

## LABORATORIJSKE VAJE RADIOKOMUNIKACIJE

### VAJA 12. - MERITEV SIGNALOV V SATELITSKEM SISTEMU INMARSAT

#### 1. Mobilni satelitski komunikacijski sistem Inmarsat

Radijska zveza med ladjo in kopensko radijsko postajo je pomenila prvo praktično izkoriščanje radijskih valov in s tem začetek radijske tehnike pred skoraj sto leti. Zato ni slučaj, da so se tudi tehnično zahtevnejše mobilne satelitske komunikacije najprej uveljavile v pomorstvu za zvezo med preoceanskimi ladjami in obalnimi postajami. Osnovo sodobnega sistem Inmarsat so postavili trije poskusni ameriški sateliti Marisat, izstreljeni v geostacionarno tirnico konec sedemdesetih let, ki so za komunikacije s pomorskimi mobilnimi uporabniki uporabljali frekvenčno področje 300MHz za vojaške uporabnike in 1.5GHz za civilne uporabnike.

V začetku osemdesetih let je bila ustanovljena mednarodna organizacija Inmarsat s sedežem v Londonu, ki skrbi za izstreljevanje in delovanje ustreznih komunikacijskih satelitov. Različni sateliti v sistemu Inmarsat so sicer povsem kompatibilni s starimi sateliti Marisat in prav tako uporabljajo frekvenčno področje 1.5GHz za zvezo satelit-ladja v obeh smereh, le zmogljivost satelitov je povečana z začetnih 10 telefonskih kanalov satelitov Marisat na sedanjih 100 telefonskih kanalov sodobnih satelitov.

Delovanje pomorskega mobilnega sistema Inmarsat je prikazano na sliki 1. Sateliti nosijo na krovu le linearne pretvornike, ki sprejete signale ojačijo in preslikajo v drug frekvenčni pas. Komunikacija z upravno postajo na kopnem poteka v frekvenčnem pasu 4/6GHz, komunikacija z mobilno postajo na ladji pa v pasu 1.5/1.6GHz.

Sedanji sistem Inmarsat sestavljajo štirje aktivni in več rezervnih satelitov. Vsi dosedanji sateliti so bili izstreljeni v geostacionarno tirnico. Dva aktivna satelita na 15 stopinj zahodno in 55 stopinj zahodno pokrivata Atlantski ocean, en satelit na 64.5 stopinj vzhodno pokriva Indijski ocean in en satelit na 180 stopinj vzhodne zemljepisne dolžine pokriva Pacifiški ocean.

Vse zveze preko satelita Inmarsat uporabljajo en sam pretvornik na krovu satelita v frekvenčnem multipleksu (glej sliko 2). Vsi dodeljeni frekvenčni pasovi so širine 8.5MHz in vsak od teh je razdeljen na 339 kanalov s korakom po 25kHz. Osnovni sistem Inmarsat uporablja dve vrsti komunikacij: govorno telefonsko zvezo, ki uporablja frekvenčno modulacijo, in telegrafsko zvezo oziroma signalizacijo s hitrostjo 1200 bitov v sekundi.

Zmogljivost dosedanjih satelitov ni omejena s širino dodeljenega frekvenčnega spektra, pač pa z močmi oddajnikov na krovu. Zaradi frekvenčnega multipleksa je izkoristek izhodne stopnje oddajnika zelo slab in znaša komaj 8% v področju 1.5GHz. Izhodna moč oddajnika 70W zadošča za približno 50 istočasnih telefonskih pogovorov, za kar oddajnik na krovu satelita troši skoraj 900W enosmerne moči. Hkrati se frekvence uporabljenih kanalov dodeljujejo tako, da je verjetnost motenj

zaradi intermodulacijskega popačenja čimmanjša.

