

## VAJA 20: Fresnelove cone in difraktorji

### 1. 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 na Sliki 1. Izraz je še enostavnejši za polmere Fresnelovih con točno na sredini poti med izvorom in sprejemno točko, ko sta oddaljenosti enaki ( $d_1 = d_2 = d$ ).

$$\rho_n = \sqrt{\frac{d_1 d_2 n \lambda}{d_1 + d_2}}$$

$$\rho_n = \sqrt{\frac{d n \lambda}{2}} \quad d_1 = d_2 = d$$

Slika 1: Polmeri Fresnelovih con

Polmeri prvih deset Fresnelovih con so izračunani na Sliki 2. 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 ( $d_1 = d_2 = 1$  m).

n	$\rho_n$	$d_1 = d_2 = 1\text{ m}$ $\lambda = 3\text{ cm} \quad (f = 10\text{ GHz})$
1	12.2 cm	
2	17.3 cm	
3	21.2 cm	
4	24.5 cm	
5	27.4 cm	
6	30.0 cm	
7	32.4 cm	
8	34.6 cm	
9	36.7 cm	
10	38.7 cm	

Slika 2: Izračunani polmeri Fresnelovih con

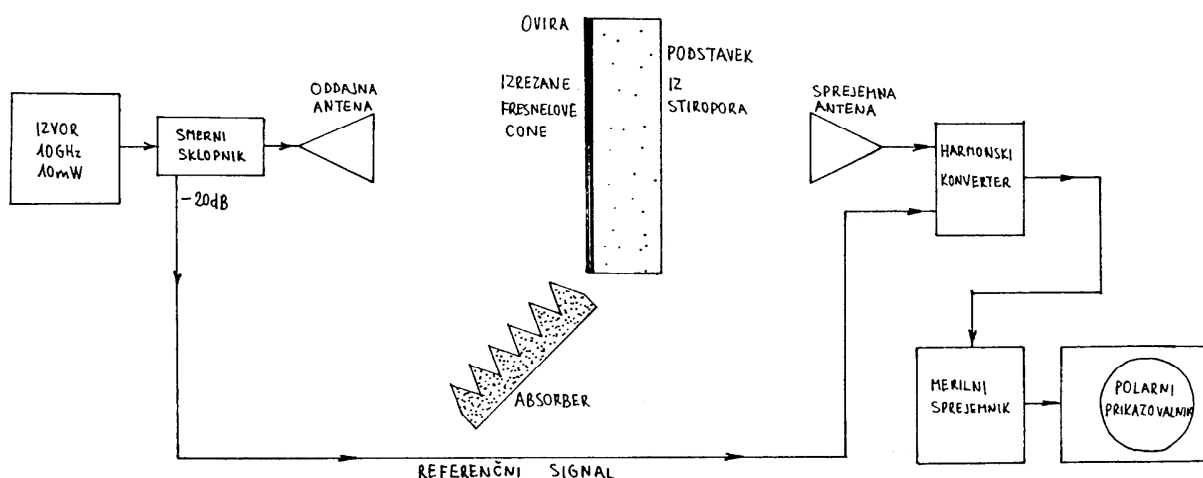
Čeprav običajno računamo Fresnelove cone zato, da bi ugotovili vpliv ovire na poti radijskih valov, lahko z zasenčenjem ustreznih Fresnelovih con tudi povečamo jakost polja na mestu sprejema. Takšno napravo imenujemo difraktor. Difraktor lahko sestavimo iz celih okroglih Fresnelovih con ali pa samo iz 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.

## 2. Seznam potrebnih pripomočkov

Za izvedbo vaje potrebujemo:

- Nemoduliran izvor (oddajnik) v frekvenčnem področju 10 GHz, z izhodno močjo do 10 dBm (10 mW).
- Smerni sklopnik za 10 GHz, sklop -20 dB.
- Dva korugirana lijaka za 10 GHz na nastavljivih podstavkih.
- Okrogle kovinske Fresnelove cone ter ravni trakovi na podstavku iz stiropora.
- Harmonski konverter, merilni sprejemnik in polarni prikazovalnik iz merilnega kompleta analizatorja vezij.
- Nekaj plošč absorberja.
- Priključne kable za vse povezave.

Razporeditev in vezava merilnih pripomočkov je prikazana na Sliki 3.



Slika 3: Razporeditev in vezava merilnih pripomočkov

## 3. Obrazložitev in 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 robu zaslona, 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.

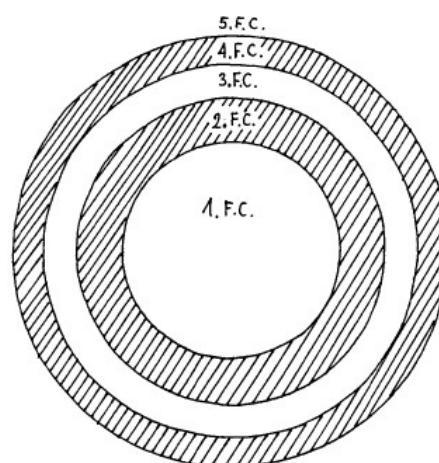
Med sprejemno in oddajno anteno postavimo oviro. Seveda morata biti razdalji od ovire do oddajne in do sprejemne antene točno izbrani, da Fresnelove cone ustrezajo kovinskim kolobarjem, središče kolobarjev pa mora biti točno na zveznici sprejemne in oddajne antene. Pri namestitvi ovire z vsemi kolobarji 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.

#### 4. Prikaz značilnih rezultatov

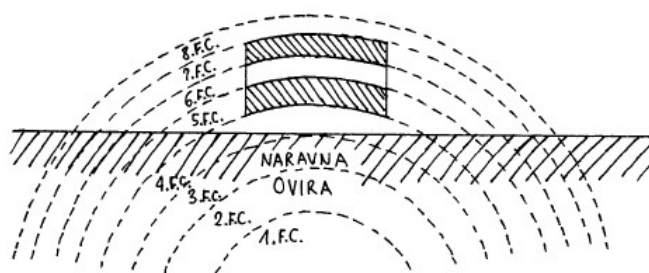
Za vajo nato najprej odstranimo samo krožno oviro, ki zasenči prvo Fresnelovo cono. Sprejeto polje se mora povečati na skoraj dvakratno vrednost glede na slučaj brez ovire, faza pa mora ostati skoraj nespremenjena. Potem odstranimo drugo cono in polje mora upasti skoraj na nič. Če prvo cono ponovno zasenčimo,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

Iz kolobarjev poskušamo sestaviti difraktor iz okroglih Fresnelovih con, kot je to prikazano na Sliki 4. 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. To nam predstavlja naravno oviro, na primer gorski greben pravokoten na smer radijske zveze, kot je to prikazano na Sliki 5. 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.



Slika 4: Difraktor s senčenjem okroglih Fresnelovih con



Slika 5: Difraktor iz delov con – trakov