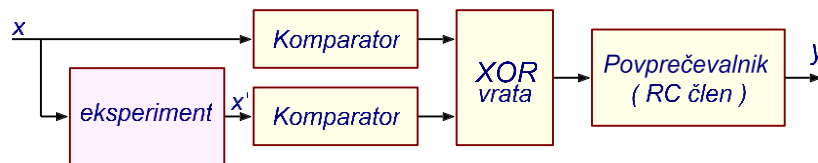


3.15 Merjenje fazne razlike

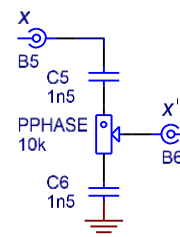
Fazno razliko med dvema harmonskima signaloma lahko prevedemo v napetost, ki jo merimo z navadnim voltmetrom ali osciloskopom. Potrebujemo le nekaj osnovnih gradnikov elektronike, kot smo jih že spoznali pri prejšnjih vajah. Bločna shema vezja je na sliki 1, potrebujemo pa dva ničelna komparatorja (komparatorja, ki primerjata vhodni signal z nič, brez histereze), logična vrata XOR in povprečevalnik (RC člen) z dovolj dolgo časovno konstanto.



Slika 1: Blokovna shema vezja za računanje fazne razlike med signaloma x in x'

Za začetek bomo preskušali delovanje vezja (rumeno barvani del bločne sheme) z umetno ustvarjenima harmonskima signaloma x in x' :

- Lahko ju generiramo s funkcijskim generatorjem, ki ima priključka za dva, ločeno nastavljiva izhodna signala za x in x' . Pri takih generatorjih je mogoče nastaviti enako frekvenco in amplitudo za oba izhodna signala ter ločeno fazni kot med njima.
- Signal x' lahko tvorimo z vezjem, ki zmore zakasniti ali pospešiti signal harmonske oblike po sliki 2, iz signala x . S trimmerjem P_{PHASE} nastavimo fazo izhodnega signala na sponki B_6 glede na vhodni signal na sponki B_5 . Vezje je prirejeno za sukanje faze pri frekvenci okoli 10 kHz, zato na svojem vходу potrebuje harmonski signal s tako frekvenco. Za drugačne frekvence je obseg nastavljanja faznega kota manjši.

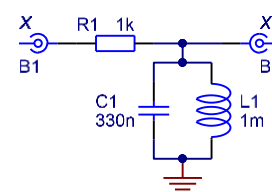


Slika 2: Vezje za uravnavanje faze signala x'

Naloga: preveri delovanje vezja

- Sestavi vezje bo bločni shemi s slike 1 z navedenimi gradniki iz prejšnjih vaj. Priključi na vhodni sponki x in x' dva signala iz dvojnega funkcijskega generatorja ali pa na x signal iz funkcijskega generatorja, na x' pa signal, ki ga daje vezje za sukanje faze s slike 2.
- Spreminjaj fazo signala x' napram signalu x in potrdi, da je izhodna napetost vezja y odvisna od faznega kota med vhodnima signaloma.
- Preveri linearno odvisnost v točki b pomerjenega izhodnega signala od faznega kota med x in x' , izračunaj občutljivost (v V/deg) merilnika.

S sestavljenim vezjem lahko opazujemo spremembe faznega kota poljubne napetosti v odvisnosti od spremembe fizikalne veličine. Za zgled bomo opazovali spreminjanje faznega kota signala na nihajnem krogu takrat, ko v bližino tuljave nihajnega kroga pride feromagnetni ali električno prevoden material. Vezje z nihajnim krogom za poskušanje je na sliki 3, to predstavlja eksperiment s slike 1.



Slika 3: Vezje za poskušanje z nihajnim krogom

Naloga:

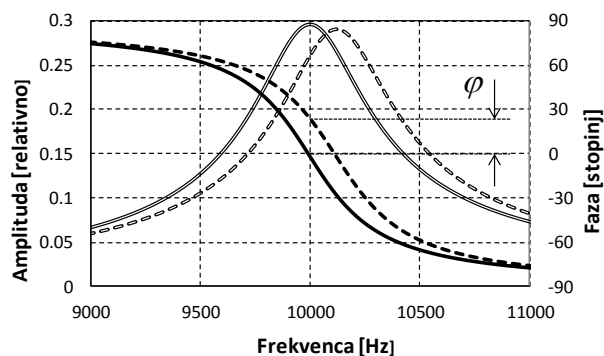
- Poveži vezje s slike 3 v bločno shemo na sliki 1. Na vhodno sponko x priključi harmonski signal z amplitudo nekaj voltov in frekvenco, ki je enaka resonančni frekvenci nihajnega kroga.
- Resonančno frekvenco poiščeš tako, da na zaslonu osciloskopa opazuješ fazni kot med signaloma x in x' ; ko sta signala poravnana, je nihajni krog v resonanci (namig: med 5 in 15 kHz).
- Opazuj signal na izhodni sponki y in v bližino tuljave postavi različne predmete (izvijač, kovanci, ključi, radirke, svinčniki, prstani, prsti, matice, ...). Kako se spreminja izhodni signal (faza med x in x')? Za koliko stopinj za posamezen predmet?

