

UNIVERZA V LJUBLJANI

FAKULTETA ZA MATEMATIKO IN FIZIKO

Poročilo

Vaja 43 - Vsiljeno nihanje nihajnega kroga

Luka Orlić

2. april 2023

Kazalo

1	Teoretični uvod	2
2	Naloga	3
3	Potrebščine	3
4	Skica	3
5	Meritve	4
5.1	Metodologija	5
6	Obdelava meritev	5
6.1	Lissajoujeve figure	5
7	Analiza rezultatov	5

1 Teoretični uvod

Električno nihanje v nihajnem krogu spominja na nihanje nihala na polžasto. Napetost ustreza odmiku in tok hitrosti uteži. Električna energija kondenzatorja ustreza prožnostni energiji vzmeti in magnetna energija tuljave kinetični energiji uteži. Podobno kot pri mehničnem nihalu tudi nihanje nihajnega kroga izzveni po dovolj dolgem času, če ga samo enkrat vzbudimo in nato prepustimo samemu sebi. Če pa v njem stalno vzbujamo sinusno nihanje, lahko opažujemo vsiljeno nihanje. Nihajni krog v ta namen induktivno sklopimo z oscilatorjem in spreminjamo bodisi frekvenco vsiljene sinusne napetosti ali pa lastno frekvenco nihajnega kroga. Z osciloskopom lahko izmerimo amplitudo inducirane napetosti in fazno razliko med napetostjo na kondenzatorju nihajnega kroga in napetostjo oscilatorja. Lissajoujeve figure dobimo, če odklanjamo elektronski curek v navpični smeri z napetostjo v nihajnem krogu in v vodoravni smeri z napetostjo na vmesni tuljavi.

Pri enačbi (1) bomo vzeli vrednosti ω_0 in C pri resonanci, kajti frekvenca je enaka frekvenci vzbujanja (600 kHz).

$$\begin{aligned}\omega_0^2 &= \frac{1}{LC} \\ L &= \frac{1}{\omega_0^2 \cdot C}\end{aligned}\tag{1}$$

$$\nu_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}\tag{2}$$

Dokler bi lahko risali graf ν/ν_0 , lahko ugotovimo, da je to razmerje enostavno enako razmerju C/C_r , kjer je C poljubna kapaciteta kondenzatorja, ter C_r kapaciteta kondenzatorja v resonanci. Potemtakem bomo podali za vsak graf tudi ν_0 . Opomba: U_i je napetost pri največji lastni frekvenci nihajnega kroga, to je pri najmanjši kapaciteti kondenzatorja.

2 Naloga

- i.) Z osciloskopom opazuj vzbujeno nihanje v nihajnem krogu, ki je induktivno vezan z oscilatorjem. Določi resonančno krivuljo pri različnih stopnjah dušenja (uporabi osciloskop kot voltmeter).
- ii.) Opazuj z osciloskopom Lissajoujeve figure in oceni fazne razlike medinducirano napetostjo in vzbujeno napetostjo.

3 Potrebščine

- Osciloskop
- Oscilator ($\nu = 600kHz$)
- resonančni krog
- umeritvena krivulja za vrtljivi kondenzator
- Upori $5\ \Omega$, $10\ \Omega$, $15\ \Omega$

4 Skica

Skice ni.

5 Meritve

Upor : 0Ω		
št. Raz- delkov	C [pF]	U [mV]
130	380	130
140	445	210
150	510	560
153	531	1100
155	545	2800
156	552	4000
156.2	553.4	4100
157	559	2500
160	580	780
165	615	340
170	650	240
180	710	135
Upor : 5Ω		
št. Raz- delkov	C [pF]	U [mV]
130	380	125
140	445	200
150	510	500
153	531	830
155	545	1250
156.5	555.5	1420
158	566	1150
160	580	720
165	615	340
170	650	230
180	710	130
Upor : 15Ω		
št. Raz- delkov	C [pF]	U [mV]
130	380	125
140	445	190
150	510	420
153	531	560
155	545	630
156.3	554.1	650
158	566	590
160	580	500
165	615	300
170	650	210
180	710	130

5.1 Metodologija

Meritve smo odčitali z osciloskopa, nato smo s pomočjo umeritvene tabele vrtljivega kondenzatorja vrednosti razdelkov spremenili v kapaciteto. Za vrednosti, ki niso zapisani v tabeli, smo privzeli, da se med vrednostima rezdelkov in kapacitete, kondenzator obnaša linearno.

