

VAJA 14. - MERITEV VERJETNOSTI IZPADA RADIJSKE ZVEZE

=====

1. Raznoliki (diverzni) sprejem

V večini resničnih slučajev radijskih zvez ne moremo preprosto določiti jakosti sprejemanega polja. Jakost sprejema se spreminja s časom oziroma je močno odvisna od majhnih premikov anten. V vseh navedenih slučajih je merilo za kakovost oziroma zmogljivost zveze verjetnost izpada zveze, se pravi verjetnost, da jakost sprejemanega polja pade pod predpisano mejo Emin, kot je to prikazano na sliki 1.

Verjetnost izpada zveze lahko znižamo na več različnih načinov. S povečanjem moči oddajnika oziroma povečanjem dobitka oddajne antene spremenimo porazdelitev gostote verjetnosti $p(E)$ tako, da se verjetnost preseganja meje Emin znatno poveča. S povečanjem dobitka sprejemne antene lahko po drugi strani znižamo mejo Emin.

Vsi opisani ukrepi so zelo dragi. Oddajnik večje moči porabi več električne energije, predvsem pa povzroča več motenj drugim radijskim zvezam, ki ponovno uporabljajo isti radiofrekvenčni kanal. Antene z večjim dobitkom imajo večje fizične izmere in zahtevajo točnejše usmerjanje. V nekaterih pogostih slučajih (mobilne zveze) zahtevamo, da ima vsaj ena od radijskih postaj neusmerjeno anteno.

Ko ne moremo več povečati moči oddajnika oziroma dobitkov obeh anten, uporabimo raznoliki sprejem (diversity reception). Pri raznolikem sprejemu uporabimo dva ali več neodvisnih sprejemnikov in izbiramo najboljši (največji) izhod. Dodatno izboljšanje lahko prinese še sestavljanje kazalcev na izhodih sprejemnikov namesto preproste izbire najmočnejšega izhoda, kar pa je tehnično dosti težje izvedljivo od preproste izbire najmočnejšega izhoda.

Če je presihanje radijskih zvez do sprejemnih anten statistično neodvisno, je skupna verjetnost izpada zveze kar enaka produktu verjetnosti izpada posameznih radijskih zvez, kot je to prikazano na sliki 2. V slučaju dveh podobnih radijskih zvez, ki imata enako porazdelitev gostote verjetnosti $p(E_1)=p(E_2)=p(E)$, je skupna verjetnost izpada enaka kvadratu verjetnosti izpada posamične zveze.

Raznoliki (diverzni) sprejem lahko izvedemo na več različnih načinov, ki so prikazani na sliki 3. Najpogostejša izvedba je prostorski raznoliki sprejem. V tem slučaju uporabimo dve enaki sprejemni anteni, ki ju namestimo na dovolj veliki razdalji, da je presih polja ene radijske zveze neodvisen (nekoreliran) s presihom druge radijske zveze.

V slučaju radijske zveze brez neposredne vidljivosti, ki izkorišča uklon ali sipanje valovanja na različnih ovirah lahko uporabimo smerni raznoliki sprejem. Sprejemni anteni se sicer nahajata na istem mestu, vendar sta usmerjeni v različne smeri. Opisano različico raznolikega sprejema običajno uporabljamo v zvezah preko sipanja v troposferi.

Zelo pogosta izvedba raznolikega sprejema je polarizacijski raznoliki sprejem, saj so ukloni in odboji

valovanja pogosto polarizacijsko odvisni, tudi če med oddajnikom in sprejemnikom ni dvolomne snovi. Prednost polarizacijskega raznolikega sprejema je v tem, da se obe sprejemni anteni nahajata na istem mestu, kar pomeni nižjo ceno izdelave in vgradnje takšne antene.

Ker je presih polja močno frekvenčno odvisen, je frekvenčni raznoliki sprejem (in oddaja!) zelo učinkovita rešitev. Slaba lastnost frekvenčnega raznolikega sprejema je dvojna (ali večkratna) poraba frekvenčnega spektra in zahteva po več neodvisnih oddajnikih. Podobne lastnosti ima tudi časovni raznoliki sprejem, ko oddano informacijo čez čas še enkrat ali večkrat ponovimo in pri tem računamo na časovno spremenljivost presiha polja.

