

VAJA 13. - DOLOČANJE GORIŠČA ZRCALA IZ KVADRATNE NAPAKE FAZE =====

1. Učinki faznih napak pri vzbujujanju odprtih

Pri odprtinah največkrat želimo doseči največji možen dobitok pri danih (omejenih) izmerah, teži in ceni antene. Največji dobitok omogoča enakomerno in sofazno vzbujujana odprtina. Pri resnični anteni pride seveda do napak zaradi končnih toleranc izdelave antene.

Napake se najprej pokažejo kot napačna faza vzbujujanja odprtine. V primerjavi s fazo so napake v jakosti vzbujujanja običajno zanemarljive. V slučaju zrcalne antene pomeni napačna faza napačno obliko zrcala. Odstopanje od željene oblike tedaj primerjamo z valovno dolžino, kar je lahko dosti manj od premera ali drugih izmer zrcala.

Napake faze so lahko povsem naključno razporejene po površini odprtine. Dosti bolj pogost slučaj pa je takšna napaka faze, ki se pokorava točno določeni matematični zakonitosti zaradi načina vzbujujanja odprtine oziroma zaradi znane napake pri izdelavi antene. V piramidnih in stožčastih lijakih je naprimer napaka faze premosorazmerna kvadratu oddaljenosti od osi lijaka.

Najbolj nedolžen učinek ima linearna napaka faze, to je napaka, ki je premosorazmerna odmiku od osi odprtine. Takšna napaka prinaša ustrezen odklon celotnega smernega diagrama antene, kar je običajno enostavno upoštevati pri uporabi antene. V slučaju neposredno vzbujujanega paraboličnega zrcala povzroči linearno napako faze majhen prečni odklon žarilca iz osi zrcala, glavni snop odprtine pa se odkloni za enak kot v nasprotno smer.

Kvadratna napaka faze učinkuje na obliko smernega diagrama in na dobitok antene. Majhna kvadratna napaka faze najprej popači smerni diagram, kot je to prikazano na sliki 1 za enakomerno in kosinusno vzbujujana odprtino. Prva ničla smernega diagrama ob glavnem snopu postaja vse bolj plitva in nazadnje celo izgine, vse to pa se zgodi, še preden se dobitok antene bistveno zmanjša. Šele velike fazne napake prinesejo občutno zmanjšanje dobitka antene (jakosti glavnega snopa).

V slučaju neposredno vzbujujanega paraboličnega zrcala majhen vzdolžni odklon žarilca povzroči fazno napako, ki je funkcija kvadrata oddaljenosti od osi zrcala "x", kot je to prikazano na sliki 2. Pri plitvih zrcalih ($x \ll f$) je fazna napaka skoraj povsem premosorazmerna kvadratu oddaljenosti od osi zrcala, pri globokih zrcalih pa moramo upoštevati še višje sode potence oddaljenosti od osi zrcala. Skupni učinek je tudi v slučaju višjih sodih potenc podoben.

Navidezen vzdolžni odklon žarilca paraboličnega zrcala dobimo tudi takrat, ko anteno merimo ali uporabljamo na premajhnih razdaljah, ko ni izpolnjen Fraunhoferjev pogoj za daljnje polje. Navidezen odklon gorišča zrcala preprosto izračunamo s pomočjo zakonitosti geometrijske optike zrcala, kot je to prikazano na sliki 3. Izraz iz geometrijske optike lahko seveda uporabimo tudi v obratni smeri in izračunamo, kam moramo pri meritvi na premajhni razdalji premakniti

žarilec zrcala, da dobimo smiselne rezultate meritve.

Učinek kvadratne napake faze koristno uporabimo pri iskanju gorišča zrcala. Goriščno razdaljo zrcala lahko sicer preprosto izračunamo iz geometrije zrcala, vendar običajno ne poznamo točnega položaja faznega središča žarilca. Žarilec zato najprej nastavimo za največji dobitok antene. Nato izmerimo smerni diagram antene in preverimo globino prvih ničel ob glavnem snopu. Z majhnimi vzdolžnimi premiki žarilca skušamo nato izboljšati globino ničel, saj je ta podatek dosti bolj občutljiv pokazatelj gorišča od dobitka antene.

