

VAJA 11. - POPAČENJE PRENOSNE FUNKCIJE RADIJSKEGA KANALA

=====

1. Učinki razširjanja radijskih valov po več poteh

Pri skoraj vseh zemeljskih radijskih zvezah se valovanje razširja po več kot eni sami poti med oddajno in sprejemno anteno. Najočitnejša posledica takšnega razširjanja valovanja je spreminjanje jakosti oziroma presih polja v sprejemni točki. Presih polja dobimo zato, ker je sprejeto polje kazalčna vsota večjega števila prispevkov, ki imajo naključno porazdeljeno fazo. Problem presiha polja običajno rešujemo z visoko rezervo pri slabljenju zveze z uporabo oddajnikov večjih moči, anten z večjimi dobitki in bolj občutljivih sprejemnikov.

Presih polja pa ni edini učinek razširjanja po več poteh. Odvisno od velikosti razlik v dolžinah poti je lahko kazalčna vsota močno frekvenčno odvisna, kot je to prikazano na sliki 1. Razširjanje istega radijskega signala po več različnih poteh zato kvira prenosno funkcijo radijskega kanala. Prenosna funkcija resničnega radijskega ima zato dodatno amplitudno in fazno odvisnost od frekvence.

Popačenje prenosne funkcije radijskega kanala zaradi razširjanja po več poteh sicer v teoriji bistveno ne omejuje prenosne zmogljivosti radijskega kanala ter ga lahko na sprejemni strani povsem izločimo z ustrezno obdelavo signalov. Praktično pa je takšno popačenje zelo nadležno, saj je tehnična izvedba potrebne obdelave signalov zelo zahtevna. Popačenja tudi ne moremo odpraviti z večanjem moči oddajnika in izboljševanjem občutljivosti sprejemnika. Le antene z večjim dobitkom (ožjim snopom sevanja) lahko nekoliko omejijo prispevke neželenih odbitih valov.

Popačenje zaradi odbitih valov kvarno vpliva na vse vrste modulacij. Pri amplitudni modulaciji se popačenje kaže v obliki "duhov" na televizijski sliki. Pri kotnih modulacijah (frekvenčna ali fazna) se popačenje faze pretvori v nelinearna popačenja v demoduliranem nizkofrekvenčnem signalu. Pri številskem (digitalnem) prenosu podatkov povzroča popačenje zaradi razširjanja po več poteh intersimbolno interferenco.

Ker se popačenje zaradi razširjanja po več poteh kaže v sprejemu različno zakasnenih inačic istega signala, ga lahko v sprejemniku z ustrezno obdelavo povsem izločimo s primernim sitom pred demodulacijo signala. Takšno sito vsebuje kasnilne vode, katerih dolžine natančno ustrezajo razlikam v dolžinah poti željenega in odbitih valov. Ker te razlike vnaprej niso znane, mora sprejemnik samodejno prilagoditi dolžine svojih kasnilnih vodov in uteži, da izbriše neželjene odbite valove (prilagodljivo adaptivno sito).

Nekatere vrste modulacij so same po sebi neobčutljive na razširjanje valov po več različnih poteh. Ker je človeško uho neobčutljivo na razlike v fazi zvočnih signalov, je amplitudna modulacija z enim samim bočnim pasom in brez nosilca (SSB) zelo odporna na razširjanje po več poteh in se zato uporablja za govorne zveze preko loma v ionosferi v kratkovalovnem področju, kjer so razlike v poteh lahko zelo velike. Bolj uporaben slučaj

je tehnika razširjenega spektra (spread-spectrum) z neposrednim zaporedjem (direct-sequence), kjer korelator v sprejemniku sam po sebi izloča signale z različnim časom prihoda v sprejemnik.

2. Seznam potrebnih pripomočkov

Za izvedbo vaje potrebujemo:

- (1) Visokofrekvenčni sweep izvor za področje 8-12.4GHz, 10mW.
- (2) Smerni sklopnik in nastavljivi merilni vod iz kompleta mikrovalovnega analizatorja vezij.
- (3) Vektorski mikrovalovni merilni sprejemnik s harmonskim konverterjem in amplitudno/faznim prikazovalnikom.
- (4) Kovinsko ploščo in več kosov mikrovalovnega absorberja.
- (5) Dve anteni za frekvenčno področje 10GHz na podstavkih.
- (6) XY risalnik.
- (7) Priključne kable za vse povezave.