6 Obdelava meritev

S pomočjo enačbe (1) dobimo da je $L = 5 \cdot 10^{-3} H$, ter da je $\nu \approx 95 kHz$ s pomočjo enačbe (2). Grafe smo narisali $U/U_i (C/C_r)$.

6.1 Lissajoujeve figure

Fazni zamik v Lissajoujevi figuri računamo z razmerjem dolžine, od spodnjega presečišča Y-osi do zgornjega presečišča Y-osi (dolžina B), z dolžino od točke z najmanjšo Y-vrednostjo do točke z največjo Y-vrednostjo (dolžina A). Za to razmerje označeno z R , velja:

$$\sin(\delta) = R = \frac{B}{A}$$
$$\delta = \arcsin B/A = \arcsin R \quad (3)$$

To zelo elegantno lahko prikažemo s Sliko 5.

Elipsa je pri $\pi/2$, ko so velika in mala os elipse vzporedne s koordinatnima osema in ima pozitivno matematično rotacijo, če je rotacija matematično negativna, velja da je fazni zamik $3\pi/2$

Ko je ostri kot dosegljiv z pozitivno matematično smerjo, govorimo, da je $-90 \text{ deg} < \delta < 90 \text{ deg}$, ter ko je dosegljiv z negativno matematično smerjo, govorimo, da je $90 \text{ deg} < \delta < 270 \text{ deg}$

Za Sliko 6 lahko pokažmo, da je:

$$B = 2.4A = 4.35\delta \approx 123 \text{ deg} \quad (4)$$

Za Sliko 7 lahko pokažmo, da je:

$$B = A\delta \approx 90 \text{ deg} \quad (5)$$

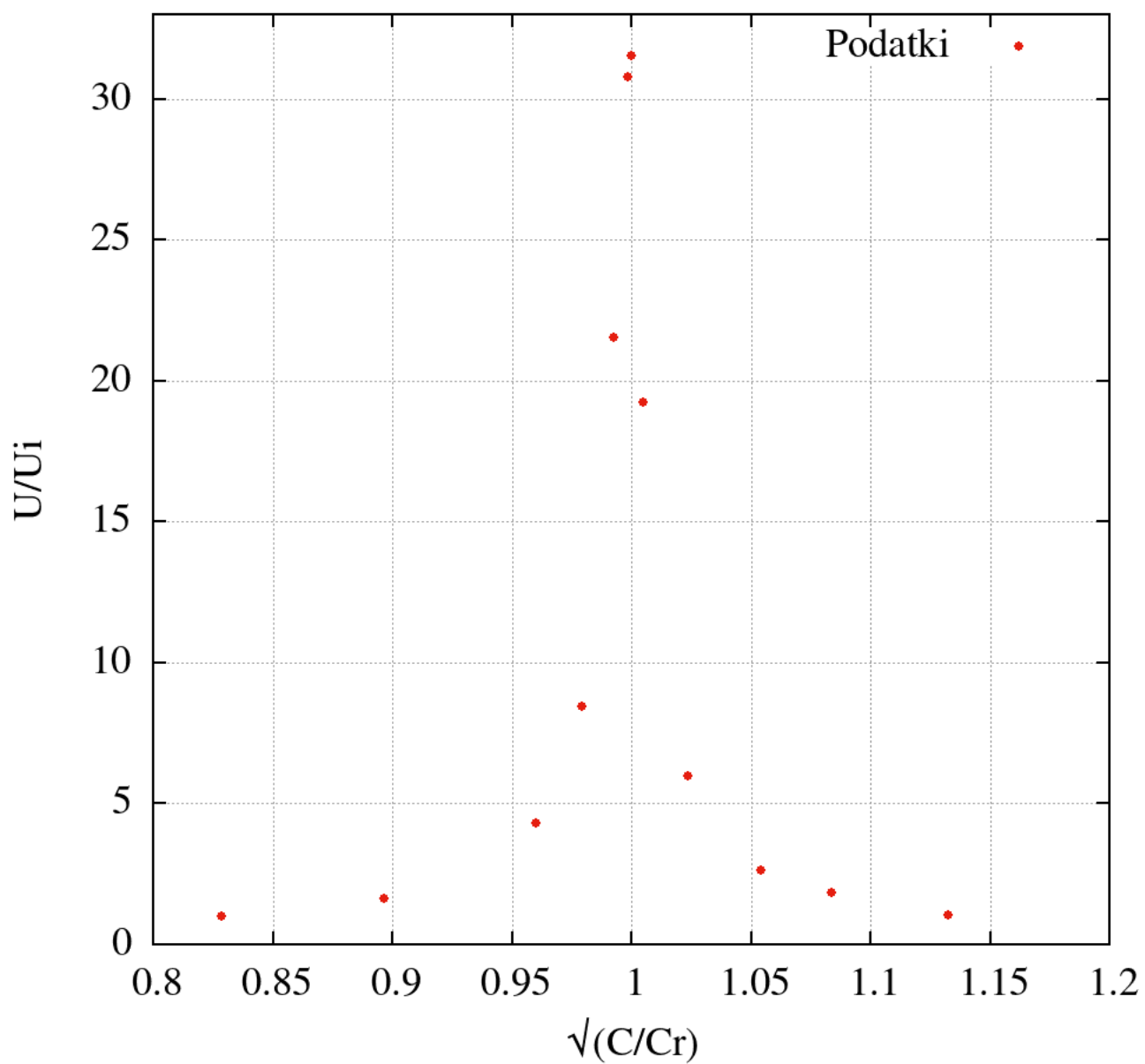
Za Sliko ?? lahko pokažmo, da je:

