

Preslikava z uklonsko lečo

Urh Trinko

23. oktober 2020

1 UVOD

Z uklonsko lečo primerne velikosti lahko dosežemo ojačano valovanje v določeni smeri. Pri obravnavi uklona je pomembno HUYGENSOVO PRAVILO, ki pravi, da lahko vsako točko na valovni fronti obravnavamo kot nov krogelni izvor valovanja. Ko pride valovanje do ovire, se ga del absorbira/odbije, del pa se lahko po Huygensovem pravilu širi za oviro tudi v njeni geometrijski senci.

Za obravnavo uklona je najlažji primer, ko ležita izvor in detektor na premici, ki gre skozi središče odprtine. V takem primeru lahko odprtino razdelimo na koncentrične kroge, ter se po njej premikamo od središča do roba. Pri tem opazujemo fazno razliko med valovanjem, ki potuje skozi središče odprtine in tistim, ki potuje ob robu kolobarja. Glede na fazno razliko lahko valovanje, ki potuje po daljši poti bodisi oslabi, bodisi ojača signal, ki ga zazna detektor. Območja, kjer se zgodi eno ali drugo imenujemo FRENSNELOVE CONE. Radiji Frenselovih con si sledijo kot:

$$r_n = \sqrt{n \cdot \lambda \cdot f} \quad (1)$$

(r_n - radij Frenselove cone, n - številka cone, λ - valovna dolžina, f - goriščna razdalja)

Odprtina, ki ima odrto vsako drugo Frenselovo cono lahko tako proizvede močno ojačano sliko. Temu pravimo uklonska leča. Območju, na katerem amplituda pade najmanj do 70 % največje vrednosti, če detektor premikamo vzdolž glede na izvor, pravimo globinska ostrina leče. Uklonsko lečo opišemo po enačbi:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \quad (2)$$

(a - oddaljenost izvora od odprtine, b - oddaljenost detektorja od odprtine)

2 POTREBŠČINE

- Uklonski zaslon, premični kolobarji.
- Ultrazvočni detektor, izvor.
- Elektronika.
- Osciloskop.

3 NALOGA

1. Izmeri valovno dolžino ultrazvoka in goriščno razdaljo leče.
2. Izmeri amplitudo in fazno razliko, ko je odprt najprej vsak posamezen kolobar, nato pa še šest različnih kombinacij.
3. Za liho/sodo lečo izmeri prečni in vzdolžni prerez uklonske slike in oceni kvaliteto preslikave.
4. Izmeri prečni profil uklonske slike, ko je izvor izmaknjen.

4 MERITVE

Valovna dolžina

Stevilo premaknjenih valovnih dolzin	Zacetni polozej [cm]	Koncni polozej [cm]
5	0.2	54.7
5	1.1	5.6
5	0.1	4.6

Amplituda za različne cone

Odkrit kolobar	Amplituda [mV]
1	200
2	120
3	81
4	70
5	65
6	60
7	55
8	48
9	31
10	18

Kombinacije odkritih kolobarjev	Amplituda [mV]
[12]	78
[24]	150
[134]	238
[1234]	113
[678]	39
[357]	68

5 IZRAČUNI

5.1 Valovna dolžina in goriščna razdalja

Valovno dolžino sem izračunal tako, da sem premik($x_1 - x_2$) delil z znanim številom valovnih dolži(n), ki sem jih "prečkal".

