

# Sklopljeni nihajni krog

By

Matic Tonin

ID No. (28181098)

Mentor

(Rok Dolenc)

---

Pod okvirom:

FAKULTETE ZA FIZIKO IN MATEMATIKO, LJUBLJANA

22. 3. 2020

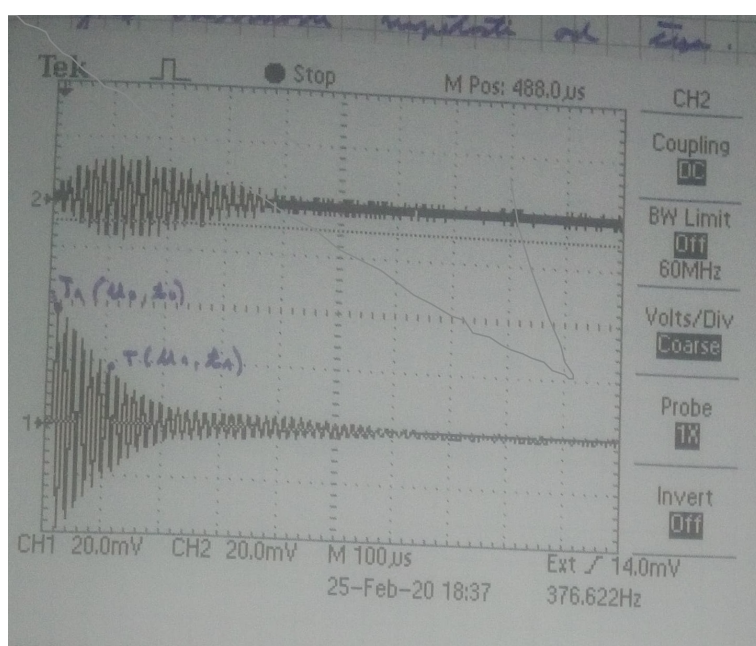
# 1 Naloga

1. Izmeri časovni potek napetosti na obeh krogih pri vzbujanju s stopnicastim signalom za vse različne sklopitve  $C_0[\text{pF}] = 0, 150, 330, 560, 820, 1150$ .
2. Izmeri frekvenčno karakteristiko enega nihajnega kroga in določi  $Q$ .
3. Izmeri frekvenčno karakteristiko sklopljenih nihajnih krogov z meritvijo odziva drugega kroga za vsak  $C_0$  in izmeri razliko lastnih krožnih frekvenc  $\Delta\omega$ .

## 2 Meritve

### 2.1 Časovni potek napetosti

$$C_0 = 0\text{pF}$$



Slika 1: Graf napetosti v odvisnosti od časa,  $C_0 = 0\text{pF}$

Za ta del vaje smo potrebovali najprej izmeriti, koliko je lastna frekvenca nihanja nihajnega kroga, ko nastavimo kapacitivnost kondenzatorja  $C_0 = 0\text{pF}$ . Za to uporabimo enačbo:

$$\underline{\underline{\omega = \frac{N}{t} = \frac{10}{150\mu s} = 0.06 \frac{1}{\mu s}}}}$$

Pri čemer je  $N$  število nihajev v časovnem intervalu  $t$ . Manjka nam samo še koeficient  $\beta$ , ki pa ga dobimo z obračunom enačb:

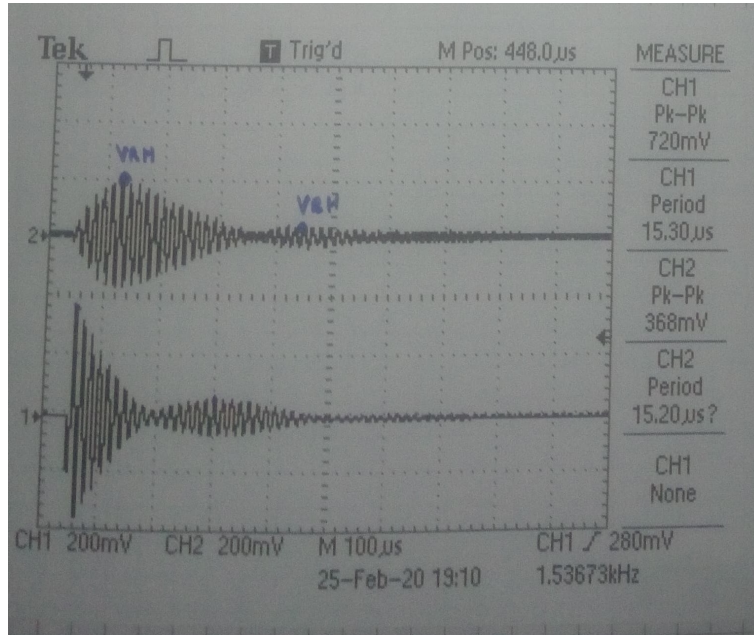
$$U_1 = U_0 e^{-\beta t} \cos(\omega t)$$

