

Лабораторная работа «Исследование линейных электрических цепей синусоидального тока (резонанс токов)»			
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 параллельном соединении катушки индуктивности $L$ и конденсатора $C$ (резонанс токов)

В лабораторной работе используются следующие мини блоки (таблица 1):

- катушки индуктивности 33 мГн и 100 мГн (номинальный ток 50 мА);
- конденсаторы 0,22 мкФ, 0,47 мкФ и 1,0 мкФ (номинальное напряжение 63 В).

Таблица 1

N стенда	$L_K$ мГн	$C$ мкФ
1 или 11	33	0,22
2 или 12	33	0,47
3 или 13	33	1,0
4 или 14	100	0,22
5 или 15	100	0,47
6 или 16	100	1,0
7 или 17	33	0,22
8 или 18	33	0,47
9 или 19	100	0,22
10 или 20	100	0,47

#### 2.2.1. Соберите схему на наборном поле

Электрическая схема цепи приведена на рис. 7. Она содержит генератор синусоидального напряжения  $\dot{U}$ , катушку индуктивности и конденсатор. Индуктивность катушки  $L_K$  и емкость конденсатора  $C$  выбираются по номеру стенда. Катушка имеет активное сопротивление  $R_K$ , а конденсатор – сопротивление утечки  $R_C$ . Эти параметры определяются при проведении эксперимента.

В схему включен виртуальный вольтметр V0, измеряющий выходное напряжение генератора. Виртуальный амперметр A1 включается поочередно в различные ветви схемы, позволяя измерять общий ток  $I$ , ток катушки  $I_K$  и ток конденсатора  $I_C$ .

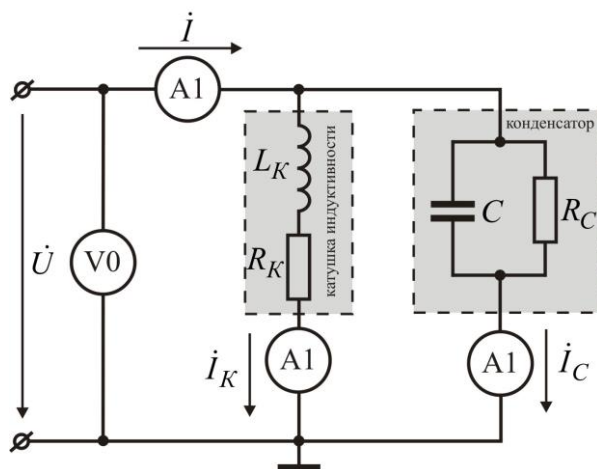


Рис. 7. Электрическая схема.

Для монтажа исследуемой схемы на наборном поле (рис. 8), рекомендуется на первом этапе смонтировать только мини блоки и жесткие перемычки, а затем гибкими перемычками провести остальные соединения.