$$B = 0.6A = 4.3\delta \approx 8 \text{ deg} \quad (6)$$

7 Analiza rezultatov

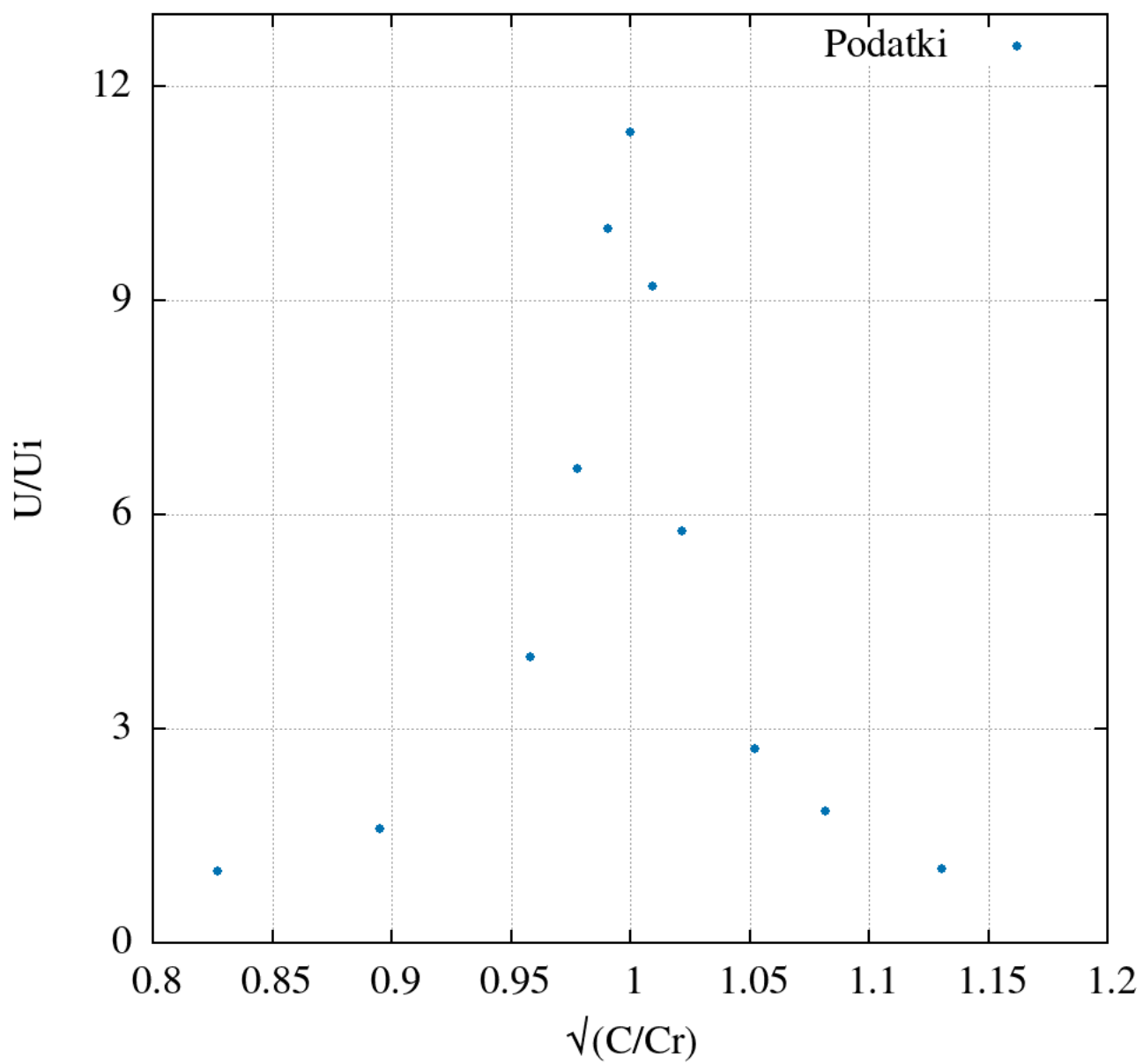
Na slikah (1), (2) in (3), lahko vidimo izmerjene točke na resonančni krivulji. Ti nam povejo, kje je resonanca, ter kolikšno je razmerje resonančne napetosti v primerjavi z inicialno napetostjo. Iz slike (4), je razvidno, da se to razmerje manjša z večjim uporom, torej je obratno sorazmerno.