2. Seznam potrebnih pripomočkov

Za izvedbo vaje potrebujemo:

- (1) Izvor (oddajnik) v frekvenčnem področju 15GHz, z izhodno močjo do 20dBm (100mW) in možnostjo amplitudne modulacije z 1kHz (27kHz) pravokotnim signalom.
- (2) Oddajno anteno za 15GHz (valovodni lijak).
- (3) Merjeno anteno, parabolično zrcalo vzbujano s pomičnim valovodnim lijakom za nastavljanje gorišča.
- (4) Merilno diodo za 15GHz.
- (5) Merilni sprejemnik (1kHz ali 27kHz) z risalnikom.
- (5) Vrtiljak za eno anteno in nepremični podstavek za drugo.
- (6) Nekaj plošč absorberja.
- (7) Priključne kable za vse povezave.

Razporeditev in povezava merilnih inštrumentov je prikazana na sliki 4.

3. Obrazložitev in opis poteka vaje

Pri izvedbi vaje moramo najprej pomisliti na zahteve meritve in na omejitve merilnih inštrumentov. Pri meritvi smernega diagrama zahtevamo, da se anteni nahajata na dovolj veliki razdalji, v področju daljnjega polja. Ker te zahteve ne moremo izpolniti v zaprtem prostoru, bo treba upoštevati napako v končnem rezultatu in ustrezno preračunati izmerjeno goriščno razdaljo zrcala.

Ker meritve ne moremo opraviti v povsem praznem prostoru, bojo rezultat meritve smernega diagrama v glavnem motili odbiti valovi od predmetov v bližnji okolici. Zato je treba ustrezno namestiti plošče iz snovi, ki vpija radijske valove dane frekvence. Glavna omejitev merilnih inštrumentov je občutljivost sprejemnika (dioda). Moduliranemu merilnemu izvoru zato dodamo močnostni ojačevalnik.

Pri merjeni anteni (zrcalu) nato v grobem nastavimo žarilec, valovodni lijak, tako, da se nahaja odprtina lijaka v gorišču zrcala, ki ga izračunamo iz geometrije zrcala. Pri tem nismo upoštevali dveh izvorov napak: točnega položaja faznega središča lijaka in premika gorišča zrcala zaradi preblizu postavljene oddajne antene.

Smerni diagram merimo v eni sami ravnini, ker imamo pri vaji le enodimenzijsko parabolično zrcalo. Rotacijsko simetrična parabolična zrcala bi seveda pomerili v vsaj dveh pravokotnih ravninah, ker lahko na ta način odkrijemo (dokaj pogosto) napako pri izdelavi zrcala, ko rob zrcala ni krog pač pa osmica.

Ker je glavni snop zrcalne antene ponavadi zelo ozek, zadošča meritev smernega diagrama v območju +/-45 stopinj

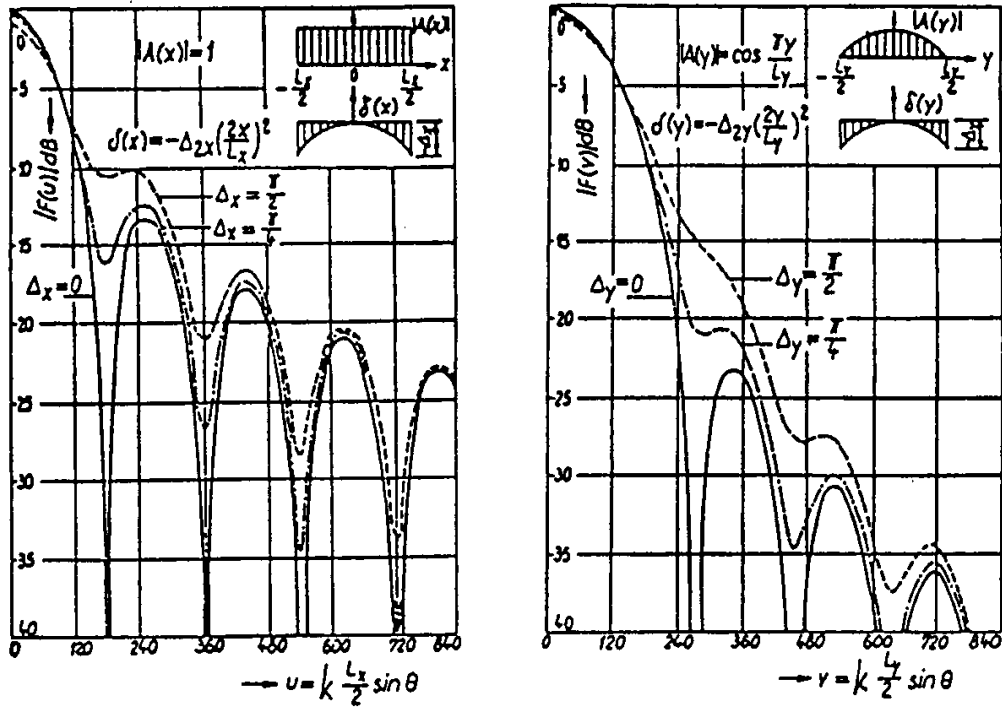
od smeri glavnega snopa. Temu ustrezno nastavimo risalnik, da dobimo razširjeno sliko okolice glavnega snopa. Hitrost vrtiljaka nastavimo ustrezno počasi, ker pri tej vaji merimo globino zelo ostrih ničel smernega diagrama.