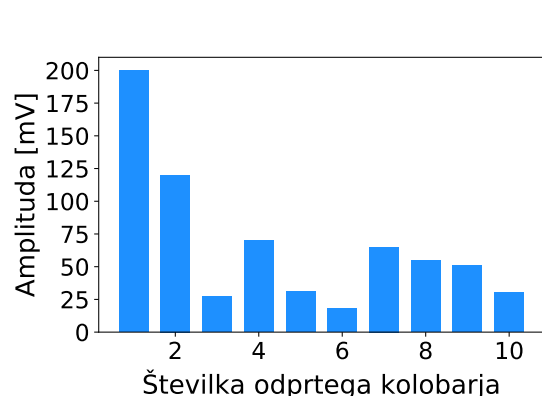
$$\lambda = \frac{x_2 - x_1}{n} = 0.90cm \pm 0.01cm$$

Na podlagi tega sem lahko izračunal, kam naj postavim detektor, razdaljo b . To sem storil s pomočjo enačb (1) in (2), ki sem ju ustrezno preuredil:

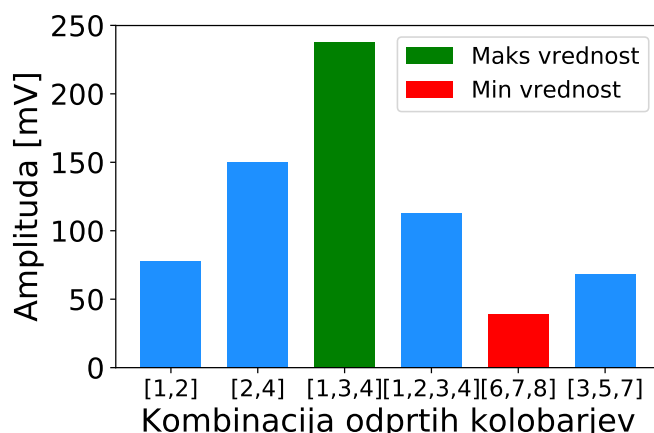
$$f = \frac{r_n^2}{n\lambda} = 26.4cm \pm 0.3cm$$

$$b = \frac{1}{\frac{1}{f} - \frac{1}{a}} = 50.6cm \pm 0.6cm$$

5.2 Amplituda in fazna razlika



Slika 1: Amplituda na detektorju glede na odprt kolobar.



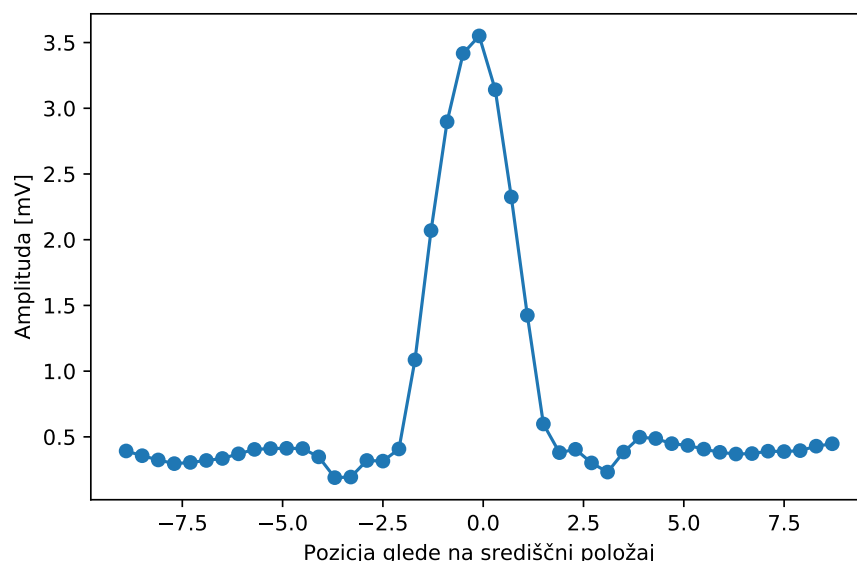
Slika 2: Amplituda na detektorju glede na kombinacijo odprtih kolobarjev.

Slika 1 predstavlja izmerjeno amplitudo, v odvisnosti od izvora, ki je v danem trenutku odprt. Iz slike najbolj izstopajo meritve s tretjim, petim in šestim kolobarjem. Te namreč izstopajo od ostalih meritev, ki kažejo, da amplituda pada z naraščanjem številke kolobarja. Pri opazovanju faz pa sem opazil, da so sode oziroma lihe cone v fazi, medtem ko sta zaporedna kolobarja v protifazi. Ugotovitev je pomembna za razumevanje rezultatov pri kombiniranju kolobarjev.

