

СПбГУ ИТМО

Кафедра ЭТ и ПЭМС

## О Т Ч Е Т

по лабораторной работе

### **Исследование явлений резонанса в линейных электрических цепях**

Группа XXXX.

Работу выполнил: *студ. Иванов И.И.*

Дата защиты:

Контрольный срок защиты:

Количество баллов:

СПб – 2011

Лист измерений к лабораторной работе 3  
**«Исследование явлений резонанса в линейных электрических цепях»**

Выполнил студ. **Иванов И.И.** гр. **XXXX** Провел \_\_\_\_\_ Дата **13.11.11**

Параметры цепи и питающего напряжения

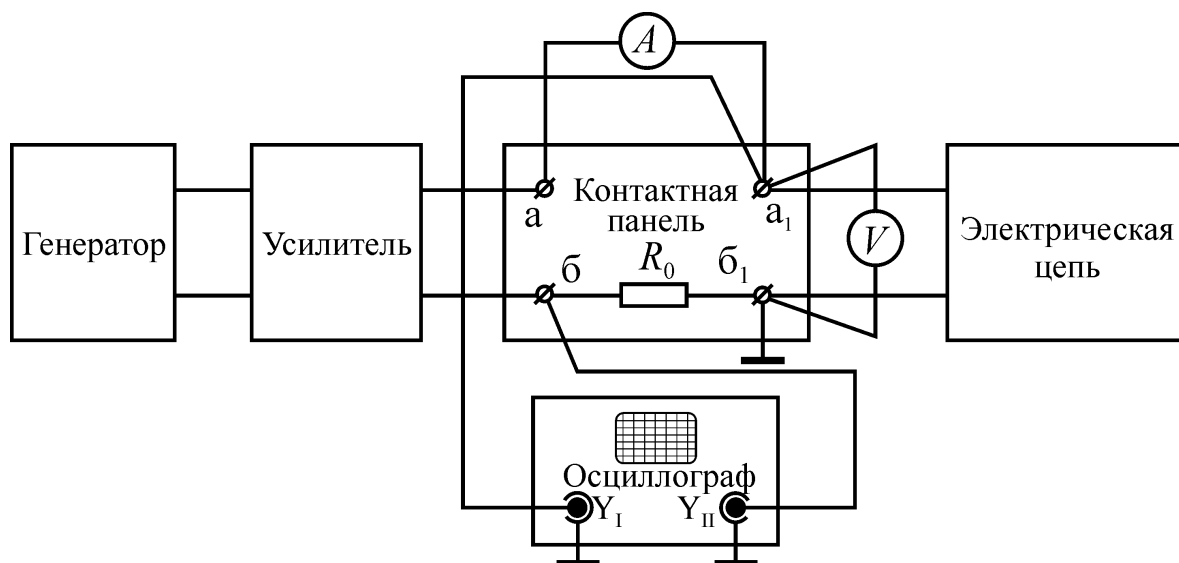
$U$	$\psi_u$	$R$	$L_k$	$R_k$	$C$
В	градус	Ом	мГн	Ом	мкФ
50	135	70	41	30	2.2

Последовательная  $RLC$ -цепь

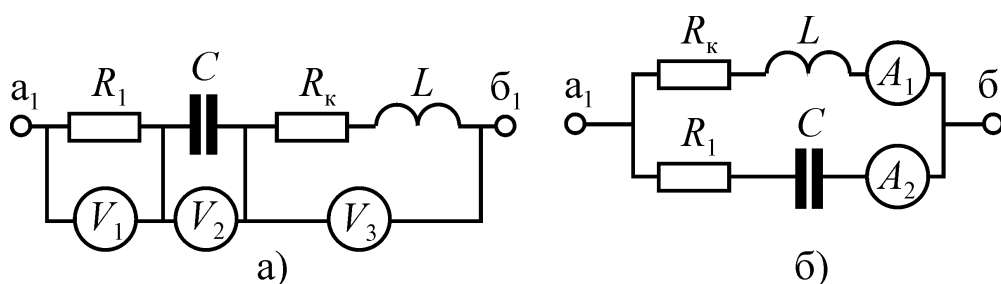
$f$ , Гц	$\varphi$ , градус	$I$ , А	$U_R$ , В	$U_k$ , В	$U_c$ , В
280	-63	0.25	16	18	61
380	-45	0.38	26	38	70
480	-18	0.49	34	61	73
$f_p=530$	0	0.5	35	70	68
580	15	0.49	34	74	61
680	36	0.42	29	73	44
780	48	0.35	24	70	31

**Цель работы** – экспериментальное исследование частотных характеристик линейных двухполюсников, содержащих индуктивный и емкостной элементы и анализ резонансных режимов их работы.

