



Zavod za elektroakustiku

ELEKTROAKUSTIKA

Rezultati mjerenja i izvještaj o obavljenoj laboratorijskoj vježbi

Vježba 8

Mjerenje rezonantnih karakteristika piezokeramičkih elemenata i prijenosne karakteristike kvarcnog filtra

Student:

Asistent na vježbi:

Doc. dr. sc. Antonio Petošić

Vrijeme održavanja vježbe:

1. Odgovori na pitanja

Zadatak 1 : Izlaz iz BODE 100 je spojen na E&I2100L pojačalo s ulaznim otporom 50Ω . Izlazni otpor uređaja BODE 100 je 50Ω . Ako je razina snage koju BODE 100 daje na teretu od 50Ω , -27 dB (mW) odrediti razinu snage, napona i struje na ulazu pojačala E&I2100L. Ako je pojačanje snage pojačala 50 dB odrediti snagu na opterećenom teretu 50Ω (izlazni otpor pojačala je 50Ω). Pretpostaviti da se ulazna snaga poveća za 50 dB te da se disipira na teretu pojačala. Kolika bi bila razina izlaznog napona na teretu ?

Ako BODE 100 daje na teretu od 50Ω razinu snage od -27 dB (mW) tada će i na ulazu pojačala E&I2100L dati istu razinu snage (iz razloga što ulazni otpor pojačala i teret imaju jednak otpor tj. 50Ω).

Iz opće formule

$$P[\text{dBmW}] = 10 \log\left(\frac{P_w[\text{W}]}{10^{-3}[\text{W}]}\right)$$

slijedi:

$$-27[\text{dBmW}] = 10 \log\left(\frac{P_w[\text{W}]}{10^{-3}[\text{W}]}\right)$$

$$P_w = 1.995262315 * 10^{-6} \text{ W}$$

$$\text{iz } P_w = U * I = I^2 * R = \frac{U^2}{R}$$

uz $R = 50 \Omega$, slijedi:

$$I = 0.199762975 \text{ mA}$$

$$U = 9.988148765 \text{ mV}$$

Zadatak 2 : Izračunati frekvenciju radijalnog i debljinskog moda titranja ako su zadane frekvencijske konstante ova dva moda prema slici 8 (tanki disk). (debljina 5 mm i promjer 50 mm , a frekvencijske konstante za radijalni mod odabrane keramike PIC Nr = $2270 \text{ Hz} \cdot \text{m}$ i za debljinski mod su $N_t = 1670 \text{ Hz} \cdot \text{m}$).

Rješenje:

$$f_{\text{radijal}} = \frac{N_r}{OD} = \frac{2270}{50 * 10^{-3}} = 45,400 \text{ kHz}$$

$$f_{\text{thickness}} = \frac{N_t}{TH} = \frac{1670}{5 * 10^{-3}} = 334 \text{ kHz}$$

2. Rezultati mjerenja

a) Radijalni mod titranja

Naponska razina izvan rezonancije [V]	Impedancija izvan rezonancije na 12.78kHz Pod kutem (-88.433°)	f_s [kHz]	$Z_{min}[\Omega]$ $\text{Re}(Z_{min})$ R_1 (pri rezonanciji)	$Y_{max}[\text{Si}]$ $\text{Re}(Y_{max})$	f_p [kHz]	$Z_{max}[\Omega]$ $\text{Re}(Z_{max})$	$Y_{min}[\text{Si}]$ $\text{Re}(Y_{min})$
4	2982.25Ω	45.313	2.77	361.099m	52.250	364.298k	2.745μ
27.5	2982.25Ω	44.988	20.682	48.351m	52.250	245.098k	4.080μ

b) Debljinski mod titranja

Naponska razina izvan rezonancije [V]	Impedancija izvan rezonancije na 12.78kHz Pod kutem (-88.433°)	f_s [kHz]	$Z_{min}[\Omega]$ $\text{Re}(Z_{min})$ R_1 (pri rezonanciji)	$Y_{max}[\text{Si}]$ $\text{Re}(Y_{max})$	f_p [kHz]	$Z_{max}[\Omega]$ $\text{Re}(Z_{max})$	$Y_{min}[\text{Si}]$ $\text{Re}(Y_{min})$
4	2982.25Ω	426.375	0.9768	1.0237	456.375	17.351k	57.635μ
28.22	2982.25Ω	425.5	2.1877	457.082m	456.375	14.923k	67.012μ

Rad nakon vježbe :

1. dio

Iz izmjerenih karakteristika oko radijalnog i debljinskog moda odrediti elemente nadomjesnog modela R_0 , C_0 , R_1 , L_1 i C_1 prema uputama za pripremu te faktor dobrote određenog ekvivalentnog RLC kruga prema izrazu za serijski titrajni krug jer on dominantno određuje ponašanje oko rezonancije.

