

VAJA 18. - SESTAVLJANJE IZHODOV PRI RAZNOLIKEM SPREJEMU
=====

1. Razmerje signal/šum pri raznolikem sprejemu

Način razširjanja radijskih valov od oddajne do sprejemne antene pogosto povzroča presihanje sprejetega signala. Presihanja sprejema sicer ne moremo nikoli popolnoma preprečiti, lahko pa omejimo verjetnost, da jakost sprejetega signala pade pod najnižjo dopustno mejo. Verjetnost presiha lahko zmanjšamo z dodatno rezervo pri radijski zvezi, naprimer s povečanjem moči oddajnika, povečanjem dobitka ene ali obeh anten, povečanjem občutljivosti sprejemnika oziroma strožji zathevami za jakost motenj.

Ko z vsemi opisanimi sredstvi ne moremo doseči željene zanesljivosti radijske zveze oziroma postanejo potrebni ukrepi tehnično nesprejemljivi (naprimer zelo visoka moč oddajnika), si pomagamo z raznolikim (diverznim) sprejemom. Raznoliki sprejem je še posebno učinkovit takrat, ko sestavlja sprejeti signal več prispevkov s podobno jakostjo, a naključno fazo, in se jakost sprejetega signala pokorava Rayleigh-ovi porazdelitvi. Pri raznolikem sprejemu izkoriščamo dejstvo, da je jakost sprejema na različnih mestih, v različnih smereh, z različno polarizacijo ali na različnih frekvencah bodisi povsem nekorelirana ali pa celo ravno nasprotna.

Ne glede na vrsto uporabljenega raznolikega (diverznega) sprejema (prostorski, smerni, polarizacijski ali frekvenčni) moramo poiskati postopek, kako čimbolje izkoristiti signale, ki jih dobimo na izhodih dveh ali več sprejemnikov. Najprej moramo seveda ovrednotiti razmerje signal/šum na izhodu vsakega sprejemnika. Razmerje signal/šum izmerimo tako, da izkoristimo kakršnokoli redundanco v signalu (nemodulirani nosilci, sinhroimpulzi ipd), ki je v povsem naključnem šumu seveda ni.

Ko poznamo razmerja signal/šum na izhodih vseh sprejemnikov, se moramo odločiti, kako do čimboljšega izhodnega signala. Najenostavnejša izbira je preprosto uporaba tistega sprejemnika, ki daje najboljše razmerje signal/šum na svojem izhodu. Takšna izbira je tehnično enostavno izvedljiva in se pogosto uporablja v slučaju raznolikega sprejema, ne daje pa najboljšega teoretsko možnega razmerja signal/šum.

Izhodnih signalov sprejemnikov tudi ne smemo preprosto sešteti, ker s tem izgubimo vse prednosti raznolikega sprejema, saj so posamezni signali med sabo korelirani in se lahko tudi odštevaajo. Razmerje signal/šum lahko izboljšamo le s primerno uteženo vsoto izhodov sprejemnikov, kot je to prikazano na sliki 1. Uteži, to je fazo in amplitudo signalov, ki jih sestavljamo, moramo seveda sproti popravljati, da se prilagajamo spremenljivim pogojem razširjanja radijskih valov in se tako zoperstavimo presihanju sprejema.

V slučaju uporabe enakih sprejemnikov in anten dobimo pri optimalnem sestavljanju izhodov v povprečju tolikokrat boljše razmerje signal/šum, kolikor imamo anten in sprejemnikov.

Sestavljanje dveh anten/sprejemnikov da v povprečju za 3dB boljše razmerje signal/šum. Z drugimi besedami, na ta način uporabljamo pri sprejemu skupino anten, ki ima zaradi velikih razdalj med posameznimi antenami in sofaznega vzbujanja dobitok, ki je kar enak številu anten.

2. Seznam potrebnih pripomočkov

Za izvedbo vaje potrebujemo:

- (1) Dva linearno polarizirana valovodna lijaka z dobitkom med 15dBi in 18dBi za frekvenčni pas "L" (1.7GHz).
- (2) Dva nizkošumna ojačevalnika za 1.7GHz z ojačenjem med 40dB in 50dB, z napajalnikom.
- (3) Dva nastavljiva slabilca v korakih po 1dB.
- (4) Nastavljivi koaksialni vod (pozavno) dolžine 30cm.
- (5) Uporovni delilnik/sklopnik z vstavitvenim slabljenjem -6dB.
- (6) Sprejemni konverter za 1.7GHz in ustrezen FM sprejemnik z napajalnikom.
- (7) Dodatni 3dB slabilec z N konektorji.
- (8) Priključne kable za vse povezave.
- (9) Zemljevid Ljubljana z okolico, 1:100000 ali 1:50000.