Resonančna krivulja pri 5 Ohmov



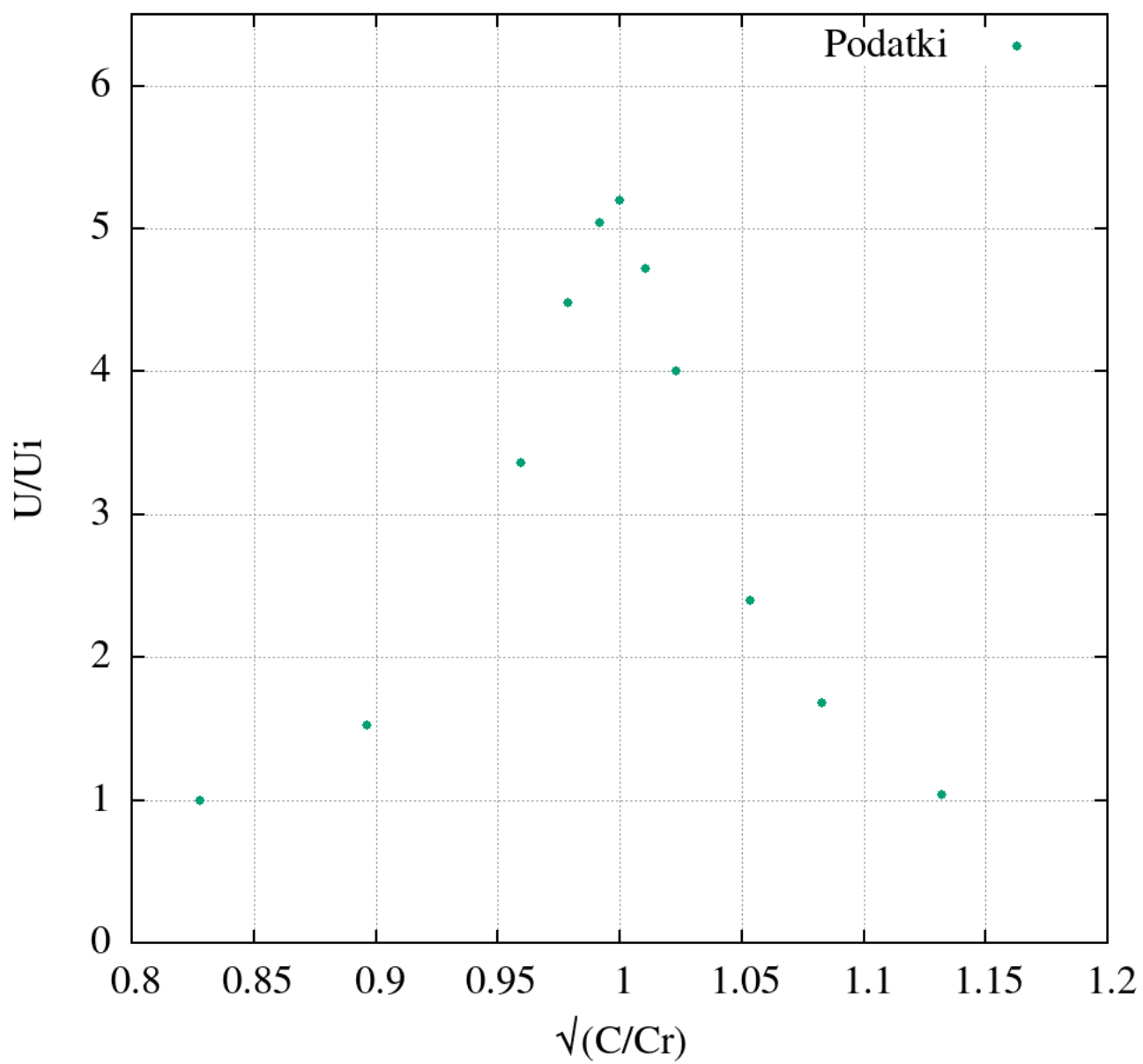
Slika 1: Resonančna krivulja pri 0 Ohmov