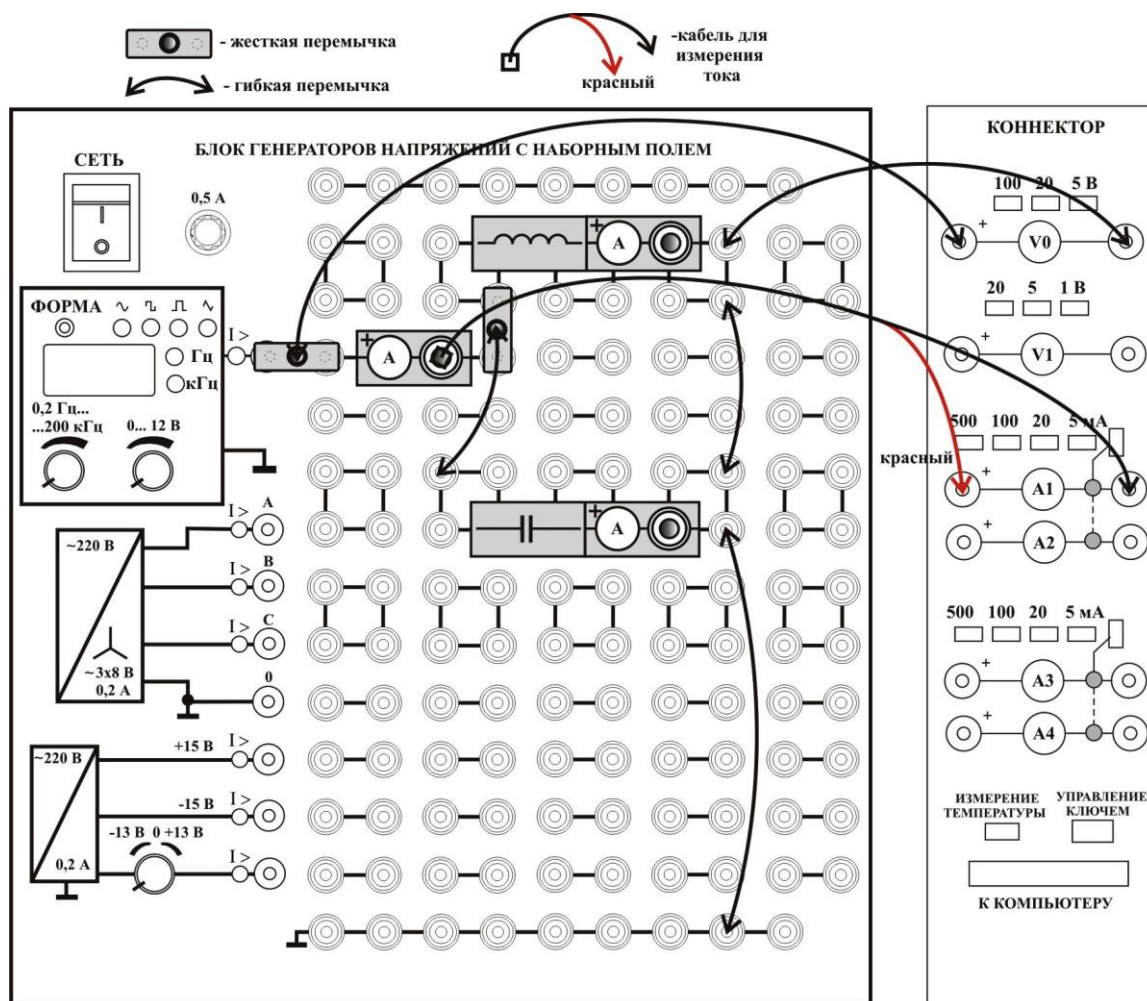


Рис. 8. Монтажная схема.

### 2.2.2. Активация виртуальных измерительных приборов

Включите питание стенда и компьютера.

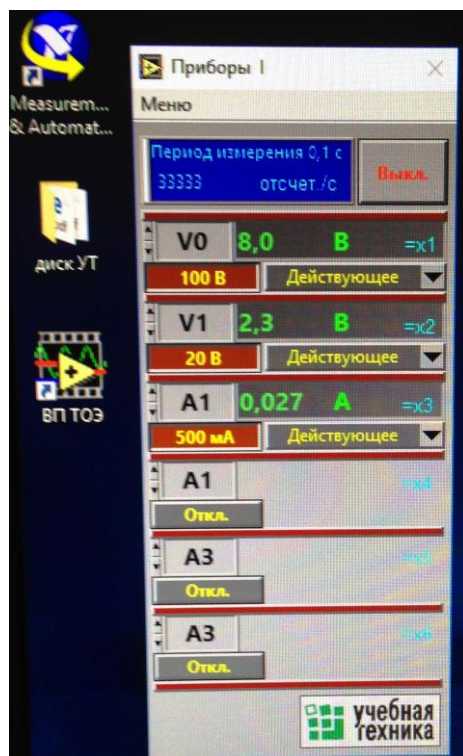
Активируйте левой кнопкой мыши иконку «ВП ТОЭ» на рабочем столе компьютера. В открывшейся вкладке **Приборы I**, рис. 9 а, установите приборы V0 и A1 для измерения действующего значения. Нажмите указателем мыши на вкладку Меню, и в раскрывшемся списке, рис. 9 б, последовательно активируйте **Приборы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

Измените (рис. 10) 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 и активной мощности.