### ***I. Схемы измерений и перечень приборов***



*Схема лабораторной установки*



*Схемы измерений*

Лабораторная установка содержит генератор типа Г6-15, усилитель типа 100У-101, амперметр, вольтметр, двухканальный осциллограф типа С1-83 и контактную панель. Схемы двухполюсников собирают с помощью магазина сопротивлений Р4830, магазина индуктивностей Р567 и магазина конденсаторов Р5025.

При выполнении лабораторной работы к зажимам «а<sub>1</sub>» и «б<sub>1</sub>» контактной панели стенда (см. *Схема лабораторной установки*) подключаются электрические цепи, собранные по схемам, представленным на (см. *Схемы измерений*).

## II. Заполненные таблицы. Расчетные формулы и расчеты.

$f$	$U = \underline{50 \text{ В}}; R_1 = \underline{70 \text{ Ом}}; R_k = \underline{30 \text{ Ом}}; L = \underline{41 \text{ мГн}}; C = \underline{2.2 \text{ мкФ}}$									
	Расчет					Эксперимент				
	$f_{0p} = \underline{529.9 \text{ Гц}}; Q_p = \underline{1.365}$					$f_{0э} = \underline{530 \text{ Гц}}; Q_э = \underline{1.36}$				
	$\varphi$	$I$	$U_{R1}$	$U_k$	$U_C$	$\varphi$	$I$	$U_{R1}$	$U_k$	$U_C$
Гц	град	А	В			град	А	В		
280	-61.8	0.237	16.6	18.5	61.1	-63	0.25	16	18	61
380	-42.8	0.367	25.7	37.6	69.9	-45	0.38	26	38	70
480	-15.1	0.483	33.8	61.4	72.7	-18	0.49	34	61	73
530	0	0.5	35	70	68.2	0	0.5	35	70	68
580	13.9	0.485	34	74	60.5	15	0.49	34	74	61
680	34.5	0.412	28.8	73.2	43.8	36	0.42	29	73	44
780	47.3	0.339	23.8	69	31.5	48	0.35	24	70	31

$$f_{0p} = 1/(2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}) = 1/(2 \cdot \pi \cdot \sqrt{41 \cdot 10^{-3} \cdot 2.2 \cdot 10^{-6}}) = 529.9 \text{ [Гц]}$$

$$Q_p = \sqrt{L/C} / (R_1 + R_k) = \sqrt{41 \cdot 10^{-3} / 2.2 \cdot 10^{-6}} / (70 + 30) = 1.365$$

$$Q_э = U_{C0} / U = 68 / 50 = 1.36$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f \text{ [рад/с]}, X_L = \omega \cdot L \text{ [Ом]}, X_C = 1/(\omega \cdot C) \text{ [Ом]}, R = R_1 + R_k \text{ [Ом]}, X = X_L - X_C \text{ [Ом]},$$

$$z = \sqrt{R^2 + X^2} \text{ [Ом]}, I = U/z \text{ [А]}, \varphi = \arctg(X/R) \text{ [°]}, U_R = I \cdot R \text{ [В]}, U_C = I \cdot X_C \text{ [В]},$$

$$U_k = I \cdot \sqrt{R_k^2 + X_L^2} \text{ [В]}.$$

1) для  $f = 280 \text{ [Гц]}$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot 280 = 1759 \text{ [рад/с]}, X_L = 1759 \cdot 41 \cdot 10^{-3} = 72 \text{ [Ом]}, X_C = 1/(1759 \cdot 2.2 \cdot 10^{-6}) = 258 \text{ [Ом]},$$

$$R = 70 + 30 = 100 \text{ [Ом]}, X = 72 - 258 = -186 \text{ [Ом]},$$

$$z = \sqrt{100^2 + 186^2} = 211 \text{ [Ом]}, I = 50/211 = 0.237 \text{ [А]}, \varphi = \arctg(-186/100) = -61.8^\circ,$$

$$U_R = 0.237 \cdot 70 = 16.6 \text{ [В]}, U_C = 0.237 \cdot 258 = 61.1 \text{ [В]}, U_k = 0.237 \cdot \sqrt{30^2 + 72^2} = 18.5 \text{ [В]}.$$

