

VAJA 18. - FAZNI POTEK VZBUJANJA ELEMENTOV YAGI ANTENE

1. Antenske strukture z upočasnjenim valovanjem

Smernost in dobitek antene lahko povečamo z zbiralno lečo, ki jo postavimo pred anteno. Zbiralna leča je enostavno primerno oblikovan kos dielektrika, da ukrivlja oziroma ravna valovne fronte. Osnova za delovanje dielektrične leče je v različni hitrosti razširjanja valovanja v dielektriku od hitrosti istega valovanja v praznem prostoru.

Zaradi majhne valovne dolžine si v optiki lahko privoščimo zelo velike leče glede na valovno dolžino. V področju radijskih frekvenc zaradi razmeroma velike valovne dolžine iščemo takšno konstrukcijo zbiralne leče, da bi bili potrošnja materiala, dimenzije in teža celotne antene čimmanjši. V področju radijskih frekvenc se obnese konstrukcija zbiralne leče v obliki palice iz dielektrika.

Delovanje leče v obliki dielektrične palice je prikazano na sliki 1. V dielektriku je valovanje upočasnjeno glede na prazen prostor, zato je v palici manjša tudi valovna dolžina. Palica primerne dolžine lahko spremeni kroglaste valovne fronte iz točkastega izvora valovanja v ravne fronte. Seveda gre z isto palico tudi obratno: ravne valovne fronte ista palica ukrivi in zbere valovanje v eni točki.

Dielektrično zbiralno lečo v obliki palice srečamo pri več različnih vrstah anten. Nekatero najbolj znane vrste anten z dielektrično lečo so prikazane na sliki 2. Smernost lijaka, ki ga predstavlja odprti konec okroglega valovoda, enostavno povečamo s palico iz dielektrika, ki jo vtaknemo v odprtino lijaka (A). Učinek leče še povečamo, če optimiziramo potek faze na palici tako, da počasi manjšamo polmer palice.

Na frekvencah pod 1GHz (valovna dolžina 30cm) ima tudi dielektrična leča v obliki palice ogromne dimenzije in težo. Namesto resničnega dielektrika zato uporabimo na nižjih frekvencah rajši umetni dielektrik, ki ga izdelamo iz primerno oblikovanih kosov kovine (B). Če prostor zapolnimo z majhnimi osamljenimi kosi kovine, ki med sabo niso električno povezani, se dielektričnost prostora navidezno poveča: silnice električnega polja se skrajšajo natančno za del poti, ki jo zapolnjujejo kovinski kosi v prostoru.

Še večji učinek lahko dosežemo, če izkoristimo rezonančne pojave. Tanke kovinske palčke dolžine le nekoliko manjše od polovice valovne dolžine izredno povečajo navidezno dielektričnost prostora, a le v dokaj ozkem frekvenčnem pasu. Yagi antena (C) zato omogoča izredno velik prihranek materiala za gradnjo dielektrične leče.

Rezonančne kovinske palčke močno učinkujejo le na električno polje v smeri osi palčk. Leča Yagi antene za poljubno polarizirano valovanje potrebuje dvakratno število palčk, postavljenih pod pravim kotom. Razem palčk obstajajo tudi drugačne rezonančne oblike, ki močno povečajo navidezno dielektričnost prostora v določenem frekvenčnem pasu. Žica, navita s primernim polmerom v vijačnico z ustreznim hodom, se obnaša kot dielektrična leča za desno oziroma levo krožno

polarizirano valovanje (D), odvisno od smeri navijanja vijačnice.

Vse paličaste leče, bodisi z resničnim ali z navideznim umetnim dielektrikom, imenujemo s skupnim imenom strukture z upočasnjem valovanjem (slow-wave structures).

## 2. Seznam potrebnih pripomočkov

-----

Za izvedbo vaje potrebujemo:

- (1) Izvor (oddajnik) v frekvenčnem področju 200-500MHz, z izhodno močjo do 20dBm (100mW).
- (2) Dve Yagi anteni za 200MHz in 500MHz.
- (3) Visokofrekvenčni tokovni merilni transformator na izoliranem držalu.
- (4) Vektorski voltmeter s priborom sond.
- (5) Zidarski meter.
- (6) Podstavek za anteno in priključne kable za vse povezave.