Iz česar nam sledi, da je koeficient dušenja enak kar:

$$\beta = \ln\left(\frac{U_1}{U_0}\right) \cdot t^{-1} = \underline{\underline{5500 \frac{1}{s}}}}$$

Te dve vrednosti se v poteku naše meritve ne spreminjata, saj sta to karakteristične vrednosti za naš 1. nihajni krog.

$$C_0 = 150pF$$



Slika 2: Graf napetosti v odvisnosti od časa,  $C_0 = 150pF$

Ker v tem primeru naša kapacitivnost 2 kondenzatorja ni več enaka nič, moramo uporabiti druge enačbe in sicer:

$$\cos\left(\frac{\Delta\omega_{1,2}}{2}t\right) = \frac{U_{1,2}}{U_0}e^{\beta t}$$

Reševanje tega problema si lahko rahlo poenostavimo, če merimo dva vrhova našega utripanja. Če na naši sliki izberemo zgolj maksimume v utripanju, lahko izmerimo s tem frekvenco utripanja prvega in drugega nihajnega kroga. Tako se nam enačba poenostavi v:

$$\Delta\omega_{1,2} = \arccos\left(\frac{U_{1,2}}{U_0}\right) \frac{2}{t}$$

Kjer je  $t$  perioda med dvema vrhovoma.

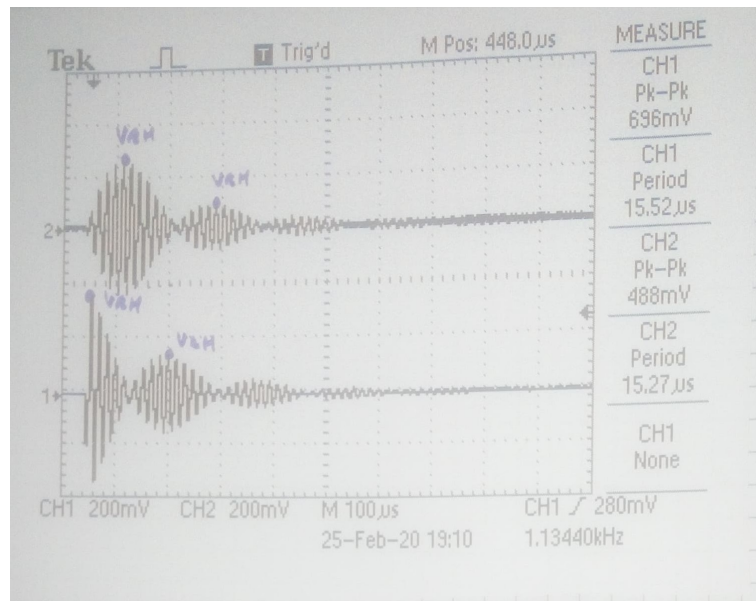
Tako lahko za naše izbrane vrednosti izračunamo, koliko je krožna frekvenca utripanja za kapacitivnost kondenzatorja z  $C_0 = 150pF$ .

Torej za moj primer je to bilo:

Nihajni krog	$U_i$	$U_0$	$t_i$	$\Delta\omega_i$
1	50	360	$320pF$	408.5 Hz
2	20	200	$320pF$	312.5 Hz