Resonančna krivulja pri 5 Ohmov



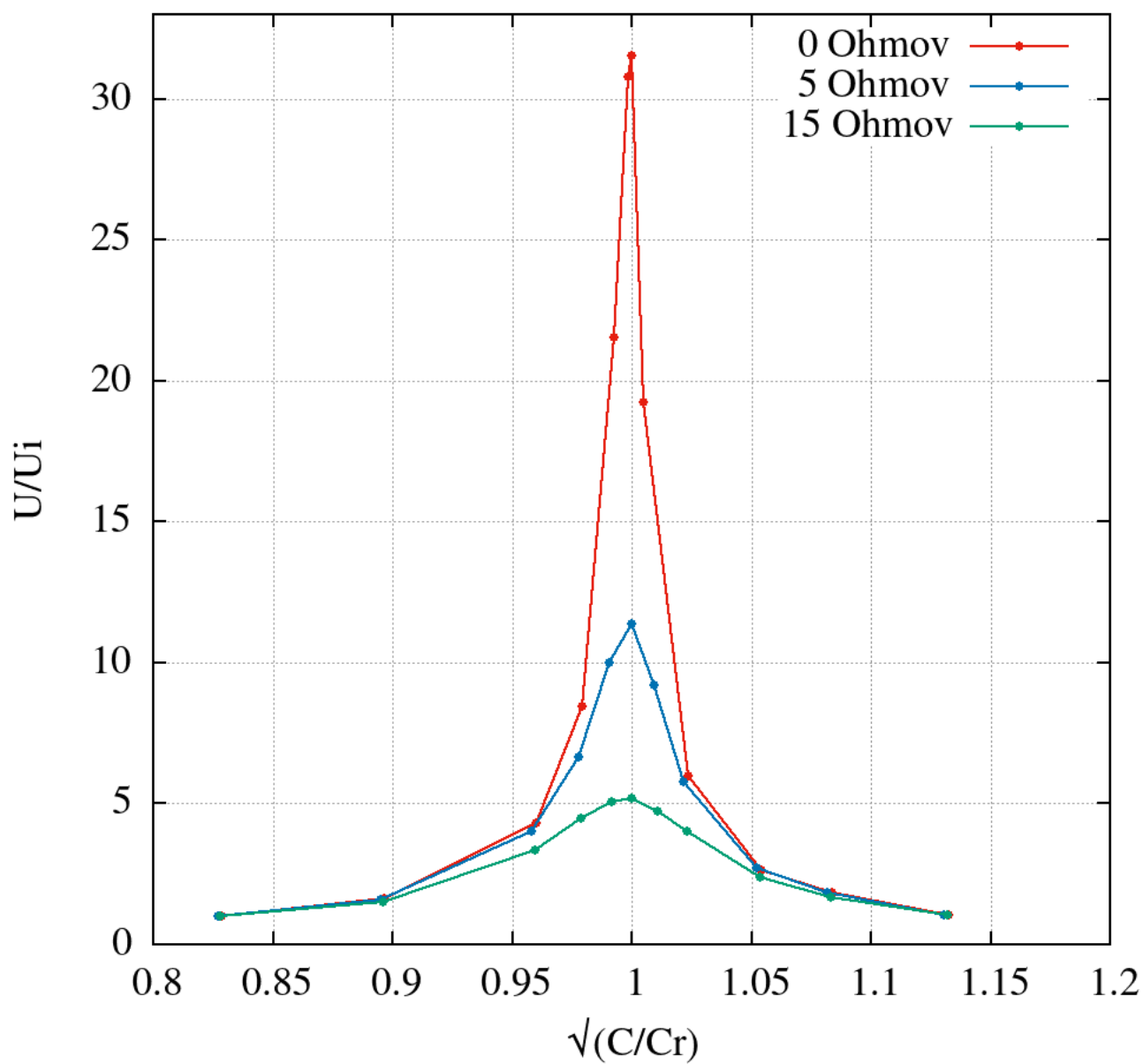
Slika 2: Resonančna krivulja pri 5 Ohmov

