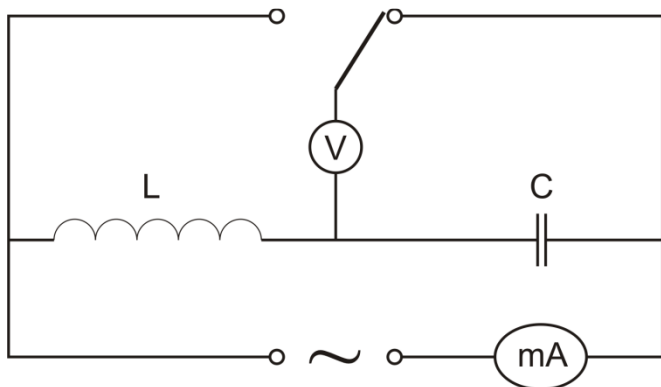


Doświadczenie

W celu zmierzenia indukcyjności obwodu, połączono układ wg następującego schematu:



Na dekadzie ustawiono początkową pojemność 400nF. Następnie mierzono wartości napięć na cewce i na kondensatorze oraz natężenie płynącego prądu w zakresie od 400 do 800nF (interwał 20nF). Serię pomiarów przeprowadzono trzykrotnie – osobno dla obwodu z zerowym oporem zewnętrznym, dla oporu z włączonym oporem $R_1 = 226\Omega$ oraz dla obwodu z włączonym oporem $R_1 = 603\Omega$. Wyniki zebrano w tabeli (zaparafowana tabela dołączona w aneksie):

TABELA 1: WYNIKI POMIARÓW

C [nF]	U_L [V]			U_C [V]			I [mA]		
	$R_z=R_0$	$R_z=R_1$	$R_z=R_2$	$R_z=R_0$	$R_z=R_1$	$R_z=R_2$	$R_z=R_0$	$R_z=R_1$	$R_z=R_2$
400	33	32	30	46	45	42	7,00	6,50	6,25
420	40	39	35	53	51	46	8,25	8,00	7,25
440	50	47	40	63	59	51	10,25	9,50	8,25
460	64	58	47	77	69	57	13,00	11,50	9,50
480	85	71	54	97	81	62	16,50	14,00	10,75
500	113	86	60	122	94	66	21,50	16,50	12,00
520	134	97	65	139	100	68	24,50	18,25	12,75
540	137	100	66	137	100	67	25,50	19,00	13,25
560	129	97	66	123	93	64	23,75	18,50	13,00
580	114	90	64	104	83	60	21,25	17,25	12,75
600	99	83	62	87	74	56	18,75	16,00	12,25
620	87	75	59	74	65	51	16,75	14,75	11,50
640	78	69	56	64	58	47	15,25	13,50	11,00
660	70	63	53	57	52	44	14,00	12,50	10,50
680	64	59	50	51	47	40	12,75	11,75	10,00
700	59	55	48	46	43	37	11,75	11,00	9,50
720	55	52	46	42	39	35	11,00	10,25	9,00
740	52	49	44	38	36	33	10,50	9,75	8,75
760	49	46	42	35	34	31	10,00	9,25	8,25
780	46	44	40	33	31	29	9,50	8,75	8,00
800	44	42	39	31	29	27	9,00	8,50	7,75

źródło: badanie i obliczenia własne

Wyniki pomiarów potwierdzają założenia teoretyczne, zgodnie z którymi napięcie maksymalne na kondensatorze występuje tuż przed, a napięcie maksymalne tuż po rezonansie. Zależności napięcia na kondensatorze i cewce oraz natężenia prądu od pojemności kondensatora przedstawiono graficznie na wykresach 1-3. Z tabeli odczytano, że rezonans następował dla $C = 540\text{nF}$. Dla takiej pojemności maksymalne wartości $U_{L\text{MAX}} = U_{C\text{MAX}}$ oraz I_{MAX} wyniosły odpowiednio 137 V oraz 25,5 mA.