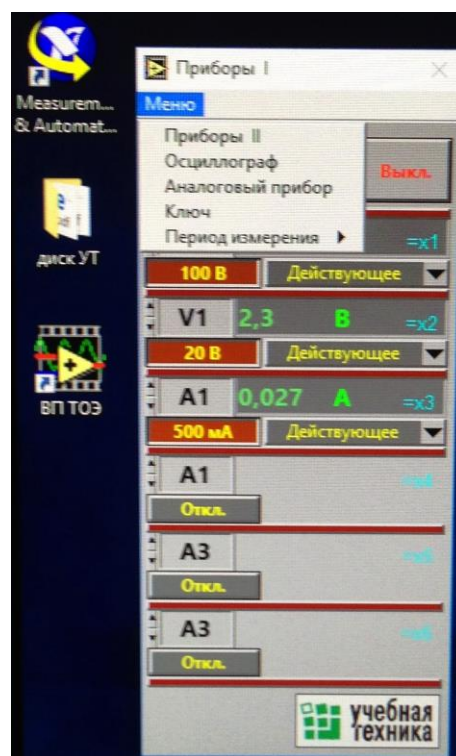
### 2.2.3. Измерение частоты резонанса

Установите по вольтметру V0 напряжение генератора синусоидального сигнала  $U = 8 \text{ В}$ .

Изменяя частоту генератора, добейтесь резонанса токов. Резонанс достигается на частоте  $f_0$  при минимальном токе  $I_0$  (показания виртуального амперметра A1) и минимальном (близком к нулю) сдвиге фаз  $\varphi$  между входным напряжением и током (контролируется стрелочным виртуальным прибором). Занесите показания в таблицу 2.



а



б

Рис. 9. Активация виртуальных приборов.

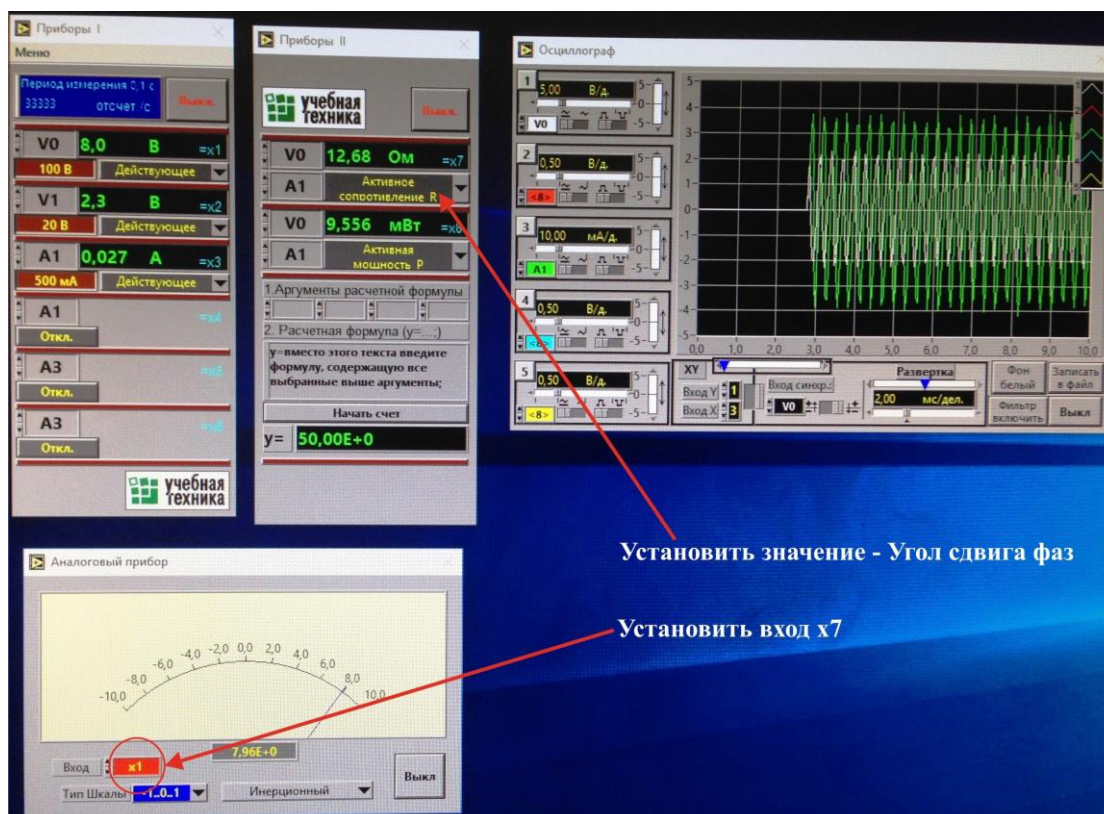


Рис. 10. Набор виртуальных приборов.