Če je pri raznolikem sprejemu presih polja obeh radijskih zvez koreliran, je skupna verjetnost izpada zveze seveda drugačna od preprostega produkta verjetnosti izpada posameznih zvez. V primeru premajhne razdalje med antenama pri prostorskem raznolikem sprejemu ali premajhne frekvenčne razlike pri frekvenčnem raznolikem sprejemu se seveda poveča skupna verjetnost izpada zveze.

V primeru koreliranega presiha polja se lahko skupna verjetnost izpada zveze tudi zmanjša, ko z izbiro pravilne razdalje med antenama ali pravilne frekvenčne razlike dobimo v slučaju izpada ene od zvez ravno maksimum sprejema v drugi zvezi. Skupno verjetnost izpada zveze lahko zmanjšamo le v tistih redkih slučajih, ko natančno poznamo mehanizem presihanja polja.

2. Seznam potrebnih pripomočkov

Za izvedbo vaje potrebujemo:

- (1) Nemoduliran visokofrekvenčni izvor 2.5GHz, 10mW, z nastavlјivim izhodnim slabilcem.
- (2) Reverberančno komoro z napajalniki za elektromotorje.
- (3) Štiri antene za frekvenčno področje 2.5GHz.
- (4) Dve prilagojeni bremeni za antene.
- (5) Merilni sprejemnik za statistiko polja, z napajalnikom.
- (6) Števec (nizkofrekvenčni digitalni frekvencometer).
- (7) Priključne kable za vse povezave.

Razporeditev in povezava merilnih pripomočkov je prikazana na sliki 4.

3. Obrazložitev in opis poteka vaje

Resnične meritve statistične porazdelitve jakosti in korelacije sprejemanega polja z več antenami so lahko zelo dolgotrajne in zato zelo drage. V laboratoriju si pomagamo z reverberančno komoro, kjer lahko hitrost sprememb močno povečamo z vrtenjem ustreznih mešalnikov rodov. V reverberančno komoro namestimo več različnih anten za dano frekvenčno področje. Eno anteno uporabimo kot oddajno anteno, drugi dve anteni pa kot sprejemni anteni.

Verjetnost (pogostnost) izpada zveze merimo z ustreznim merilnim sprejemnikom. Delovanje merilnika statistike presiha je prikazano na sliki 5. Sprejemnik vsebuje dva visokofrekvenčna ojačevalnika in dva detektorja. Usmerjeni napetosti se primerjata z mejama, ki ju nastavimo s potenciometroma na prednji plošči sprejemnika. Ko sta jakosti

obeh signalov pod nastavljenima mejama, "IN" vrata omogočijo taktu 8MHz, da krmili števec. Zaradi omejenih zmožnosti števca uporabimo preddelilec, ki deli število impulzov z 800.

Pogostnost oziroma verjetnost, da se jakost obeh vhodnih signalov nahaja pod nastavljenima mejama, odčitamo na števcu kot frekvenco impulzov. Pri tem pomeni frekvenca 10kHz pogostnost 100%, nižje frekvence pa sorazmerno manjšo pogostnost. Ker merimo statistično veličino, mora biti čas vrat števca dovolj visok za povprečenje (vsaj 10 sekund, kar zmore že sam števec, še boljše pa več z ročnim zagonom in zaustavitvijo meritve).

Ker so izgube v reverberančni komori majhne, zadošča že izvor majhne moči (manj kot 10mW), ki jo s slabilcem na izhodu izvora še dodatno zmanjšamo, da ne prekrmilimo merilnega sprejemnika za statistiko presiha. Zato moč izvora pred začetkom meritve prilagodimo tako, da čimbolj izkoristimo področje delovanja merilnika statistike presiha polja.

Pravilno delujoča zaprta reverberančna komora daje Rayleigh-ovo porazdelitev gostote verjetnosti sprejemanega polja na katerikoli sprejemni anteni in ne glede na to, če so preostale antene v komori zaključene na bremena ali ne. V tej vaji neuporabljene antene vedno zaključimo s prilagojenimi bremenji, da se tudi povprečne moči ne spreminjajo ne glede na to, če imamo priključen eden ali oba kanala sprejemnika.