Tabela 1: Prikaz meritev pri  $C_0 = 150pF$

$$C_0 = 330pF$$



Slika 3: Graf napetosti v odvisnosti od časa,  $C_0 = 330pF$

Pri tem delu bomo uporabili podoben princip, kot pri poglavju za  $C_0 = 150pF$ . Torej bomo ponovno uporabili enačbo:

$$\Delta\omega_{1,2} = \frac{U_{1,2}}{U_0} \frac{1}{t}$$

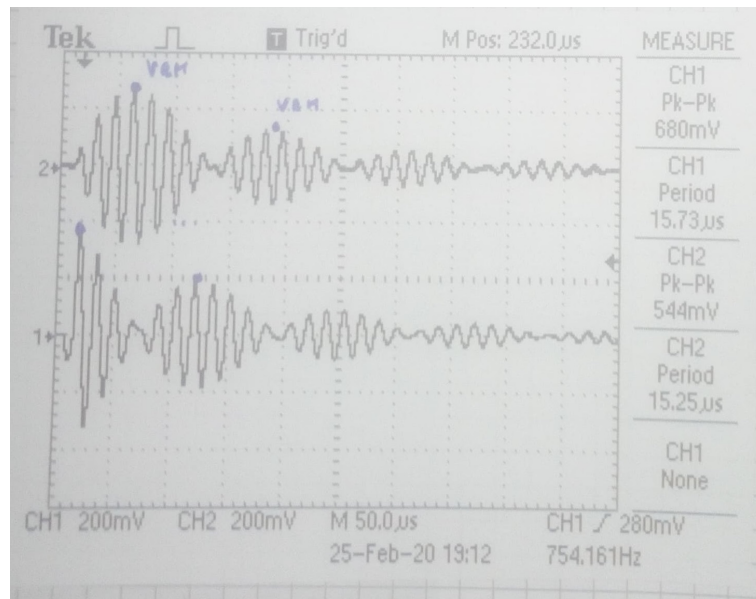
Kjer je  $t$  perioda med dvema vrhovoma.

Torej za moj primer je to bilo:

Nihajni krog	$U_i$	$U_0$	$t_i$	$\Delta\omega_i$
1	120	360	$140pF$	2380 Hz
2	80	270	$160pF$	1851 Hz

Tabela 2: Prikaz meritev pri  $C_0 = 330pF$

$$C_0 = 520pF$$



Slika 4: Graf napetosti v odvisnosti od časa,  $C_0 = 520pF$

Pri tem delu bomo uporabili podoben princip, kot pri poglavju za  $C_0 = 150pF$ . Torej bomo ponovno uporabili enačbo:

$$\Delta\omega_{1,2} = \frac{U_{1,2}}{U_0} \frac{1}{t}$$

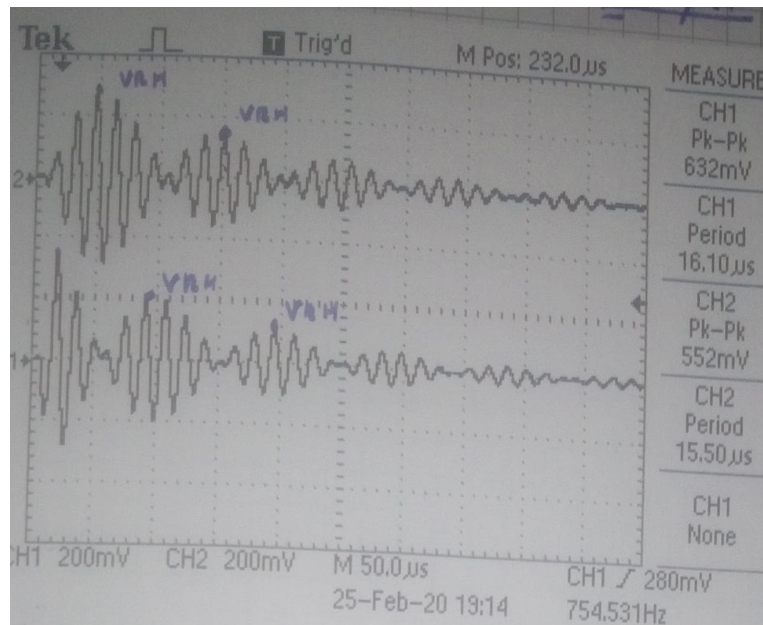
Kjer je  $t$  perioda med dvema vrhovoma.

