

ОТЧЁТ
по лабораторной работе №2-8
“Измерение ёмкости конденсатора методом резонанса”

Выполнил: студент гр.

Проверил: преподаватель

Лабораторная работа № 2-8

Цель работы: Изучить электрические колебания в контуре и явление резонанса; определить ёмкость заданного конденсатора методом резонанса.

Приборы и принадлежности: генератор переменной ЭДС, частотомер, катушка индуктивности, набор конденсаторов, осциллограф, соединительные провода и кабели.

Практическая часть

1. Проводим измерения на установке, схема которой представлена на рис.1:

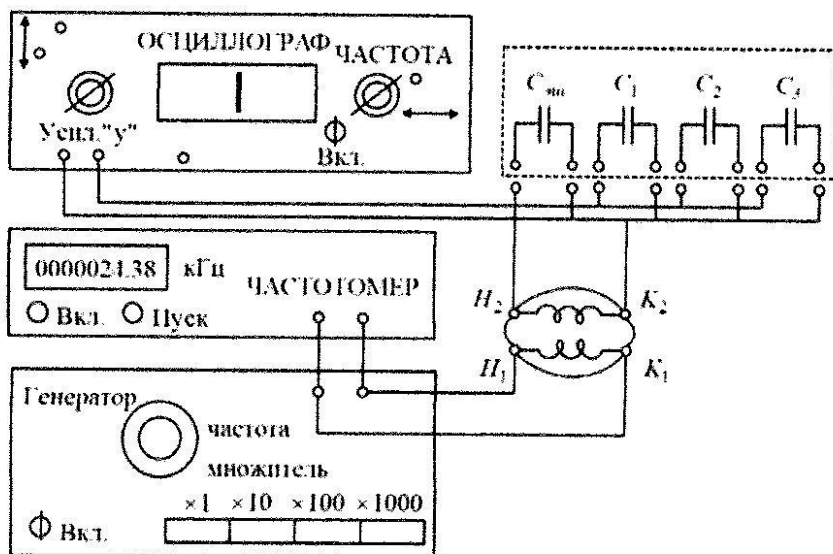


Рис.1 Схема установки

2. Результаты измерений заносим в таблицу 1:

Наблюдения 1

$C_{\text{нн}} = 1 \mu\text{кФ}$		C_{K1}	C_{K2}	$C_{\text{нар.}}$	$C_{\text{пол.}}$
$\nu_{\text{нн}} = 1080 \text{ Гц}$	$\nu_{\text{нар.1}} = 91240$	$\nu_1 = 2247 \text{ Гц}$	$\nu_2 = 1513 \text{ Гц}$	$\nu_3 = 1244 \text{ Гц}$	$\nu_4 = 2735 \text{ Гц}$
$\nu_{\text{нн}} = 1083 \text{ Гц}$	$\nu_{\text{нар.2}} = 91140$	$\nu_1 = 2252 \text{ Гц}$	$\nu_2 = 1516 \text{ Гц}$	$\nu_3 = 1226 \text{ Гц}$	$\nu_4 = 2749 \text{ Гц}$
$\nu_{\text{нн}} = 1087 \text{ Гц}$	$\nu_{\text{нар.3}} = 91820$	$\nu_1 = 2224 \text{ Гц}$	$\nu_2 = 1499 \text{ Гц}$	$\nu_3 = 1257 \text{ Гц}$	$\nu_4 = 2737 \text{ Гц}$

