

VAJA 5. - MERJENJE ODBOJNOSTI ANTENE Z MERILNIM VODOM
=====

1. Odbojnost in valovitost

Z višanjem frekvence v področje radijskih valov postaja meritev impedance vse bolj nerodna, saj je treba upoštevati vsaj parazitne kapacitivnosti in induktivnosti priključkov merilnika. Pri še višjih frekvencah, v mikrovalovnem področju, imamo med merilnikom in merjencem vedno kos visokofrekvenčnega voda, ki predstavlja porazdeljeno induktivnost in kapacitivnost. Ne glede na način delovanja merilnika sledi sami meritvi zamudno preračunavanje izmerjene vrednosti v točno impedanco merjenca. Končno, v milimetrskem mikrovalovnem področju in naprej v optiki uporabljamo kot prenosne vode izključno valovode, na katerih ne moremo meriti tokov in napetosti niti definirati impedance.

V radijskem frekvenčnem področju, v mikrovalovih in v optiki zato uporabljamo drugačne veličine za opisovanje lastnosti bremena. Najbolj uporabna veličina je odbojnost bremena. Odbojnost definiramo glede na uporabljeni prenosni vod: žični dvovod, koaksialni kabel, kovinski valovod ali optično vlakno. Na vseh vrstah vodov, kjer lahko enoveljavno določimo tok in napetost, obstaja tudi obojestranska enoveljavna povezava med odbojnostjo in impedanco bremena.

Odbojnost lahko merimo na več različnih načinov, najpreprostejša tehnična izvedba pa je merilni vod z utorom in sondo. Na sliki 1 je prikazan takšen merilni vod v koaksialni izvedbi z električno (kapacitivno) sondo. Merilni vod lahko seveda izdelamo tudi kot kovinski valovod ali kakšno drugo vrsto prenosnega voda. Kot sondo lahko uporabimo tudi magnetno sondo (majhno zankico). Utor za dostop sonde do polja v prenosnem vodu je v vsakem slučaju izrezan tako, da čimmanj moti polje v vodu. Iz istega razloga pri meritvi nastavimo takšno globino sonde, da komaj dobimo zadosten signal za meritev a istočasno čimmanj motimo polje v merilnem vodu s prisotnostjo sonde.

S premikanjem sonde vzdolž merilnega voda izmerimo velikost in položaj minimumov in maksimumov. Razmerje med minimumi in maksimumi ustreza razmerju stojnega vala oziroma valovitosti (neubranosti), iz katere lahko izračunamo velikost odbojnosti. Fazo odbojnosti lahko dobimo iz položaja minimumov ali maksimumov. Ker je določanje minimumov natančnejše, ponavadi merimo le položaj minimumov. Pri tem moramo seveda poznati hitrost razširjanja valovanja v uporabljenem merilnem vodu, da iz izmerjene razdalje izračunamo fazo odbojnosti.

2. Seznam potrebnih pripomočkov

Za izvedbo vaje potrebujemo:

- (1) Izvor (oddajnik) v frekvenčnem področju 1.7-4.2GHz, z izhodno močjo 20dBm (100mW) in amplitudno modulacijo 1kHz.
- (2) Anteno (merjenec) za "S" frekvenčno področje.
- (3) Koaksialni merilni vod za "S" področje z detektorjem.

- (4) Prilagojeno koaksialno breme in koaksialni kratek stik.
- (5) Ploščo mikrovalovnega absorberja za "S" področje.
- (6) Priključne kable za vse povezave.

Razporeditev in povezava merilnih inštrumentov je prikazana na sliki 2.

3. Obrazložitev in opis poteka vaje

Ker dobimo iz sonde zelo šibek signal, uporabimo za meritev izvor z refleksnim klistronom, ki lahko da na izhodu več kot 100mW VF moči. Izvor amplitudno moduliramo z 1kHz, da uporabimo detektor z diodo v kvadratičnem režimu. Dioda sama je vgrajena v rezonator, da z njim uglasimo sondo na največjo možno občutljivost. To hkrati pomeni, da je treba pri vsakršnem spreminjanju frekvenca izvora sondo ponovno uglasiti na največjo možno občutljivost.

Pri merjenju odbojnosti moramo upoštevati dejstvo, da merjenec (antena) ni naravnost priključen na merilni vod. Med anteno in merilnim vodom imamo nujno še kos koaksialnega kabla in več konektorskih spojev, ki vsi vnašajo izgube in nekoliko odstopajo od normirane impedance prenosnega voda. Meritev dolžine kabla in priključkov ne zadošča za določanje faznega zasuka, ker ne poznamo vseh različnih dielektrikov v kablu in raznih konektorjih.

