

VAJA 9. - MERJENJE ODBOJNOSTI ANTENE S SMERNIM SKLOPNIKOM
=====

1. Protismerni sklopnik

Odbojnost lahko sicer enostavno izmerimo z merilnim vodom, vendar je merilni vod nerodna mehanska naprava: sonda je treba med meritvijo mehansko premikati, merilni vod postane za nižje frekvence nepraktično dolg in končni rezultat je treba šele preračunati iz izmerjene valovitosti in faze minimuma. Za meritev odbojnosti bi zato želeli napravo, ki na svojem izhodu proizvaja signale, ki so naravnost sorazmerni odbitemu oziroma napredujočemu valu na VF prenosnem vodu.

Takšno napravo imenujemo smerni sklopnik. Smerni sklopnik se da izdelati na več različnih načinov za različna frekvenčna področja od enosmerne pa vse do svetlobnih frekvenc. Za frekvence nad 100MHz je opisano napravo najlažje izdelati kot dva sklopljena prenosna voda (glej sliko 1), od koder tudi prihaja ime sklopnik.

Med dvema prenosnima vodoma imamo sosmerni sklop ali protismerni sklop ali obe vrsti sklopa hkrati. Izraz sosmerni sklop pomeni, da dobimo v sklopljenem vodu potujoči val, ki potuje v isti smeri kot izvorni val. Sklopljena voda lahko obravnavamo kot en sam vod, v katerem se lahko širita dva različna valova: sofazni val in protifazni val. Pogoji za sosmerni sklop je razlika v hitrosti razširjanja sofaznega in protifaznega vala, kar lahko dosežemo v kovinskih valovodih oziroma v vodih z nehomogenim dielektrikom: mikrotrakasti vod na tiskanem vezju ali optično vlakno.

V sklopniku na sliki 1 je dielektrik homogen, oba sofazni val in protifazni val sta vrste TEM in potujeta z isto hitrostjo. Med obema žilama kabla imamo hkrati induktivni in kapacitivni sklop, ki dasta kot vsoto protismerni sklop. Ker se v protismernem sklopniku izvorni in sklopljeni val razširjata v obratnih smereh, se njuna medsebojna faza hitro spreminja. Protismerni sklopnik mora biti zato kratek v primerjavi z valovno dolžino. Največji sklop dosežemo pri dolžini četrta valovne dolžine, pri polovici valovne dolžine pa sklop upade na nič. Z nadaljnjim daljšanjem sklopnika jakost sklopa periodično niha med tema vrednostima.

Dodatna razlaga delovanja protismernega sklopnika je prikazana na sliki 2. Protismerni sklopnik je naprava, ki meri napetost na vodu preko kapacitivnega delilnika: medsebojna kapacitivnost C^* , in tok na vodu preko tokovnega merilnega transformatorja: medsebojna induktivnost M^* . Ker se napredujoči in odbiti val na prenosnem vodu razlikujeta v medsebojni fazi toka in napetosti, vzorce toka in napetosti seštejemo v fazi ali v protifazi, da dobimo signale, ki so sorazmerni le napredujočemu oziroma le odbitemu valu na prenosnem vodu.

Praktična izvedba merilnega smernega sklopnika je prikazana na sliki 3. V merilnem smernem sklopniku želimo čimvečjo smernost, to je čimboljše razlikovanje med napredujočim in odbitim valom. TEM sklopljena voda sama po sebi sicer zagotavljata odsotnost sosmerne sklopa. V praktični

uporabi moramo še zagotoviti, da ne pride do odbojev na koncih sklopljenega voda, ki bi iz protismernega sklopa napravili sosmerni sklop.

Ker je vhodna odbojnost VF merilnikov običajno precej veliko število, zagotovimo smernost sklopnika tako, da drugi konec sklopljenega voda zaključimo na točnem merilnem upor. Zaključitveni upor je običajno že vgrajen v ohišje sklopnika. Merilni sklopnik za napredujoči in odbiti val zato vsebuje v notranjosti dva ločena protismerna sklopnika, posebej za napredujoči in posebej za odbiti val, ki imata vsak svoj zaključitveni upor v notranjosti naprave, kot je to prikazano na sliki 3.