Ker antene na krovu satelita pokrivajo celotno vidno poloblo, potrebuje mobilni uporabnik anteno s smernostjo okoli 20dBi (zrcalo premera 1m). Zveza v obratni smeri, od uporabnika proti zemeljski upravni postaji, ne omejuje sistema, saj ima vsak uporabnik oddajnik z izhodno močjo 20-50W, oddajnik na krovu satelita z izhodno močjo 20W v področju 4GHz pa sprejema kopenska upravna postaja z razmeroma veliko anteno (premer nad 10m).

## 2. Seznam potrebnih pripomočkov

-----

Za izvedbo vaje potrebujemo:

- (1) Parabolično zrcalo premera 1.2m na stojalu z desno-krožno polariziranim žarilcem za frekvenčno področje 1.5GHz.
- (2) 30dB malošumni ojačevalnik za frekvenčno področje 1.5GHz.
- (3) -10dB smerni sklopnik za 1.5GHz.
- (4) Sprejemni konverter za 1.5GHz in ustrezen FM sprejemnik z napajalnikom.
- (5) 40dB širokopasovni ojačevalnik z napajalnikom.
- (6) Visokofrekvenčni spektralni analizator 0-2GHz.
- (7) Priključne kable za vse povezave.
- (8) Zemljevid Ljubljana z okolico, 1:100000 ali 1:50000.

Razporeditev in povezava merilnih pripomočkov je prikazana na sliki 3.

## 3. Obrazložitev in opis poteka vaje

-----

Za vajo si oglejmo signale, ki jih sateliti Inmarsat oddajajo mobilnim uporabnikom. Od vseh Inmarsat-ovih signalov so ti najmočnejši in jih je zato najlažje sprejemati. Hkrati ti signali predstavljajo tudi glavno omejitev sistema: dimenzije uporabniške sprejemne antene. Za vajo si seveda privoščimo nekoliko večjo anteno, ki daje boljše razmerje signal/šum in olajšuje meritve.

Prva naloga v vaji je usmeriti anteno na geostacionarni satelit. Iz Slovenije so vidni trije od štirih Inmarsat-ovih satelitov in sicer oba satelita nad Atlantskim oceanom in satelit nad Indijskim oceanom. V Ljubljani, na zemljepisni dolžini 14.5 stopinj vzhodno in zemljepisni širini 46.0 stopinj severno, lahko izračunamo naslednje položaje treh na nebu vidnih Inmarsat-ovih satelitov:

Inmarsat 55W	Azimut 254.9 stopinj	Elevacija 5.4 stopinj
Inmarsat 15W	Azimut 218.2 stopinj	Elevacija 29.6 stopinj
Inmarsat 64.5E	Azimut 121.1 stopinj	Elevacija 18.2 stopinj

Azimut in elevacijo odčitamo na skali na vrtljivem podstavku antene. Kot referenčno točko za azimut vzamemo oddaljen, a dobro viden predmet, naprimer antenski stolp na Krimu.

Sateliti Inmarsat oddajajo v področju 1.5GHz z desno-krožno polarizacijo. Ker parabolično zrcalo obrne smer krožne polarizacije, uporabimo za osvetlitev zrcala levo polariziran žarilec. Nizkošumni predojačevalec namestimo kar na sam žarilec, da so izgube v priključnem kablu čimmanjše. Signal nato peljemo na dva sprejemnika: na FM sprejemnik z ustreznim demodulatorjem in zvočnikom za poslušanje govornih signalov ter na visokofrekvenčni spektralni analizator.