Teorija

Elektronski detektor kovin se da narediti na veliko različnih načinov. Najpogosteje izkoriščamo dejstvo, da kovina prevaja električni tok ali pa magnetne lastnosti nekaterih kovin. Kovanec, na primer, prevaja električni tok. Ko ga vtaknemo v izmenično magnetno polje, se v njem inducira napetost, ki požene električni tok. Ta tok povzroči lastno magnetno polje, ki nasprotuje zunanemu magnetnemu polju, ki postane zaradi tega na videz šibkejša. Izmenično magnetno polje ustvarimo s tuljavo, skozi katero teče izmenični električni tok. Ko v tuljavo vstavimo kovanec, se njena induktivnost zaradi kovanca zmanjša. Če namesto kovanca vstavimo v tuljavo kos feromagnetnega materiala (ki ne prevaja električnega toka, na primer feritno palico), to ojači magnetno polje v tuljavi, zato se induktivnost poveča.

Prisotnost kovanca ali feromagnetnega materiala bi lahko detektirali z merjenjem induktivnosti tuljave L_1 , vendar bi bila občutljivost premajhna. Zato tuljavi dodamo kondenzator C_1 in dobimo nihajni krog, ki ga uporabimo v shemi na sliki 3. Upornost žice, iz katere je tuljava izdelana, naj zaznamuje upornik R_L . Na vhodno sponko priključimo izmenični signal x , amplituda izhodnega signala x' je odvisna od frekvence vhodnega signala x in resonančne frekvence ω_r nihajnega kroga, ki znaša približno $\omega_r \cong 1/\sqrt{L_1C_1}$. Na sliki 4 je podana amplituda (z dvojno polno tanko črto) in faza (z enojno polno debelo črto) izhodne napetosti x' za vezje s slike 3 za vrednosti $R_1 = 1\text{k}\Omega$, $C = 1,5\ \mu\text{F}$, $L = 168\ \mu\text{H}$ in $R_L = 0,5\ \Omega$, ki dajo resonančno frekvenco 10kHz. Širina resonančne krivulje je sorazmerna upornosti R_L .

Zaradi kovanca se induktivnost L zmanjša, zato se resonančna krivulja premakne k višjim frekvencam, kar je na sliki 4 (pretirano) prikazano s črtkano črto. Vzemimo, da vezje ves čas vzbujamo s signalom x , ki ima frekvenco 10 kHz. Zaradi kovanca se amplituda izhodnega signala x' zmanjša, faza pa se poveča za kot φ . Merjenje faze je za detekcijo sprememb lastnosti tuljave še posebej zanimivo, saj je sprememba faze velika.



Slika 4: Amplitudna (dvojna polna črta) in fazna (enojna polna črta) karakteristika vezja s slike 3.

Dodatno za motivacijo

Merjenje fazne razlike dveh signalov omogoča merjenje majhnih sprememb faze in je pogosto uporabljano v senzorjih fizikalnih veličin. V vaji uporabljeni nihajni krog bi lahko uporabili tudi za merjenje pomika, če bi v jedro tuljave potiskali feromagnetni material. Prav tako bi pomike lahko zaznavali s kondenzatorjem, katerega plošči bi premikali ali mednju vstavljali dielektrični material. Potrebno je le najti tisto lastnost fizikalne veličine, ki spreminja bodisi induktivnost ali kapacitivnost

zaradi svoje prisotnosti (permeabilnosti ali dielektričnosti) ali mehanskih sprememb tuljave ali kondenzatorja.

Zaradi svoje enostavnosti je predlagani merilnik faznega kota primeren tudi za frekvence do nekaj deset MHz. Natančnost merjenja fazne razlike lahko izboljšamo z boljšo elektroniko, ki pa zahteva rabo analogno-digitalnega pretvornika in matematično obdelavo zajetih signalov ter zaradi uporabljenih sredstev ne zmore tako velikih frekvenc. S takimi sredstvi je mogoče zanesljivo zaznavati fazne spremembe velikostnega reda 0.01 stopinj in z njimi se bomo seznanili pri drugih predmetih.

Merjenje fazne razlike ima še eno lepo lastnost: je dokaj imuno na motnje, ki bi utegnile motiti električne signale. V obe veji za x in x' namreč lahko vstavimo enaka pasovno prepustna filtra in motilne signale na ta način odpravimo. Ker sta v obeh vejah enaka filtra, ta dva tudi enako delujeta na opazovana signala in ne pokvarita rezultata meritve.