Indukcyjność obwodu wyniosła:

$$L = \frac{U_{L\text{REZ}}}{\omega * I_{\text{REZ}}} = \frac{U_{L\text{REZ}}}{2\pi f * I_{\text{REZ}}} = \frac{137}{2\pi * 50 * 25,5 * 10^{-3}} \approx 17,10135467 [H]$$

Dobroci obwodów Q (gdzie Q_0 to dobroć obwodu bez dołączonego opornika, Q_{R226} to dobroć obwodu z dołączonym opornikiem 226Ω a Q_{R603} to dobroć obwodu z włączonym opornikiem 603Ω) wyniosły:

$$Q_0 \approx 9,013157895$$

$$Q_{R226} \approx 6,578947368$$

$$Q_{R603} \approx 4,342105263$$

Rachunek niepewności

Pomiar w każdej konfiguracji pojemności / oporu odbywał się jeden raz, dlatego też niepewności pomiarowe U i I przyjęto na poziomach niepewności typu B, wynikających wprost z zastosowanych podziałek:

$$u(U_L) = u(U_C) = u(U_{L\text{REZ}}) = u(U_{C\text{REZ}}) = \frac{2}{\sqrt{3}} \approx 1,154701[V] u(I) = u(I_{\text{REZ}}) = \frac{0,5}{\sqrt{3}} \approx 0,288675 [mA]$$

Napięcie zasilające było podane ze znaną tolerancją:

$$U = 15,20 \pm 0,05 V, \quad u(U) = 0,05 [V]$$

Niepewności wyznaczenia indukcyjności L oraz dobroci obwodu Q obliczono jako niepewności złożone:

$$\begin{aligned} u(L) &= \sqrt{\left[\frac{\partial L}{\partial U_{L\text{REZ}}} * u(U_{L\text{REZ}})\right]^2 + \left[\frac{\partial L}{\partial I_{\text{REZ}}} * u(I_{\text{REZ}})\right]^2} = \sqrt{\left[\frac{u(U_{L\text{REZ}})}{\omega I_{\text{REZ}}}\right]^2 + \left[\frac{-u(I_{\text{REZ}}) * U_{L\text{REZ}}}{\omega I_{\text{REZ}}^2}\right]^2} \\ &= \sqrt{L^2 * \left[\frac{u(U_{L\text{REZ}})}{U_{L\text{REZ}}}\right]^2 + L^2 * \left[\frac{-u(I_{\text{REZ}})}{I_{\text{REZ}}}\right]^2} = L \sqrt{\left[\frac{u(U_{L\text{REZ}})}{U_{L\text{REZ}}}\right]^2 + \left[\frac{-u(I_{\text{REZ}})}{I_{\text{REZ}}}\right]^2} \\ u(Q) &= \sqrt{\left[\frac{\partial Q}{\partial U_{L\text{REZ}}} * u(U_{L\text{REZ}})\right]^2 + \left[\frac{\partial Q}{\partial U} * u(U)\right]^2} = \sqrt{\left[\frac{u(U_{L\text{REZ}})}{U}\right]^2 + \left[\frac{-u(U) * U_{L\text{REZ}}}{U^2}\right]^2} \\ &= \sqrt{\left[\frac{u(U_{L\text{REZ}})}{U_{L\text{REZ}}} * \frac{U_{L\text{REZ}}}{U}\right]^2 + \left[\frac{-u(U)}{U} * \frac{U_{L\text{REZ}}}{U}\right]^2} = \frac{U_{L\text{REZ}}}{U} \sqrt{\left[\frac{u(U_{L\text{REZ}})}{U_{L\text{REZ}}}\right]^2 + \left[\frac{-u(U)}{U}\right]^2} \\ &= Q \sqrt{\left[\frac{u(U_{L\text{REZ}})}{U_{L\text{REZ}}}\right]^2 + \left[\frac{-u(U)}{U}\right]^2} \end{aligned}$$

$$u(L) \approx 0,243635223 [H]$$

$$u(Q_0) \approx 0,081706152$$

$$u(Q_{R226}) \approx 0,078989564$$

$$u(Q_{R603}) \approx 0,077298237$$

Ostatecznie, otrzymano następujące wyniki:

$$L = 17,35 \pm 0,24 [H]$$

$$Q_0 = 9,144 \pm 0,082$$

$$Q_{R226} = 6,579 \pm 0,079$$

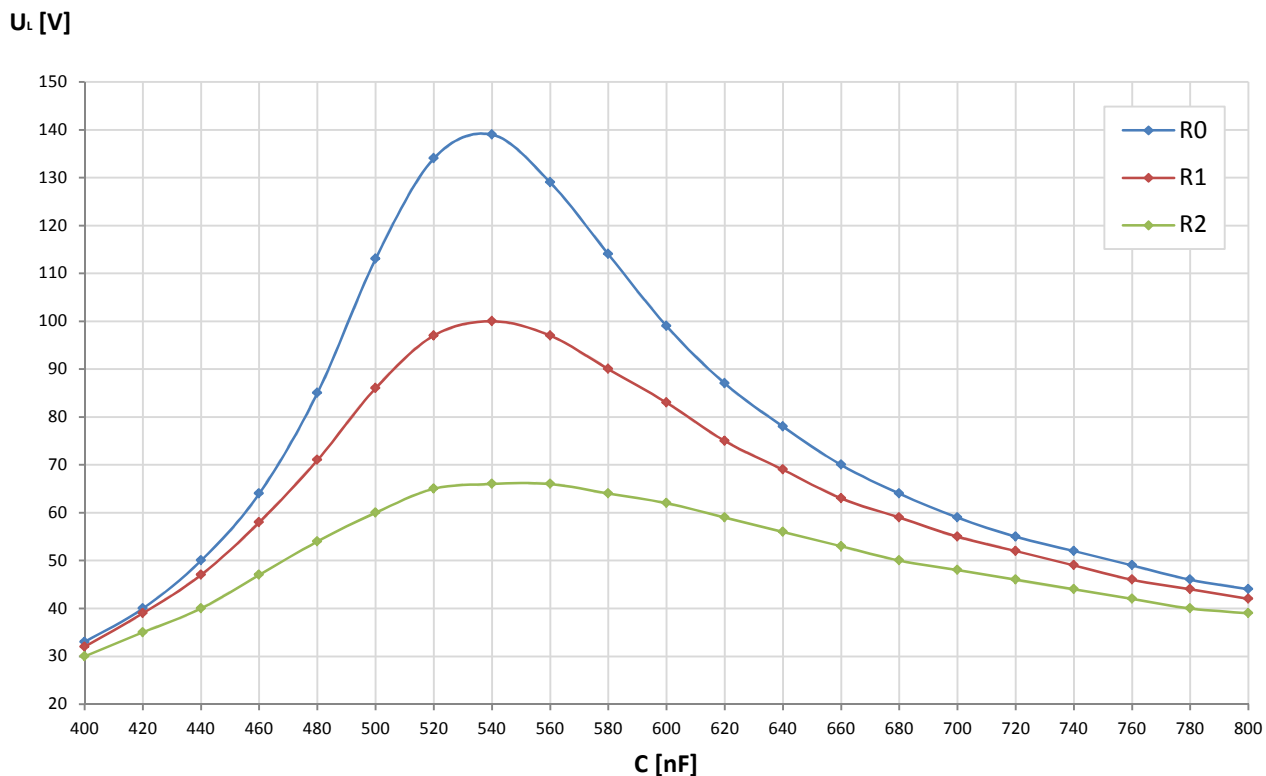
$$Q_{R603} = 4,342 \pm 0,077$$

Wyniki i interpretacja:

W ćwiczeniu wyznaczono indukcyjność obwodu – wyniosła ona $17,35 \pm 0,24$ H. Stwierdzono, że rezonans zachodzi dla pojemności 540 nF – wówczas napięcia na cewce i kondensatorze były sobie równe. Następnie wyznaczono dobroci obwodów z zerowym oporem zewnętrznym, oraz z włączonymi oporami zewnętrznymi 226Ω i 603Ω , i wyniosły one odpowiednio $9,144 \pm 0,082$, $6,579 \pm 0,079$ oraz $4,342 \pm 0,077$. Przedstawiono graficznie zależności napięcia na cewce i kondensatorze oraz natężenia prądu dla różnych pojemności dla trzech różnych dobroci układów. Graficzna postać tych krzywych potwierdza istnienie rezonansu w obwodzie dla pojemności 540 nF . Zarówno z tabeli jak i wykresu wynika, że maksymalne napięcie U_L wystąpiło tuż po rezonansie, a maksymalne napięcie U_C tuż przed nim. Kształt wyznaczonych empirycznie krzywych odpowiadał teoretycznej charakterystyce częstotliwościowej.