3. Вычисляем значения ёмкости неизвестных конденсаторов C_{K1} и C_{K2} :

$$C_{K1} = C_{\text{нн}} \frac{\nu_{\text{нн}}^2 (\nu_{\text{нар.1}}^2 - \nu_{K11}^2)}{\nu_{K11}^2 (\nu_{\text{нар.1}}^2 - \nu_{\text{нн}}^2)} = 10^{-6} \cdot \frac{1080^2 (91240^2 - 2247^2)}{2247^2 (91240^2 - 1080^2)} \approx 0,23 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$C_{x12} = C_{эм} \frac{U_{г1}^2 (U_{пар2}^2 - U_{x1}^2)}{U_{x12}^2 (U_{пар2}^2 - U_{г1}^2)} = 10^{-6} \frac{1083^2 (91140^2 - 2252^2)}{2252^2 (91140^2 - 1083^2)} = 0,25 \cdot 10^{-6} \text{ ф}$$

$$C_{x13} = C_{эм} \frac{U_{г1}^2 (U_{пар3}^2 - U_{x1}^2)}{U_{x13}^2 (U_{пар3}^2 - U_{г1}^2)} = 10^{-6} \frac{1081^2 (91850^2 - 2224^2)}{2224^2 (91850^2 - 1081^2)} = 2,28 \cdot 10^{-6} \text{ ф}$$

$$C_{x21} = C_{эм} \frac{U_{г2}^2 (U_{пар1}^2 - U_{x2}^2)}{U_{x21}^2 (U_{пар1}^2 - U_{г2}^2)} = 10^{-6} \frac{1080^2 (91240^2 - 1513^2)}{1513^2 (91240^2 - 1080^2)} = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ ф}$$

$$C_{x22} = C_{эм} \frac{U_{г2}^2 (U_{пар2}^2 - U_{x2}^2)}{U_{x22}^2 (U_{пар2}^2 - U_{г2}^2)} = 10^{-6} \frac{1083^2 (91140^2 - 1516^2)}{1516^2 (91140^2 - 1083^2)} = 0,51 \cdot 10^{-6} \text{ ф}$$

$$C_{x23} = C_{эм} \frac{U_{г2}^2 (U_{пар3}^2 - U_{x2}^2)}{U_{x23}^2 (U_{пар3}^2 - U_{г2}^2)} = 10^{-6} \frac{1081^2 (91850^2 - 1499^2)}{1499^2 (91850^2 - 1081^2)} = 0,52 \cdot 10^{-6} \text{ ф}$$

4. Вычисляем значения ёмкости конденсаторов при параллельном соединении:

$$C_{пар1} = C_{эм} \frac{U_{г1}^2 (U_{пар1}^2 - U_1^2)}{U_1^2 (U_{пар1}^2 - U_{г1}^2)} = 10^{-6} \frac{1080^2 (91240^2 - 1244^2)}{1244^2 (91240^2 - 1080^2)} = 0,25 \cdot 10^{-6} \text{ ф}$$

$$C_{пар2} = C_{эм} \frac{U_{г2}^2 (U_{пар2}^2 - U_2^2)}{U_2^2 (U_{пар2}^2 - U_{г2}^2)} = 10^{-6} \frac{1083^2 (91140^2 - 1226^2)}{1226^2 (91140^2 - 1083^2)} = 0,28 \cdot 10^{-6} \text{ ф}$$

$$C_{пар3} = C_{эм} \frac{U_{г3}^2 (U_{пар3}^2 - U_3^2)}{U_3^2 (U_{пар3}^2 - U_{г3}^2)} = 10^{-6} \frac{1081^2 (91850^2 - 1257^2)}{1257^2 (91850^2 - 1081^2)} = 0,24 \cdot 10^{-6} \text{ ф}$$

5. Вычисляем значения ёмкости конденсатора при последовательном соединении:

$$C_{посл.1} = C_{эм} \frac{U_{г1}^2 (U_{пар1}^2 - U_1^2)}{U_1^2 (U_{пар1}^2 - U_{г1}^2)} = 10^{-6} \frac{1080^2 (91240^2 - 2735^2)}{2735^2 (91240^2 - 1080^2)} = 0,15 \cdot 10^{-6} \text{ ф}$$

$$C_{посл.2} = C_{эм} \frac{U_{г2}^2 (U_{пар2}^2 - U_2^2)}{U_2^2 (U_{пар2}^2 - U_{г2}^2)} = 10^{-6} \frac{1083^2 (91140^2 - 2749^2)}{2749^2 (91140^2 - 1083^2)} = 0,16 \cdot 10^{-6} \text{ ф}$$

$$C_{посл.3} = C_{эм} \frac{U_{г3}^2 (U_{пар3}^2 - U_3^2)}{U_3^2 (U_{пар3}^2 - U_{г3}^2)} = 10^{-6} \frac{1081^2 (91850^2 - 2737^2)}{2737^2 (91850^2 - 1081^2)} = 0,155 \cdot 10^{-6} \text{ ф}$$