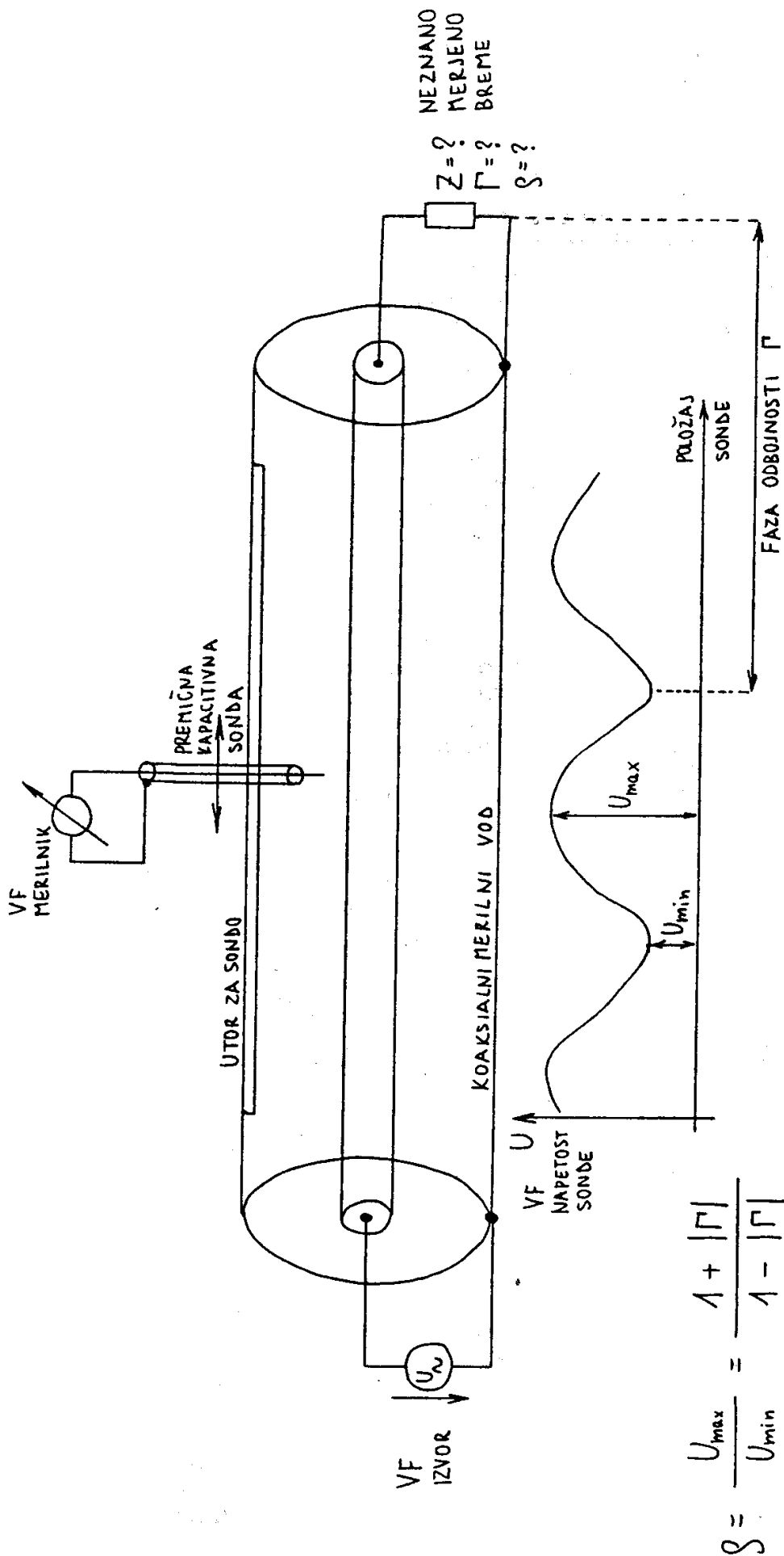
Merilni sistem zato najprej preizkusimo tako, da ga priključimo na prilagojeno breme (točen merilni upor). Valovitost, ki jo tedaj izmerimo s koaksialnim merilnim vodom, je potem ocena za točnost vseh nadaljnjih meritev. Prilagojeno breme priključimo v merilnem sistemu čim bližje mestu, kjer se nahaja antena, da na ta način zajamemo čimveč ostalih sestavnih delov (kablov, konektorjev), ki jih ne želimo meriti, a vseeno motijo meritev.

Nato sistem umerimo še s kratkostičnikom. Iz izmerjene valovitosti za kratkostičnik lahko določimo izgube v priključnem kablu. S kratkostičnikom določimo tudi referenčno mesto za fazo odbojnosti, saj je odbojnost kratkostičnika natančno -1. Na ta način nam ni treba meriti fizične dolžine priključnega kabla, saj smo električno dolžino že izmerili s kratkostičnikom.