Razporeditev in povezava merilnih inštrumentov je prikazana na sliki 2.

3. Obrazložitev in opis poteka vaje

Za vajo si oglejmo popačenje na zelo kratki prenosni poti med dvema antenama v sobi laboratorija. Zaradi majhne razdalje med antenama so tudi razlike v dolžinah poti med neposrednim in odbitimi valovi majhne, zato bomo opazili odstopanja amplitude in faze šele pri meritvah v zelo širokem frekvenčnem pasu. Iz tega razloga meritev ne bomo izvedli v pasu enega samega radijskega kanala, pač pa v celotnem frekvenčnem pasu, ki ga dopuščajo uporabljene antene in merilni inštrumenti.

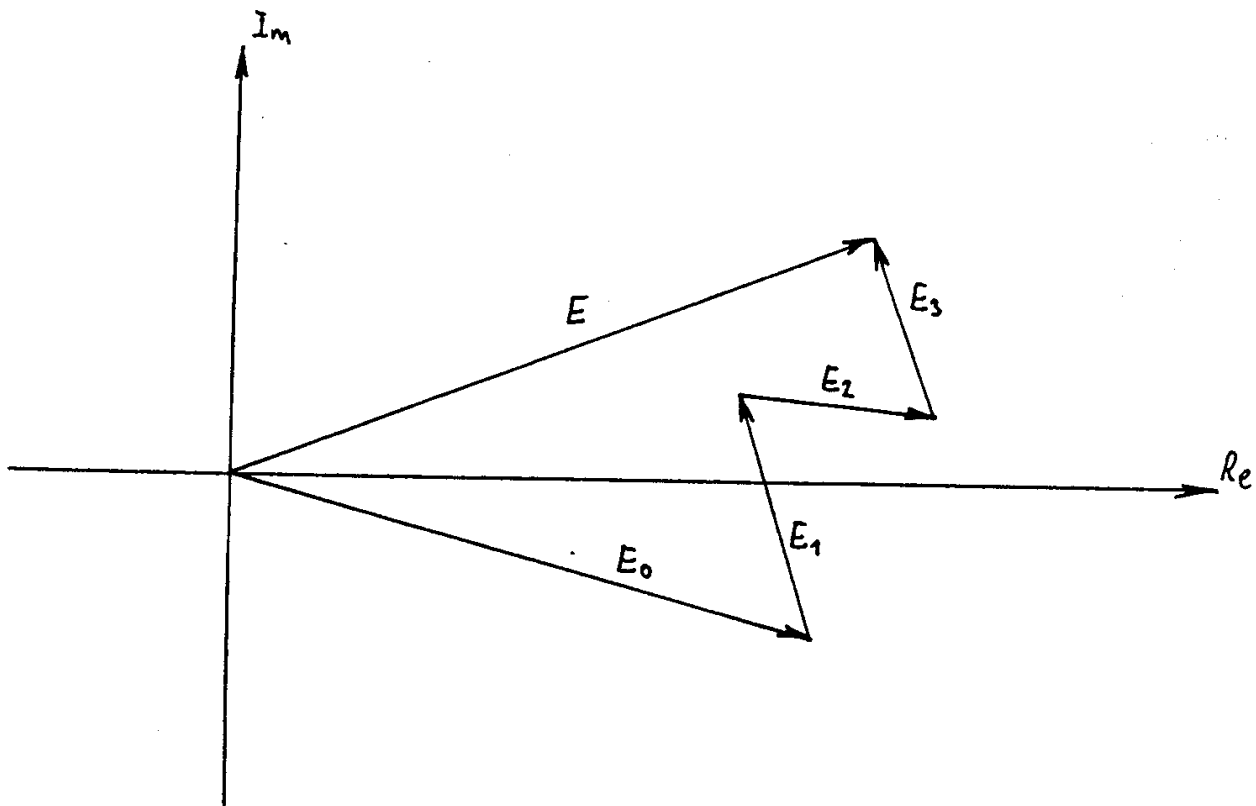