2) для  $f = 380 \text{ [Гц]}$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot 380 = 2388 \text{ [рад/с]}, X_L = 2388 \cdot 41 \cdot 10^{-3} = 98 \text{ [Ом]}, X_C = 1/(2388 \cdot 2.2 \cdot 10^{-6}) = 190 \text{ [Ом]},$$

$$R = 70 + 30 = 100 \text{ [Ом]}, X = 98 - 190 = -92 \text{ [Ом]}, z = \sqrt{100^2 + 92^2} = 136 \text{ [Ом]},$$

$$I = 50/136 = 0.367 \text{ [А]}, \varphi = \arctg(-92/100) = -42.8^\circ, U_R = 0.367 \cdot 70 = 25.7 \text{ [В]},$$

$$U_C = 0.367 \cdot 190 = 69.9 \text{ [В]}, U_k = 0.367 \cdot \sqrt{30^2 + 98^2} = 37.6 \text{ [В]}.$$

3) для  $f = 480 \text{ [Гц]}$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot 480 = 3016 \text{ [рад/с]}, X_L = 3016 \cdot 41 \cdot 10^{-3} = 124 \text{ [Ом]}, X_C = 1/(3016 \cdot 2.2 \cdot 10^{-6}) = 151 \text{ [Ом]},$$

$$R = 70 + 30 = 100 \text{ [Ом]}, X = 124 - 151 = -27 \text{ [Ом]},$$

$$z = \sqrt{100^2 + 27^2} = 104 \text{ [Ом]}, I = 50/104 = 0.483 \text{ [А]}, \varphi = \arctg(-27/100) = -15.1^\circ,$$

$$U_R = 0.483 \cdot 70 = 33.8 \text{ [В]}, U_C = 0.483 \cdot 151 = 72.7 \text{ [В]}, U_k = 0.483 \cdot \sqrt{30^2 + 124^2} = 61.4 \text{ [В]}.$$

4) для  $f = 530 \text{ [Гц]}$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot 530 = 3330 \text{ [рад/с]}, X_L = 3330 \cdot 41 \cdot 10^{-3} = 136 \text{ [Ом]}, X_C = 1/(3330 \cdot 2.2 \cdot 10^{-6}) = 136 \text{ [Ом]},$$

$$R = 70 + 30 = 100 \text{ [Ом]}, X = 136 - 136 = 0 \text{ [Ом]}, z = \sqrt{100^2 + 0^2} = 100 \text{ [Ом]},$$

$$I = 50/100 = 0.5 \text{ [А]}, \varphi = \arctg(0/100) = 0^\circ, U_R = 0.5 \cdot 70 = 35 \text{ [В]}, U_C = 0.5 \cdot 136 = 68 \text{ [В]},$$

$$U_k = 0.5 \cdot \sqrt{30^2 + 136^2} = 70 \text{ [В]}.$$

5) для  $f=580$  [Гц]

$\omega=2\cdot\pi\cdot580=3644$  [рад/с],  $X_L=3644\cdot41\cdot10^{-3}=149$  [Ом],  $X_C=1/(3644\cdot2.2\cdot10^{-6})=125$  [Ом],  $R=70+30=100$  [Ом],  $X=149-125=24$  [Ом],  $z=\sqrt{(100^2+24^2)}=103$  [Ом],  $I=50/103=0.485$  [А],  $\varphi=\arctg(24/100)=13.9^\circ$ ,  $U_R=0.485\cdot70=34$  [В],  $U_C=0.485\cdot125=60.5$  [В],  $U_k=0.485\cdot\sqrt{(30^2+149^2)}=74$  [В].