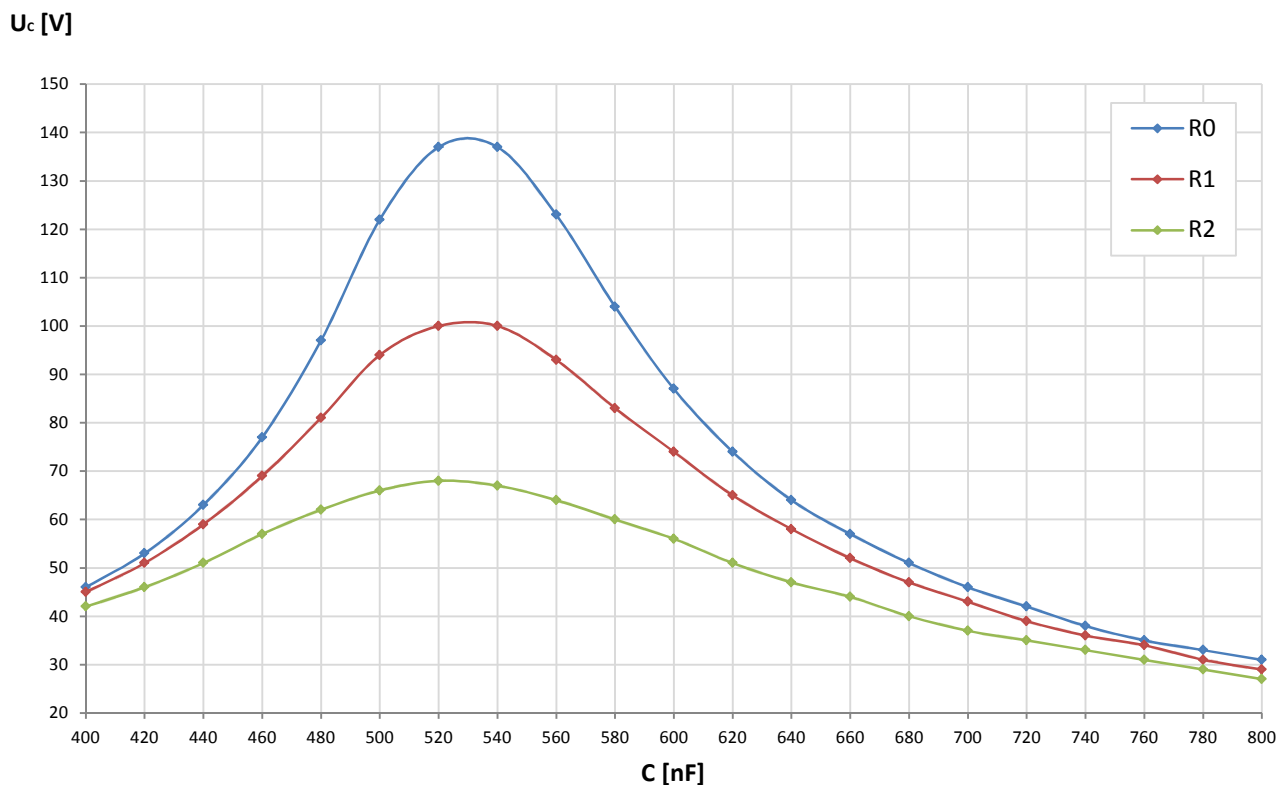
Jedynym źródłem niepewności w pomiarze były niepewności typu B używanych przyrządów. Były one stosunkowo nieduże - niepewności względne dla czterech badanych wartości oscylowały wokół jednego procenta. Pojemność, przy której zachodził rezonans wyznaczono z dokładnością do 20 nF , gdyż taki był interwał pojemności, ustawianych na dekadzie – z tego względu wyznaczone wartości napięcia i natężenia mogą minimalnie różnić się od rzeczywistych. Graficznie można zidentyfikować, że pojemność rezonansowa zawarta była w przedziale od 520 do 540 nF . W takim zakresie należało by wykonać kilka dodatkowych pomiarów, by znaleźć bardziej dokładne wartości napięć U_{REZ} i I_{REZ} .