Moč izvora nato nastavimo ustrezno merilniku statistike presiha. Obe meji nastavimo na največjo vrednost (1000 na skalah obeh potenciometrov) in priključimo samo prvi VF vhod na reverberančno komoro. Moč izvora nato nastavimo tako, da na frekvenčnem odčitamo približno 5kHz (verjetnost 50% ali medianska vrednost Emed).

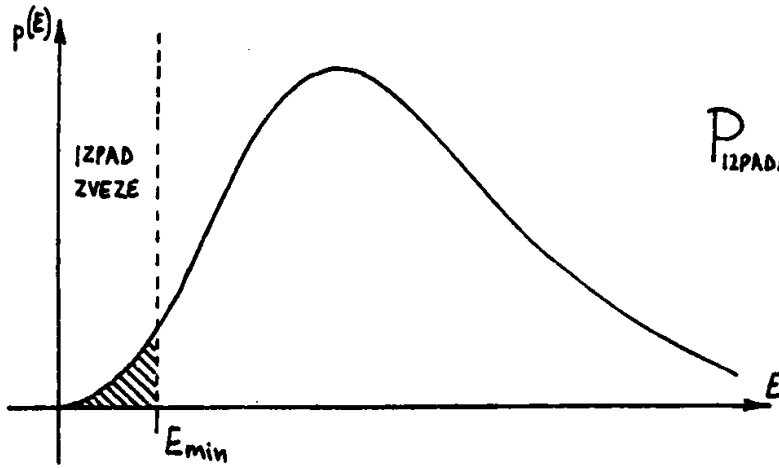
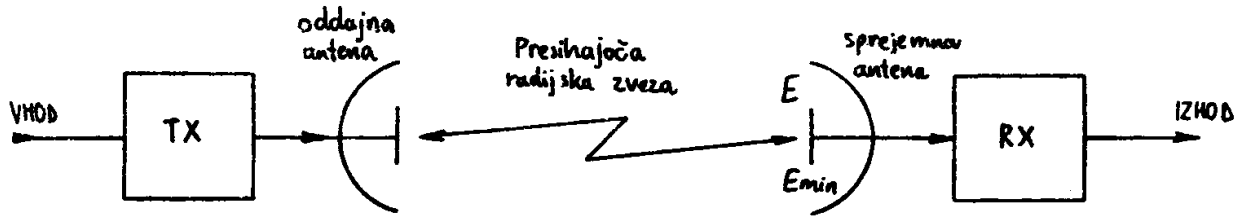
Z nastavljanjem meje lahko izmerimo verjetnost izpada zveze v odvisnosti od Emin sprejemnika. Ker je vhod drugega sprejemnika nepovezan, slučaj ustreza enostavni radijski zvezi brez raznolikega sprejema. Poskus ponovimo z drugim sprejemnikom tako, da odklopimo vhod prvega sprejemnika. Ker so antene in ojačenja sprejemnikov nekoliko različna, dobimo z drugim sprejemnikom nekoliko različne verjetnosti izpada zveze.

Končno priključimo oba sprejemnika na dve različni anteni v reverberančni komori in izmerimo skupno verjetnost izpada pri raznolikem sprejemu. Pri tej meritvi moramo vzporedno nastavljati Emin za oba merilna kanala. Reverberančno komoro nato odpremo, ponovno nastavimo moč oddajnika in vse tri poskuse (samo prvi kanal, samo drugi kanal in oba kanala skupaj) ponovimo za Rice-jevo porazdelitev gostote verjetnosti.