Smerni sklopnik natančno opišemo z dvema veličinama: jakostjo sklopa in smernostjo sklopnika. Jakost sklopa pove, kolikšen del moči valovanja v enem vodu se sklopi v drugi vod v sklopniku. Sklopnik se da izdelati za poljubno jakost sklopa, običajne številke za merilne smerne sklopnike pa so med -10dB in -20dB. Smernost opisuje sposobnost sklopnika, da razlikuje med napredujočim in odbitim valom. Smernost protismernih koaksialnih merilnih sklopnikov omejuje točnost zaključitvenih uporov na okoli 30dB. Valovodni sosmerni sklopniki iz kovinskih valovodov dosežejo 40dB, iz optičnih vlaken pa tudi 70dB smernosti.

2. Seznam potrebnih pripomočkov

Za izvedbo vaje potrebujemo:

- (1) Izvor (oddajnik) v frekvenčnem področju 1.7-4.2GHz, z izhodno močjo 15dBm (30mW).
- (2) Anteno (merjenec) za "S" frekvenčno področje.
- (3) Koaksialni smerni sklopnik za "S" področje.
- (4) Visokofrekvenčni merilnik moči z ustrezno glavo.
- (5) Prilagojeno koaksialno breme in koaksialni kratek stik.
- (6) Ploščo mikrovalovnega absorberja za "S" področje.
- (7) Priključne kable za vse povezave.

Razporeditev in povezava merilnih inštrumentov je prikazana na sliki 4.

3. Obrazložitev in opis poteka vaje

Smerni sklopnik omogoča ugoden, ločen "dostop" posebej do napredujočega in posebej do odbitega vala v prenosnem vodu. Merjena veličina, odbojnost, je preprosto kvocient obeh signalov, ki jih dobimo na izhodu merilnega smernega sklopnika. Če razpolagamo z vektorskim merilnikom, ki zna meriti kvocient amplitud in razliko v fazi obeh signalov, lahko s sklopnikom izmerimo amplitudo in fazo odbojnosti. Podobno kot pri meritvi z merilnim vodom s premično sondo je treba tudi pri sklopniku preračunati (zavrteti) fazo glede na električno dolžino kabla do merjenca. Merilni komplet, ki vsebuje VF izvor, smerni sklopnik in vektorski merilnik, običajno imenujemo vektorski analizator vezij.

V vaji bomo kot VF merilnik uporabili kar merilnik moči, ki zna meriti samo amplitudo visokofrekvenčnih signalov. S takšnim merilnikom in smernim sklopnikom lahko merimo le velikost odbojnosti. Zaradi slabe občutljivosti uporabljenega merilnika moči uporabimo nemozuliran VF izvor moči vsaj 30mW (+15dBm). Od teh +15dBm je treba odšteti še jakost sklopa (okoli -20dB, glej oznake na sklopniku).

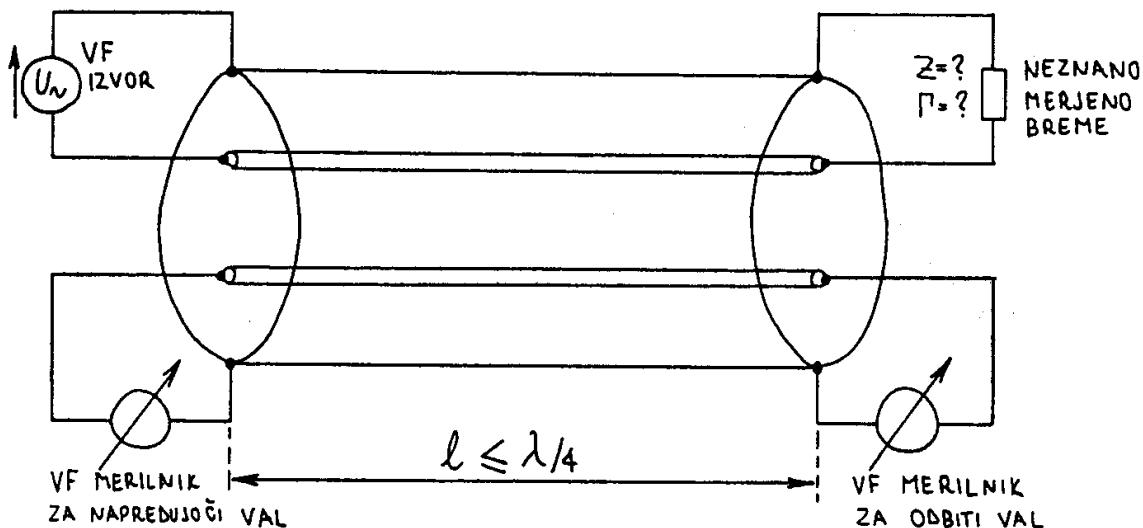
Merilni sistem najprej preizkusimo tako, da ga priključimo na prilagojeno breme (točen merilni upor). Izmerjena odbojnost (razmerje med jakostjo napredujočega in odbitega vala) je merilo za smernost našega merilnega sistema, ki razen smernega sklopnika vključuje tudi kabel in konektorje do merjenca. Prilagojeno breme zato 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 odbojnosti za kratkostičnik lahko določimo izgube v priključnem kablu oziroma razliko v odzivu obeh sklopnikov za napredujoči in odbiti val. Z VF merilnikom moči žal ne moremo meriti faze signala in s tem faze odbojnosti.