Таблица 2

Стенд №...			$U = 8 \text{ В}$			$L_K = \dots\dots$			$C = \dots\dots$		
Измерено									Вычислено		
$f_0$ , Гц	$I_0$ , мА	$\varphi$ , град	$I_K$ , мА	$\varphi_K$ , град	$P_K$ , мВт	$I_C$ , мА	$\varphi_C$ , град	$P_C$ , мВт	$R_K$ , Ом	$R_C$ , Ом	$f_{0 \text{ расч}}$ , Гц

Перенесите штекер кабеля измерения тока на мини блок амперметра катушки индуктивности. Измерьте по виртуальным приборам ток катушки  $I_K$ , сдвиг фаз между током и напряжением катушки  $\varphi_K$  и активную мощность катушки  $P_K$ . Занесите показания в таблицу 2.

Перенесите штекер кабеля измерения тока на мини блок амперметра конденсатора. Измерьте по виртуальным приборам ток конденсатора  $I_C$ , сдвиг фаз между током и напряжением конденсатора  $\varphi_C$  и активную мощность конденсатора  $P_C$ . Занесите показания в таблицу 2.

По результатам эксперимента вычислите активное сопротивление катушки  $R_K = \frac{P_K}{I_K^2}$ ; ( $P_K$  в ваттах). Активное сопротивление утечки конденсатора  $R_C = \frac{U^2}{P_C}$ ; ( $P_C$  в

ваттах). Резонансную частоту  $f_{0 \text{ расч}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{L_K C} - \frac{R_K^2}{L_K^2}}$ ; ( $L_K$  в генри,  $C$  – в фарадах).

**Объясните, почему для расчетов используются именно такие формулы.**

Сравните расчетные данные с экспериментальными.

Постройте векторную диаграмму токов. На диаграмме с соблюдением масштаба отобразить взаимное расположение вектора входного напряжения  $\dot{U}$  и векторов токов  $\dot{I}_0, \dot{I}_K, \dot{I}_C$ . При построении используйте заготовку, рис. 11.

#### 2.2.4. Частотные характеристики параллельного резонансного контура

2.2.4.1. Изменяя частоту в меньшую сторону, добейтесь увеличения тока до уровня  $I_0\sqrt{2}$ . Запишите полученную частоту  $f_1$  и ток в столбец  $f_1$  таблицы 3.

2.2.4.2. Изменяя частоту в большую от  $f_0$  сторону, добейтесь увеличения тока до уровня  $I_0\sqrt{2}$ . Запишите полученную частоту  $f_2$  и ток в столбец  $f_2$  таблицы 3.

2.2.4.3. Вычислите шаг  $\Delta f_1$  изменения частоты для частот меньших резонансной частоты  $f_0$ , и шаг  $\Delta f_2$  для частот больших резонансной частоты. Занесите вычисленные значения в первую строку таблицы 3.

2.2.4.4. Проведите необходимые измерения для остальных рекомендуемых частот.

