

Sklopljena nihajna kroga

Sara Lisjak Tavčar

Fizikalni praktikum 4: 8/12

1 Uvod

Pri vaji obravnavamo dva enaka sklopljena nihajna kroga, ki ju povežemo z kapacitivnostjo C_0 . Sistem ima vdno enako število lastnih nihanj, kot je število sklopljenih oscilatorjev v njem.

Idealni električni nihajni krog sestavljata kondenzator (ki ne prevaja električnega toka) in tuljava (brez ohmskih izgub). Tak krog bi po vzbuditvi nihalo z frekvenco:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (1)$$

V preostalih nihajnih krogih so električni vodniki, ki niso superprevodni in tuljave nezanemarljivo sevajo. Naslednji primer je nihajni krog z vezanim upornikom z uporom R . Po vzbuditvi (kondenzator priključimo na baterijo in ga potem umaknemo) krog zaniha. Tok ima odvisnost:

$$I = I_0 \exp^{-\beta t} \cos \omega_0 t \quad 2\beta = R/L \quad (2)$$

Krožna frekvenca pa:

$$\omega_0 = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2} \quad (3)$$

Ko vezemo 2 taka nihajna kroga lahko sklepamo, da bomo dobili 2 nihajna načina. Če oba kroga hkrati in enako močno vzbudimo, bosta zanihala v fazi in vmesnega sklopitvenega kondenzatorja sploh ne bosta čutila. Drugi lastni nihajni način je po analogiji z mehanskimi nihali tak, da kroga nihata v nasprotni fazi. Odvisnost napetosti je potem:

$$U_{1,2} = \pm U_0 e^{-\beta t} \cos \omega_0'' t \quad (4)$$

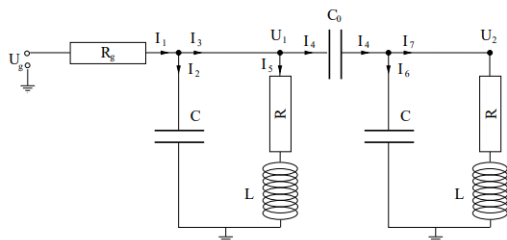
Koeficient dušenja je enak, lastna krožna frekvenca pa je dodatno zmanjšana zaradi sklopitve:

$$\omega_0'' = \sqrt{\frac{C}{C + 2C_0} \omega_0^2 - \beta^2} \quad (5)$$

V splošnem, ko naspetosti ne nihata simetrično je napetost v posameznem krogu linearna superpozicija obeh nihanj:

$$U_{1,2} = [U \cos \omega_0 t \pm \cos(\omega_0 t + \delta)] e^{-\beta} \quad (6)$$

Shema kroga:



Krog moramo vzbuhati kontrolirano, kar lahko naredimo z dvema z dvema idealiziranima primeroma priključitve. V vaji bomo uporabili priključek vira napetosti preko zelo velike (neskončne) impedance, kjer krog vzbuhamo z točno določenim tokom. Uporabimo tokovni generator, ki je signalni izvor z dodanim velikim upornikom, tako da se izvor obnaša kot, da ima veliko notranjo impedanco. V prvem delu vaje bomo opazovali nihajne načine nemotenega sistema. V drugem delu pa se bomo zanimali za vsiljeno nihanje.

