

Sklopljena nihajna kroga

Namena vaje je obravnavati sklopitev enolih oscilatorjev, ki je zelo pogost pojav v naravi. Sklopitev povzroči, da posameznih oscilatorjev ne moremo več obravnavati ločeno, marveč kot en sistem. V takem sistemu ostane št. prostostnih stopenj enako vsoti vseh prostostnih stopenj posameznih oscilatorjev. Sistem iz n enostavnih enolih oscilatorjev ima n lastnih nihanj, ki jih opišemo z lastnimi frekvencami ω_n in lastnimi veljostmi. V primeru dveh fizikalnih nihaj, sklopljenih s povezovalno vzmetjo, že vemo, da ostane frekv. enake lastni frekvenci ~~sum~~ enega sumnega nihala, obe nihali tukaj nihata v fazi. Druga lastna frekv. nihala je večja in ena izmed, čim močnejša je sklopitev. Nihali tukaj nihata v nasprotni fazi. Idealni eli nihajni krog je iz kondenzatorja s kapaciteto C in tuljave z induktivnostjo L . Enkrat vzburjen bi tak krog nihajl s konstantno amplitudo pri frekv. ω_0 :

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Če imamo v krog vezan še upornik z uporom R imamo dušenje.

Za tak velja:

$$I = I_0 e^{-\beta t} \cos \omega_0' t$$

Kjer je $2\beta = R/L$ koef. dušenja. Lastna frekv. se zmanjša in velja:

$$\omega_0' = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}$$

Tudi napetost niha sinusno a ne v fazi. Če dodamo še en nihajni krog (s tem da ga prečemo s kondenzatorjem C) in če da kroga hkrati in enako močno vzбудimo bosta zanihala v fazi in vsesrednega sklopljenega kondenzatorja sploti ne bosta čutila. Drugi način (po analogiji mehaniki) pa je, da nihata v nasprotni fazi.

Za napetosti U_1 in U_2 velja:

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

ker je:

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

V splošnem kraj ne nima simetrične ampak je napetost v posameznem krogu linearna superpozicija dveh lastnih nihanj.

$$U_{1,2} = [U' \cos \omega_0' t \pm U'' \cos(\omega_0'' t + \varphi)] e^{-\beta t}$$

Konstanti U' , U'' in fazi premika φ so določeni z začetnimi pogoji sistema.

Vzbujanje z kratkotrajnim priključkom baterije ni praktično. Vir znanke

časovno spremenljivosti priključimo na niharni krog. Način priključka je pomemben. Obravnavamo dva skrajna idealizirana primera:

- Direktni priključek signalnega vira (ki mora imeti notranji upor enak 0) na niharni krog. Tako dobimo vzbujanje z znano napetostjo

- Priključek vira napetosti preko zelo velike (∞) impedanca. V tem primeru vzbujamo niharni tok z znanim, točno določenim, tokom

(Analogija mehanskega vzbujanja s točno silo ali pa točnim odmikom). Pri tem uporabimo 2. način. Uporabljamo tokovni generator.

Potrebščine

- dvoanalni digitalni osciloskop s tiskalnikom
- signalni generator sinusne in pravokotne napetosti
- niharna kuga in kablji

Naloga:

- Izmeri časovni potek napetosti na obeh krogih pri vzburjanju s stopničastim signalom za vse različne shlopitve

$$C_0 [\text{pF}] = 0, 150, 330, 560, 820, 1150$$

- Izmeri frekvenčno karakteristiko enega nihavnega kroga in določi Q
- Izmeri frekvenčno karakteristiko shlopjenih nihavnih krogov z meritvijo odziva drugega kroga za vsake C_0 in izmeri različne lastnih krožnih frekvenc $\Delta\omega$.

Navodila:

Funkcijski generator priključimo na vhod 1. kroga. Napetost opazujemo tudi da izhod kroga priključimo na osciloskop. Drugi krog priključimo na 2. kanal osciloskopa. Prvo zburjamo krog z Square wave-om pri 140Hz. Opazujemo utripanje signala pri različnih vrednostih kapacitete shlopitvenega kondenzatorja.

Z sinusnim vzburjanjem pri frekvencah reda 50kHz opazujemo usiljeno nihanje enega nihavnega kroga.

Enako ~~mo~~ z sinusnim vzburjanjem opazujemo pri shlopjenem shlopitvenem kondenzatorju. Merimo samo amplitudo napetosti z drugega kroga kot funkcije frekvence. Lahko preberemo iz grafa relativno fazo napetosti U_1 in U_2 .