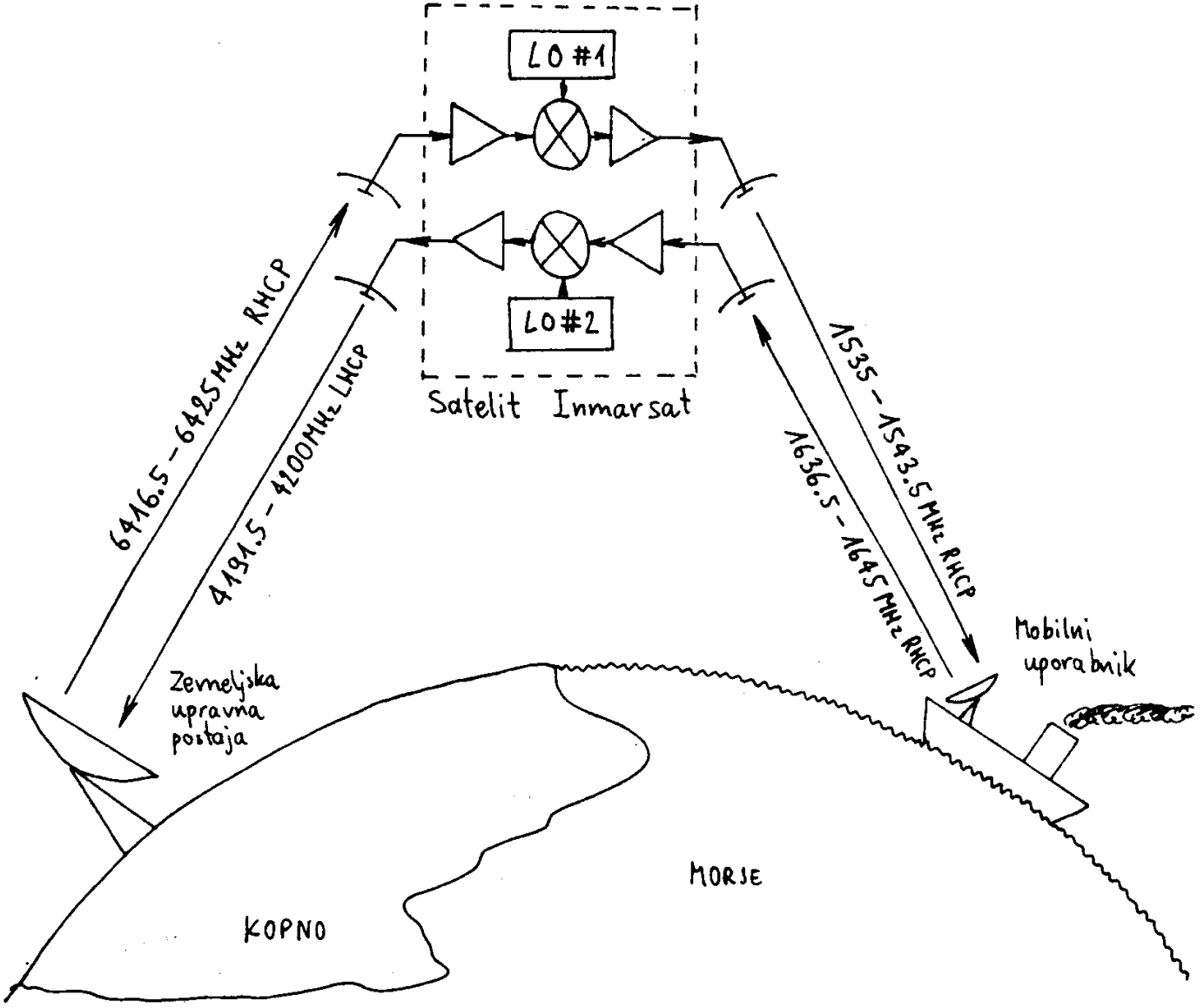
#### 4. Prikaz značilnih rezultatov

-----  
Za vajo pomerimo signale na pretvorniku satelita Inmarsat: preštejemo govorne in telegrafske kanale in si zabeležimo frekvence. Iz frekvenc skušamo nato določiti razmake med kanali, s katerimi skušajo upravne postaje preprečiti, da bi intermodulacijski produkti močnostnega ojačevalnika na satelitu padli v uporabljene kanale.

