

Nihanje in valovanje s pomočjo ultrazvoka

Lotili se bomo poskusov z ultrazvokom. Vse bi lahko napravili tudi v območju slišnih frekvenc, a na račun motečega piskanja.

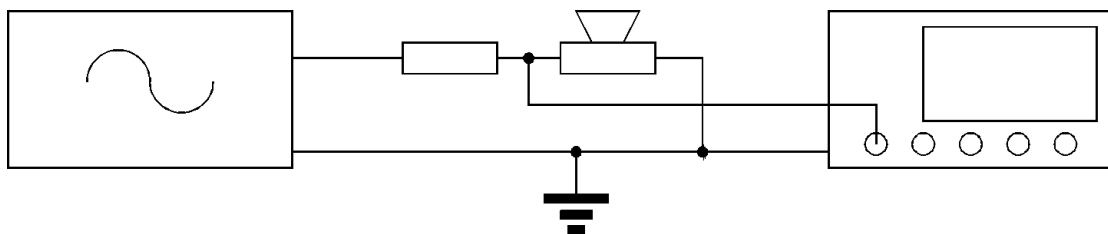
Kot generator ultrazvoka bomo uporabili piezoelektrični pretvornik, ki ga priključimo na izmenično napetost z amplitudo okoli 10 V in frekvenco 40 kHz. Enak pretvornik bomo uporabili kot senzor. Odziv sensorja bomo opazovali z osciloskopom, ki zmore nekoliko večjo občutljivost, tj. do 2 mV na centimeter.

Resonančna krivulja

Najprej bomo poiskali resonančno frekvenco tako, da bomo vzbujali nihanje s spremenljivo frekvenco in opazovali odziv.

Postavitev kaže sl. 1.

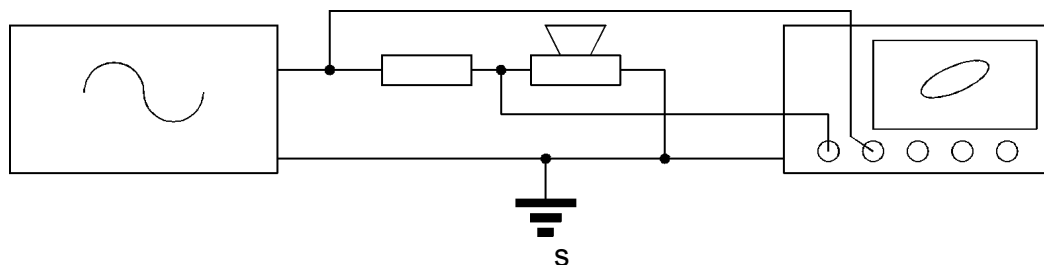
Pri resonančni krivulji nas preseneti dvoje.



Slika 1. Določamo resonančno krivuljo

- 1) Vrh, ki ga najdemo pri 40500 Hz je zelo širok v primerjavi z vrhom, ki smo ga morda kdaj poskušali ugotavljati s kremenovim kristalom. Širok in nižji vrh pomeni, da gre za znatno dušenje. Dušenje bi lahko pripisovali oddajanju energije prek drobnega stožca, povezanega z nihajočim kristalom. Morda pa so tudi elastične lastnosti kristala slabše od elastičnih lastnosti kremenca? Razmisli, kako bi lahko preveril, kaj je pri nas odločilno!
- 2) Tudi v območju nizkih frekvenc je odziv pretvornika znaten. Zakaj?

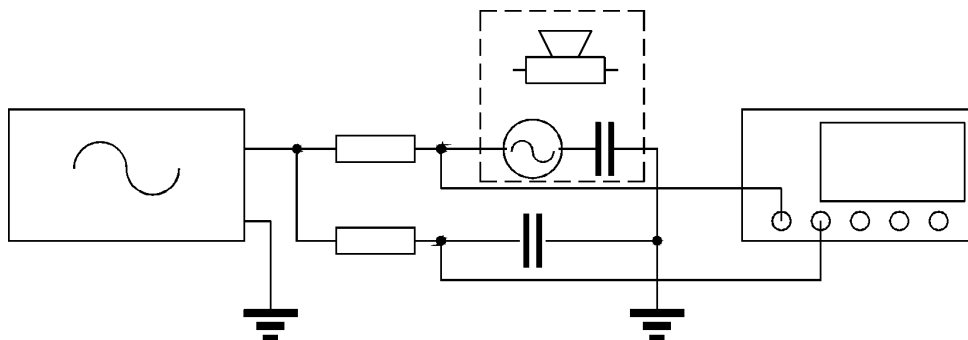
Pri vsiljenem nihanju smo navajeni meriti poleg odziva tudi fazni kot med vsiljevano napetostjo in odzivom. Pri našem poskusu (slika 2) bomo uporabili osciloskop v načinu XY in analizirali pentljo. Nad rezultatom nismo navdušeni. Na dveh mestih dobimo fazni premik 0 stopinj.