Meritve:

Meritve sem prejel v obliki .csv, .txt in slikovnih datotek, kjer so bile slike "screen shoti" osciloskopa iz katerega sem določal $\Delta\omega$

Grafi so. Zaradi primanjlovanja barve in velike količine njih, priloženi lot. pdf.

$C_0 = 0pF$

Določimo dusenje $\ln \omega$

$$\beta = -\frac{1}{t_1} \ln\left(\frac{U_1}{U_0}\right)$$

$$\beta = (8800 \pm 500) s^{-1}$$

Iz grafa: $\frac{U_1}{U_0} = 0,15 \pm 0,01$

$$t_1 = (215 \pm 10) \mu s$$

$$\omega = \frac{2\pi N}{\Delta t}$$

$$\omega = (419000 \pm 8000) s^{-1}$$

Iz grafa:

$$\Delta t = t_{14} - t_0 \quad N = 14$$

$$t_0 = (5 \pm 0,1) \mu s$$

$$t_{14} = (215 \pm 10) \mu s$$

$C_0 = 150pF$

Določitev frekvence utripanja $\Delta \omega$

pri $C_0 = 150pF$

$$\Delta \omega = \frac{2\pi N}{\Delta t}$$

Krog 1: $N = 1 \quad \Delta t_1 = (250 \pm 10) \mu s$

$$\Delta \omega_1 = (25000 \pm 1000) s^{-1}$$

Krog 2: $N = 1 \quad \Delta t_2 = (305 \pm 10) \mu s$

$$\Delta \omega_2 = (21000 \pm 1000) s^{-1}$$

$C_0 = 330pF$

Krog 1: $N = 2 \quad \Delta t_1 = (320 \pm 10) \mu s$

pri $C_0 = 330pF$

$$\Delta \omega_1 = (39000 \pm 1000) s^{-1}$$

Krog 2: $N = 2 \quad \Delta t_2 = (335 \pm 10) \mu s$

$$\Delta \omega_2 = (38000 \pm 1000) s^{-1}$$

$C_0 = 560pF$

Krog 1: $N = 3 \quad \Delta t_1 = (350 \pm 10) \mu s$

pri $C_0 = 560pF$

$$\Delta \omega_1 = (54000 \pm 2000) s^{-1}$$

Krog 2: $N = 3 \quad \Delta t_2 = (360 \pm 10) \mu s$

$$\Delta \omega_2 = (52000 \pm 1000) s^{-1}$$

$C_0 = 820pF$

Krog 1: $N = 4 \quad \Delta t_1 = (370 \pm 10) \mu s$

pri $C_0 = 820pF$

$$\Delta \omega_1 = (70000 \pm 2000) s^{-1}$$

Krog 2: $N = 4 \quad \Delta t_2 = (380 \pm 10) \mu s$

$$\Delta \omega_2 = (66000 \pm 2000) s^{-1}$$

$C_0 = 1150pF$

Krog 1: $N = 5 \quad \Delta t_1 = (380 \pm 10) \mu s$

pri $C_0 = 1150pF$

$$\Delta \omega_1 = (83000 \pm 2000) s^{-1}$$

Krog 2: $N = 5 \quad \Delta t_2 = (400 \pm 10) \mu s$

$$\Delta \omega_2 = (79000 \pm 2000) s^{-1}$$

Širina rezonantne krivulje / resonance

$$Q = \frac{\omega_0}{\Delta\omega} = \frac{\omega_0}{2\beta}$$

Iz grafu:

$$Q = 24 \pm 1$$

$$\nu_0 = (66 \pm 0,2) \text{ kHz}$$

$$\omega_0 = (415000 \pm 1000) \text{ s}^{-1}$$

Razlika lastnih ω iz frekventne karakteristike

$$\Delta\omega_{150} = (14500 \pm 100) \text{ s}^{-1}$$

$$\Delta\omega_{330} = (34000 \pm 100) \text{ s}^{-1}$$

$$\Delta\omega_{560} = (50000 \pm 100) \text{ s}^{-1}$$

$$\Delta\omega_{820} = (64000 \pm 100) \text{ s}^{-1}$$

$$\Delta\omega_{1150} = (78000 \pm 100) \text{ s}^{-1}$$

To se dobro ujema z razliko lastnih kožnih frekvenc, določenih iz frekvence utripanja.