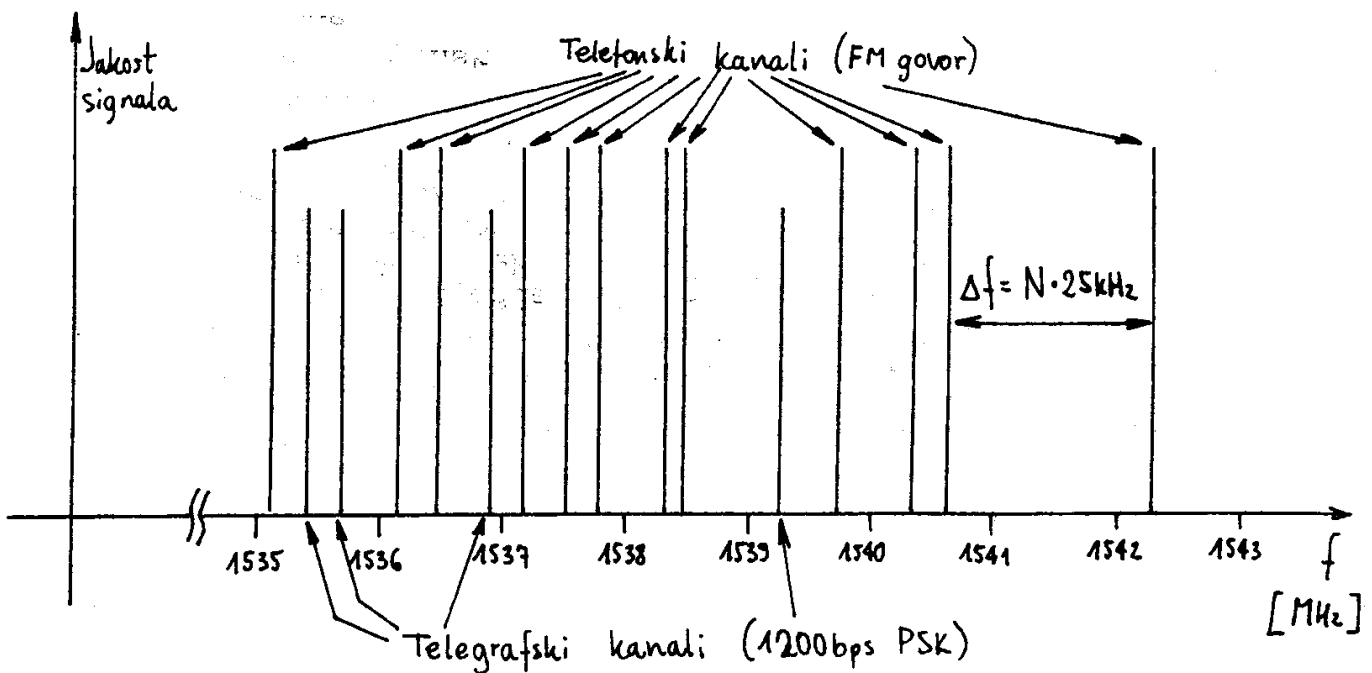
Sprejemno anteno zasučemo še na druga dva satelita in meritve ponovimo. Pri tem pazimo predvsem na to, kateri kanali so na vseh treh satelitih isti. Pri določanju frekvence seveda upoštevamo vse člene v sprejemni verigi. Če odčitavamo frekvenco na VHF sprejemniku, potem moramo rezultatu prišteti še frekvenco mešanja v konverterju.