Razporeditev in povezava merilnih inštrumentov je prikazana na sliki 3.

## 3. Obrazložitev in opis poteka vaje

-----

V neposredni bližini antene je običajno zelo težko meriti električno, magnetno ali sevano polje z razumljivo mero točnosti in ponovljivosti meritve. Zato za meritev izberemo Yagi anteno in merimo tokove v posameznih palčkah antene, saj je tok v palčkah sorazmeren v amplitudi in fazi iskanemu polju na mestu palčke. Za meritev postavimo Yagi anteno na podstavek, da je dovolj oddaljena od drugih predmetov, predvsem pa, da ni ovir v vidnem polju glavnega snopa antene.

Yagi antena je po načinu delovanja ozkopasovna antena, zato jo moramo napajati z izvorom ustrezne frekvence. Na frekvencah daleč proč od nazivne frekvence se Yagi antena obnaša povsem drugače, saj se poruši rezonančni mehanizem delovanja umetnega dielektrika. VF izvor seveda priključimo na napajani dipol Yagi antene preko ustreznega simetričnega člana.

Amplitudo in fazo porazdelitve toka na palčkah merimo z vektorskim voltmetrom. Referenčni A kanal vektorskega voltmetra priključimo naravnost na izhod VF izvora preko napetostnega delilnika 1:10, da ne prekrmilimo glave vektorskega voltmetra. Pri vektorskem voltmetru nikakor ne smemo pozabiti nastaviti frekvenčnega območja (ojačenje fazno-sklenjene zanke)!

Tokovni merilni transformator ni idealna naprava. Uporabljeni merilni transformator je razmeroma točen pri frekvenci 200MHz, pri frekvenci 500MHz pa že močno nagaja električno polje merjene antene. Da izboljšamo točnost meritve zato natakemo merilni transformator na vsak palčko dvakrat. Drugič ga natakemo v obratni smeri, da se faza merjenega signala obrne za 180 stopinj. Ker se pri tem faza motenj ne obrne, dobimo točnejši rezultat kot povprečje obeh meritev, pri tem da smo drugi meritvi faze namerno dodali ali odvzeli 180 stopinj.

## 4. Prikaz značilnih rezultatov

-----

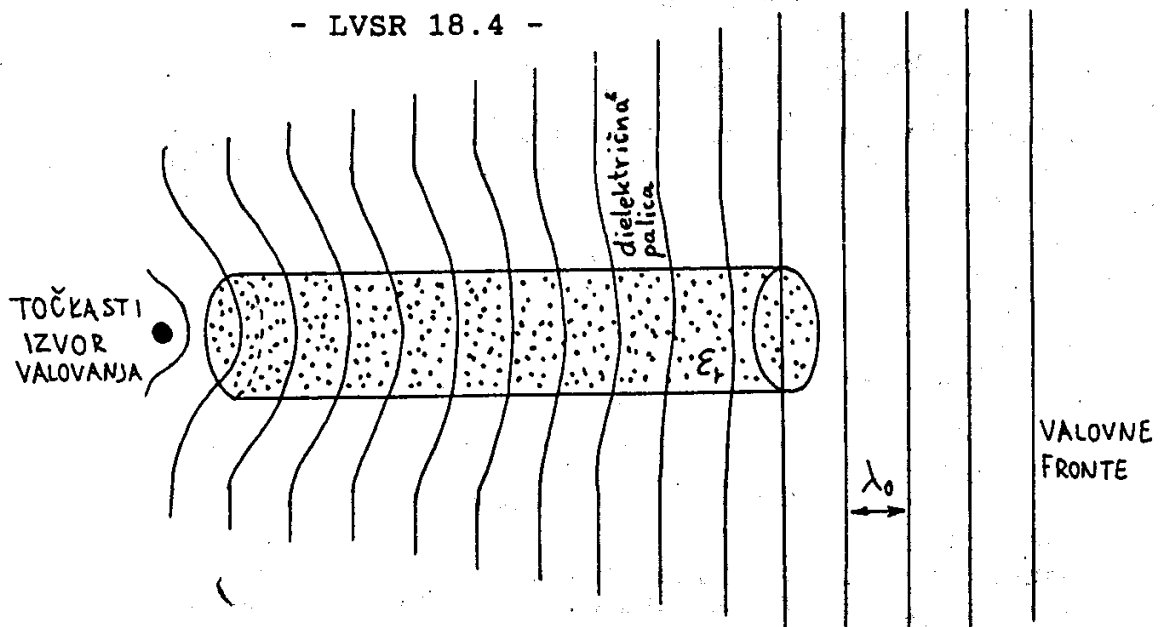
Pri tej vaji merimo amplitudno in fazno porazdelitev vzdolž Yagi antene. Porazdelitev toka na posamični palčki je znane sinusne oblike, zato merimo tok le v maksimumu sredi palčke. Tokovni merilni transformator zato natakemo na