4. Prikaz značilnih rezultatov

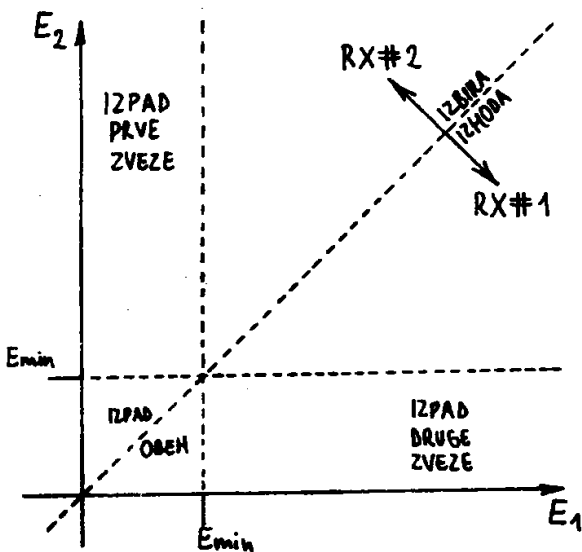
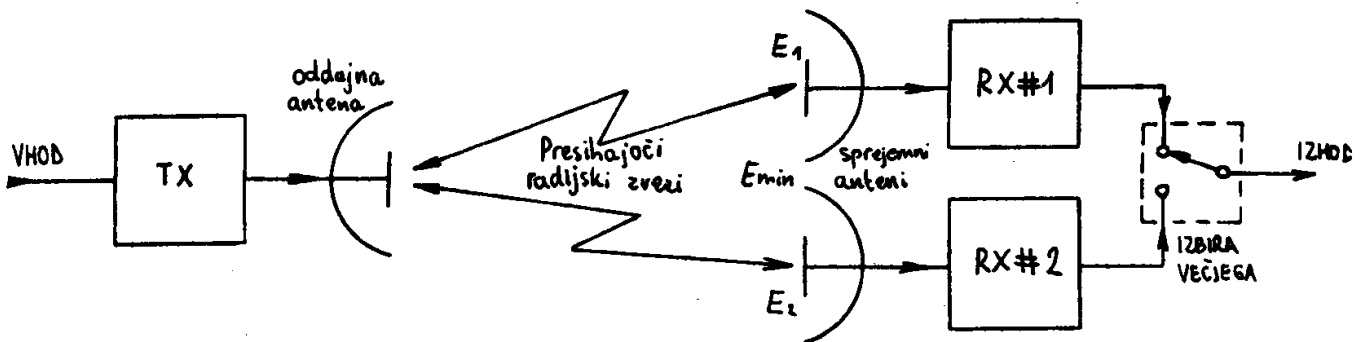
Za vajo izmerimo vse tri verjetnosti izpada zveze: samo prvi kanal, samo drugi kanal in skupno verjetnost izpada za oba kanala. Verjetnost izpada zveze izmerimo za 20 različnih vrednosti Emin v korakih po 50 enot na skalah potenciometrov. Vse tri krivulje nato vrišemo v en sam diagram verjetnosti izpada zveze kot funkcije Emin.

Vajo najprej izvedemo za Rayleigh-ovo porazdelitev z zaprto reverberančno komoro. Nato komoro odpremo in vajo ponovimo za ugodnejšo porazdelitev, ki se približuje Rice-jevi.



$$P_{\text{IZPADA}} = \int_0^{E_{\text{min}}} p(E) dE$$

Slika 1 - Verjetnost izpada radijske zveze.



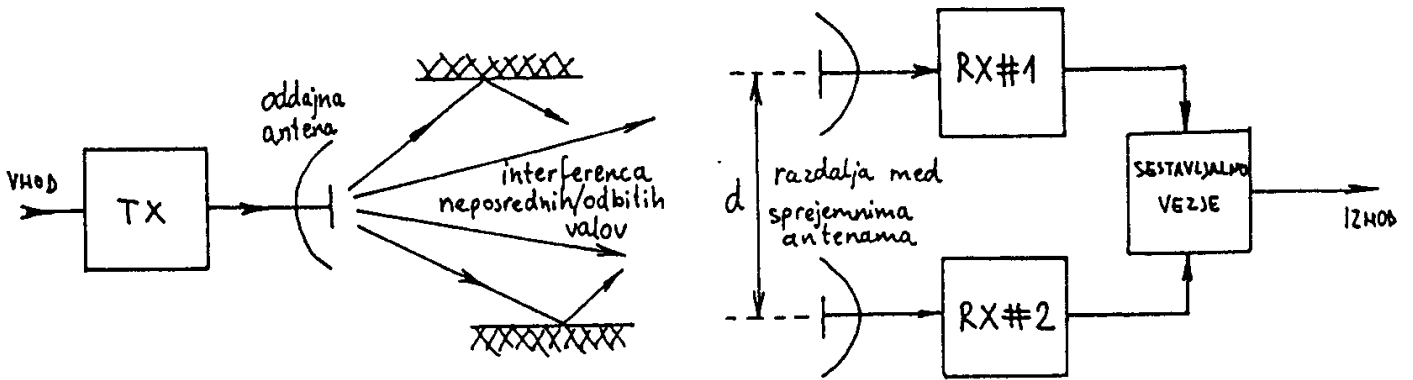
Neodvisno presihajoči zvezi:

$$P_{\text{IZPADA}} = P_{\text{IZPADA1}} \cdot P_{\text{IZPADA2}}$$

$$P_{\text{IZPADA}} = \left[\int_0^{E_{\text{min}}} p(E_1) dE_1 \right] \cdot \left[\int_0^{E_{\text{min}}} p(E_2) dE_2 \right]$$

$$P_{\text{IZPADA}} = \left[\int_0^{E_{\text{min}}} p(E) dE \right]^2$$

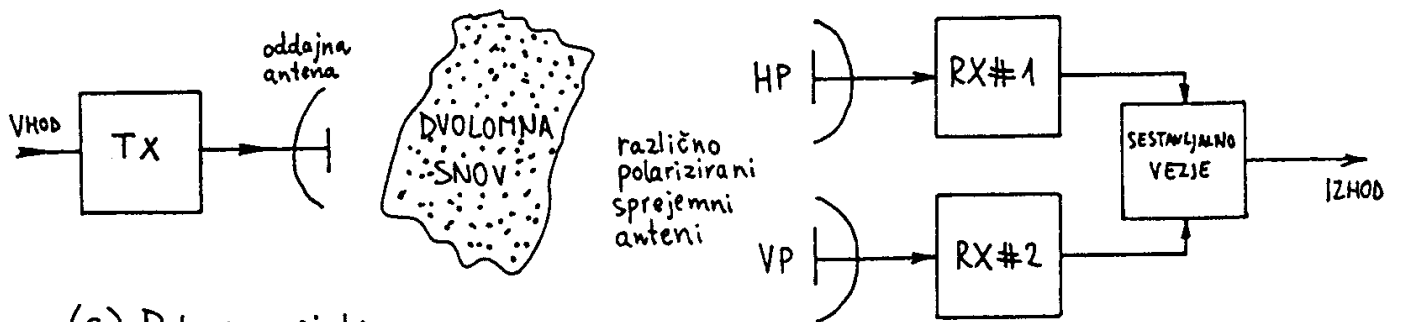
Slika 2 - Verjetnost izpada zveze pri raznolikem sprejemu.



