

## Fresnelove cone in difraktorji

### Fresnelovi elipsoidi, Fresnelove cone in difraktorji

Vsako prostorsko fizikalno valovanje potrebuje za razširjanje od izvora do sprejemne točke določen prostor. Prostor, potreben za razširjanje valovanja, opisujejo Fresnelovi elipsoidi. Fresnelovi elipsoidi so definirani kot ploskve, ki združujejo točke v prostoru, preko katerih je dolžina poti od izvora do sprejemnika za celoštevilski mnogokratnik polovice valovne dolžine večja od najkrajše možne poti. V prostoru s homogenimi snovnimi lastnostmi je najkrajša pot za valovanje ravna črta, ploskve pa imajo obliko rotacijskih elipsoidov.

Pravokotni presek Fresnelovih elipsoidov glede na smer razširjanja valovanja imenujemo Fresnelove cone. Fresnelove cone imajo obliko krožnih kolobarjev. Če predpostavimo, da je oddaljenost izvora in sprejemnika dosti večja od polmera Fresnelovih con, lahko polmere Fresnelovih con izračunamo po poenostavljenem izrazu:

$$\rho_n = \sqrt{\frac{d_1 d_2 n \lambda}{d_1 + d_2}} \quad (1.1)$$

Izraz je še enostavnejši za polmere Fresnelovih con točno na sredini poti med izvorom in sprejemno točko, ko sta oddaljenosti enaki ( $d_1 = d_2 = d$ ).

$$\rho_n = \sqrt{\frac{d n \lambda}{2}} \quad (1.2)$$

Polmeri prvih deset Fresnelovih con so izračunani v Tabeli 1, za valovno dolžino 3 cm (frekvenca 10 GHz) in takšno razdaljo med oddajno in sprejemno anteno, da lahko opravimo nekaj poskusov tudi v zaprtem prostoru laboratorija ( $d_1 = d_2 = 1m$ ).

$n$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\rho_n$ [cm]	12.2	17.3	21.2	24.5	27.4	30.0	32.4	34.6	36.7	38.7

Tabela 1: Izračunani polmeri Fresnelovih con

Čeprav običajno računamo Fresnelove cone zato, da bi ugotovili vpliv ovire na poti radijskih valov, lahko z zasenčenjem ustreznih Fresnelovih con tudi povečamo jakost polja na mestu sprejema. Takšno napravo imenujemo difraktor. Difraktor lahko sestavimo iz celih okroglih Fresnelovih con ali pa samo iz odsekov kolobarjev. Kratki odseki kolobarjev so pri tem že skoraj ravni trakovi. Difraktor izdelamo iz ravnih trakov takrat, ko preostali prostor ni dostopen: v slučaju resnične radijske zveze postavimo difraktor iz ravnih trakov na gorskem grebenu.