posamezne palčke in vsakokrat pomaknemo do srednjega nosilca antene.

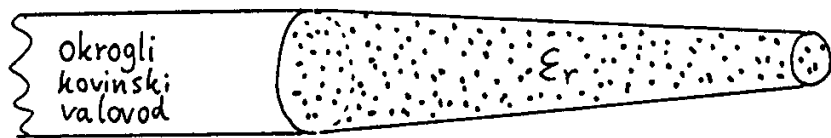
Za vajo izmerimo amplitudno in fazno porazdelitev na dveh različnih Yagi antenah, na vsaki anteni seveda le na njeni delovni frekvenci. Idealni potek faze na Yagi anteni je prikazan na sliki 4. Pri resnični meritvi seveda lahko izmerimo tokove le na mestih, kjer se nahajajo palčke. Ker razmaki med palčkami niso enaki, je treba točne položaje palčk izmeriti z metrom.

Izmerjeni diagram bo seveda imel več odstopanj od idealne oblike. Faza toka bo povsem drugačna v krmiljenem dipolu in v eni ali več odbojnih palčkah za njim. Tudi na prednjem koncu antene lahko opazimo učinek odbitega vala. Končno doprinese napako tudi merilna metoda, predvsem neidealnost tokovnega merilnega transformatorja.

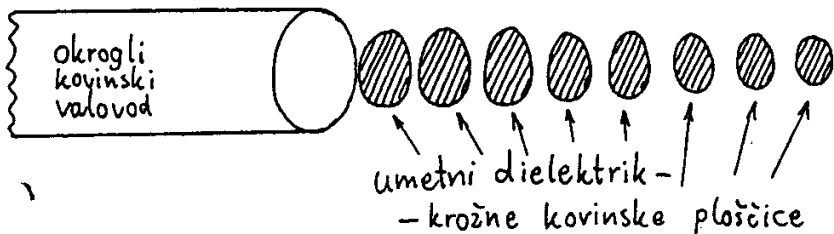
Rezultat meritve faze moramo tudi znati pravilno uporabiti. Merilnik faze lahko izmeri kvečjemu  $\pm 180$  stopinj. Večličnost rezultata moramo zato na koncu pravilno razrešiti sami.



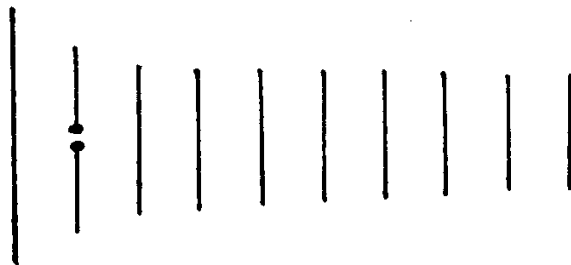
Slika 1. - Ravnanje / ukrivljanje valovnih front na leči v obliki palice iz dielektrika  $\epsilon_r$ .