Najboljši položaj žarilca nato poiščemo tako, da izmerimo več smernih diagramov za različne razdalje žarilca od zrcala. Žarilec premikamo v majhnih korakih v velikostnem razredu osmine valovne dolžine. Najboljši položaj žarilca je tisti, ki daje najgloblje prve ničle ob glavnem snopu smernega diagrama.

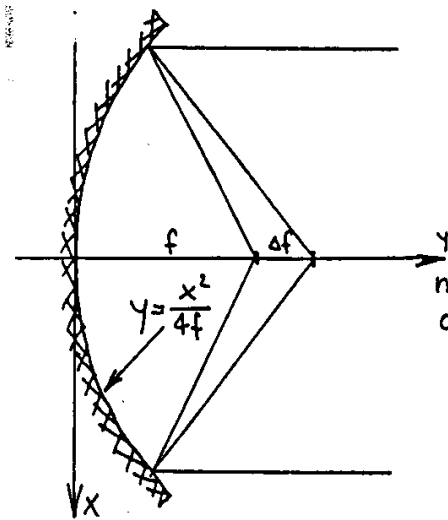
4. Prikaz značilnih rezultatov

V rezultatu naloge moramo najprej navesti izmere uporabljenega zrcala in žarilca. Nato izmerimo tri smerne diagrame: za najugodnejšo najdeno razdaljo med žarilcem in zrcalom ter za razdalji, ki sta za četrto valovne dolžine manjši oziroma večji od najugodnejše razdalje. Razdalje podamo kot oddaljenost odprtine lijaka od središča zrcala.

Končno izračunamo pravi položaj žarilca z upoštevanjem končne razdalje do oddajne antene.



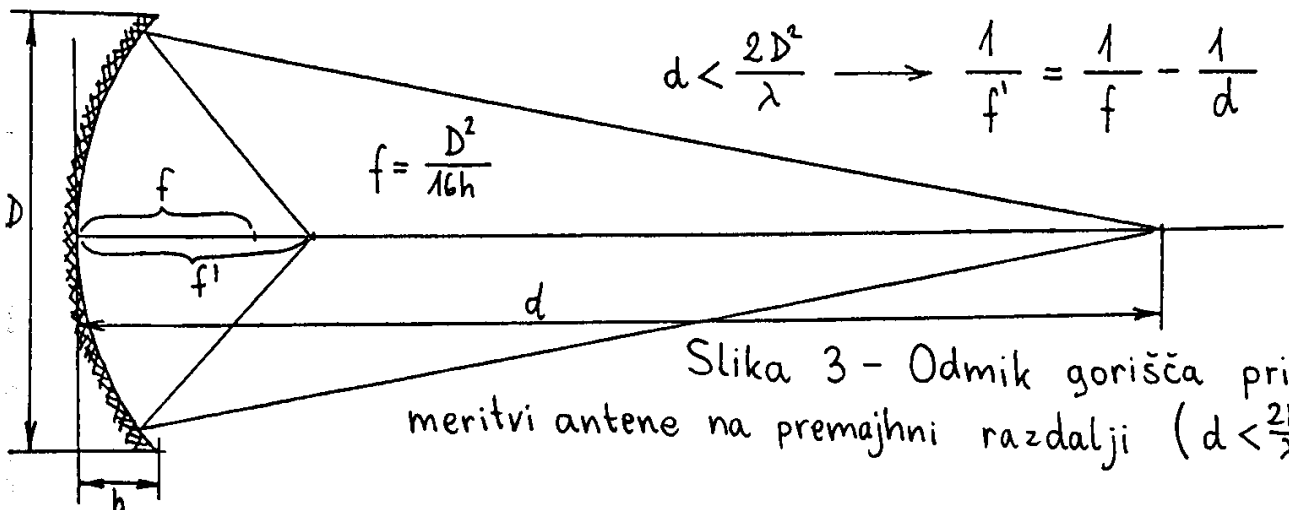
Slika 1 - Smerni diagram odprtine z enakomernim/kosinusnim vzbujanjem in kvadratno napako faze.