Resonančna krivulja pri 15 Ohmov

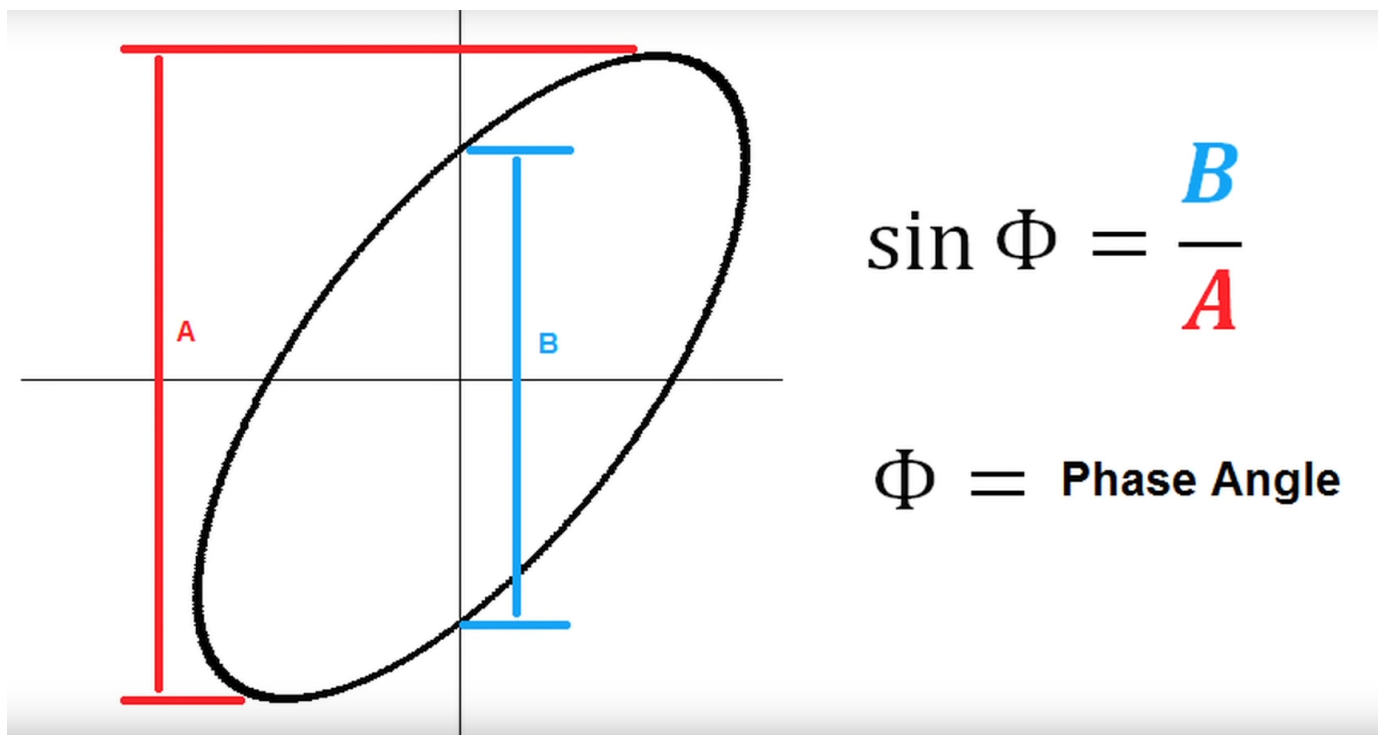


Slika 3: Resonančna krivulja pri 15 Ohmov

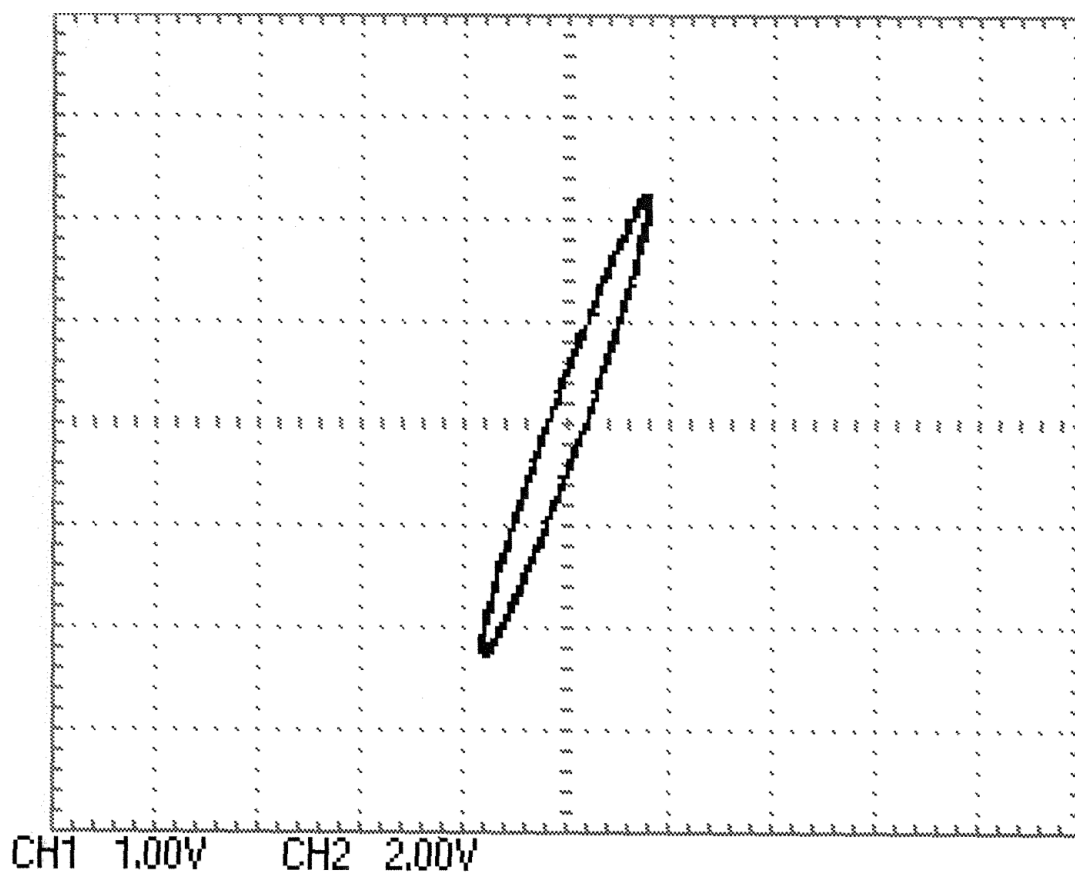