Torej za moj primer je to bilo:

Nihajni krog	$U_i$	$U_0$	$t_i$	$\Delta\omega_i$
1	200	360	$110pF$	5050 Hz
2	120	270	$130pF$	3418 Hz

Tabela 3: Prikaz meritev pri  $C_0 = 520pF$

$$C_0 = 820pF$$



Slika 5: Graf napetosti v odvisnosti od časa,  $C_0 = 820pF$

Pri tem delu bomo uporabili podoben princip, kot pri poglavju za  $C_0 = 150pF$ . Torej bomo ponovno uporabili enačbo:

$$\Delta\omega_{1,2} = \frac{U_{1,2}}{U_0} \frac{1}{t}$$

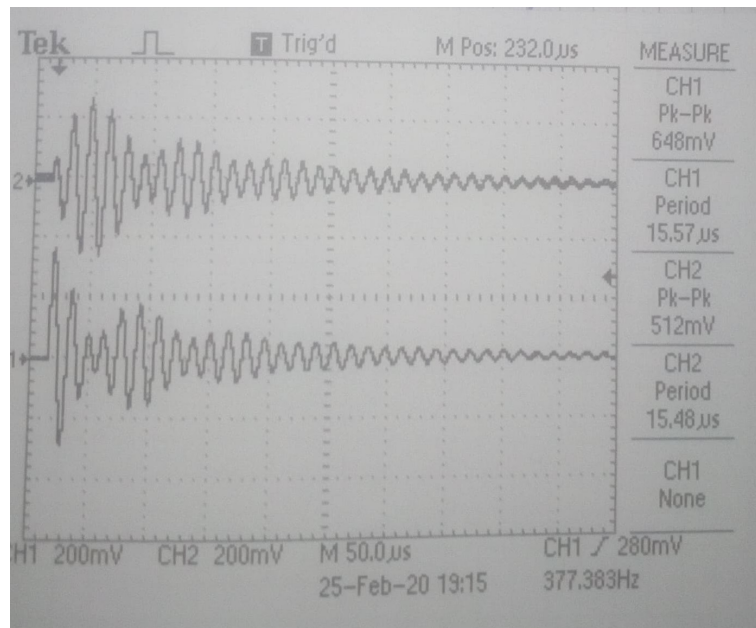
Kjer je  $t$  perioda med dvema vrhovoma.

Torej za moj primer je to bilo:

Nihajni krog	$U_i$	$U_0$	$t_i$	$\Delta\omega_i$
1	200	360	$70pF$	7936 Hz
2	160	280	$100pF$	5714 Hz

Tabela 4: Prikaz meritev pri  $C_0 = 820pF$

$$C_0 = 1100pF$$



Slika 6: Graf napetosti v odvisnosti od časa,  $C_0 = 1100pF$

Pri tem delu bomo uporabili podoben princip, kot pri poglavju za  $C_0 = 150pF$ . Torej bomo ponovno uporabili enačbo:

$$\Delta\omega_{1,2} = \frac{U_{1,2}}{U_0} \frac{1}{t}$$

Kjer je  $t$  perioda med dvema vrhovoma.

Torej za moj primer je to bilo:

Nihajni krog	$U_i$	$U_0$	$t_i$	$\Delta\omega_i$
1	200	360	$80pF$	6944 Hz
2	120	280	$70pF$	6122 Hz

Tabela 5: Prikaz meritev pri  $C_0 = 1100pF$

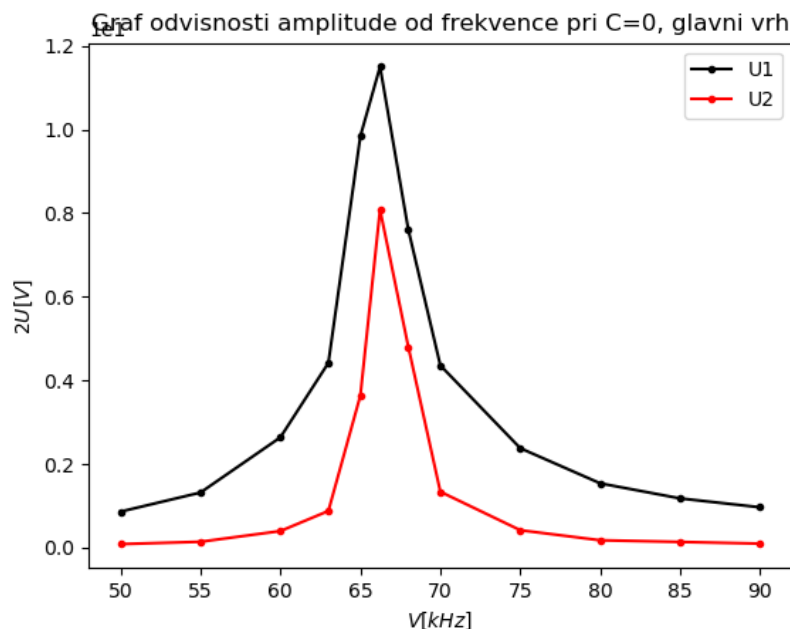
## 2.2 Frekvenčna karakteristika enega kroga

Za frekvenčno karakteristiko smo merili velikosti posameznih amplitud pri različnih vrednostih vsiljene frekvence. Z merjenjem smo začeli pri vrednosti 50kHz in nato počasi dvigali vrednosti vse do 90 Hz. Pri tem smo opazovali, kako se na našo vsiljeno frekvenco odziva en in drug nihajni krog.