$$Z_{izvan_rezonancije} = 2982.25 \angle -88.433^\circ \rightarrow 81.5523 - j * 2981.13473$$

R_0 jednak je realnom dijelu $Z_{izvan_rezonancije}$, pa je prema tome

$$R_0 = 81.5523\Omega$$

$$\frac{1}{\omega * C_0} = 2981.14373$$

pri čemu je $f = 12.78\text{kHz}$, a $\omega = 2 * \pi * f$

slijedi

$$C_0 = \frac{1}{2981.14373 * 2 * \pi * f} = 4.18723 \text{ pF}$$

Prema pripremi za laboratorijsku vježbu (str. 11) vrijednost otpora R_1 se odredi iz impedancije na serijskoj rezonantnoj frekvenciji ($R_1 = 1/Y_{\max} = Z_{\min}$)

Slijedi (u ovisnosti o naponskoj razini izvan rezonancije četiri su moguća rješenja u našem slučaju za R_1 u ovisnosti o debljinskom tj. radijalnom modu titranja)

$$R_{1,1} = 2.77 \Omega$$

$$R_{1,2} = 20.682 \Omega$$

$$R_{1,3} = 0.9768 \Omega$$

$$R_{1,4} = 2.1877 \Omega$$

Iz formula (3) i (4) na stranici 12. pripreme, pripadne jednadžbe za L_1 i C_1 su

$$L_1 = \frac{1}{4\pi^2 f_s^2} * \frac{1}{\left(\frac{f_p}{f_s}\right)^2 - C_0} [H]$$

$$C_1 = \left(\frac{f_p}{f_s}\right)^2 - C_0 [F]$$

Također iz razloga zbog kojega imamo četiri iznosa otpornika R_1 tako imamo i po četiri vrijednosti za vrijednosti kapaciteta i induktiviteta.

Prema tome pripadni iznosi kapaciteta su :

$$C_{1,1} = 1.3296 F$$

$$C_{1,2} = 1.3488 F$$

$$C_{1,3} = 1.1456 F$$

$$C_{1,4} = 1.150 F$$

, a iznosi induktiviteta :

$$L_{1,1} = 9.278 \text{ pH}$$

$$L_{1,2} = 9.279 \text{ pH}$$

$$L_{1,3} = 0.121 \text{ pH}$$

$$L_{1,4} = 0.122 \text{ pH}$$

Vidljivo je da su iznosi kapaciteta C_1 u odnosu na kapacitet C_0 iznimno veliki. Zapravo posljedica toga je što otpor R_0 nije izrazito velik te je vrlo moguće da formule (3) i (4) iz pripreme ne vrijede pošto one vrijede u slučaju kad je R_0 velikog iznosa.

Konačno, potrebno je odrediti iznose faktora kvalitete Q_{mt} po formuli iz pripreme.

$$Q_{mt1} = 9.536 * 10^{-7}$$

$$Q_{mt2} = 1,268 * 10^{-7}$$

$$Q_{mt3} = 3.318 * 10^{-7}$$

$$Q_{mt4} = 1.491 * 10^{-7}$$

2.dio:

Za izmjerene gornje i donje granične frekvencije te centralnu frekvenciju pojasno propusnog filtra na pločici odrediti faktor kvalitete.

Prema formuli s predmeta Električni Krugovi (predavanje 19-Električni filtri, slajd 43).

$$B = \frac{f_c}{Q} [\text{Hz}]$$

I također po definiciji, pojas propuštanja je definiran kao

$$B = f_{gornja} - f_{donja} [\text{Hz}]$$

određuje se faktor kvalitete za zadanu centralnu frekvenciju f_c i pojas širine B.

U tablici su dana mjerenja na vježbi.

$f_{donja} [\text{MHz}]$	$f_{centralna} [\text{MHz}]$	$f_{gornja} [\text{MHz}]$
11.996937	11.997116	11.997296
11.996472	11.996875	11.997325

jednostavnim računom slijedi

$$B_1 = 359 \text{ Hz} \rightarrow Q_1 = 33.418 * 10^3$$

$$B_2 = 853 \text{ Hz} \rightarrow Q_2 = 14.064 * 10^3$$

Komentar : Vidljivo je da su faktori kvalitete u drugom dijelu vježbe (na pločici) izrazito veći od faktora kvalitete u prvom dijelu vježbe kod keramičkog diska, što ukazuje na različite mogućnosti primjene piezokeramičkih elemenata poput mjerenja pomaka (prvi dio vježbe, malo pokazano na vježbi) ili korištenja elementa kao pojasno propusnog filtra (u drugom dijelu vježbe).