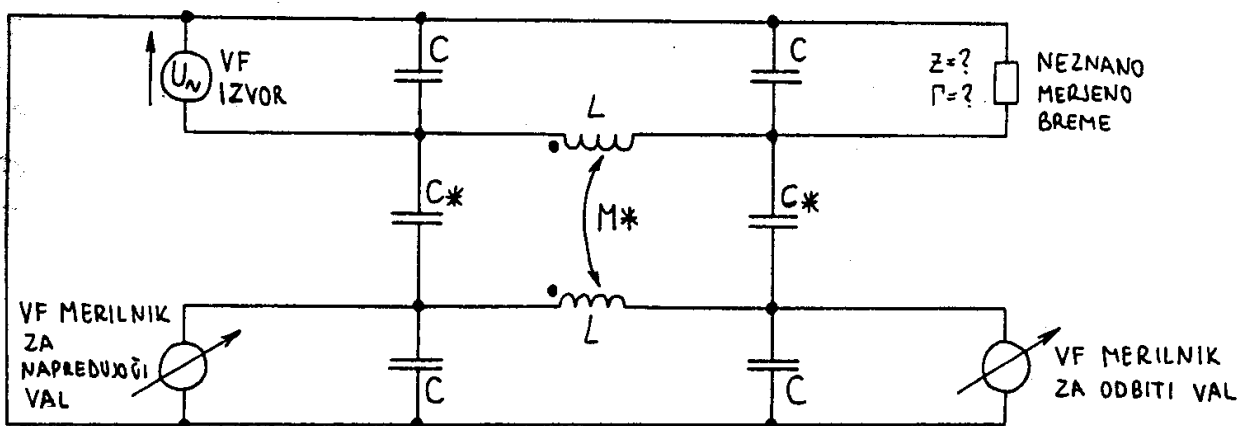
Končno priključimo namesto kratkostičnika neznano breme, to je merjeno anteno. Med meritvijo anteno usmerimo v prazen prostor oziroma pred njo namestimo mikrovalovni absorber. Odbojnost antene izračunamo iz razmerja moči napredujočega in odbitega vala. Če so v priključnem kablu izgube, jih je treba pri izračunu velikosti odbojnosti upoštevati dvakrat!

4. Prikaz značilnih rezultatov

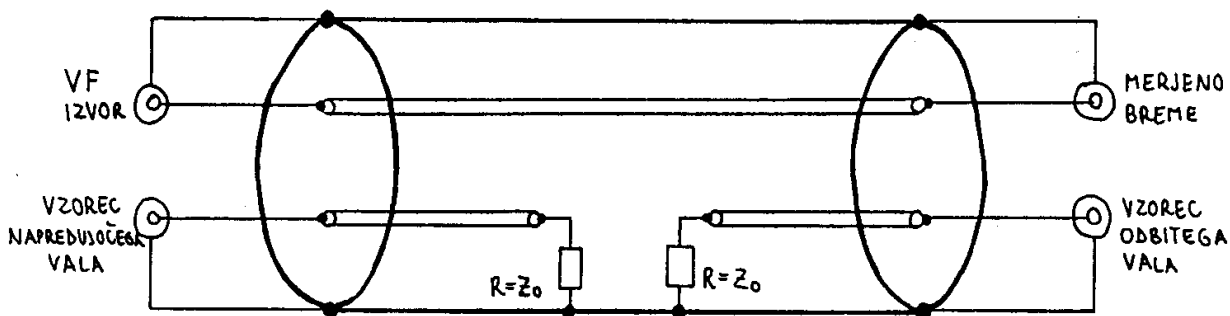
Vse tri meritve ponovimo v celotnem frekvenčnem področju 1.7-4.2GHz, ki ga dopušča uporabljeni VF izvor. Glede na vrsto uporabljene antene (valovodni lijak) bo izmerjena odbojnost zelo visoka na nizkih frekvencah, pod mejno frekvenco valovoda. Antena se tam obnaša kot povsem reaktivno kapacitivno breme.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



