуальных приборов

При замкнутом положении ключа K (см. рис. 7) сопротивление $R_1 = 0$, при разомкнутом – R_1 равно значению, указанному в табл. 2.

При заполнении столбцов «Результаты вычислений» для каждой строки используйте расчетные соотношения:

- общее активное сопротивление цепи $R = 100 + R_1 + R_K$;
- резонансная частота $f_0 = 1/(2\pi\sqrt{L_K C})$, где L_K – индуктивность катушки, Гн; C – емкость конденсатора, Ф;
- емкостное сопротивление рассчитайте по выражению $x_C = 1/(\omega_0 C)$,

где $\omega_0 = 2\pi f_0$;

– ток при резонансе I_0 вычислите как $I_0 = V_0 / R = 8 / R$;

– добротность Q вычислите как $Q = x_C / R$.

Кнопкой **Форма** (см. рис. 8) выберите синусоидальную форму сигнала генератора.

Вращая ручку регулировки амплитуды, установить напряжение генератора $V_0 = 8 \text{ В}$ и занести в столбец V_0 (табл. 3). Напряжение контролируйте по виртуальному вольтметру V0. При проведении измерений необходимо поддерживать это напряжение неизменным.

Установите ключ K в замкнутое состояние, для этого переведите подвижный элемент ключа (см. рис. 8) влево. Изменяя частоту генератора, добейтесь резонанса, который достигается при минимальном сдвиге фаз (показания виртуального фазометра) и максимальном токе (показания виртуального амперметра A1). Используя показания приборов, заполните сначала строку 1 табл. 3.

Установите ключ K в разомкнутое состояние, для этого переведите подвижный элемент ключа (см. рис. 8) вправо. Проведите измерения для второй строки табл. 3.

По результатам измерений для каждой строки вычислите емкостное сопротивление $x_C = V_1 / A_1$ и добротность $Q = V_1 / V_0$.

Сделать выводы о влиянии сопротивления R_1 на резонансную частоту, резонансный ток и добротность. При расхождении теоретических расчетов и экспериментальных данных, необходимо объяснить возникшее расхождение.

Задание 5. Измерение частотных характеристик резонансного контура

Переведите ключ K в замкнутое положение ($R_1 = 0$). Изменяя частоту генератора, добейтесь резонанса (по минимальному абсолютному значению угла сдвига по фазе φ). Далее занесите в табл. 4 резонансную частоту f_0 , резонансный ток I_0 , угол сдвига фаз и напряжение на конденсаторе V_1 .

Изменяя частоту в меньшую сторону от f_0 , добейтесь уменьшения тока до уровня $I_0 / \sqrt{2}$. Затем запишите полученную частоту f_1 , ток, угол сдвига фазе φ и напряжение на конденсаторе V_1 в столбец f_1 . Изменяя частоту в большую от f_0 сторону, добейтесь значение тока $I_0 / \sqrt{2}$. Далее внесите следующие данные в столбец f_2 : полученную частоту f_2 , ток, угол и напряжение на конденсаторе.

Вычислите шаг Δf_1 изменения частоты для частот меньших резонансной частоты f_0 , и шаг Δf_2 – для частот больших резонансной частоты. Запишите вычисленные значения в первую строку табл. 4.

Проведите необходимые измерения для остальных частот. 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 также занесите полученные значения в таблицу 4.

Определите ширину полосы пропускания $\Delta f = f_2 - f_1$ и результат занесите в табл. 4.

Разомкните ключ K и проделайте все указанные выше измерения, записав результаты в табл. 5.

2.2.5.12. Постройте графики I / I_0 , z / z_0 и φ в функции частоты по данным табл. 4 и 5 на заготовке (см. рис. П.1 в Приложении).

Постройте векторную диаграмму напряжений для частот f_0, f_1, f_2 по данным

табл. 4 (см. рис. П.1 в Приложении). 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 , соблюдая масштаб и направление. Вектор тока \dot{I} строится без соблюдения масштаба и ориентирован горизонтально вправо.

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

Пример построения векторной диаграммы показан на рис. 11:

- отложите под углом φ вектор входного напряжения \dot{U} (рис. 11, а);
- отложите вектор \dot{U}_6 по направлению тока \dot{I} , а вектор \dot{U}_C отстающим от тока на 90° так, чтобы стрелки векторов \dot{U} и \dot{U}_C сходились в одной точке (рис. 11, б);
- дополните систему векторов вектором \dot{U}_K так, чтобы выполнялось уравнение $\dot{U} = \dot{U}_6 + \dot{U}_K + \dot{U}_C$ (рис. 11, в).