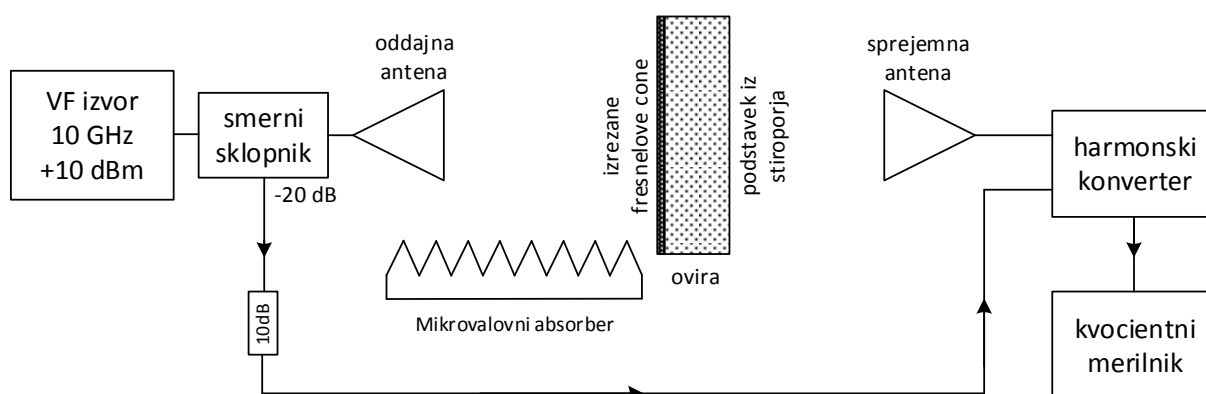
### Seznam potrebnih pripomočkov

Za izvedbo vaje potrebujemo:

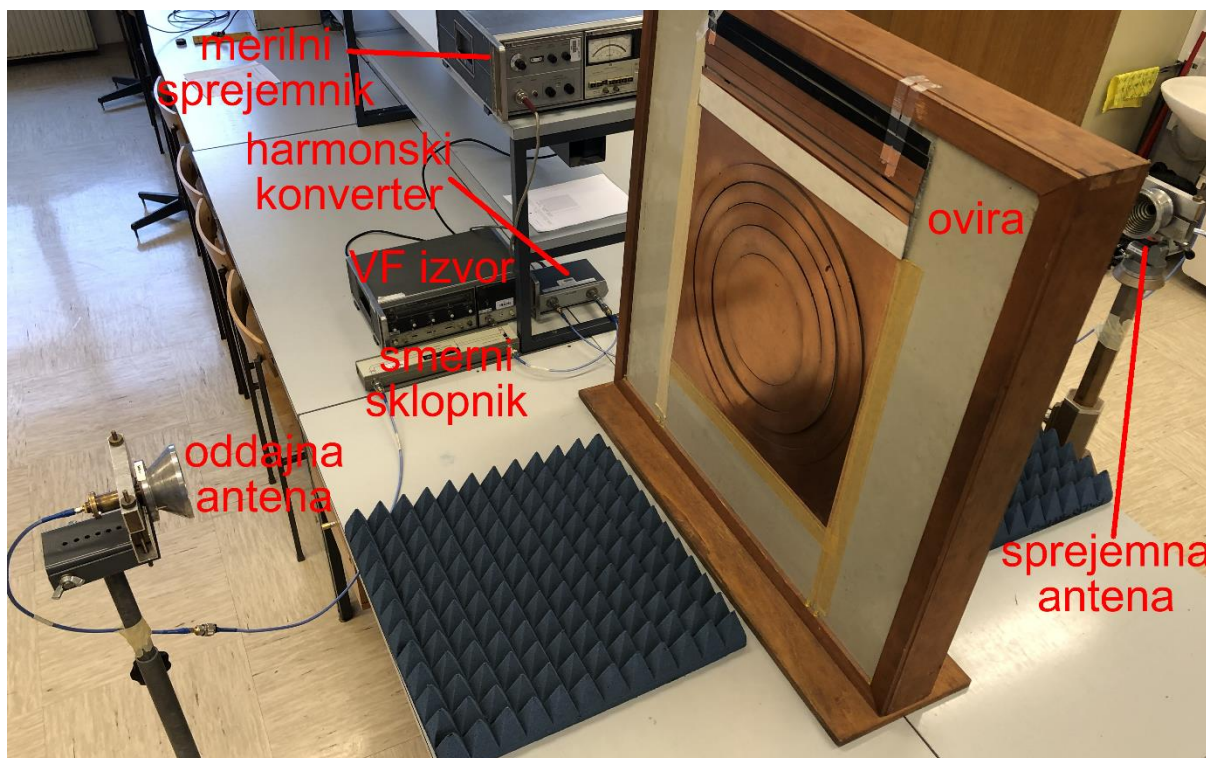
- Ne moduliran izvor (oddajnik) v frekvenčnem področju 10GHz, z izhodno močjo do 10dBm (10mW).
- Smerni sklopnik za 10GHz, sklop -20dB.