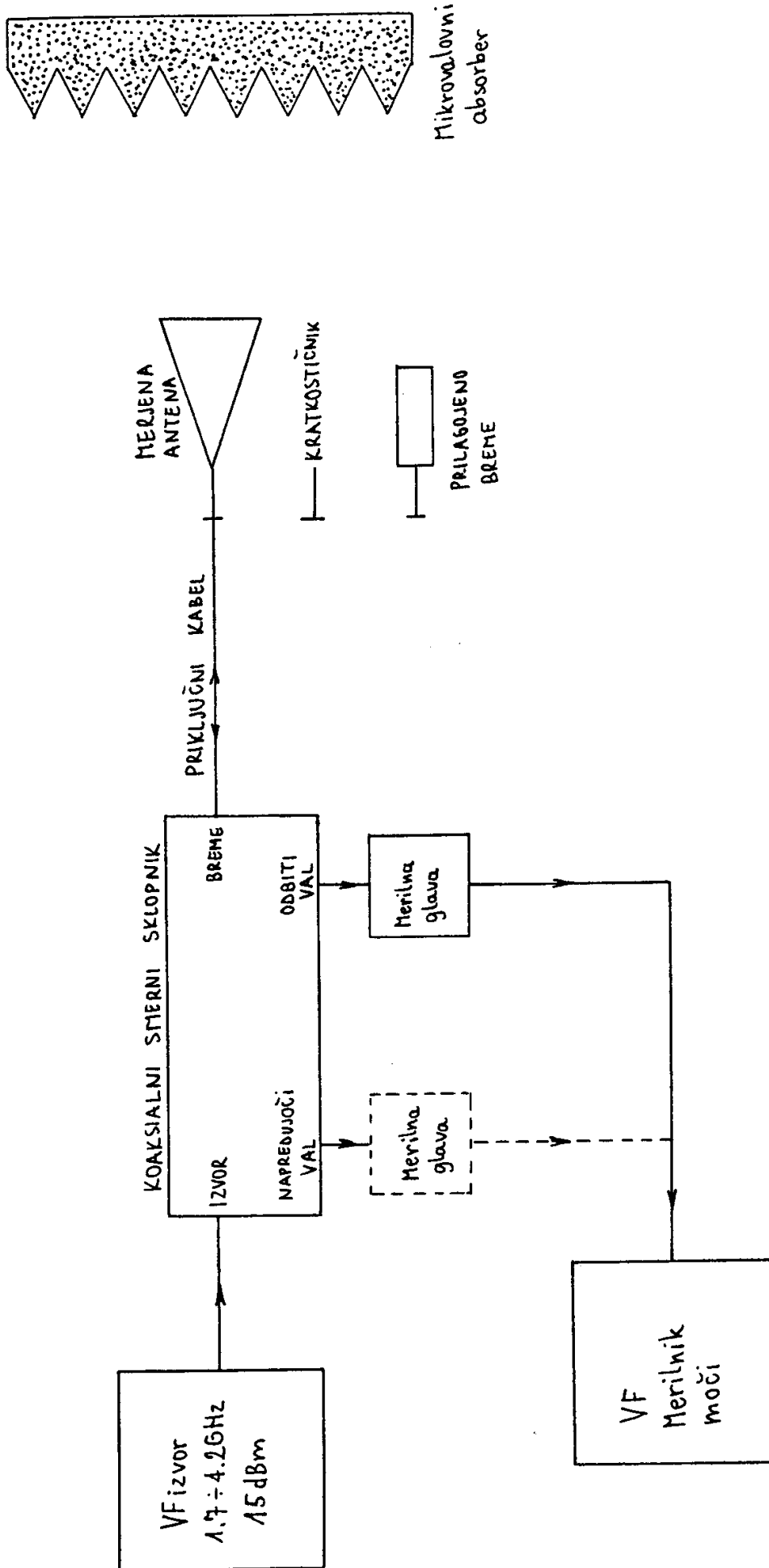
Slika 1. - Protismerni sklopnik s TEM vodi.



Slika 2. - Nadomestno vezje protismernega sklopnika.



Slika 3. - Izvedba merilnega smernega sklopnika.



Slika 4. - Razporeditev in povezava merilnih instrumentov.