$\omega$	$2U_1$	$2U_2$
50	0.864	0.088
55	1.32	0.144
60	2.64	0.40
63	4.42	0.88
65	9.84	3.64
66.23	11.5	8.08
68	7.60	4.8
70	4.36	1.34
75	2.38	0.42
80	1.54	0.18
85	1.18	0.140
90	0.968	0.1

Tabela 6: Tabela meritev odziva amplitude v odvisnosti od vsiljene frekvence

In vidimo, da se maksimum pojavi pri 66,23 Hz in sicer na krogu 1 z amplitudo 6.25V na 2 pa z amplitudo 4.04V.



Slika 7: Graf napetosti v odvisnosti od vsiljene frekvence,  $C_0 = 0pF$



Sedaj nas zanima še, koliko je  $Q$ .

$Q$  smo definirali kot

$$Q = \frac{\omega_0}{\Delta\omega}$$

kjer je  $\Delta\omega$  podana kot širina resonančnega odziva  $2\beta$ , ko merimo med točkama, kjer pade napetost za faktor  $\sqrt{\frac{1}{2}} = 0,70$  od maksimalne vrednosti. Kako smo to izvedli na naši meritvi.

Najprej smo pogledali, koliko sta maksimuma meritve, ju pomnožili z našim faktorjem  $\sqrt{\frac{1}{2}} = 0,70$  in poiskali, na kateri frekvenci se je pojavila ta številka:

Nihajni krog	$U_{max}[V]$	$\sqrt{\frac{1}{2}}U_{max}[V]$	$\omega_i$ [kHz]
1	6.25	4.41	64.67
2	4.04	2.87	65.31

Tabela 7: Prikaz meritev maksimalne frekvence in odmika v nihajnem krogu.

Iz naše tabele pa lahko razberemo, da je  $\Delta\omega = 0.64kHz$

Torej lahko zapišemo, da je koeficient  $\Delta\omega$  kar enak:

$$\frac{\Delta\omega}{2} = \beta = 0.35kHz$$

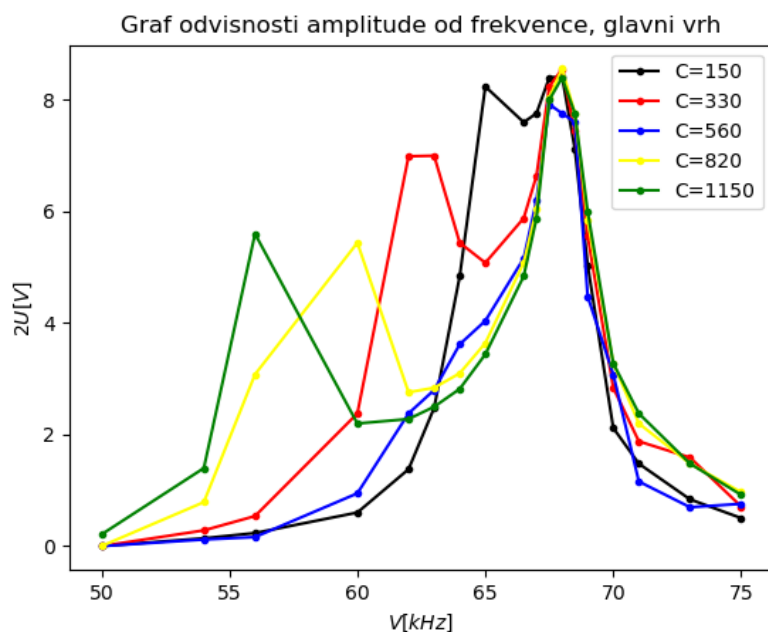
S tem smo dobili vse potrebno za izračun našega  $Q$

$$\underline{\underline{Q}} = \frac{\omega_0}{\Delta\omega} = \frac{60000}{350} = \underline{\underline{171.42}}$$