6. Находим среднее значение величины

$$\langle U_{x1} \rangle = \frac{U_{x11} + U_{x12} + U_{x13}}{3} = \frac{2244 + 2252 + 2224}{3} = 2241 \text{ В}$$

$$\langle V_{k2} \rangle = \frac{V_{k21} + V_{k22} + V_{k23}}{3} = \frac{1513 + 1516 + 1499}{3} = 1509 \text{ Гц.}$$

$$\langle V_{\text{нар.}} \rangle = \frac{V_{\text{нар.1}} + V_{\text{нар.2}} + V_{\text{нар.3}}}{3} = \frac{1244 + 1226 + 1257}{3} = 1242 \text{ Гц.}$$

$$\langle V_{\text{носл.}} \rangle = \frac{V_{\text{носл.1}} + V_{\text{носл.2}} + V_{\text{носл.3}}}{3} = \frac{2735 + 2749 + 2737}{3} = 2740 \text{ Гц.}$$

$$\langle C_{k1} \rangle = \frac{C_{k11} + C_{k12} + C_{k13}}{3} = \frac{0,25 \cdot 10^{-6} + 0,23 \cdot 10^{-6} + 0,228 \cdot 10^{-6}}{3} = 2,36 \cdot 10^{-7} \text{ Гц.}$$

$$\langle C_{k2} \rangle = \frac{C_{k21} + C_{k22} + C_{k23}}{3} = \frac{(0,5 + 0,51 + 0,52) \cdot 10^{-6}}{3} = 5,1 \cdot 10^{-7} \text{ Гц.}$$

$$\langle C_{\text{нар.}} \rangle = \frac{C_{\text{нар.1}} + C_{\text{нар.2}} + C_{\text{нар.3}}}{3} = \frac{(0,75 + 0,78 + 0,76) \cdot 10^{-6}}{3} = 0,756 \cdot 10^{-6} \text{ Гц.}$$

$$\langle C_{\text{носл.}} \rangle = \frac{C_{\text{носл.1}} + C_{\text{носл.2}} + C_{\text{носл.3}}}{3} = \frac{(0,15 + 0,16 + 0,155) \cdot 10^{-6}}{3} = 0,155 \cdot 10^{-6} \text{ Гц.}$$

7. Рассчитываем погрешности ΔV и ΔC :

$$\Delta V_{k1} = \sqrt{\frac{\sum (V_{ki} - \langle V_{k1} \rangle)^2}{n(n-1)}} \cdot t^2(d, n) + \frac{t^2(d, \varphi)}{g} \cdot \frac{C_{\text{мин}}^2}{4} = \sqrt{\frac{(2247 - 2241)^2 + (2252 - 2241)^2 + (2224 - 2241)^2}{6}} \cdot 4,3^2 + \frac{1,96^2}{9} \cdot \frac{0,5^2}{4} = 37 \text{ Гц.}$$

$$\Delta V_{k2} = \sqrt{\frac{\sum (V_{ki} - \langle V_{k2} \rangle)^2}{n(n-1)}} \cdot t^2(d, n) + \frac{t^2(d, \varphi)}{g} \cdot \frac{C_{\text{мин}}^2}{4} = \sqrt{\frac{(1513 - 1509)^2 + (1516 - 1509)^2 + (1499 - 1509)^2}{6}} \cdot 4,3^2 + \frac{1,96^2}{9} \cdot \frac{0,5^2}{4} = 22,5 \text{ Гц.}$$