- 10 dB slabilnik za zaščito harmonskega konverterja.
- Dva korugirana lijaka za 10GHz na nastavljivih podstavkih.
- Okrogle kovinske Fresnelove cone ter ravni trakovi na podstavku iz stiropora.
- Harmonski konverter
- Merilni sprejemnik in kazalčni prikazovalnik iz merilnega kompleta analizatorja vezij.
- Nekaj plošč absorberja.
- Priključne kable za vse povezave.

Postavitev merilnih pripomočkov prikazuje Slika 1, razporeditev pa Slika 2.



Slika 1: Skica vezave merilnih pripomočkov



Slika 2: Slika vezave merilnih pripomočkov

## Opis poteka vaje

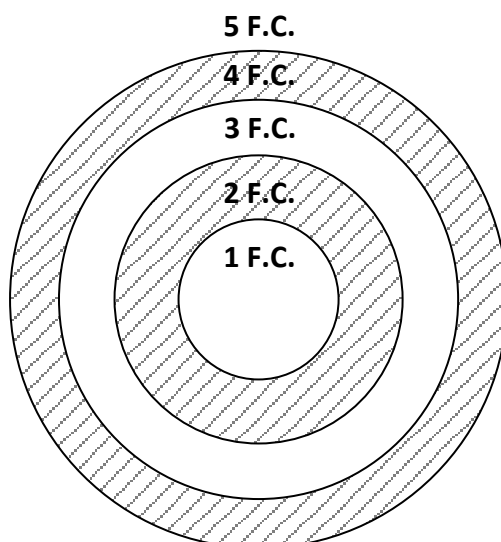
Pri vaji želimo meriti amplitudo in fazo polja na mestu sprejema. Amplitudo in fazo najlažje merimo s kvocientnim merilnikom iz kompleta analizatorja vezij. Kvocientni merilnik meri razmerje amplitud in razliko v fazi med dvema vhodoma. Na referenčni vhod merilnika pripeljemo del signala oddajnika po kablu, na merilni vhod pa signal s sprejemne antene.

Merilni sistem najprej preizkusimo brez ovire med sprejemno in oddajno anteno. Pri tem preverimo jakost signala v referenčnem kanalu, da je v predpisanih mejah za kvocientni merilnik. Ojačenje merilnega kanala nastavimo tako, da je točka na smiselni vrednosti prikazovalnika, fazo pa nastavimo na željeni začetek. Ker je meritev faze zelo odvisna od majhnih premikov, moramo paziti, da pri vseh nadaljnjih poskusih anten ne premikamo več.

Ovira je sestavljena iz kovinskih kolobarjev, ki po razsežnostih ustrezajo Fresnelovim conam. Kovinske kolobarje pritrdimo na nosilni kvader iz stiropora, ker je stiropor za dano frekvenčno območje popolnoma prozoren, njegov lomni količnik pa je skoraj enak lomnemu količniku zraka.

Med sprejemno in oddajno anteno, postavimo oviro. Seveda morata biti razdalji od ovire do oddajne in do sprejemne antene točno izbrani, da Fresnelove cone ustrezajo kovinskim kolobarjem, središče kolobarjev pa mora biti točno na zveznici sprejemne in oddajne antene. V našem primeru to pomeni 1m od ovire, brez stiropora, ki je prosojen za signale dane frekvence. Pri namestitvi ovire z vsemi kolobarji vstavljenimi (vsemi Fresnelovimi conami zasenčenimi) se mora sprejeto polje bistveno zmanjšati. Po potrebi namestimo še absorberje, da omejimo motilne vplive odbitih valov od različnih predmetov v sobi.