## 2.3 Frekvenčna karakteristika sklopljenih krogov z meritvijo odziva

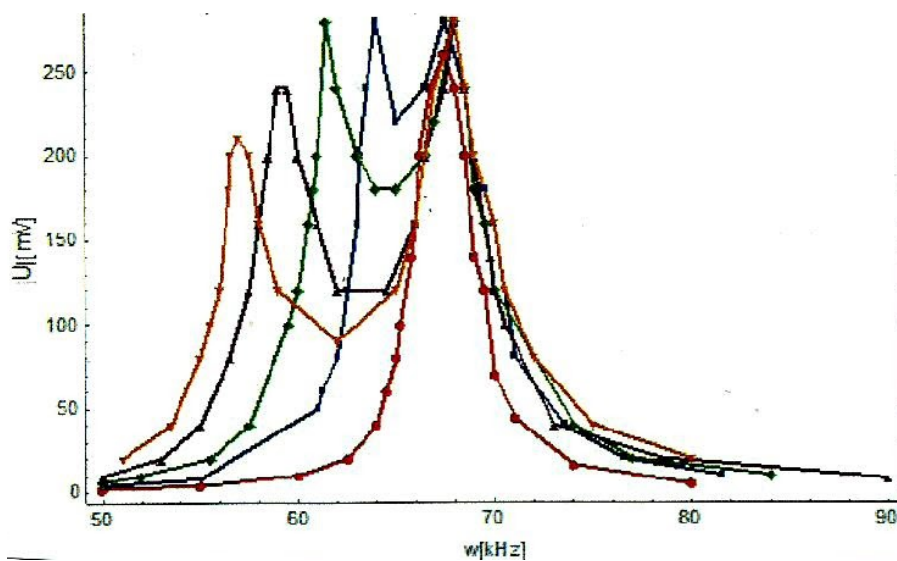
Pri tem delu vaje mo osciloskop prekllopili tako, da je kazal sklopitev obeh valov na enkrat in nato merili, kakšen je odziv amplitude sklopljenega kroga od vsiljene frekvence pri vseh kapacitivnosti. Te meritve smo nato nanizali na skupen graf in videli, kaj se dogaja.

Na žalost, zaradi pomanjkanja časa ob koncu vaje, moje meritve ob prvih vrhovih niso bile idealne in se zato ne vidi popolno, kako bi se morali počasi vrhovi z višanjem kapacitivnosti nižati.



Slika 8: Graf karakteristike sklopljenih krogov, narejen graf

Kako točno bi morale zgledati pa nam pokaže naslednja slika.



Slika 9: Graf karakteristike sklopljenih krogov, pravilen graf, avtor Anonimen

Meritve, ki sem jih izmeril bom poslal v dodatni datoteki.

## 3 Napake

### 3.1 Časovni potek napetosti

Pri tem delu se je pojavljala napaka večinsko zaradi odčitavanja podatkov iz meritev in to napako ocenjujem, da je:

$$\Delta U = 5mV \quad \text{in} \quad \Delta t = 10\mu s$$

Tako so napake meritev:

$C_0$ [pF]	$\delta U_1$	$\delta U_2$	$U_0$	$\delta t$	Skupna relativna napaka 1.	Skupna relativna napaka 2.
150	0.1	0.25	0.138	0.06225	0.38125	0.270
330	0.04	0.0625	0.138	0.03125	0.21	0.231
520	0.05	0.0833	0.138	0.077	0.258	0.2913
520	0.05	0.0833	0.138	0.077	0.258	0.2913
820	0.05	0.0833	0.138	0.1	0.288	0.3213
1120	0.05	0.0833	0.138	0.1	0.258	0.2913

Tabela 8: Prikaz napak pri meritvi vseh frekvenc

### 3.2 Frekvenčna karakteristika enega kroga

V tem delu so se napake pojavile predvsem pri odčitavanju iz naprave ali pa zaradi napačnih nastavitev na napravi. To se naprimer dobro vidi na grafu karakteristike, kjer se bi morali dobiti resonančno funkcijo, ampak se moje vrednosti ne ujemajo popolnoma. Natančnost te meritve bi lahko izboljšali z povečanjem števila meritev na območju, kjer je to najbolj potrebno, na našem primeru v intervalu [62 kHz, 70 kHz], da bi se bolje videlo kako poteka vzpenjanje krivulje do vrha.