$$\Delta V_{\text{нар.}} = \sqrt{\frac{\sum (V_{\text{нар.}i} - \langle V_{\text{нар.}} \rangle)^2}{n(n-1)}} \cdot t^2(d, n) + \frac{t^2(d, \varphi)}{g} \cdot \frac{C_{\text{мин}}^2}{4} = \sqrt{\frac{(1244 - 1242)^2 + (1226 - 1242)^2 + (1257 - 1242)^2}{6}} \cdot 4,3^2 + \frac{1,96^2}{9} \cdot \frac{0,5^2}{4} = 38,7 \text{ Гц.}$$

$$\Delta V_{\text{носл.}} = \sqrt{\frac{\sum (V_{\text{носл.}i} - \langle V_{\text{носл.}} \rangle)^2}{n(n-1)}} \cdot t^2(d, n) + \frac{t^2(d, \varphi)}{g} \cdot \frac{C_{\text{мин}}^2}{4} = \sqrt{\frac{(2735 - 2740)^2 + (2749 - 2740)^2 + (2737 - 2740)^2}{6}} \cdot 4,3^2 + \frac{1,96^2}{9} \cdot \frac{0,5^2}{4} = 18,8 \text{ Гц.}$$

$$\Delta C_{k1} = \sqrt{\frac{\sum (C_{ki} - \langle C_{k1} \rangle)^2}{n(n-1)}} \cdot t^2(d, n) + \frac{t^2(d, \varphi)}{g} \cdot \frac{C_{\text{мин}}^2}{4} = \sqrt{\frac{(0,23 \cdot 10^{-6} - 2,36 \cdot 10^{-7})^2 + (0,25 \cdot 10^{-6} - 2,36 \cdot 10^{-7})^2 + (0,228 \cdot 10^{-6} - 2,36 \cdot 10^{-7})^2}{6}} \cdot 4,3^2 + \frac{1,96^2}{9} \cdot \frac{0,1^2}{4} = 0,16 \cdot 10^{-7} \text{ Гц.}$$

$$\Delta C_{k2} = \sqrt{\frac{\sum (C_{k2i} - \langle C_{k2} \rangle)^2}{n(n-1)} \cdot t^2(d, n) + \frac{t^2(d, \varphi)}{g} \cdot \frac{C_{\min}^2}{4}} = \sqrt{\frac{(0,51 \cdot 10^{-6} - 0,51 \cdot 10^{-6})^2 + (0,52 \cdot 10^{-6} - 0,51 \cdot 10^{-6})^2}{6} \cdot 4,3^2 + \frac{1,96^2}{9} \cdot \frac{0,1^2}{4}} = 0,2 \cdot 10^{-7} \text{ Ф.}$$

$$\Delta C_{\text{пар.}} = \sqrt{\frac{\sum (C_{\text{пар.}i} - \langle C_{\text{пар.}} \rangle)^2}{n(n-1)} \cdot t^2(d, n) + \frac{t^2(d, \varphi)}{g} \cdot \frac{C_{\min}^2}{4}} = \sqrt{\frac{(0,75 \cdot 10^{-6} - 0,756 \cdot 10^{-6})^2 + (0,78 \cdot 10^{-6} - 0,756 \cdot 10^{-6})^2 + (0,74 \cdot 10^{-6} - 0,756 \cdot 10^{-6})^2}{6} \cdot 4,3^2 + \frac{1,96^2}{9} \cdot \frac{0,1^2}{4}} = 0,35 \cdot 10^{-7} \text{ Ф.}$$

$$\Delta C_{\text{носл.}} = \sqrt{\frac{\sum (C_{\text{носл.}i} - \langle C_{\text{носл.}} \rangle)^2}{n(n-1)} \cdot 4,3^2 + \frac{1,96^2}{9} \cdot \frac{C_{\min}^2}{4}} = \sqrt{\frac{(0,15 \cdot 10^{-6} - 0,155 \cdot 10^{-6})^2 + (0,16 \cdot 10^{-6} - 0,155 \cdot 10^{-6})^2 + (0,155 \cdot 10^{-6} - 0,155 \cdot 10^{-6})^2}{6} \cdot 4,3^2 + \frac{1,96^2}{9} \cdot \frac{0,1^2}{4}} = 0,32 \cdot 10^{-7} \text{ Ф.}$$