Iz slike 2 pa vidimo, da najbolj ojačan zaznan signal povzroči kombinacija [1,3,4]. Ta vsebuje kolobarje ki so blizu središča, hkrati pa imata prva dva liho število, kar pomeni, da so valovanja, ki potujejo tu skozi v fazi. Najmanjšo končno amplitudo pa zaznamo pri kombinaciji [6,7,8]. Ta pa vsebuje zaporedne kolobarje(protifaza - izničevanje amplitude), ki so hkrati tudi bolj oddaljeni od središča.

5.3 Vzдолžni/prečni prerez ukonske slike

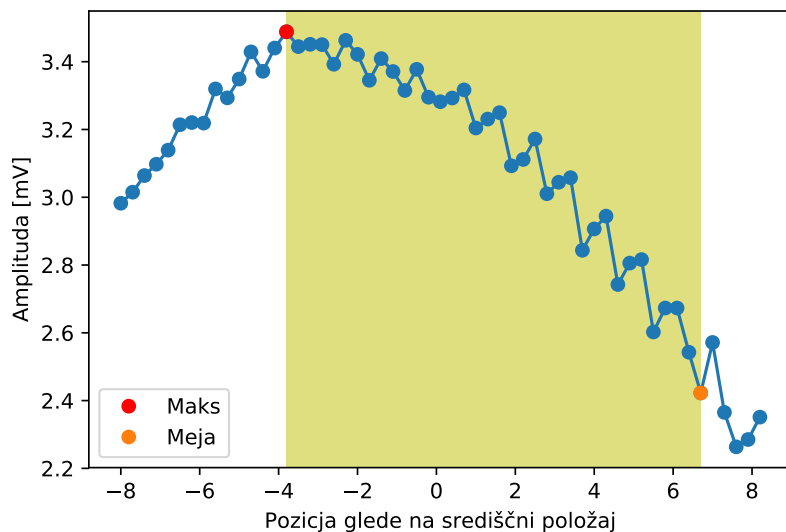
S slike 3 je razvidno, da ima amplituda najvišji vrh, 3.5 mV, ko je detektor na poziciji 0, torej ko leži na osi, ki gre skozi izvor in središče ovire. Čim detektor premaknemo v prečni smer iz te točke lahko opazimo močan padec amplitude. Premik, ki sem ga opravljal v prečni smeri, je moral biti dovolj velik, da lahko iz izbranih točk razberemo ustrezno krivuljo. Vrednost tega premika sem dobil tako, da sem na osciloskopu opazoval spremembo amplitude, ki se je zgodila, ko sem detektor premaknil za neko razdaljo. To razdaljo sem nato delil s pet, tako da sem dobil pet točk na vsako stran 'velikega hriba' krivulje.



Slika 3: Amplituda na detektorju glede na prečni premik.

V drugem delu naloge sem detektor premikal še vzdolž osi. Tu je bil padec amplitude bistveno manj očiten kot na sliki prečnega preseka. Hkrati lahko s slike 4 vidimo, da maksimalna amplituda ni v točki 0, kot v primeru prečnega preseka, pač pa v -3.9 cm. Vendar je ta rezultat pričakovan, saj je to pozicija, v kateri sem meritve opravljal pri nalogi 2. Ko je detektor na tem položaju, je namreč na idealnem mestu glede na goriščno razdaljo leče, ki sem jo izračunal v poglavju 5.1.

