

5. Cel ćwiczenia.

Po prawidłowym wykonaniu połączenia układu badanego oraz obliczeniu wszystkich niezbędnych niewiadomych, wykonanie pomiarów dla dwóch dobroci. Wyznaczenie przybliżonych charakterystyk rezonansu napięciowego w układzie szeregowym i wykreślenie ich.

6. Zagadnienia teoretyczne.

Warunkiem rezonansu jest to, aby reaktancja dwójnika równała się zero, czyli:

$$X = \text{Im}Z = 0$$

Wynika stąd, że możemy uzyskać rezonans układu poprzez regulację częstotliwości źródła napięciowego bądź regulację indukcyjności lub pojemności. Częstotliwość rezonansową wyznaczamy z równania:

$$\omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$\omega_r = 2 \cdot \pi \cdot f_r$$

$$2\pi \cdot f_r = \frac{1}{\sqrt{LC}} \Rightarrow f_r = \underline{\underline{\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}}}$$

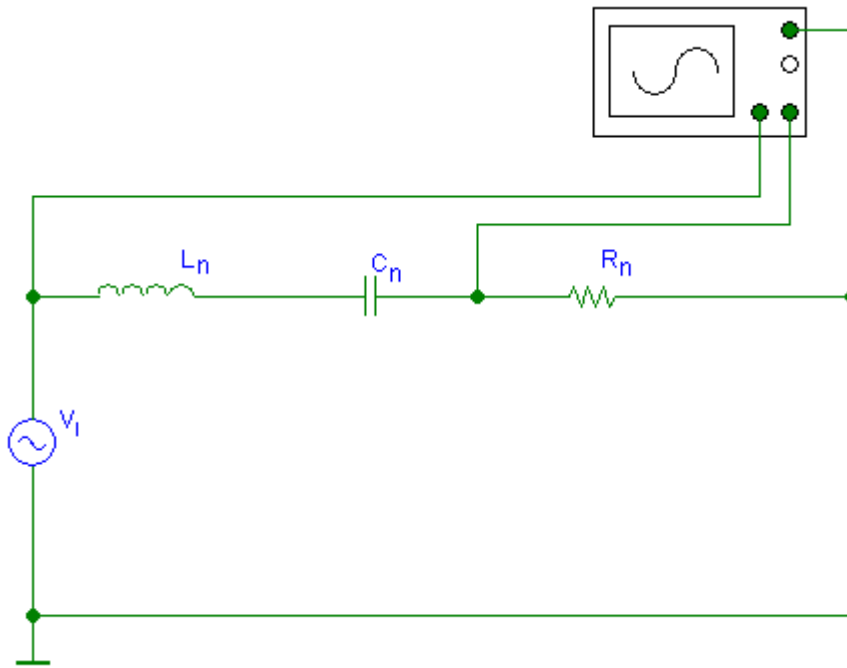
Dobroć układu wyznaczamy ze wzoru:

$$Q = \frac{\rho}{R}$$

gdzie ρ jest impedancją falową układu:

$$\rho = \frac{1}{\omega_0 C} = \omega_0 L = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

7. Schematy połączeniowe.



8. Obliczenia do zadania.

Wyznaczamy wartość pojemności kondensatora przy częstotliwości rezonansowej $f_0 = 10\text{kHz}$ i indukcyjności cewki $L = 0,05\text{H}$.

$$\omega_o = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$\omega_o^2 = \frac{1}{LC}$$

$$C = \frac{1}{\omega_o^2 L} = \frac{1}{4 \cdot \pi^2 \cdot f_o^2 \cdot L}$$

$$C = \frac{1}{4 \cdot \pi^2 \cdot 10000^2 \cdot 0,05} = 5,0712 \cdot 10^{-9} [F] = 5,0712 [nF]$$

następnie obliczamy wartość rezystancji R_n dla dobroci 10 oraz 20, uwzględniając wartość rezystancji generatora wynoszącą 50Ω .

$$Q = \frac{\omega_o L}{R} \quad R = \frac{\omega_o L}{Q}$$

$$R_{d1} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 10000 \cdot 0,05}{10} - 50 = 314,16 - 50 = 264,16 [\Omega]$$

$$R_{d2} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 10000 \cdot 0,05}{20} - 50 = 157,08 - 50 = 107,08 [\Omega]$$

dalej obliczamy wartość prądu płynącego przez rezystor dekadowy przy wartości napięcia 4V dla dobroci 10 oraz 20. Częstotliwość rezonansowa wynosi 10,01kHz.

$$I_m = \frac{U_{R_n}}{R_n}$$

$$I_{m_{10}} = \frac{4}{264} = 0,015[A]$$

$$I_{m_{20}} = \frac{4}{107} = 0,037[A]$$

5. Tabele pomiarowe.

Dla dobroci 10:

Lp.	f [kHz]	Ur [V]	f/f0	Ur/Ur0
1	7,65	0,2	0,764	0,05
2	8,61	0,4	0,86	0,1
3	9,25	0,6	0,924	0,15
4	9,64	0,8	0,963	0,2
5	9,82	1,2	0,981	0,3
6	10.01	4	1	1
7	10,3	1,2	10,028	0,3
8	10,9	0,8	1,088	0,2
9	11,8	0,6	1,178	0,15
10	12,4	0,4	1,238	0,1
11	12.6	0,2	1,258	0,05