Slika 2. Tako določamo fazni kot pri odzivu

Z našo meritvijo utegne biti kaj narobe. Razmislimo. Vzbujačno napetost na izhodu signalnega generatorja merimo vsekakor pravilno. Kako pa je z odzivom pretvornika? Pretvornik

ima tudi kapaciteto C . Z meritvijo ugotovimo 3 nF. Mislimo si, da se pretvornik sploh ne odziva. Kljub temu pa bi tudi tedaj pri naši postavitvi nekaj namerili. Kondenzator C se prek upora polni in prazni, napetost na njem niha. Amplituda se s frekvenco manjša, fazni premik proti napetosti signalnega generatorja pa raste proti 90 stopinjam. Ker pa pretvornik niha, se tej napetosti prišteje tudi napetost, ki jo daje premikanje kristala. Ker nas zanima samo ta napetost, smo našli način, da odštejemo vpliv vzbujalne napetosti. Poslužimo se vezave, ki jo kaže slika 3. Na spodnji veji ustvarimo enako napetost, kot jo dobimo zaradi vpliva vzbujalne napetosti, in jo odštejemo. To nam omogoči osciloskop v načinu $X(t)+Y(t)$, kjer pa smo napetost $Y(t)$ na vходу osciloskopa invertirali. Ko zdaj posnamemo resonančno krivuljo, smo bolj zadovoljni. Žal pa je

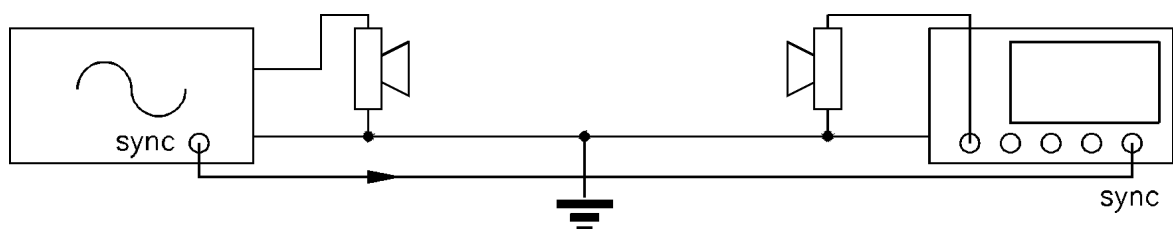


Slika 3. Izboljšano vezje za določanje resonančne krivulje

zmanjkalo možnosti, da bi preverjali tudi fazno razliko prek frekvenčnega spektra.

Merjenje valovne dolžine

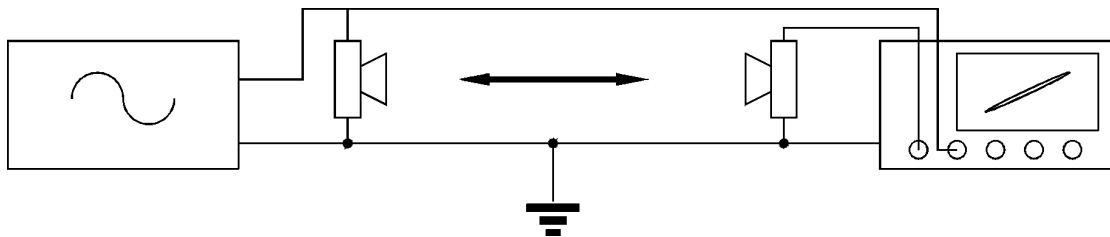
Za določitev valovne dolžine uporabimo vezje, ki ga kaže slika 4.



Slika 4. Oddajnik pošilja valovanje, sprejemnik ga prestreza. Zapis na osciloskopu proži sinhronizacijski sunek generatorja

Opazujemo sliko valovanja na zaslonu osciloskopa. Krivulja se premika po zaslonu, ko menjamo razdaljo med oddajnikom in sprejemnikom. Pri spremembi razdalje za valovno dolžino se nova slika ujema s predhodno. Časovno os nastavimo tako, da dobimo prek zaslona le nekaj period.