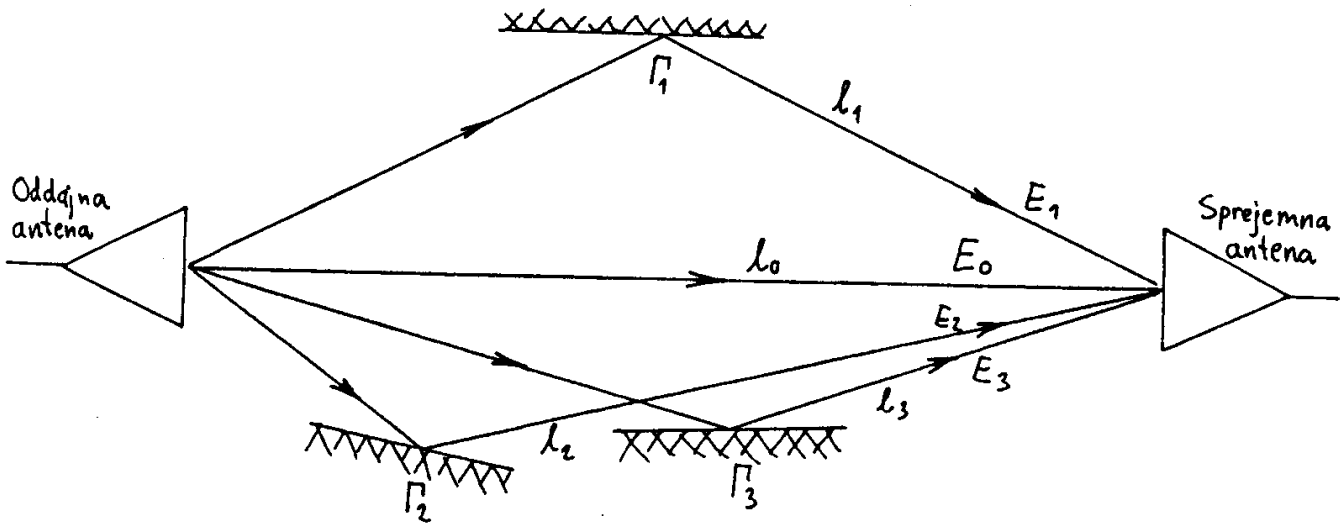
Za izvedbo meritev uporabimo komplet analizatorja vezij: VF sweep izvor za področje 8 do 12.4GHz, smerni sklopnik in nastavljivi merilni vod ter vektorski merilni sprejemnik s harmonskim konverterjem. Da opazimo že najmanjša odstopanja faze, moram povsem izenačiti dolžine poti v referenčni in merilni veji sistema. Ker znaša razdalja med antenama približno 2m, tega ne moremo nadomestiti s samim merilnim vodom v analizatorju vezij, pač pa moramo dodati še zunanji kabel primerne dolžine in nastavljivi vod uporabimo le za fine popravke dolžine referenčne poti.