Dla dobroci 20:

Lp.	f [kHz]	Ur [V]	f/f0	Ur/Ur0
1	8,96	0,2	0,896	0,05
2	9,51	0,4	0,95	0,1
3	9,74	0,43	0,975	0,107
4	10.01	4	1	1
5	10,38	0,43	1,037	0,107
6	11,04	0,4	1,103	0,1
7	11,2	0,2	1,119	0,05

Wyprowadzenie krzywej rezonansowej:

Dla dowolnego układu prąd skuteczny jest równy:

Prąd w rezonansie:

$$I_r = \frac{U}{R}$$

$$\frac{I}{I_r} = \frac{\frac{U}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}}{\frac{U}{R}} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}} \cdot \frac{\frac{1}{R}}{\frac{1}{R}} = \frac{1}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$$

$$\frac{I}{I_r} = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{1}{R^2} \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$$

$$\xi = \frac{1}{R} \cdot \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) \Rightarrow \frac{I}{I_r} = \frac{1}{\sqrt{1 + \xi^2}}$$

Przekształcamy wyrażenie $\xi = \frac{1}{R} \cdot \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)$ tak, że:

$$\xi = \frac{L}{R} \cdot \left(\omega - \frac{1}{\omega LC}\right) = \frac{L}{R} \cdot \left(\omega - \frac{\omega_r^2}{\omega}\right) = \frac{\omega_r L}{R} \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_r} - \frac{\omega_r}{\omega}\right)$$

gdzie:

$$\delta = \frac{\omega}{\omega_r} - \frac{\omega_r}{\omega}$$

$$Q_L = \frac{\omega_r L}{R}$$

Ostatecznie:

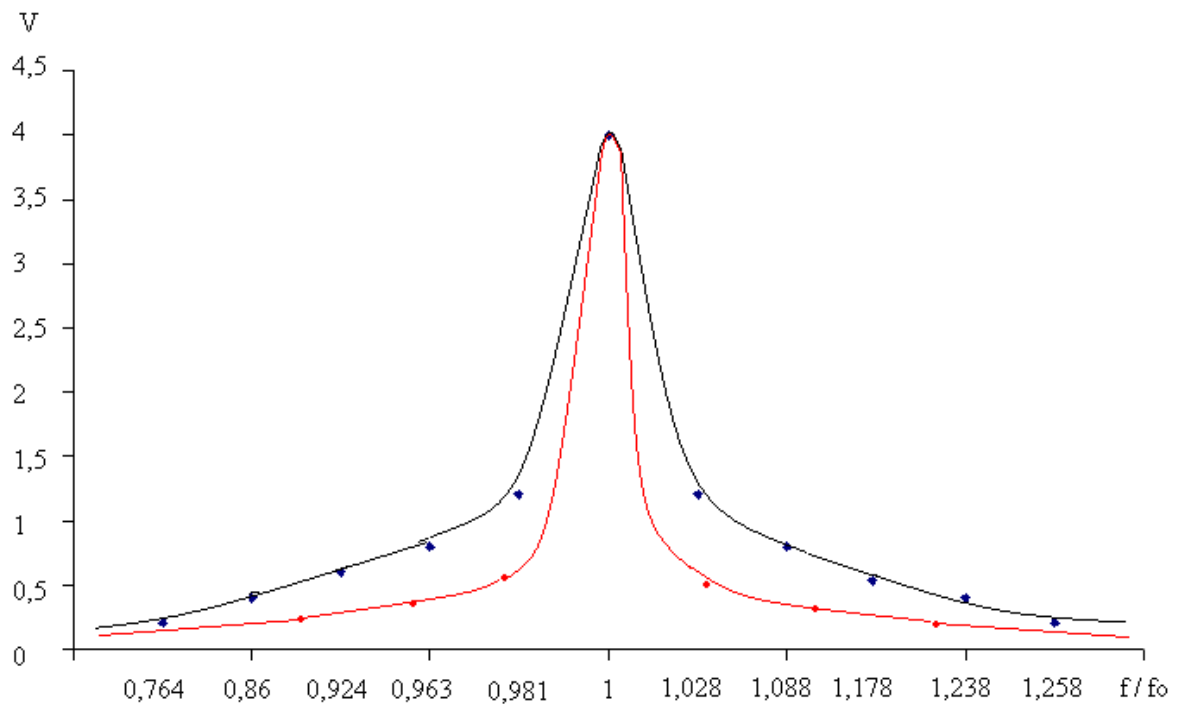
$$\frac{I}{I_r} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega_r L}{R} \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_r} - \frac{\omega_r}{\omega}\right)\right)^2}}$$

ξ – rozstrojenie bezwzględne układu (wartość zależna od ω)

δ – rozstrojenie względne układu (wartość zależna od ω)

Q_L – współczynnik dobroci cewki (wartość stała)

6. Wykresy.



7. Wnioski.

Potwierdziłmy doświadczalnie, że przy częstotliwości rezonansowej równej u nas w ćwiczeniu 10kHz, napięcie na elementach biernych jest przeciwne w fazie i wówczas następuje tłumienie. Na elemencie czynnym odkłada się całkowite napięcie zasilające nasz układ, które wynosiło 4V.n