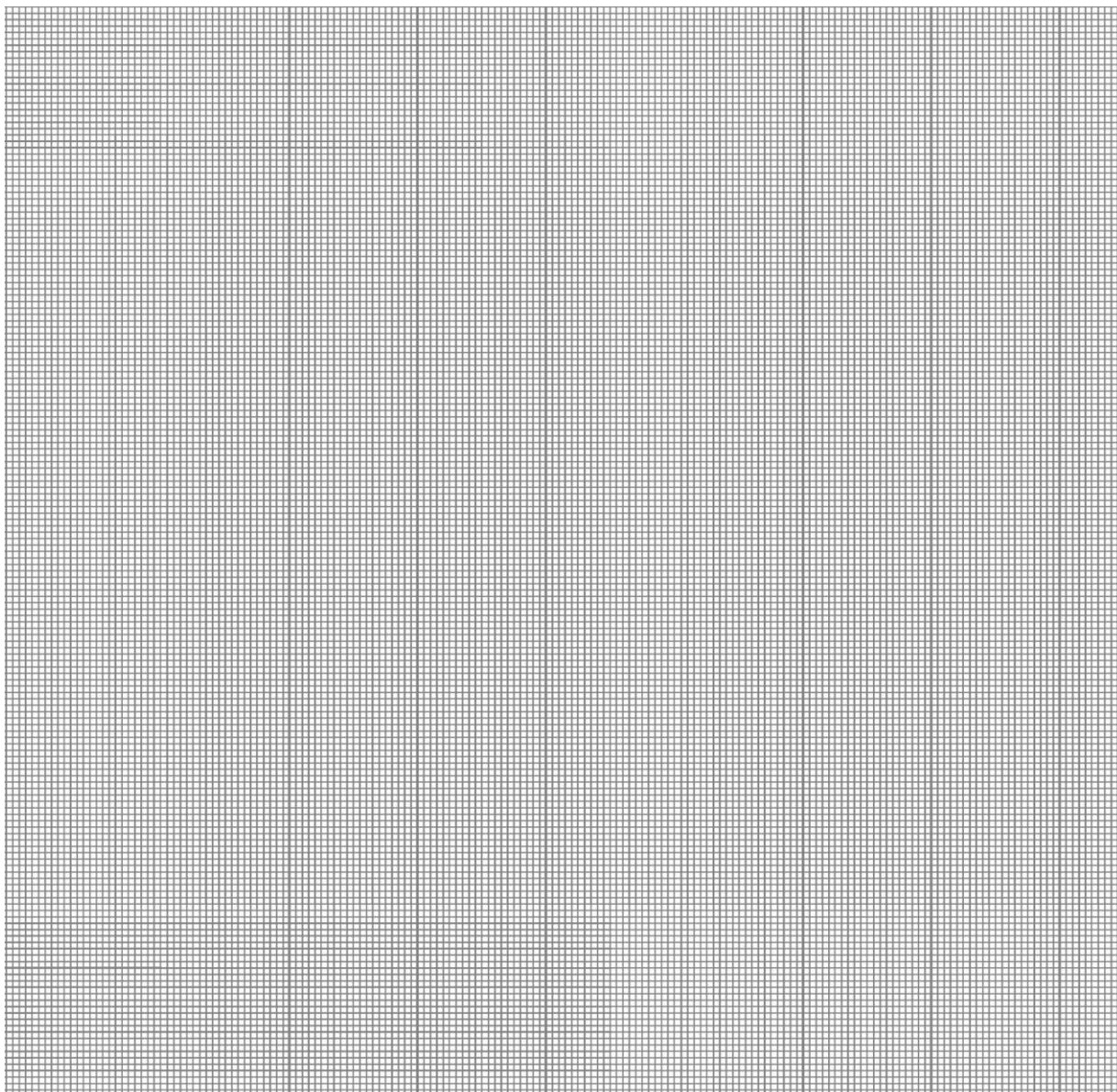
2.2.4.5. Вычислите для всех частот отношение текущего тока к резонансному  $\frac{I}{I_0}$  и занесите полученные значения в таблицу 3.

2.2.4.6. Вычислите ширину полосы пропускания  $\Delta f = f_2 - f_1$  и занесите результат в таблицу 3.

2.2.4.7. Постройте график  $\frac{I}{I_0}$  в функции частоты. Заготовка графика на рис. 12.