Pred meritvijo nadomestimo resnično radijsko pot s kablom in nastavljivim slabilcem, da ocenimo netočnosti amplitudnega in predvsem faznega odziva merilnega sistema. Nato postavimo in priključimo obe anteni na podstavkih, na razdalji približno 2m. Anteni usmerimo eno proti drugi, kovinsko ploščo pa prekrijemo z mikrovalovnim absorberjem, da zaenkrat preprečimo neželjene odbite valove. V obeh slučajih (kabel in zveza brez odbojev) nastavljamo dolžino referenčne poti toliko časa, da dobimo čimbolj raven fazni odziv.

Nato odstranimo absorber in opazujemo vpliv odboja od kovinske plošče na amplitudo in fazo prenosne funkcije na različnih razdaljah. Končno obrnemo še same antene drugam od neposredne smeri in opazujemo učinek na zaslonu vektorskega merilnega sprejemnika. Po vsakem premikanju anten seveda poskusimo nastaviti dolžino referenčnega voda tako, da dobimo na zaslonu merilnika čimbolj raven fazni odziv. Raven fazni odziv (premica pod poljubnim naklonom) tu pomeni le zakasnitev, razna ukrivljanja oziroma nihanja faze pa pomenijo popačenja.

4. Prikaz značilnih rezultatov

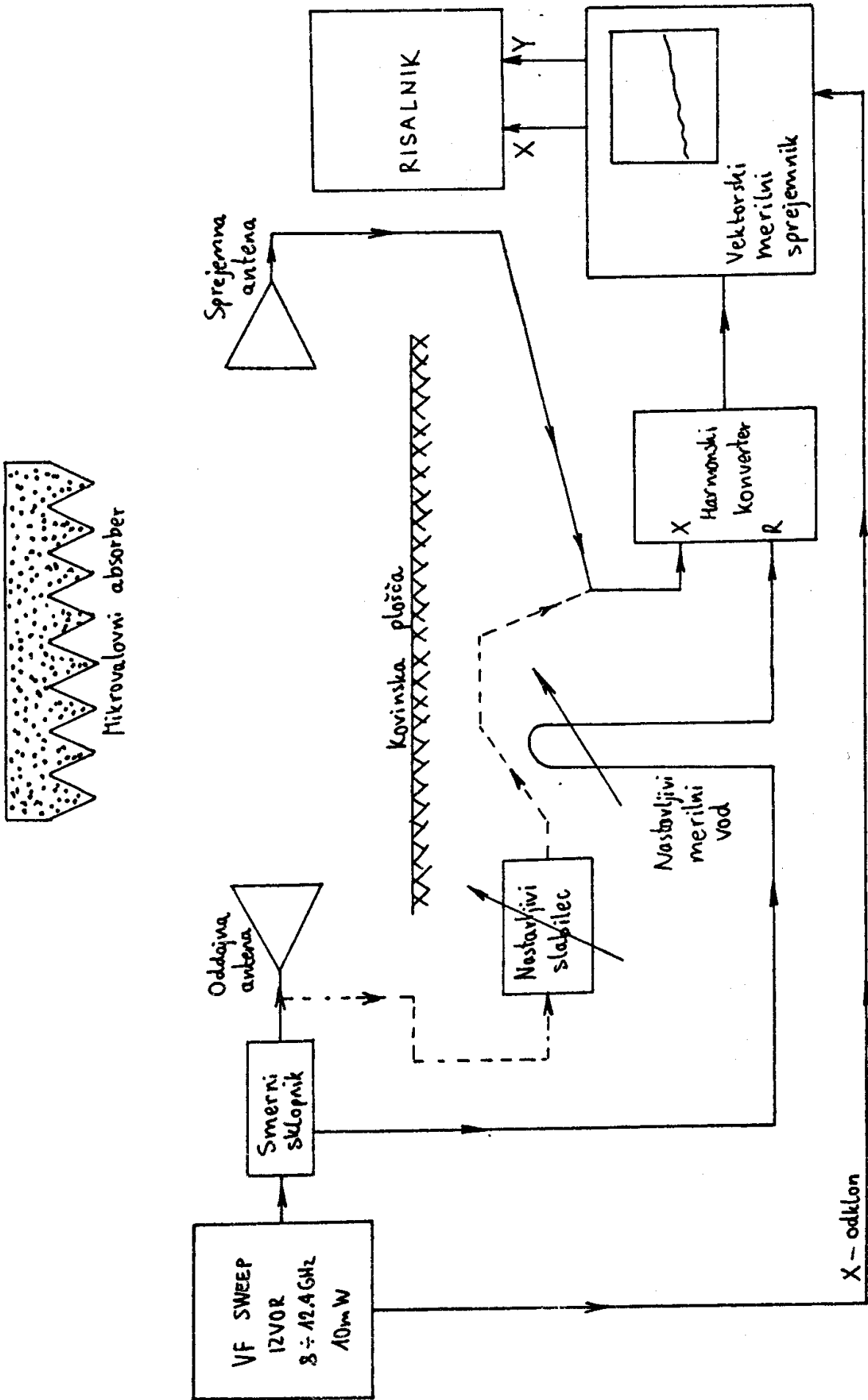
Kot rezultat vaje prikažemo in izrišemo amplitudne in fazne odzive vseh treh značilnih primerov: neposredna zveza z majhnimi odboji (absorber), neposredna zveza z močnim odbojem od tal (kovinska plošča) in radijska zveza z več odboji. V vseh treh slučajih na izrisane slike na risalniku zabeležimo pogoje meritve: višini in razdaljo med antenama, frekvenčni pas meritve ter vrsti oziroma dobitka anten.



$$E = E_0 + \sum_i E_i = E_0 \cdot \left(1 + \sum_i A_i(\omega) \cdot e^{j\varphi_i(\omega)} \right)$$

$$E = E_0 \cdot A(\omega) \cdot e^{j\varphi(\omega)}$$

Slika 1 - Popačenje prenosne funkcije pri razširjanju radijskih valov po več različnih poteh.



Slika 2 - Razporeditev in vezava merilnih pripomočkov.