Resonančne krivulje primerjano med sabo



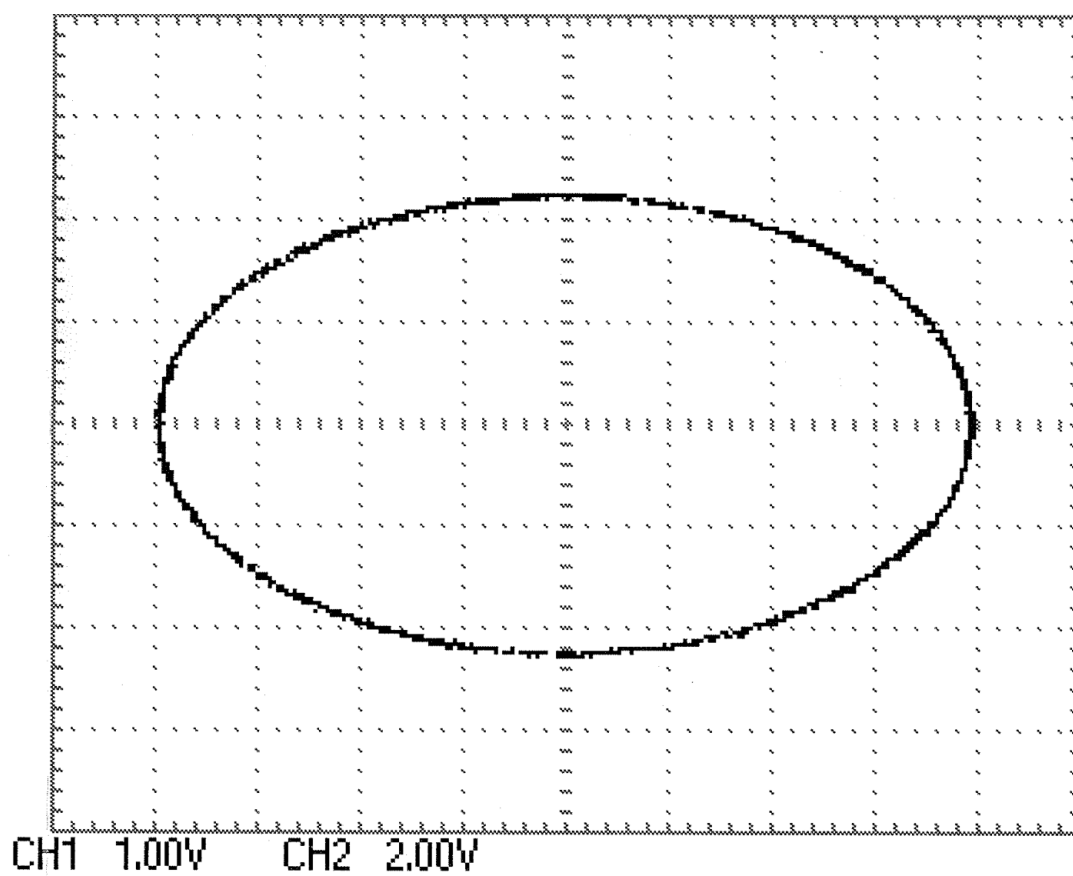
Slika 4: Resonančna krivulja - primerjalno