2 Naloga

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

3 Meritve in Rezultati

3.1 1.del - Odziv obeh nihajnih krogov na napetostno stopnico

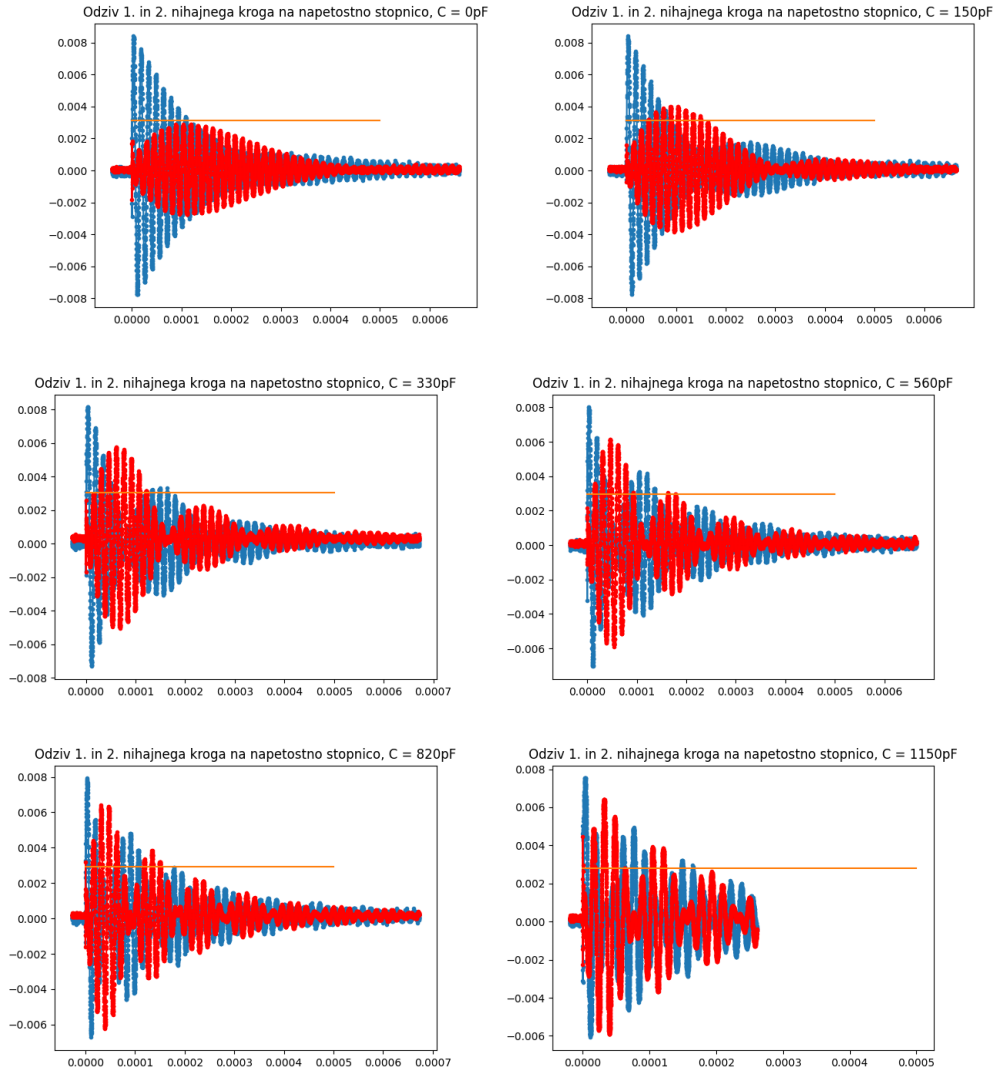
Uporabljamo prožilec kvadratnih signalov in merimo z osciloskopom. S spreminjanjem sklopitega kondenzatorja spreminjamo signale v obeh krogih, kar opisuje sistem enačb:

$$U_1 = U_0 e^{-\beta t} \cos(\omega t), U_2 = U_0 e^{-\beta t} \sin(\omega t) \quad (7)$$

Vemo, da mora biti $U_0 = U' = U''$ in fazni premik $\delta = 0$. Dobimo enačbi:

$$\omega = (\omega_0' + \omega_0'')/2 - \Delta\omega = \omega_0' - \omega_0'' \quad (8)$$

Pri vsaki vrednosti sklopitve moramo sklopitev skicirati, izračunati koeficient dušenja in krožno frekvenco utripanja $\Delta\omega$.



Iz prvega brez sklopitve odčitamo lastno frekvenco:

$$\omega = \frac{N}{\Delta t} = \frac{20}{0.00031} = (64.500 \pm 500) Hz$$

Iz preostalih grafov na podoben način pridemo do vrednosti dušenja in utripanja:

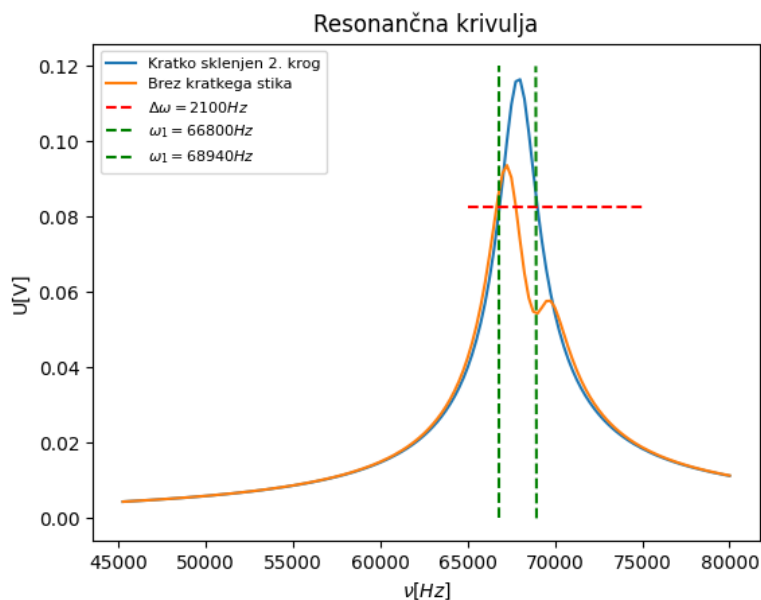
Rezultati				
Sklopitev [pF]	β [s ⁻¹]	$\Delta\beta$ [s ⁻¹]	$\Delta\omega_2$ [Hz]	$\Delta\Delta\omega_2$ [Hz]
0	8000	160	12500	250
150	6250	120	20600	400
330	5500	100	38000	760
560	5400	100	54100	1080
820	5600	100	66100	1300
1150	5600	100	82700	1600

3.2 2.del - Vsiljeno nihanje enega nihajnega kroga

Kratko sklenemo 2. krog in priključimo sinusni signal. Z večanjem frekvence dobimo odvisnost amplitude nihanja od ω in izrazit maksimum v resonanci. Ostrina resonančne krivulje je odvisna od dušenja in je tem ožja, čim manj je krog dušen, $\Delta\omega = 2\beta$. Namesto širine resonance lahko podamo dobroto nihajnega kroga (tem večja, čim manjše dušenje):

$$Q = \frac{\omega_0}{\Delta\omega} = \frac{\omega_0}{2\beta} = \sqrt{\frac{L}{CR^2}} \quad (9)$$

Cilj je najprej izmeriti pri kratko sklepjenem 1. krogu ter nato še v primeru, ko 2. krog ni kratko sklenjen, kjer pričakujemo dva resonančna vrhova.