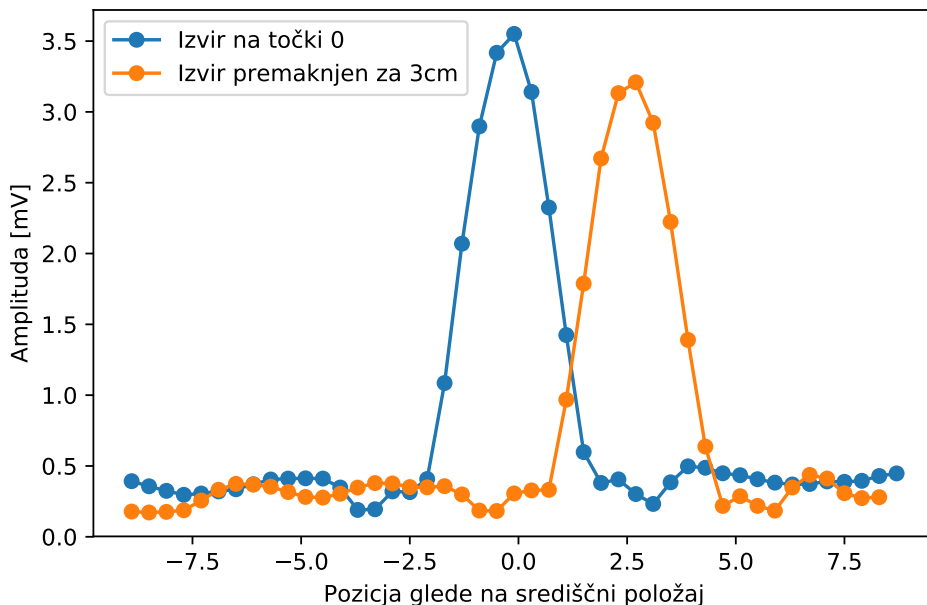
Na podlagi zbranih podatkov sem izračunal tudi položaj, kjer amplituda pade na 70% prvotne vrednosti. Območje med to mejno vrednostjo ter maksimalno amplitudo se imenuje globinska ostrina leče. Na sliki 4 sem ga označil z rumeno barvo.



Slika 4: Amplituda na detektorju glede na vzdolžni premik.

5.4 Prečni prerez za izmaknjen izvor

V zadnjem delu naloge sem izračunal še prečni presek za izvor, ki je bil iz središčne lege izmaknjen za 3 cm. Iz slike 5 je razvidno, da je oblika prečnega preseka v tem primeru podobna tistemu v točki nič, le da je vrh ustrezno premaknjen ter nižji, 3.2 mV.



Slika 5: Primerjava prečnih presekov, ko je izvor v središču in ko je izmaknjen za 3 cm.

6 POVZETEK IN KOMENTAR

V prvem delu naloge sem za valovno dolžino ultrazvoka izračunal vrednost $0.90\text{ cm} \pm 0.01\text{ cm}$, za goriščno razdaljo uklonske leče pa $26.4\text{ cm} \pm 0.3\text{ cm}$. Podani vrednosti ustreznih količin pa sta bili 0.863 cm in 27.5 cm .

V drugem delu sem ugotovil, da sta valovanji, ki potujeta skozi sosednji Frenselovi coni v protifazi, kar pomeni, da se lahko na detektorju izničita. Največje ojačanje lahko posledično dosežemo s kombinacijo vsake druge cone.

Pri merjenju prečnega in vzdolžnega preseka sem opazil, da je padec amplitude mnogo bolj ekstremen, ko se premikamo izven središčne lege v prečni smeri. Iz meritev sem odčital tudi globinsko ostrino sestavljene leče, ki sem jo označil na ustreznem grafu.

V zadnjem delu naloge pa sem ugotovil, da se največja amplituda prečnega preseka zniža in premakne v ustrezni smeri, če izvor premaknemo za določen razdaljo prav tako v prečni smeri. Iz slike 5 sem razbral tudi, da če bi detektor premaknili za 3.1 cm v desno, bi bli vrh premaknjenega prečnega preseka na mestu prvega minimuma krivulje, ko je izvor v začetni točki. V tem primeru sliko teh izvorov ločimo kot različni točki.