Razporeditev in povezava merilnih pripomočkov je prikazana na sliki 2.

3. Obrazložitev in opis poteka vaje

Za vajo preizkusimo raznoliki sprejem signalov s satelita Meteosat. Satelit Meteosat oddaja na frekvenci 1691MHz z linearno polarizacijo, ki je v naših krajih skoraj vodoravna. Visokofrekvenčni signal je frekvenčno moduliran in ima pasovno širino okoli 30kHz. Demoduliran signal vsebuje le zvočne frekvence med 800Hz in 4kHz, najmočnejši pa je podnosilec na 2400Hz. Razmerje signal/šum lahko zato preprosto ocenjujemo s poslušanjem signala v zvočniku sprejemnika.

Prva naloga v vaji je usmeriti obe anteni na satelit Meteosat, ki se nahaja v geostacionarni tirnici na zemljepisni dolžini 0 stopinj. V Ljubljani, na zemljepisni dolžini 14.5 stopinj vzhodno in zemljepisni širini 46.0 stopinj severno vidimo satelit Meteosat na južnem-jugozahodnem nebu (azimut 199.8 stopinj) z elevacijo 35.1 stopinj. Kot referenčno točko za azimut vzamemo oddaljen, a dobro viden predmet, naprimer antenski stolp na Krimu, in poiščemo njegov azimut na zemljevidu.

Jakost signala iz geostacionarnega satelita se s časom zelo malo spreminja, presih polja je izredno redek pojav in za sprejem satelitskih signalov običajno ne potrebujemo raznolikega sprejema z več sprejemniki. V tej vaji zato uporabimo satelit predvsem kot izvor zelo šibkega signala, ki se s časom skoraj ne spreminja. Kljub temu dajeta obe anteni različna signala, saj položaj in smer obeh anten nista enaka, prav tako pa nista med sabo enaka ojačevalnika, ki imata različni ojačenja A1 in A2 ter različni šumni števili F1 in F2. Tudi dolžine priključnih kablov so različne.

Signala iz obeh sprejemnih vej sestavimo s pomočjo uporovnega delilnika, ki sicer vnaša izgubo 6dB za vsako vejo posebej. Ojačenje vsake veje nastavljamo posebej z ločenim slabilcem. Medsebojno fazo obeh vej nastavljamo z raztegljivim koaksialnim vodom (pozavno), ki ga vgradimo

v eno od obeh vej. Pri 1691MHz znaša valovna dolžina 17.7cm v praznem prostoru, zato lahko s 30cm dolgim nastavljivim vodom obračamo fazo vsaj za poldrugi polni kot.

Sprejemnik je sestavljen iz dveh enot: konverterja in VHF sprejemnika. Ker dovaja konverter napajalno napetost +12V tudi na svoje vhodne sponke (za napajanje antenskega ojačevalnika), vhod enosmerno ločimo s kondenzatorjem. Ojačenje obeh antenskih ojačevalnikov je sicer dovolj visoko, da lahko šum konverterja in sprejemnika zanemarimo tudi takrat, ko nastavljiva slabilca vnašata dodatno slabljenje v razredu 10dB.