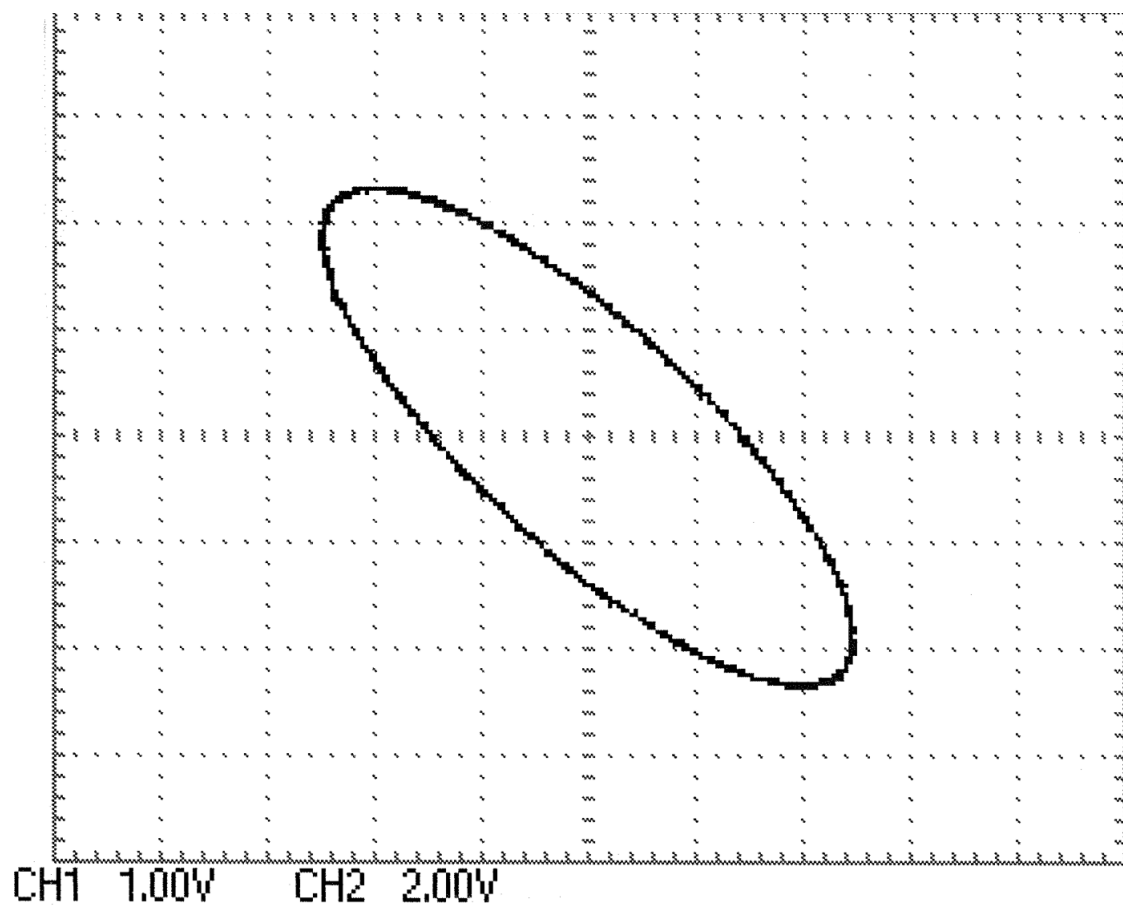
Slika 5: Skica računanja faznega zamika



Slika 6: Lissajoujeva figura pri $C = 545 \text{ pF}$



Slika 7: Lissajoujeva figura pri $C = 553.4\text{ pF}$



Slika 8: Lissajoujeva figura pri $C = 580\text{ pF}$