Bolj natančno meritev omogoča določanje fazne razlike med signalom generatorja in sprejemnika. Ne osciloskopu uporabimo prikaz XY , slika 5.



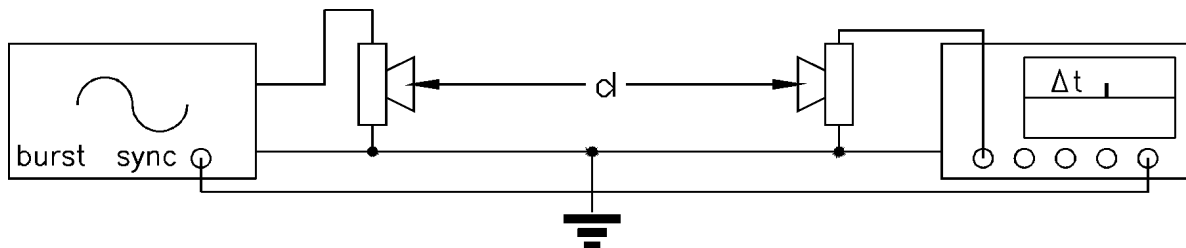
Slika 5. Poiščemo razdaljo, kjer je fazna razlika $n \cdot 2\pi$. Nato jo zvečamo do razdalje, kjer je $(n+1) \cdot 2\pi$. To pomeni, da smo se pomaknili naprej za valovno dolžino

Ker je valovna dolžina majhna, je meritev premika sprejemnika nenatančna. Zato si pomagamo z znatnejšim premikom, recimo, 10 valovnih dolžin.

Zanimivo bi bilo opazovati odvisnost fazne razlike od temperature zraka, ki prenaša zvok. Poskusi načrtovati ustrezen eksperiment.

Merjenje hitrosti zvoka

Oddajnik naj pošilja svežnje nihanj. Te svežnje, zakasnjene za čas preleta, zazna sprejemnik. Prek sinhronizacijske povezave pove signalni generator osciloskopu, kdaj je sprožil sveženj. Iz zakasnitve sprejetega svežnja, ki jo odčitamo na osciloskopu in iz razdalje med oddajnikom in sprejemnikom izračunamo hitrost (slika 6).



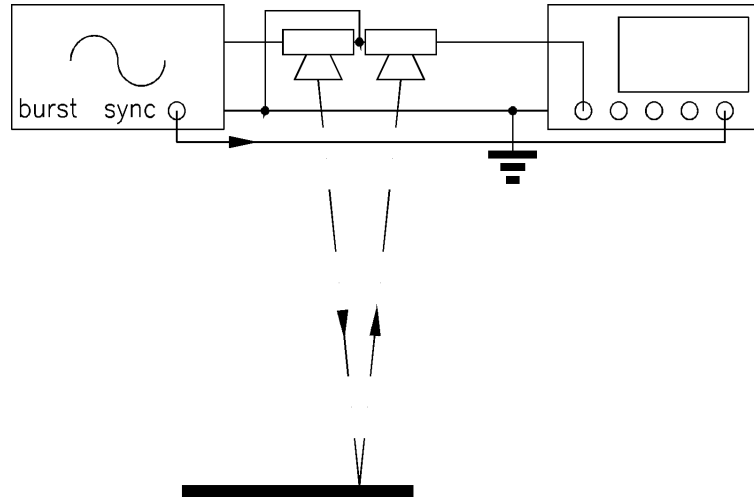
Slika 6. Tako določamo hitrost

Do hitrosti pridemo lahko tudi drugače, kot kaže slika 7. Signalni generator pošilja navzdol svežnje nihanj v zaporednih presledkih. Ti se od zapreke odbijejo in vrnejo do sprejemnika. Sinhronizacijski sunek proži časovno bazo osciloskopa. Iz položaja odbitega svežnja na časovni osi ugotovimo čas, potreben za pot svežnja do zapreke in nazaj. Poskusi s svežnjem, ki obsega 15 nihajev, razmik med svežnji pa naj bo 10 milisekund. Približno toliko naj bo dolga tudi časovna skala osciloskopa.

Na odboju temelji tudi ultrazvočni merilnik razdalje. Če uporabimo primerno elektronsko vezje, lahko merimo razdalje od 10 cm do nekaj metrov. Slaba stran merilnika je, da so izmerjene razdalje odvisne od temperature zraka. Zato so uporabljali dve metodi. Pri prvi imamo na znani razdalji, recimo pol metra, fiksno zapreko. Tako lahko merimo primerjalno. Pri drugi merimo temperaturo zraka, mikroprocesor, ki nadzira meritev, pa ustrezno popravi izmerjeno vrednost razdalje.