$$\delta(x) = k \left[\sqrt{4f^2 + 2\Delta f \left(f - \frac{x^2}{4f}\right) + \left(f + \frac{x^2}{4f}\right)^2} - \left(f + \frac{x^2}{4f}\right) \right]$$

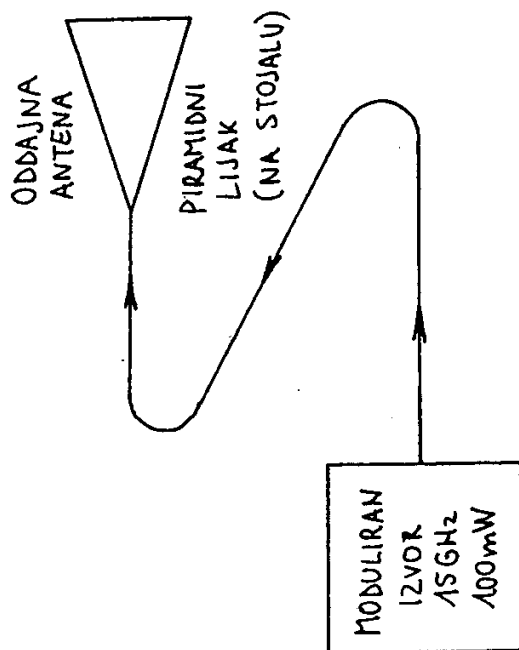
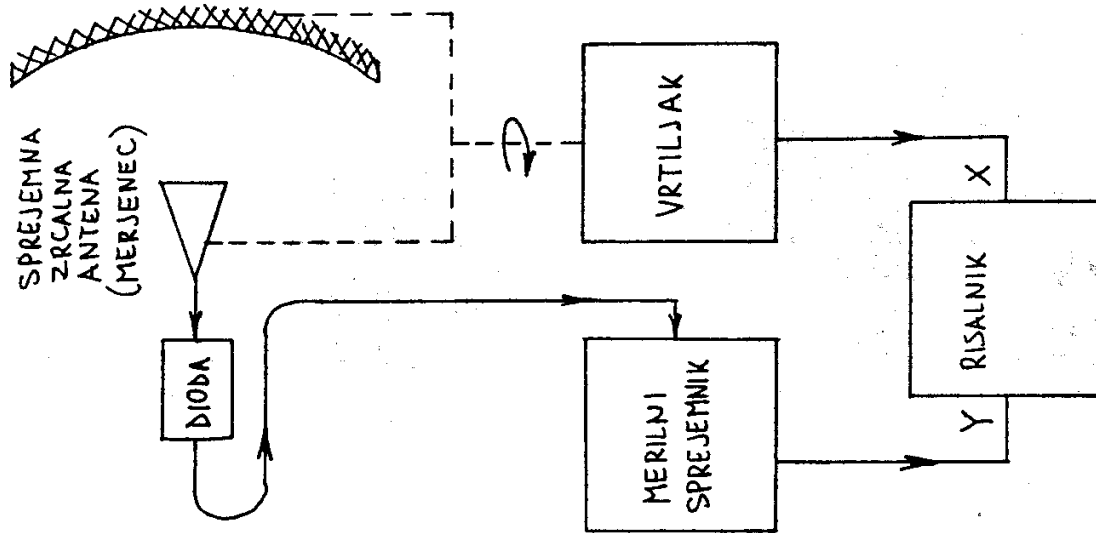
majhen odmik $\Delta f \ll f \rightarrow \delta(x) \approx k \Delta f \frac{4f^2 - x^2}{4f^2 + x^2}$

Slika 2 - Napaka faze vzbujanja pri vzdolžnem odmiku iz gorišča zrcala.



$$d < \frac{2D^2}{\lambda} \rightarrow \frac{1}{f'} = \frac{1}{f} - \frac{1}{d}$$

Slika 3 - Odmik gorišča pri meritvi antene na premajhni razdalji ($d < \frac{2D^2}{\lambda}$).



Slika 4 - Razporeditev in vezava merilnih instrumentov.