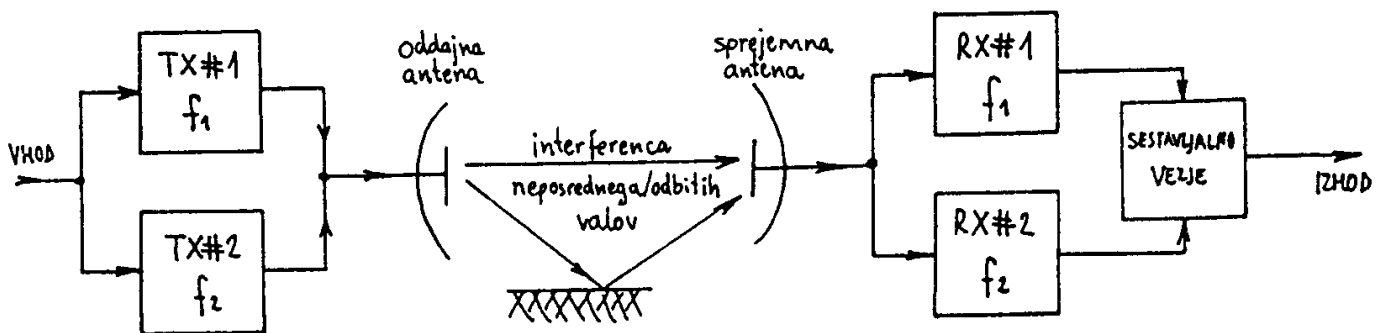
(A) Prostorski



(B) Smerni

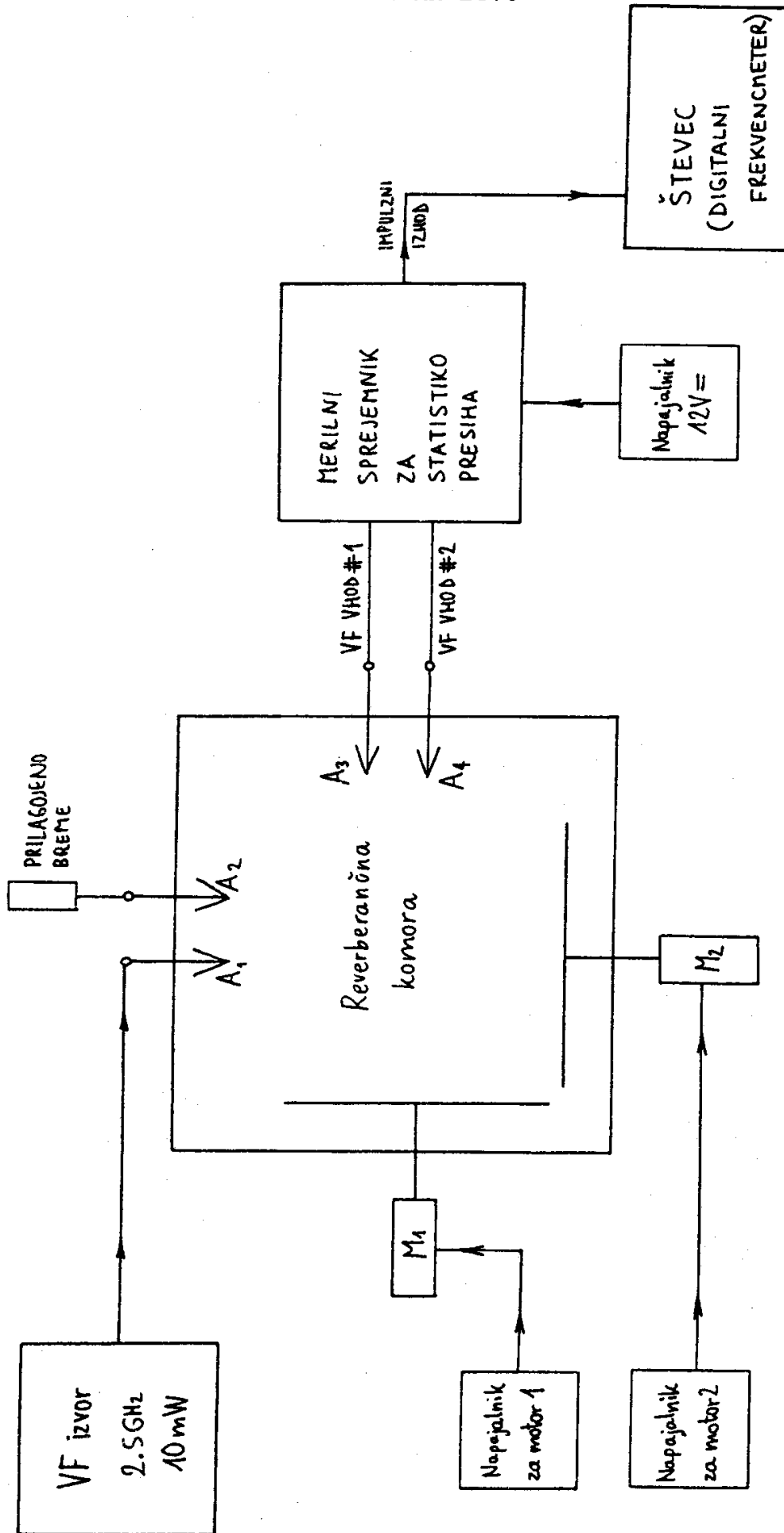


(C) Polarizacijski

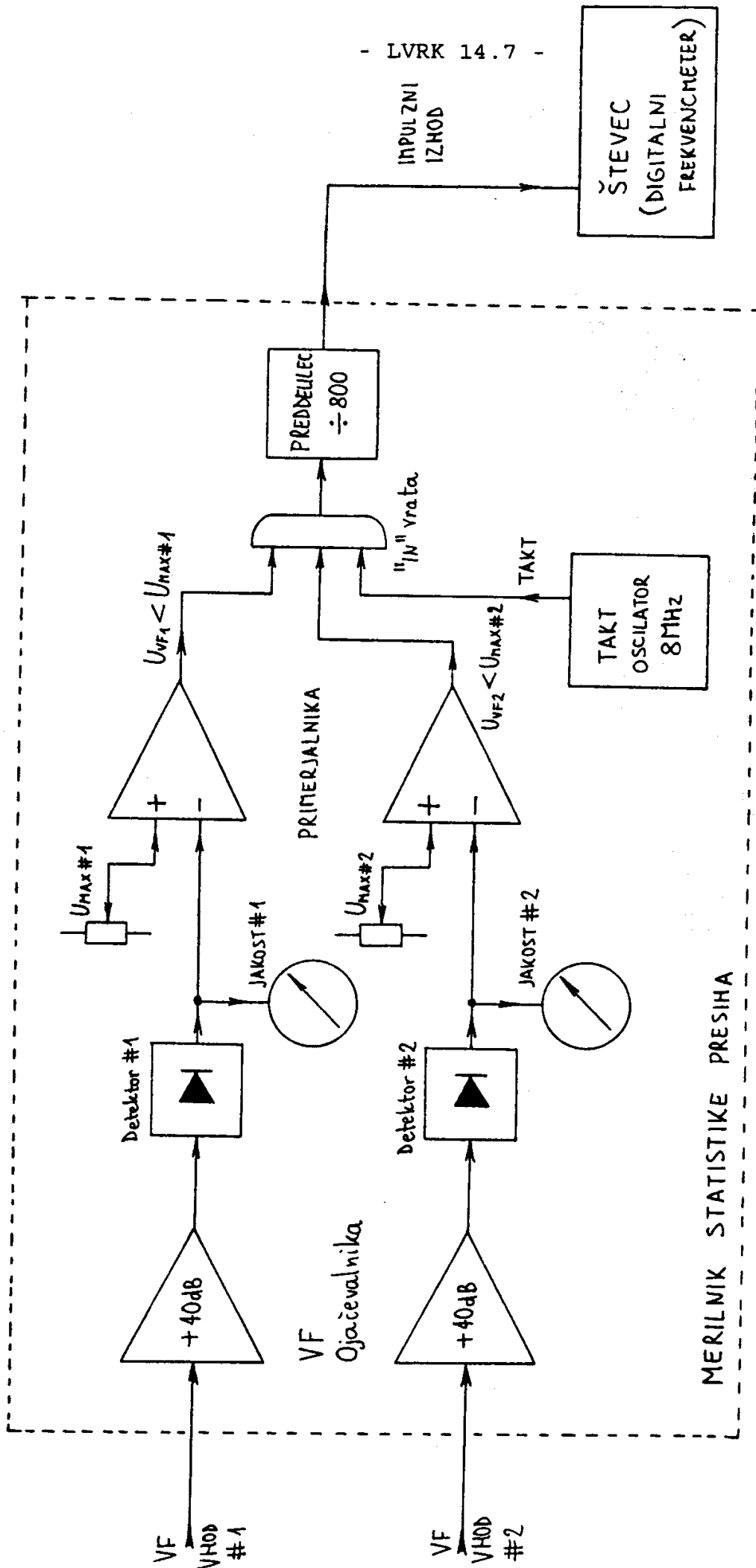


(D) Frekvenčni

Slika 3 - Izvedbe raznolikega (diverznega) sprejema.



Slika 4 - Razporeditev in vezava merilnih pripomočkov.



Slika 5 - Delovanje merilnika statistike presiha .