Končno priključimo namesto kratkostičnika neznano breme, to je merjeno anteno. Med meritvijo anteno usmerimo v prazen prostor oziroma pred njo namestimo mikrovalovni absorber. Velikost odbojnosti antene izračunamo iz izmerjene valovitosti. Fazo odbojnosti antene dobimo iz razdalje med položajem minimuma za kratkostičnik in minimuma za merjeno anteno. Pri tem moramo poznati le hitrost razširjanja valovanja v merilnem vodu (TEM v praznem prostoru) in upoštevati, da je odbojnost kratkostičnika natančno enaka -1.

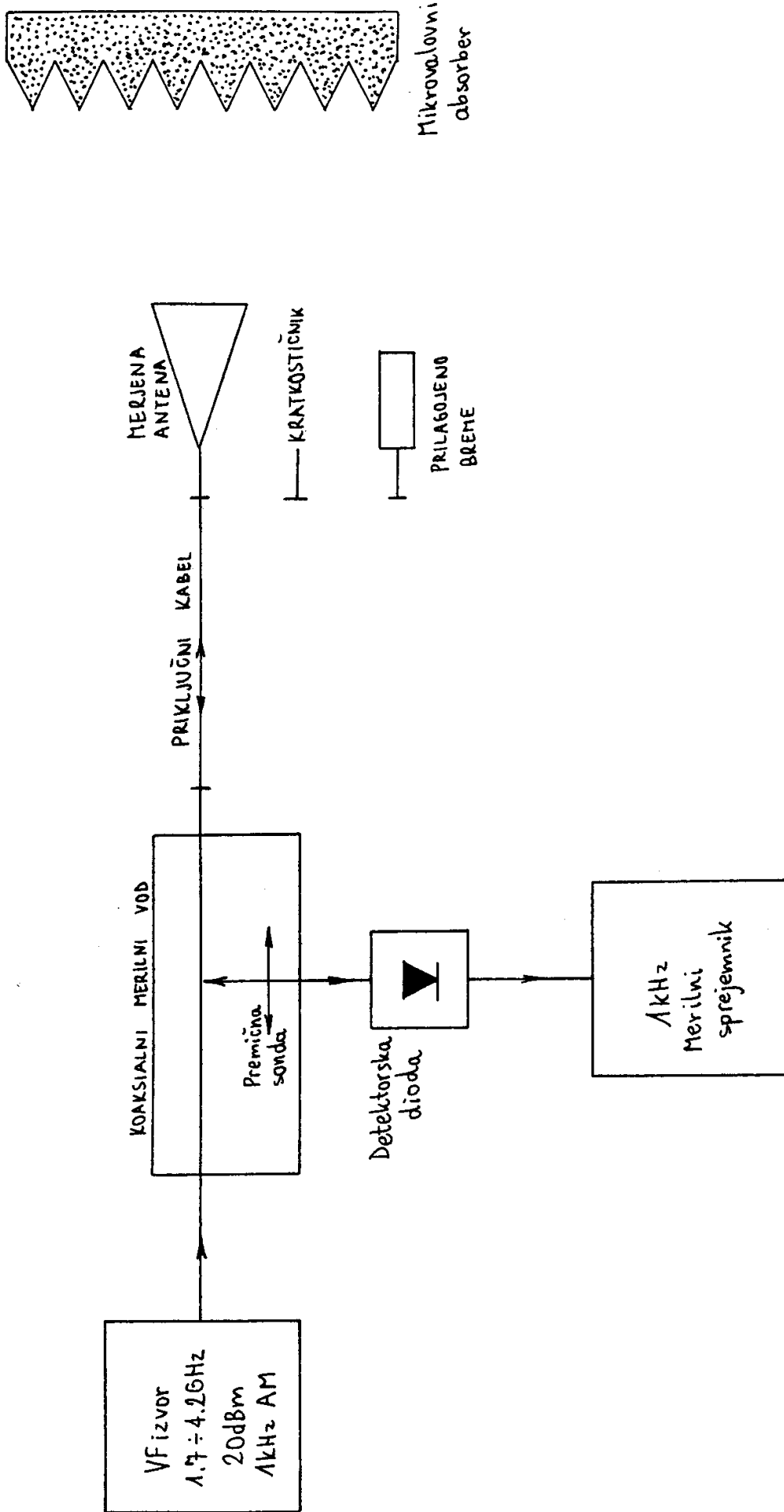
4. Prikaz značilnih rezultatov

Vse tri meritve ponovimo v celotnem frekvenčnem področju 1.7-4.2GHz, ki ga dopušča uporabljeni VF izvor. Glede na vrsto uporabljene antene (valovodni lijak) bo izmerjena odbojnost zelo visoka na nizkih frekvencah, pod mejno frekvenco valovoda. Antena se tam obnaša kot povsem reaktivno kapacitivno breme. Na gornjem koncu frekvenčnega področja bo odbojnost razmeroma nizka, saj je antena izdelana za to frekvenčno področje.



$$S = \frac{U_{max}}{U_{min}} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}$$

Slika 1. - Merjenje velikosti in faze odbojnosti s koaksialnim merilnim vodom.



Slika 2. - Razporeditev in povezava merilnih instrumentov.