**Примечание.** При необходимости измените разметку оси частот.





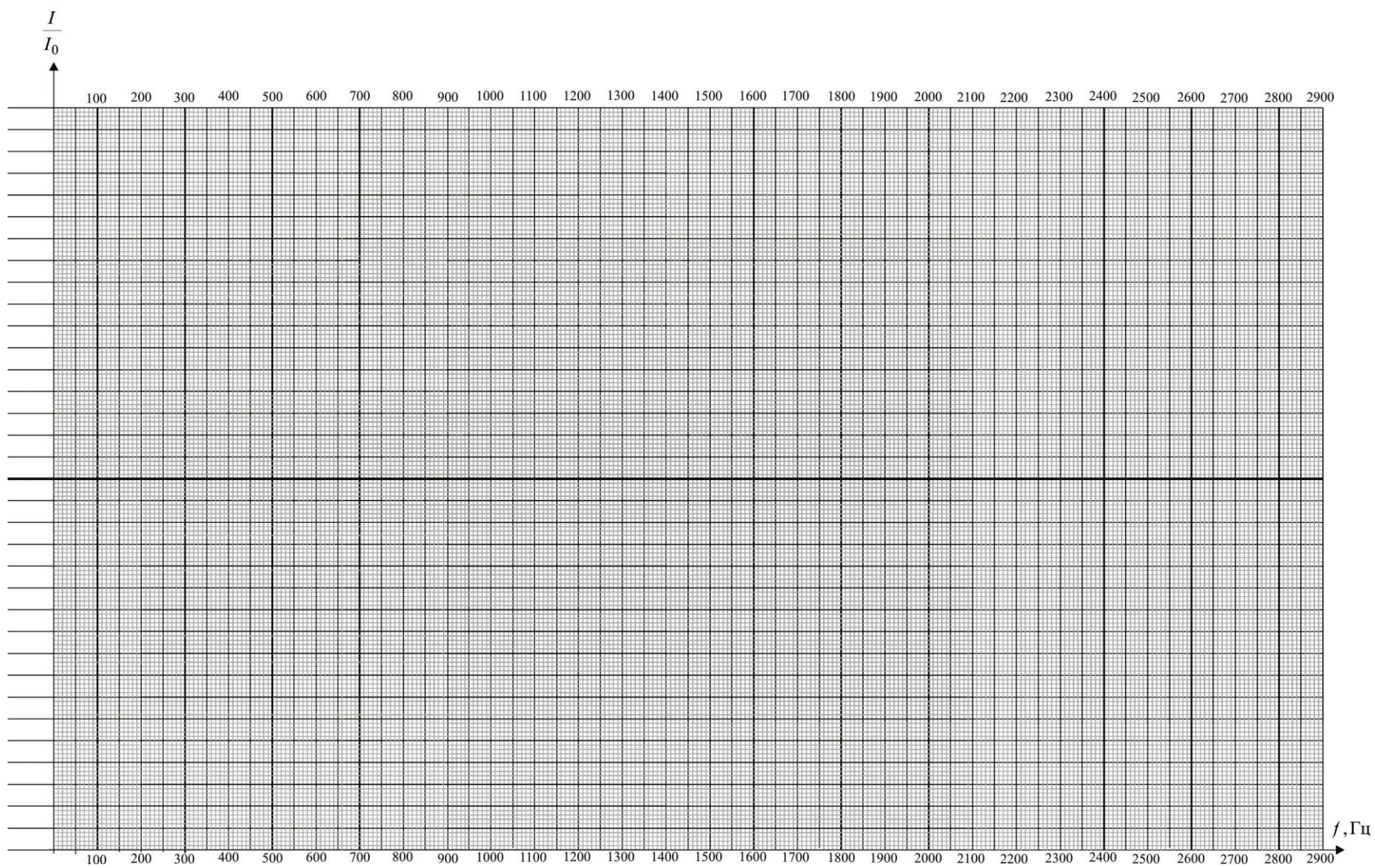
**Рис. 11.** Заготовка для построения векторной диаграммы токов при резонансе.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Почему в параллельной  $L$ - $C$  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 параллельном соединении  $L$ - $C$  элементов, и по каким признакам убедиться, что в цепи наступил резонанс?
3. В параллельной  $L$ - $C$  цепи установлен режим резонанса токов. Сохранится ли резонанс, если:  
а) параллельно конденсатору подключить активное сопротивление;  
б) последовательно с катушкой подключить дополнительное активное сопротивление;  
в) последовательно с конденсатором включить активное сопротивление?
4. В параллельной  $L$ - $C$  установлен режим резонанса токов. Как изменится активная мощность, если параллельно зажимам источника подключить активное сопротивление, конденсатор?
5. Как примерно изменятся графики, рис. 12, если уменьшить сопротивление  $R_K$ ?
6. Объясните, как качественно изменится векторная диаграмма токов, построенная при резонансе увеличить частоту питающего напряжения?
7. Объясните, как качественно изменится векторная диаграмма токов, построенная при резонансе, если увеличить емкость  $C$ ?
8. Что такое добротность резонансного контура? Объясните, как найти добротность по экспериментальным данным и по графикам.
9. Объясните, почему при резонансе токов, ток принимает минимальное значение?

Таблица 3.

$\Delta_1 = (f_0 - f_1)/3 = \quad \Gamma_{\text{ц}} \quad \Delta_2 = (f_2 - f_0)/3 = \quad \Gamma_{\text{ц}} \quad \Delta f = f_2 - f_1 = \quad \Gamma_{\text{ц}}$											
$f, \Gamma_{\text{ц}}$	$f_1 - 2\Delta_1$	$f_1 - \Delta_1$	$f_1$	$f_0 - 2\Delta_1$	$f_0 - \Delta_1$	$f_0$	$f_0 + \Delta_2$	$f_0 + 2\Delta_2$	$f_2$	$f_2 + \Delta_2$	$f_2 + 2\Delta_2$
$I, \text{A}$			$I_0\sqrt{2} =$			$I_0 =$			$I_0\sqrt{2} =$		
$\frac{I}{I_0}$						1					



**Рис. 12.** Заготовка для построения частотной характеристики параллельного резонансного контура.