6) для  $f=680$  [Гц]

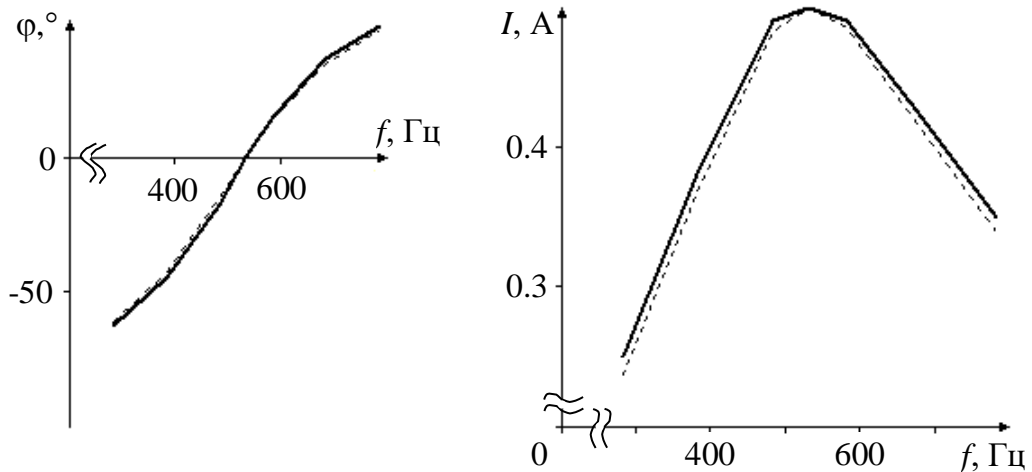
$\omega=2\cdot\pi\cdot680=4273$  [рад/с],  $X_L=4273\cdot41\cdot10^{-3}=175$  [Ом],  $X_C=1/(4273\cdot2.2\cdot10^{-6})=106$  [Ом],  $R=70+30=100$  [Ом],  $X=175-106=69$  [Ом],  $z=\sqrt{(100^2+69^2)}=121$  [Ом],  $I=50/121=0.412$  [А],  $\varphi=\arctg(69/100)=34.5^\circ$ ,  $U_R=0.412\cdot70=28.8$  [В],  $U_C=0.412\cdot106=43.8$  [В],  $U_k=0.412\cdot\sqrt{(30^2+175^2)}=73.2$  [В].

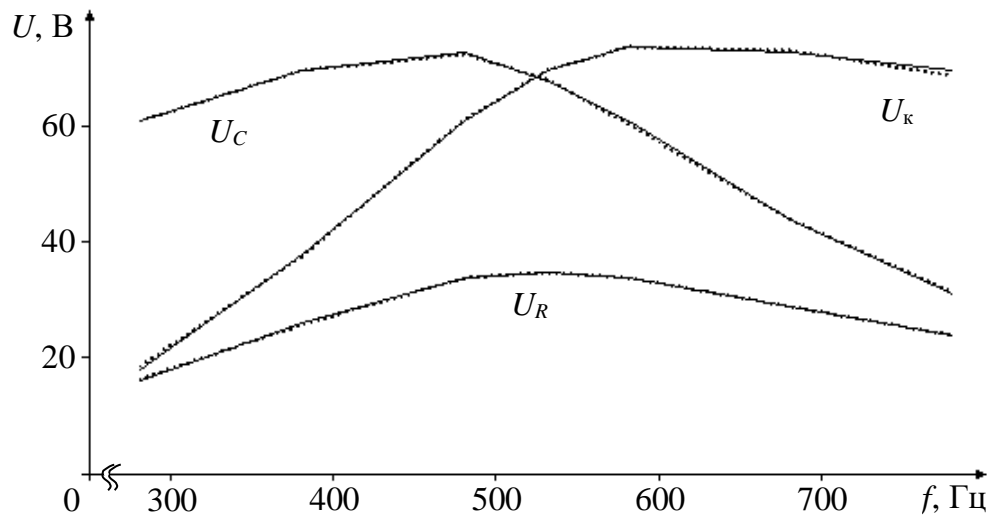
7) для  $f=780$  [Гц]

$\omega=2\cdot\pi\cdot780=4901$  [рад/с],  $X_L=4901\cdot41\cdot10^{-3}=201$  [Ом],  $X_C=1/(4901\cdot2.2\cdot10^{-6})=93$  [Ом],  $R=70+30=100$  [Ом],  $X=201-93=108$  [Ом],  $z=\sqrt{(100^2+108^2)}=147$  [Ом],  $I=50/147=0.339$  [А],  $\varphi=\arctg(147/100)=47.3^\circ$ ,  $U_R=0.339\cdot70=23.8$  [В],  $U_C=0.339\cdot93=31.5$  [В],  $U_k=0.339\cdot\sqrt{(30^2+201^2)}=69$  [В].