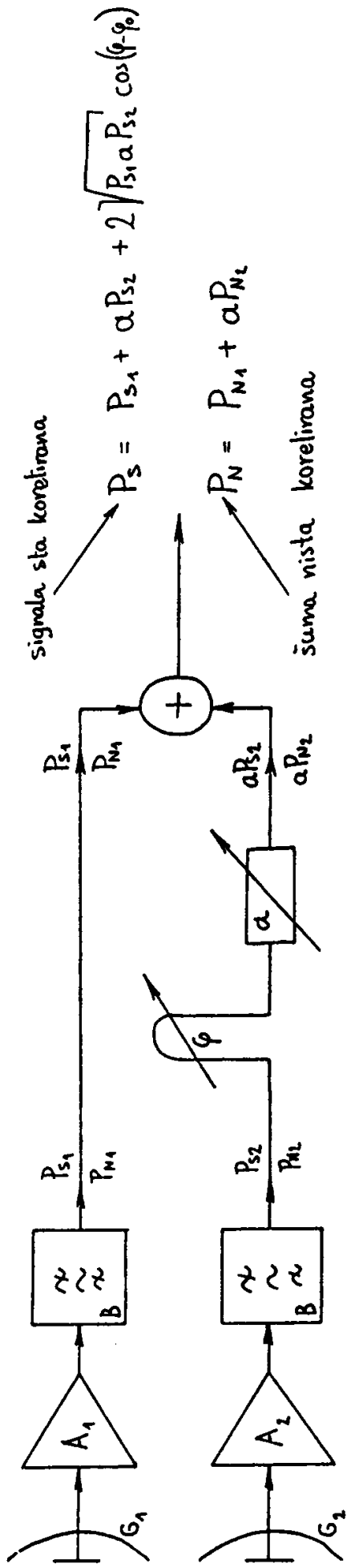
4. Prikaz značilnih rezultatov

Signal satelita Meteosat najprej poiščemo z eno samo anteno, popravimo azimut in elevacijo antene ter točno uglasimo sprejemnik. Nato prvo anteno izključimo in poiščemo smer satelita Meteosat še z drugo anteno. Antene vedno izklapljam tako, da prekinemo povezavo med izhodom ojačevalnika in nastavljivim slabilcem. Na ta način izključimo tudi šum ojačevalnika ustrezne antene ter preprečimo neprilagoditev impedance, saj ostane slabilcec v vezju.

Končno priključimo obe anteni. S premikanjem nastavljivega voda poiščemo minimume in maksimume signala. Medtem poskusimo nastaviti nastavljive slabilce tako, da so minimumi čim globlji. Jakosti signalov v obeh vejah sta tedaj enaki. Najprimernejša nastavitvev faze je seveda točno med dvema minimumoma, saj minimum natančneje določimo kot pa maksimum.

Nastavitvi faze sledi nastavitvev amplitude. Če bi imeli dve enaki anteni in dva ojačevalnika z enakima šumnima številoma F1 in F2, ne bi potrebovali nobene nastavitve več. Ker ojačevalnika nista enaka, tudi optimalno razmerje amplitud signalov ni enako enoti. To trditev preverimo tako, da poskusimo spreminjati enega od slabilcev in poiščemo najboljši sprejem (najmanj "prasketanja" v zvočniku).

Obe sprejemni verigi lahko tudi umetno naredimo nekoliko različni. Razmerje signal/šum v eni verigi lahko spremenimo tako, da anteno usmerimo nekoliko stran od smeri satelita oziroma zasenčimo. Podoben učinek bo imel tudi dodatni 3dB slabilcec, ki ga vgradimo med antenski priključek in ojačevalnik. Pri neenakih sprejemnih verigah bo seveda ustrezno večja tudi razlika med optimalnima amplitudama obeh kanalov.



$$P_S = P_{S1} + aP_{S2} + 2\sqrt{P_{S1}aP_{S2}} \cos(\varphi - \varphi_0)$$

$$P_N = P_{N1} + aP_{N2}$$

Iščemo nastavitvi a in φ za najboljši sprejem, ko je razmerje $\frac{P_S}{P_N}$ na izhodu največje!