8. Окончательный результат измерений имеет вид:

$$V_{x1} = (2241 \pm 37) \text{ Гц.} \quad \epsilon_{V_{x1}} = \frac{\Delta V_{x1}}{\langle V_{x1} \rangle} = \frac{37}{2241} = 1,6\%$$

$$V_{x2} = (1509 \pm 22,5) \text{ Гц.} \quad \epsilon_{V_{x2}} = \frac{\Delta V_{x2}}{\langle V_{x2} \rangle} = \frac{22,5}{1509} = 1,5\%$$

$$V_{\text{пар.}} = (1242 \pm 38,7) \text{ Гц.} \quad \epsilon_{V_{\text{пар.}}} = \frac{\Delta V_{\text{пар.}}}{\langle V_{\text{пар.}} \rangle} = \frac{38,7}{1242} = 3,1\%$$

$$V_{\text{носл.}} = (2440 \pm 188) \text{ Гц.} \quad \epsilon_{V_{\text{носл.}}} = \frac{\Delta V_{\text{носл.}}}{\langle V_{\text{носл.}} \rangle} = \frac{188}{2440} = 7,7\%$$

$$C_{x1} = (2,36 \cdot 10^{-7} \pm 0,16 \cdot 10^{-7}) \text{ Ф.} \quad \epsilon_{C_{x1}} = \frac{\Delta C_{x1}}{\langle C_{x1} \rangle} = \frac{0,16 \cdot 10^{-7}}{2,36 \cdot 10^{-7}} = 6,8\%$$

$$C_{x2} = (5,1 \cdot 10^{-7} \pm 0,2 \cdot 10^{-7}) \text{ Ф.} \quad \epsilon_{C_{x2}} = \frac{\Delta C_{x2}}{\langle C_{x2} \rangle} = \frac{0,2 \cdot 10^{-7}}{5,1 \cdot 10^{-7}} = 3,9\%$$

$$C_{\text{пар.}} = (0,756 \cdot 10^{-6} \pm 0,35 \cdot 10^{-7}) \text{ Ф.} \quad \epsilon_{C_{\text{пар.}}} = \frac{\Delta C_{\text{пар.}}}{\langle C_{\text{пар.}} \rangle} = \frac{0,35 \cdot 10^{-7}}{0,756 \cdot 10^{-6}} = 4,6\%$$

$$C_{\text{носл.}} = (0,155 \cdot 10^{-6} \pm 0,32 \cdot 10^{-7}) \text{ Ф.} \quad \epsilon_{C_{\text{носл.}}} = \frac{\Delta C_{\text{носл.}}}{\langle C_{\text{носл.}} \rangle} = \frac{0,32 \cdot 10^{-7}}{0,155 \cdot 10^{-6}} = 2,1\%$$

Вывод: Изучили электрические колебания в контуре и явление резонанса; определили ёмкость заданного конденсатора методом резонанса.

$$C_{x1} = (2,36 \cdot 10^{-7} \pm 0,16 \cdot 10^{-7}) \text{ Ф.}$$

$$C_{x2} = (5,1 \cdot 10^{-7} \pm 0,2 \cdot 10^{-7}) \text{ Ф.}$$

$$C_{\text{пар.}} = (0,756 \cdot 10^{-6} \pm 0,35 \cdot 10^{-7}) \text{ Ф.}$$

$$C_{\text{носл.}} = (0,155 \cdot 10^{-6} \pm 0,32 \cdot 10^{-7}) \text{ Ф.}$$