\*\*\*\*\*

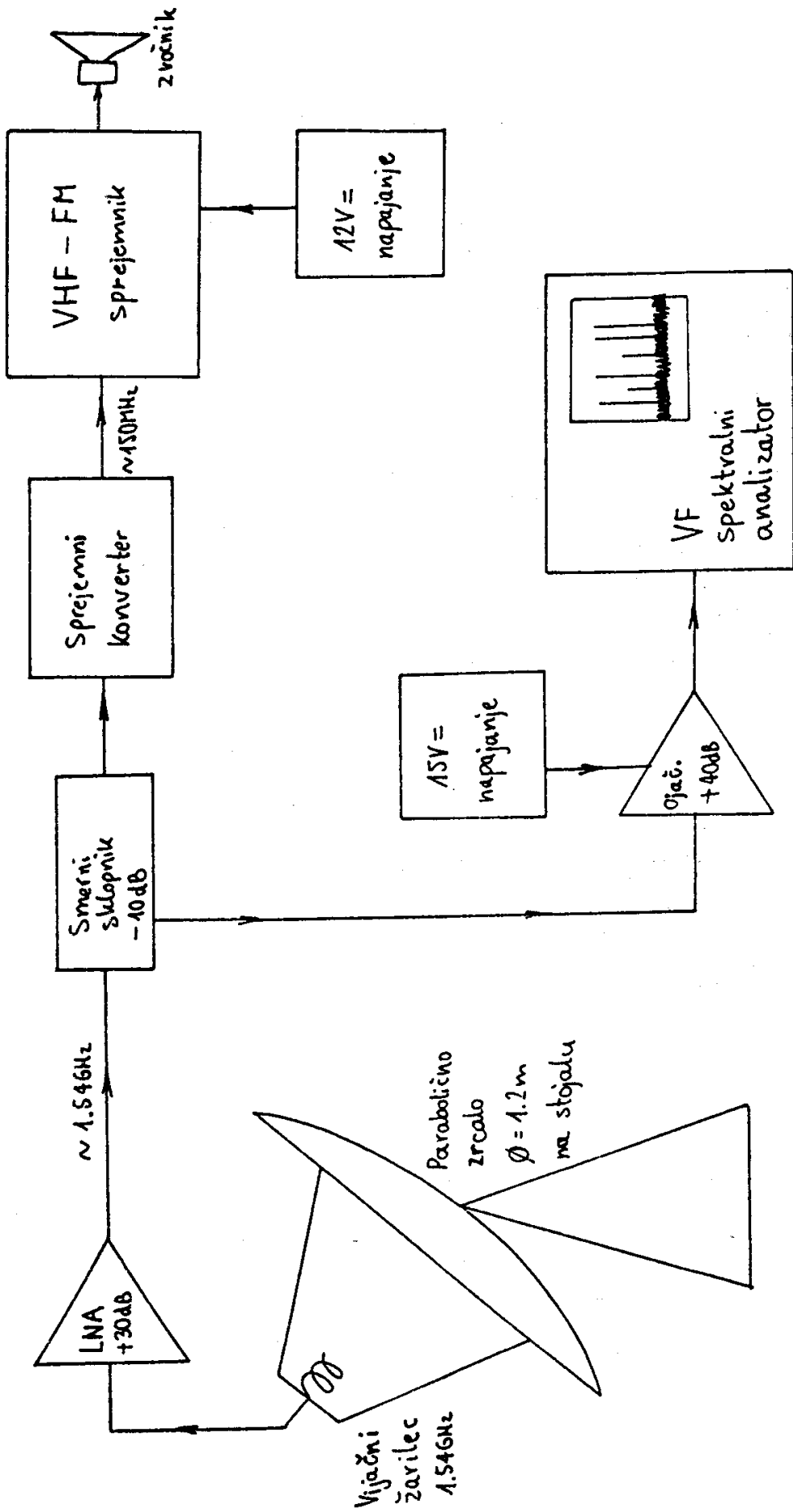
- LVRK 12.4 -



Slika 1 - Delovanje pomorskega mobilnega sistema zvez Inmarsat.



Slika 2 - Frekvenčni multipleks signalov na satelitu Inmarsat.



Slika 3 - Razporeditev in vezava merilnih pripomočkov.