### 3.3 Frekvenčna karakteristika sklopljenih krogov z meritvijo odziva

Enak komentar kot pri prejšnjem poglavju bi lahko uporabili tudi tu. Več meritev na intervalih prvega vrha bi nam pomagale boljše določiti, kako se sklopljeno nihalo odziva na vsiljeno nihanje.

## 4 Rezultati

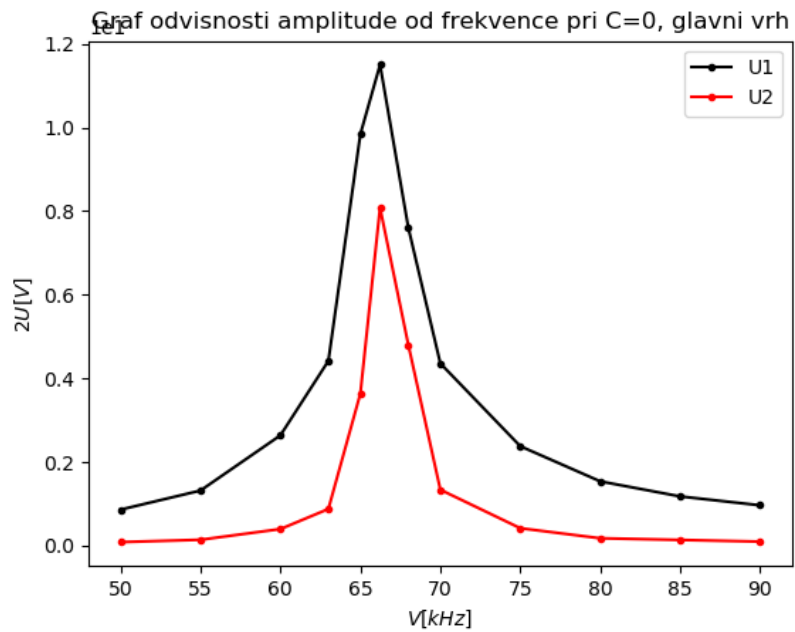
### 4.1 Časovni potek napetosti

$C_0$ [pF]	$\Delta\omega_1$ [Hz]	$\Delta\omega_2$ [Hz]
150	408.5	312.5
330	2380	1851
520	5050	3418
820	7936	5714
1120	6944	6122

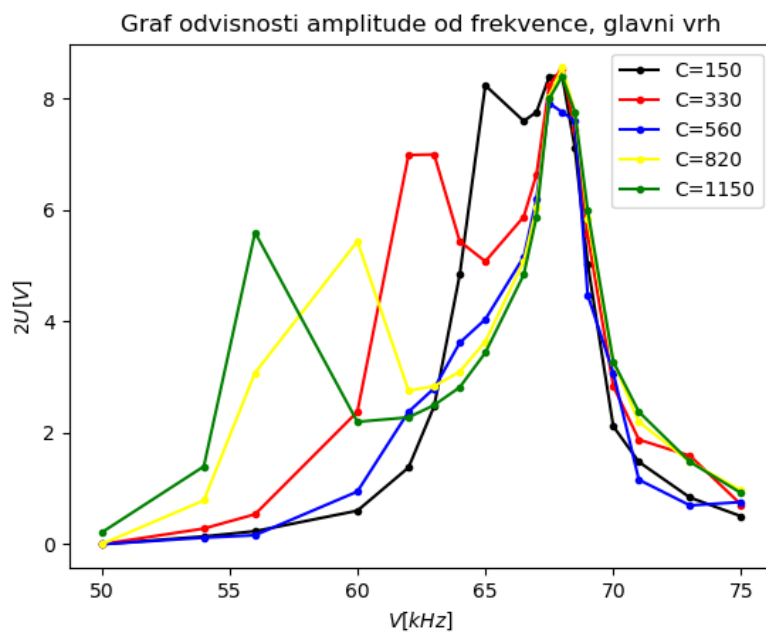
Tabela 9: Prikaz napak pri meritvi vseh frekvenc

### 4.2 Frekvenčna karakteristika enega kroga

### 4.3 Frekvenčna karakteristika sklopljenih krogov z meritvijo odziva



Slika 10: Graf napetosti v odvisnosti od vsiljene frekvence,  $C_0 = 0pF$



Slika 11: Graf karakteristike sklopljenih krogov, narejen graf