Bolja zanimiva je razporeditev, kjer z ultrazvokom zaznamo vsak premik v prostoru. Oddajnik oddaja nepretrgano nihanje, ki se širi vsenaokoli v prostor, in se odbija od sten in predmetov v prostoru. Nekje prestreza sprejemnik vsoto vseh nihanj. Sprejemnik postavimo tako, da je sprejeta vsota vseh nihanj v fazi z nihanjem oddajnika.

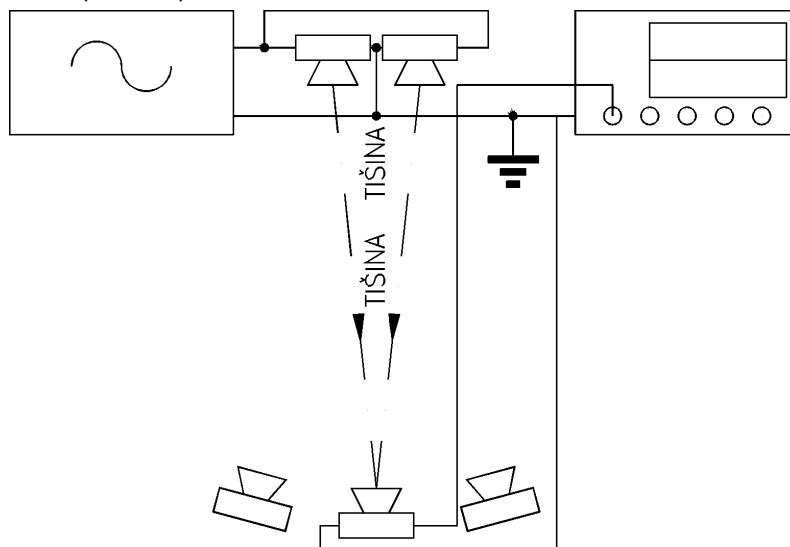
Odziv posebnega elektronskega sistema (uporabljamo fazno občutljivo demodulacijo) je tedaj nič. Pri majhnem premiku enega od predmetov v prostoru ali pri vstopu nekoga v prostor se bodisi spremeni eno od delnih valovanj bodisi pride dodatnega odboja na prišlecu. Vsoti valovanj, ki jo čuti sprejemnik, se spremeni faza. Naš elektronski sistem to spremembo začuti in sproži alarm.



Slika 7. S prestrezanjem odmeva lahko določamo razdaljo. Ponavadi uporabljamo en sam piezoelektrik, ki je najprej oddajnik, nato pa sprejemnik

Hrup + Hrup = Tišina

Zanimivi so interferenčni poskusi, ki pa jih zaradi majhne valovne dolžine ultrazvoka stežka prepričljivo pokažemo. Naš sprejemnik je prevelik, da bi zaznal amplitudo le v eni točki. Nekaj možnosti pa le imamo. Napravili bi radi poskus, ki ga sicer kažemo v valovni kadi. V prostor postavimo vštiri dva oddajnika. Povežemo ju navzkriž tako da nihata v nasprotnih smereh (slika 8)



Slika 8. Kljub dvema oddajnikoma vlada na meji tišina

Na osciloskop priključimo sprejemnik in sledimo signalu po prostoru. Vz dolž črte TIŠINA ni signala, levo in desno od nje pa se hitro pojavi. Drugih črt, kjer bi vladala tišina, ne odkrijemo. Vzrok bi najbrž bila oddajnika, ki v glavnem usmerjata ultrazvok naprej v ozkem šopu. Tako se pokaže prevladujoč vpliv enega od obeh oddajnikov takoj ko se premaknemo levo ali desno od tišinske črte.

Končajmo poskusi in se lotimo računalniške simulacije valovne kadi. Za razliko od žive fizike, kjer se je treba truditi in razmišljati, kako primerno voditi poskuse zmore računalnik vse. [Pozabavajte se s programom, ki je dopolnjen s filmom o interferenčnih pojavih v valovni kadi.](#) Te si najbrž na šolah ne morete privoščiti.

Kljub lahkotnosti, ki jo dosežete z računalnikom, pa navijam za živo fiziko. Upam, da ste na moji strani.

Vaš Jože Pahor