### III. Графики характеристик $I(f)$ , $U_k(f)$ , $U_C(f)$ , $U_R(f)$ , $\varphi(f)$

На графиках сплошной линией изображены экспериментально снятые характеристики, пунктирной линией – расчетные характеристики.





#### IV. Векторные диаграммы для состояния резонанса.

Отобразим на векторной диаграмме  $\underline{U} = \underline{U}_R + \underline{U}_C + \underline{U}_K$ .

Согласно данным измерений  $\underline{U} = U \cdot e^{j\psi_u} = 50 \cdot e^{j135^\circ}$  и  $\varphi = 0^\circ$ , тогда начальная фаза тока  $\psi_i = \psi_u - \varphi = 135^\circ - 0^\circ = 135^\circ$ .

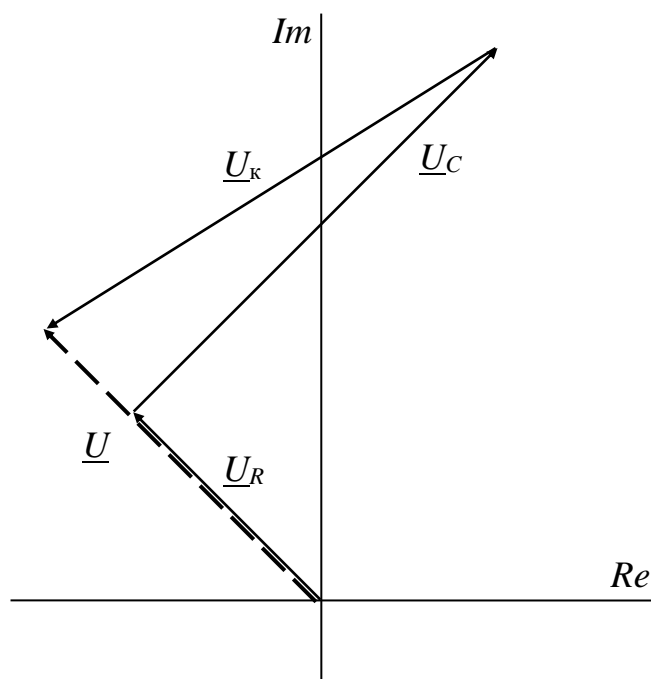
Угол сдвига фаз между током и напряжением на резистивном элементе  $\varphi_R = 0^\circ$ , тогда начальная фаза напряжения на резистивном элементе  $\psi_{uR} = \varphi_R + \psi_i = 0^\circ + 135^\circ = 135^\circ$ , т.о.  $\underline{U}_R = U_R \cdot e^{j\psi_{uR}} = 35 \cdot e^{j135^\circ}$ .

Угол сдвига фаз между током и напряжением на емкостном элементе  $\varphi_C = -90^\circ$ , тогда начальная фаза напряжения на емкостном элементе  $\psi_{uC} = \varphi_C + \psi_i = -90^\circ + 135^\circ = 45^\circ$ , т.о.  $\underline{U}_C = U_C \cdot e^{j\psi_{uC}} = 68 \cdot e^{j45^\circ}$ .

Угол сдвига фаз между током и напряжением на катушке индуктивности определяется как  $\varphi_K = \arctg(X_L/R_K) = \arctg(136/30) = 77^\circ$ , тогда начальная фаза напряжения на катушке индуктивности  $\psi_{uK} = \varphi_K + \psi_i = 77^\circ + 135^\circ = 212^\circ$ , т.о.

$\underline{U}_K = U_K \cdot e^{j\psi_{uK}} = 70 \cdot e^{j212^\circ} = 70 \cdot e^{-j148^\circ}$ .

Представленная векторная диаграмма отображает, что  $\underline{U} = \underline{U}_R + \underline{U}_C + \underline{U}_K$  или  $50 \cdot e^{j135^\circ} = 35 \cdot e^{j135^\circ} + 68 \cdot e^{j45^\circ} + 70 \cdot e^{-j148^\circ}$ .



***V. Выводы по работе.***

.....