Таблица 6

Величины	Частота f		
	Резонансная частота f_0	Граничная частота полосы пропускания	
		f_1	f_2
Ток I , А			
Входное напряжение U , В	8	8	8
Напряжение на конденсаторе $U_C = V_1$, В			
Напряжение на балластном резисторе $U_6 = I \cdot 100$, В			
Угол сдвига по фазе φ , град			

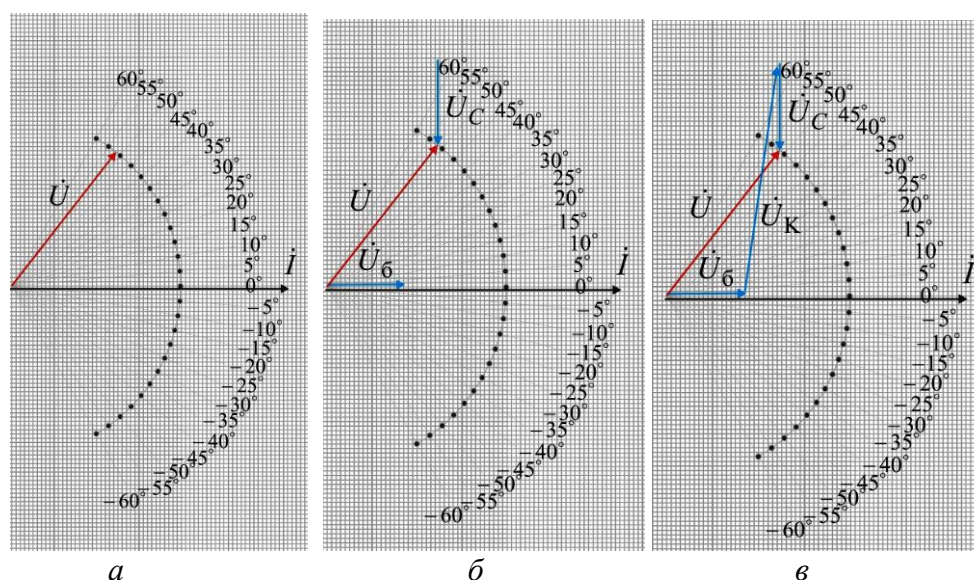


Рис. 11. Порядок построения векторной диаграммы

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

Таблица 3

Форма для заполнения результатов измерений и вычислений параметров исследуемой цепи

Вариант _____. Конфигурация цепи: $V_0 = 8 \text{ В}$, $R_1 = \quad \text{Ом}^*$, $L_K = \quad \text{мГн}^*$, $C = \quad \text{мкФ}^*$.												
Результаты вычислений						Результаты измерений					Результаты, вычисленные по экспериментальным данным	
Положение ключа K	R , Ом	f_0 , Гц	x_C , Ом	I_0 , А	Q	V_0 , В	V_1 , В	A_1 , А	φ , град	f_0 , Гц	x_C , Ом	Q
Замкнут ($R_1 = 0$)												
Разомкнут												

* Задается по номеру стенда (см. табл. 2).

Таблица 4

Амплитудные и фазочастотные характеристики тока и входного сопротивления цепи при $R_1 = 0$

[illegible]

* Задаётся по номеру стенда (см. табл. 2).

Таблица 5

Амплитудные и фазочастотные характеристики тока и входного сопротивления цепи при наличии R_1

Величина	Вариант _____. Конфигурация цепи (ключ К замкнут): $V_0 = 8 \text{ В}$, $R_1 =$ Ом, $R_K =$ Ом, $L_K =$ мГн*, $C =$ мкФ*, $R = R_1 + R_K + 100$ Ом . Вычисление шага: $\Delta_1 = (f_0 - f_1)/3 =$ Гц; $\Delta_2 = (f_2 - f_0)/3 =$ Гц; $\Delta f = f_2 - f_1$ 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	$f_2 + \Delta_2$
$I, \text{ А}$			$\frac{I_0}{\sqrt{2}} =$			$I_0 =$			$\frac{I_0}{\sqrt{2}} =$		
I / I_0						1					
$\varphi, \text{ град}$											
$z, \text{ Ом}$						$z_0 =$					
z / z_0						1					
$V_1, \text{ В}$											
* Задается по номеру стенда (см. табл. 2).											