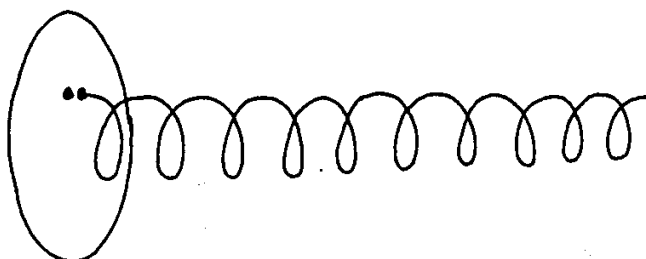
(A) Valovodni lijak z dielektrično lečo



(B) Valovodni lijak z lečo iz umetnega dielektrika

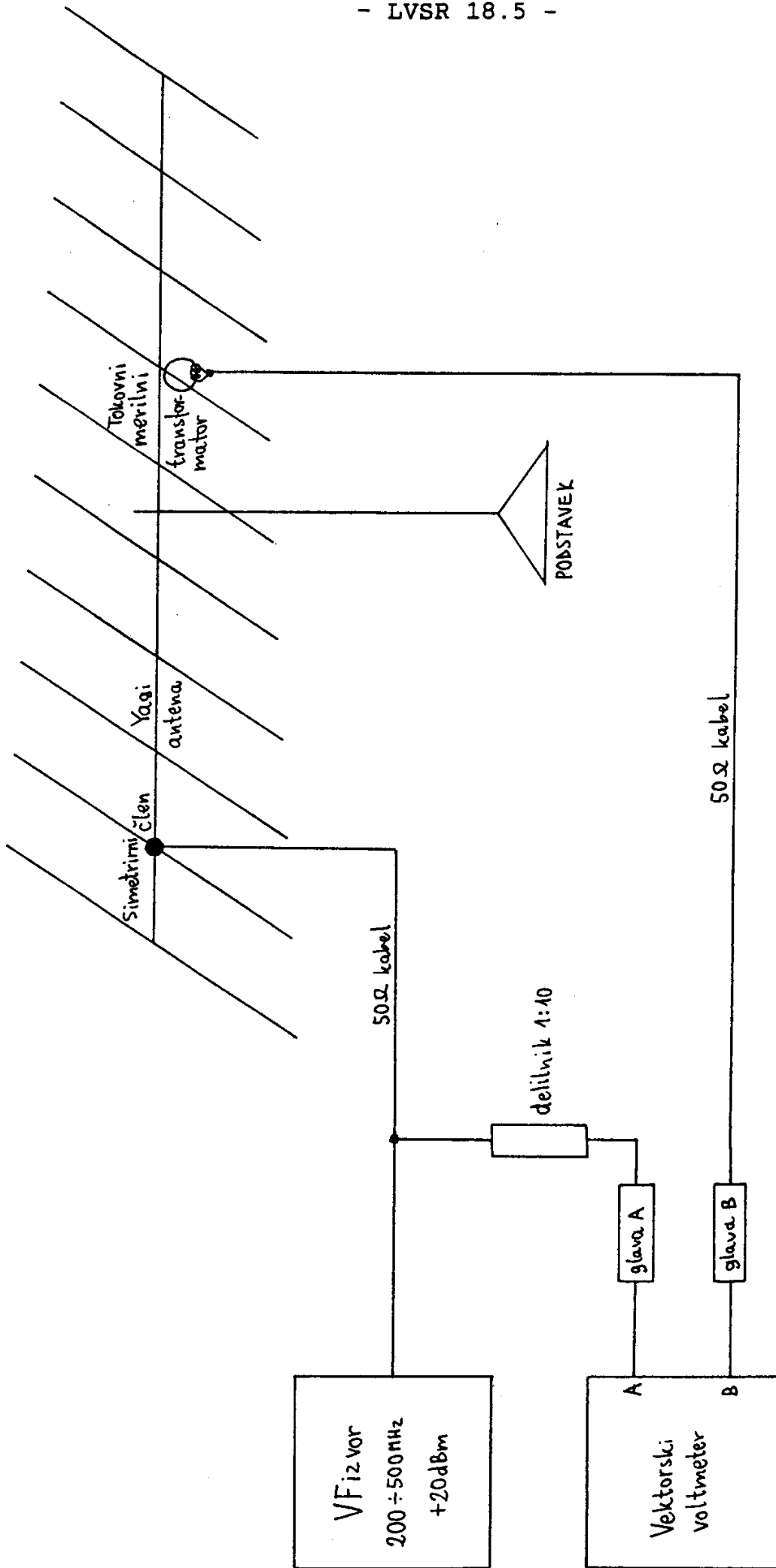


(C) Yagi antena