WYKRES 1: ZALEŻNOŚĆ NAPIĘCIA NA CEWCE OD POJEMNOŚCI KONDENSATORA (DLA RÓŻNYCH OPORNOŚCI W OBWODZIE)



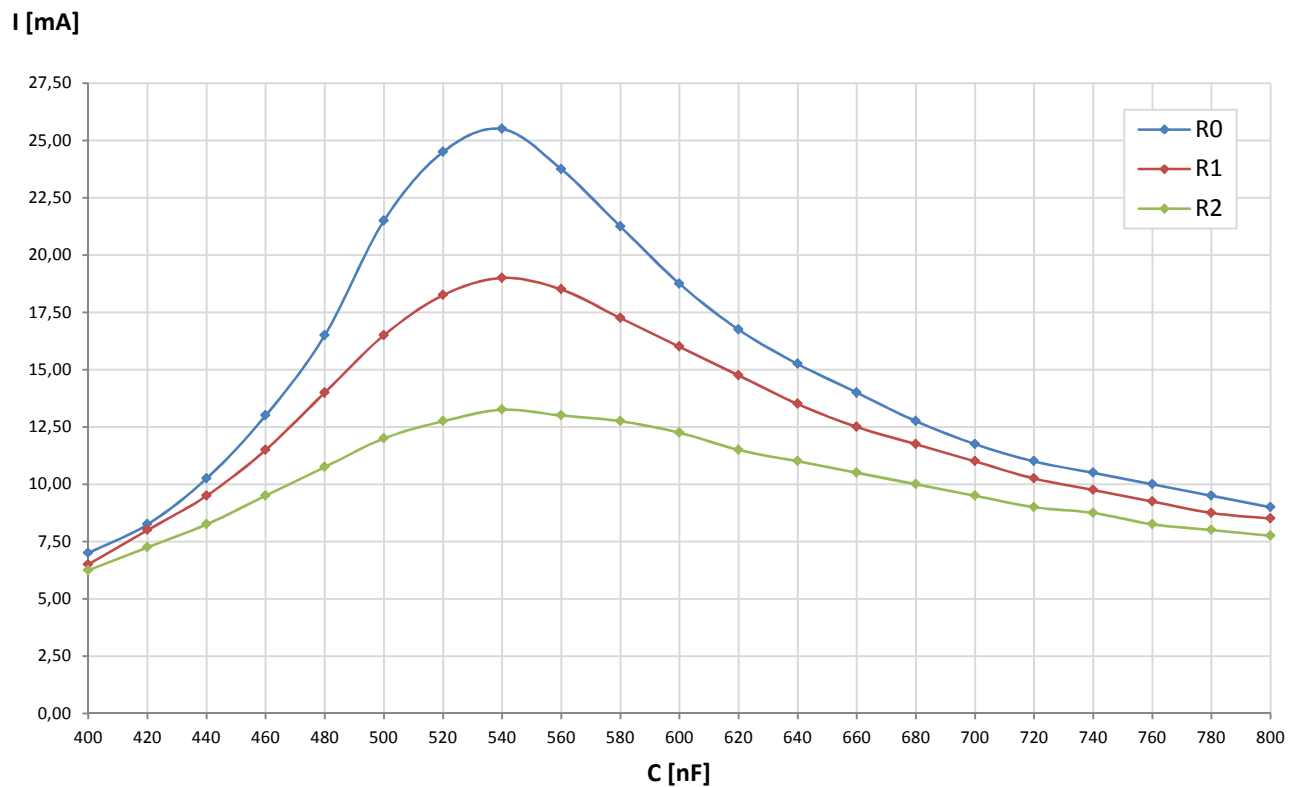
źródło: badanie i obliczenia własne

WYKRES 2: ZALEŻNOŚĆ NAPIĘCIA NA KONDENSATORZE OD POJEMNOŚCI KONDENSATORA (DLA RÓŻNYCH OPORNOŚCI W OBWODZIE)



źródło: badanie i obliczenia własne

WYKRES 3: ZALEŻNOŚĆ NATĘŻENIA W OBWODZIE OD POJEMNOŚCI KONDENSATORA (DLA RÓŻNYCH OPORNOŚCI W OBWODZIE)



źródło: badanie i obliczenia własne