ПРИЛОЖЕНИЕ

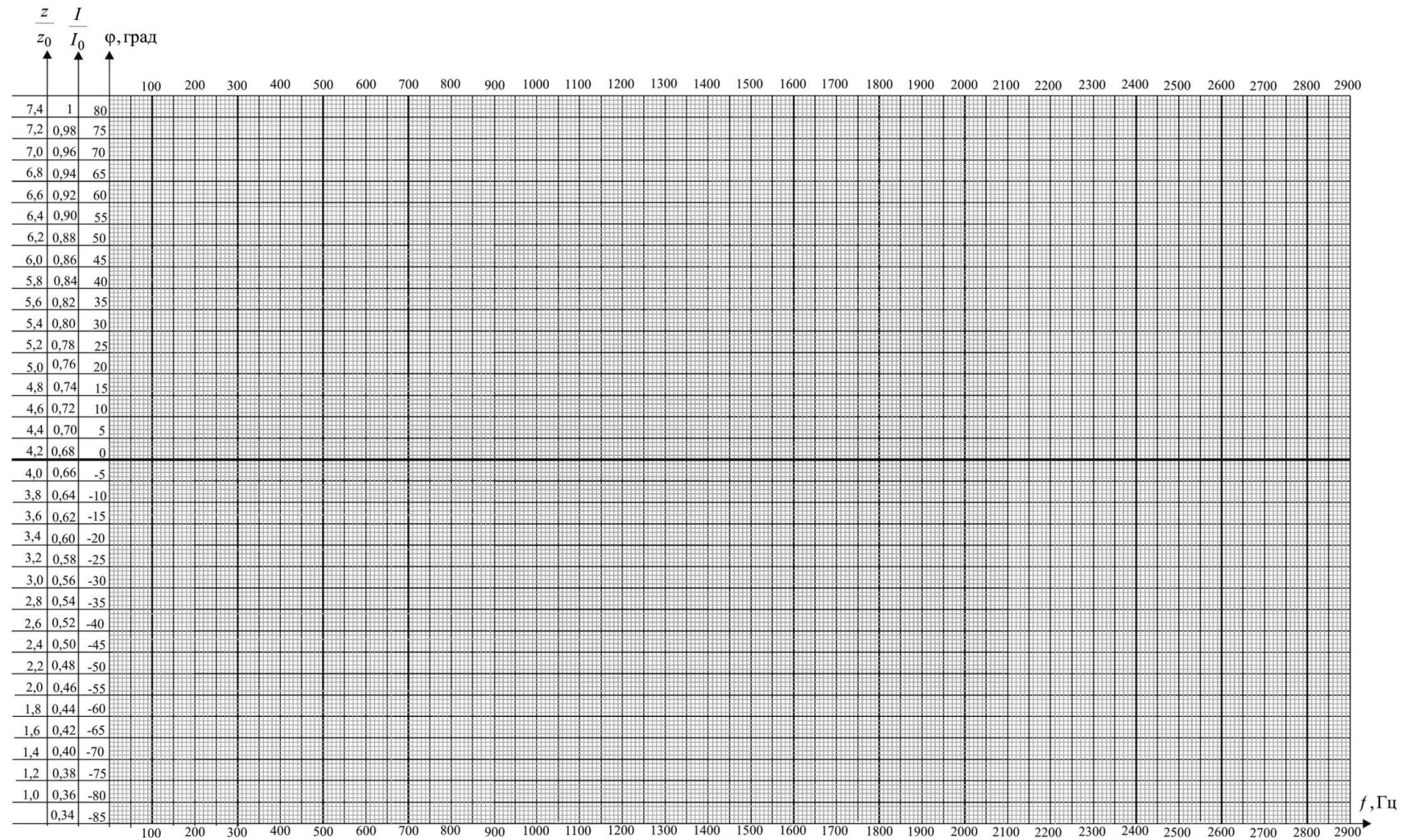


Рис. П.1. Частотные характеристики последовательного резонансного контура

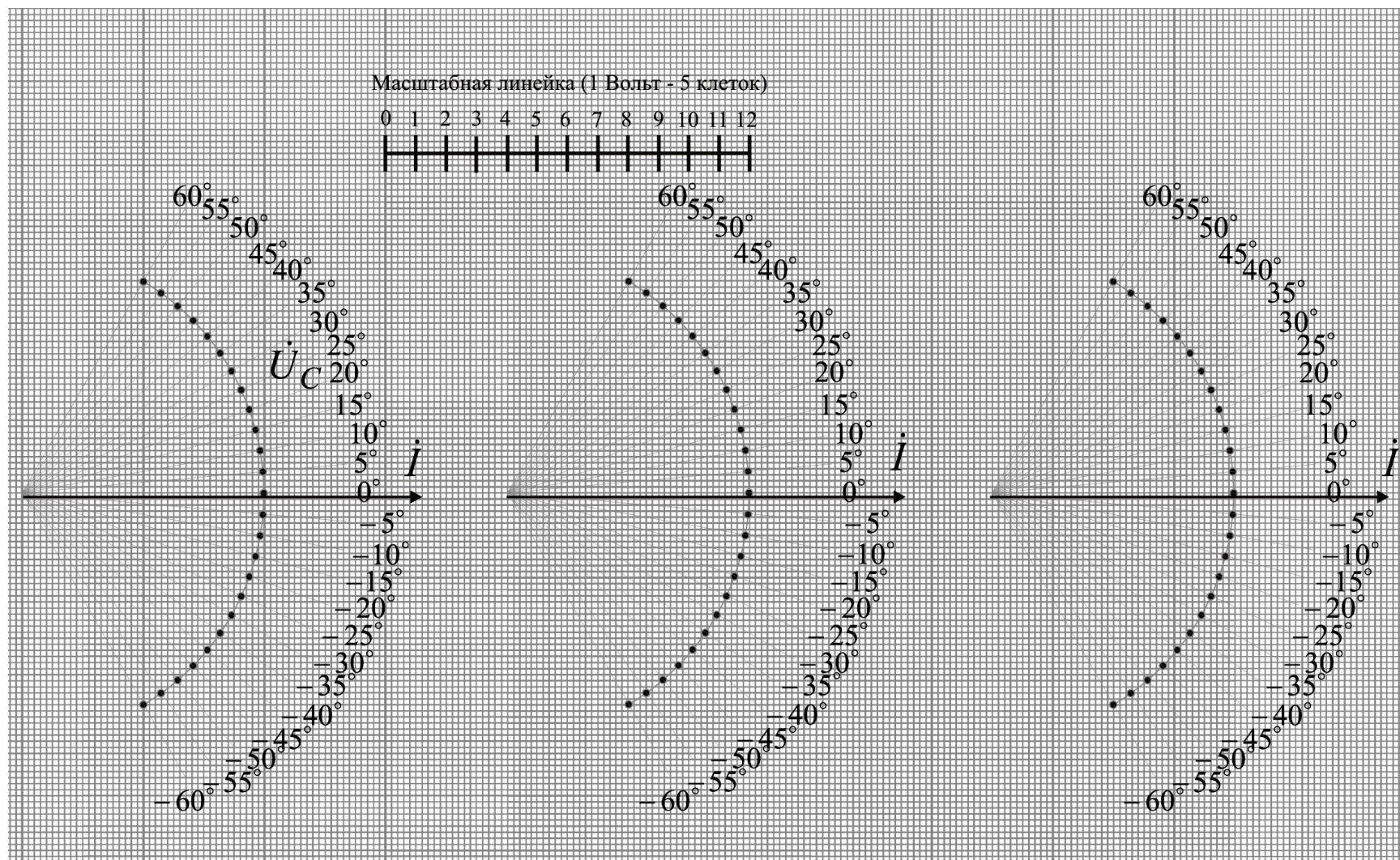


Рис. П.2. Векторные диаграммы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Почему в последовательной цепи $R-L-C$ 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 $R-L-C$ элементов, и по каким признакам убедиться, что в цепи наступил резонанс?
3. В последовательной цепи $R-L-C$ цепи установлен режим резонанса напряжений. Сохранится ли резонанс, если активное сопротивление подключить:
 - а) параллельно конденсатору;
 - б) параллельно катушке индуктивности;
 - в) последовательно?
4. В последовательной цепи $R-L-C$ 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 $I/I_0(\omega)$; $z/z_0(\omega)$, если уменьшить сопротивление R_k ?
6. Объясните, как качественно изменится векторная диаграмма напряжений, если увеличить частоту питающего напряжения?
7. Объясните, как качественно изменится векторная диаграмма напряжений, если увеличить емкость C ?
8. Что такое добротность резонансного контура? Объясните, как найти добротность по экспериментальным данным и по графикам.
9. Как изменится добротность последовательного контура (см. рис. 7) при замыкании ключа K ?
10. Объясните, почему при резонансе напряжений, ток принимает максимальное значение?