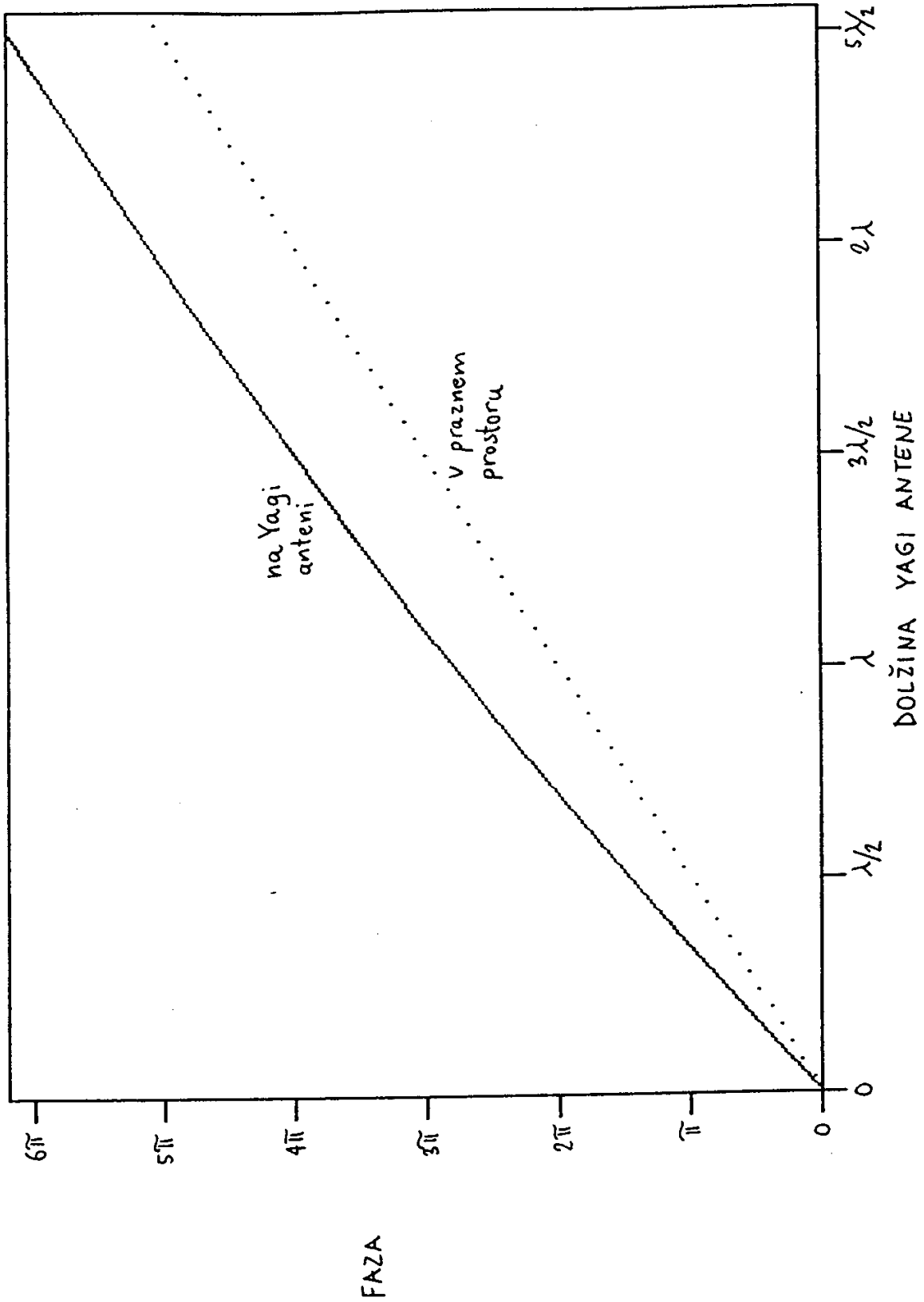


(D) Osna vijačna antena

Slika 2. - Antenske strukture z upočasnjenim valovanjem.



Slika 3. - Razporeditev in vezava merilnih instrumentov.



Slika 4. - Potek faze na Yagi anteni.