Za vajo nato najprej odstranimo samo krožno oviro, ki zasenči prvo Fresnelovo cono. Sprejeto polje se mora povečati na skoraj dvakratno vrednost glede na slučaj brez ovire, faza pa mora ostati skoraj nespremenjena. Potem odstranimo drugo cono in polje mora upasti skoraj na nič. Če prvo cono ponovno zasenčimo, moramo dobiti spet dvojno polje, ampak z obratno fazo. Podobno poskusimo še s tretjo, četrto in peto cono.

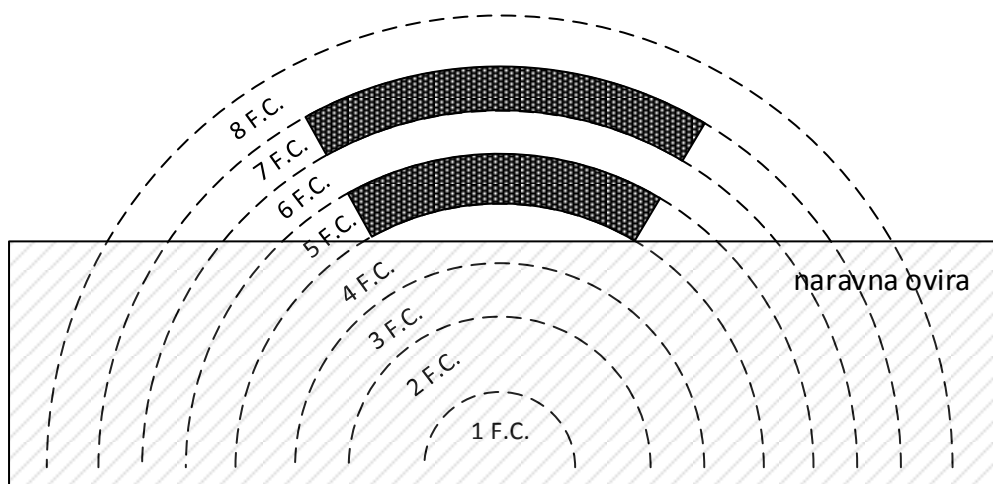


Slika 3: Difraktor s senčenjem okroglih Fresnelovih con.

Iz kolobarjev poskušamo sestaviti difraktor iz okroglih Fresnelovih con, kot je to prikazano na Sliki 3. Pri tem bi en sam kolobar moral dati trikratno polje, dva kolobarja pa petkratno polje. V laboratorijskem poskusu petkratnega polja ne moremo doseči iz več razlogov: jakost polja hitro upada na zunanjih kolobarjih zaradi smernega diagrama uporabljenih anten in zaradi

povečane dolžine poti. V resnični radijski zvezi so seveda Fresnelove cone dosti manjše od razdalje med antenama, zato jih vidimo pod majhnim kotom in smerni diagrami anten nimajo vpliva, dolžine poti pa so vse istega velikostnega razreda.

Nazadnje preizkusimo še učinkovitost difraktorja iz ravnih trakov. Med sprejemno in oddajno anteno postavimo klinasto oviro, ki zasenči nekaj prvih Fresnelovih con (pustimo vse okrogle cone na oviri). To nam predstavlja naravno oviro, na primer gorski greben pravokoten na smer radijske zveze, kot je to prikazano na Sliki 4. Na merilnem sprejemniku dobimo zelo šibko, a še zaznavno polje. Nato nad oviro postavimo kovinske trakove tako, da zasenčimo dele ustreznih Fresnelovih con in opazujemo spreminjanje jakosti polja na sprejemnem mestu. Po potrebi oddajno in sprejemno anteno dvignemo horizontalno nekoliko višje, da povečamo sprejeto moč, kadar so odstranjeni vsi difraktorji.



Slika 4: Difraktor iz delov con - trakov

### Naloga

1. Izmerite amplitudo in fazo sprejetega polja, ko na oviri odstranjujete različne kombinacije okroglih Fresnelovih con
2. Preverite amplitudo in fazo sprejetega polja, ko na oviri odstranjujete različne kombinacije trakastih difraktorjev.