Iz 1. krivulje določimo:

- $\omega_0 = (68.0 \pm 0.2) \text{ kHz}$

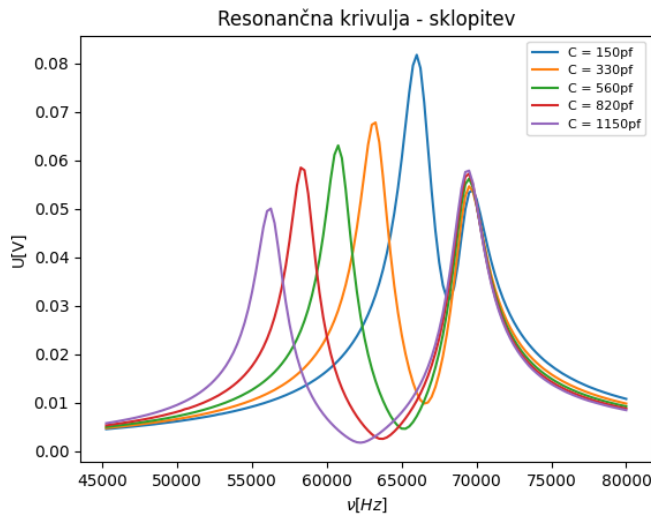
- $\Delta\omega = (2140 \pm 200)Hz$

$$Q = 32.4 \pm 3.2$$

Iz druge kr

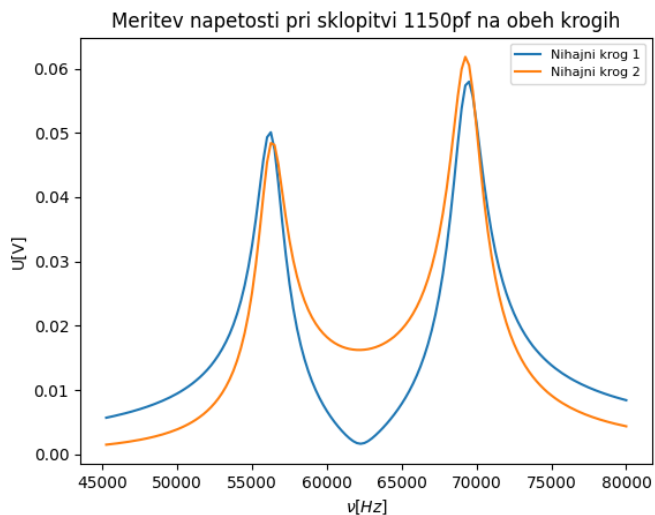
3.3 3.del - Vsiljeno nihanje sklopljenih nihajnih krogov

Pri vklopljenem sklopitvenem kondenzatorju opazimo resonančno obnašanje na obeh krogih (na drugem bolj izrazito). S programom izmerite frekvenčno odvisnost efektivne napetosti na drugem krogu v istem frekvenčnem intervalu kot pri 1. delu. Tu se pri močnejših sklopitvah pojavita dva resonančna vrha. Pri največji možni sklopitvi mramo izmeriti relativno fazo med U_1 in U_2 v resonančnih vrhovih. Pri šibki sklopitvi se resonančni odziv prvega kroga skoraj ne spremeni, na drugem pa je ostrejši. Meja med šibko in močno sklopitvijo je podana s pogojem: $Q = (C/2 + C_0)/C_0$. To je kritična sklopitev, pri kateri ima frekvenčna karakteristika najširši raven del.



Iz grafov lahko odčitamo resonančne frekvence 1. in 2. kroga ter razliko med njima.

Sklopitev [pF]	Rezultati			
	ω_1 [kHz]	ω_2 [kHz]	$\Delta\omega$ [kHz]	$\Delta\Delta\omega$ [kHz]
150	69.6	68.9	0.7	0.01
330	69.6	63.0	6.6	0.1
560	69.6	60.6	9.0	0.2
820	69.6	58.3	11.3	0.2
1150	69.6	56.0	13.6	0.3



4 Zaključek

Pri vaji smo opazovali sklopljena nihajna kroga in kako se odzoveta na stopničaste in sinusne signale. 1. del je bil izveden s pomočjo osciloskopa, 2. preko računalniškega programa. Rezultate sem dobila kot odčitke iz grafov in napake so majhne (odvisne od natančnosti odčitovanja).