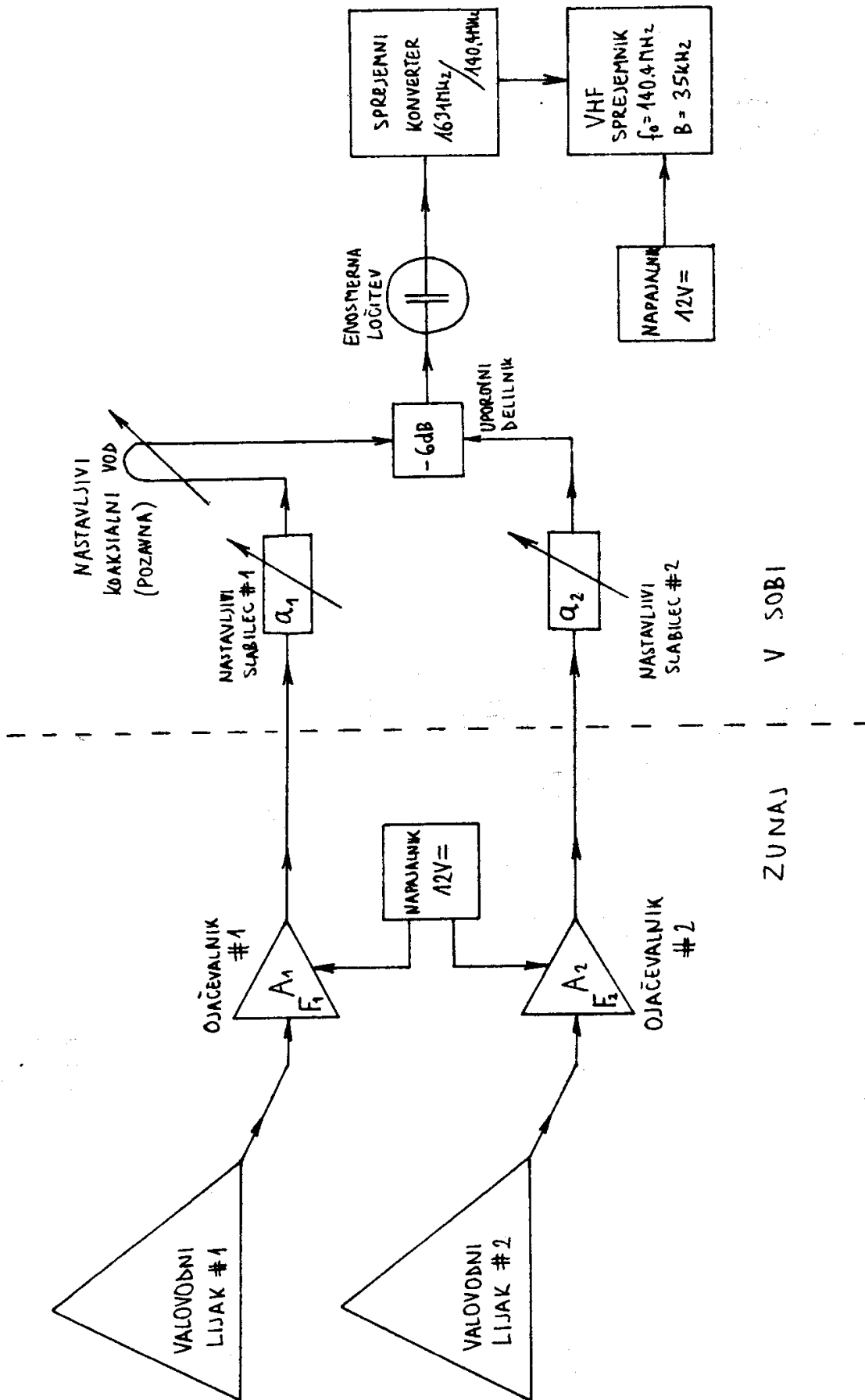
φ preprosto nastavimo za največji signal: $\varphi = \varphi_0$; $\cos(\varphi - \varphi_0) = 1$

$$\frac{P_S}{P_N} = \frac{P_{S1} + aP_{S2} + 2\sqrt{P_{S1}aP_{S2}}}{P_{N1} + aP_{N2}} = 0 = \frac{(P_{S2} + \sqrt{P_{S1}P_{S2}}/\sqrt{a})(P_{N1} + aP_{N2}) - (P_{S1} + aP_{S2} + 2\sqrt{P_{S1}aP_{S2}})P_{N2}}{(P_{N1} + aP_{N2})^2}$$

$$0 = P_{S2}P_{N1} - P_{S1}P_{N2} + \sqrt{P_{S1}P_{S2}}P_{N1}/\sqrt{a} - \sqrt{P_{S1}P_{S2}}P_{N2}\sqrt{a}$$

$$a = \frac{P_{N1}^2}{P_{N2}^2} \frac{P_{S2}}{P_{S1}} = \frac{P_{N1}}{P_{N2}} \sqrt{\frac{P_{S2}}{P_{S1}}}$$

Slika 1 - Razmerje signal / šum pri sestavljanju izhodov dveh sprejemnikov.



Slika 2 - Razporeditev in vezava merilnih pripomočkov.