

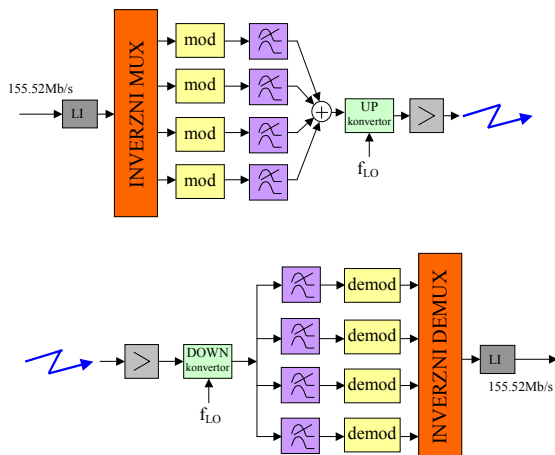
PRIMENE ANALOGNOG UOBLIČAVANJA SIGNALA ZA RADIO-RELEJNI UREĐAJ SREDNJEG I VELIKOG KAPACITETA SA 16-QAM MODULACIJOM

Branko Radan, Miroslav Perić, Milan Stojanović, Miloje Zečević, *Institut IMTEL, Bul. M. Pupina 165b, Novi Beograd*

Sadržaj – U ovom radu je prikazano projektovanje prijemnog i predajnog analognog filtra za 16-QAM signal protoka 34.368Mb/s, u radio-relejnemu sistemu sa jednim ili više nosilaca. Pokazano je da se osnovnim filtrom u osnovnom opsegu mogu ostvariti zahtevi za sisteme sa jednim nosiocem, ali se teško mogu ostvariti zahtevi za sisteme sa više nosilaca kapaciteta 155Mb/s. Prikazani su dijagrami oka kao i zavisnost zatvorenosti oka i potiskivanja energije susednog nosioca od rastojanja nosioca za NRZ i "podignuti kosinus" impuls.

1. UVOD

Jedan od problema koji se javlja prilikom projektovanja radio-relejnog (RR) uređaja je odabir modulaciono-demodulacionog postupka koji sa jedne strane treba da zadovolji predviđeni frekvencijski plan, odnosno masku spektra [1][2], što za veće protoke (E4, STM-1) znaci korišćenje višenivooskih modulacija (64-QAM, 128-QAM i 256-QAM i njihovi derivati), dok sa druge strane višenivooske modulacije zahtevaju znatno složeniji hardver [3], koji je teže i skuplje realizovati [4]. Jedna od ideja koja se može koristiti za rešavanje ovog problema je korišćenje više podnosilaca koji pojedinačno koriste jednostavnije modulacije, pri čemu se protok deli na jednake delove proporcionalno broju podnosilaca, ali je tada potrebno realizovati filtre u osnovnom opsegu koji će dovoljno potiskivati susednog podnosioca, da ne bi došlo do zatvaranja oka.



Sl.1. blok šema sistema sa četiri podnosioca

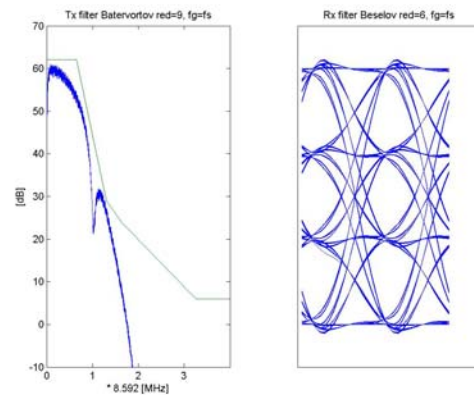
Kako je realizacija analognih filtera u ovom trenutku jednostavnija od realizacije drugih tipova filtera, ispitan je uticaj razmaka podnosioca na zatvaranje dijagrama oka za NRZ i "podignuti kosinus" 34.368Mb/s signal modulisan 16-QAM modulacijom i analogno filtriran, a takođe je

ispitano i potiskivanje energije signala na susednom podnosiocu u zavisnosti od tipa filtra u prijemniku.

2. REZULTATI

Korišćenjem programskih paketa za simulaciju napravljeni su modeli 34.368Mb/s 16-QAM signala. Prilikom izbora oblika impulsa prvo je rađeno ispitivanje NRZ signala; njegovo filtriranje je zahtevalo upotrebu sistema što linearnije faze, koji su trebali imati što veću strminu [5]. Cilj je bio naći odnos granične učestanosti i reda filtra za različite tipove filtera da bi se dobilo maksimalno otvoreno oko. Simulacijom se došlo do rezultata da se najbolje karakteristike dobijaju kada je prijemni filter Beselov 6-og reda, a zatim su varirani predajni, Batervortovi filteri; nađeno je da su to filteri 5-og, 7-og i 9-og reda; filteri u predaji se variraju da bi se zadovoljila maska spektra.

Na slici 2. je prikazan izgled spektra i maske spektra za 34.368 Mb/s signal, kao i oko koje se dobija posle demodulacije.



Sl.2. spektar signala i oko posle filtriranja, NRZ impuls

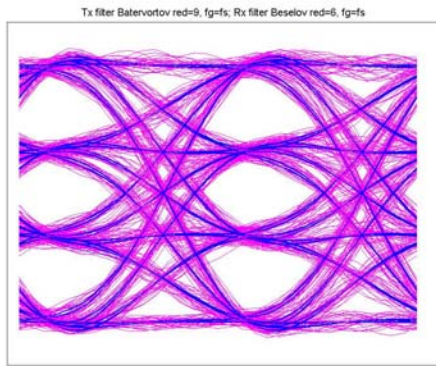
Zatim je ispitan uticaj drugih podnosioca istog protoka na zatvaranje dijagrama oka; za različite predajne filtre je mereno zatvaranje otvora oka u zavisnosti od rastojanja ne kojem se nalaze podnosioci (primer zatvaranja oka prikazan je na slici 3.); rezultati te simulacije su prikazani na slici 4.

Izračunato je i potiskivanje energije ometača; a kako se u prijemu koristi isti filter, rezultati (slika 5.) su očekivani

Rezultati simulacije običnog NRZ signala pokazuju da se ne mogu ostvariti željene karakteristike, jer se i pri većim rastojanjima nosilaca značajno degradira oko, tako da se

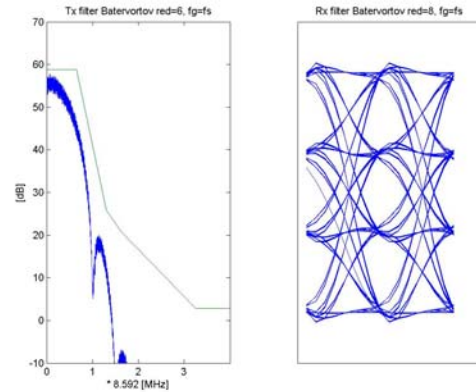
prešlo na metode predistorzije signala u cilju daljeg uobličavanja.

standardnim komponentama koje se mogu naći po katalozima.

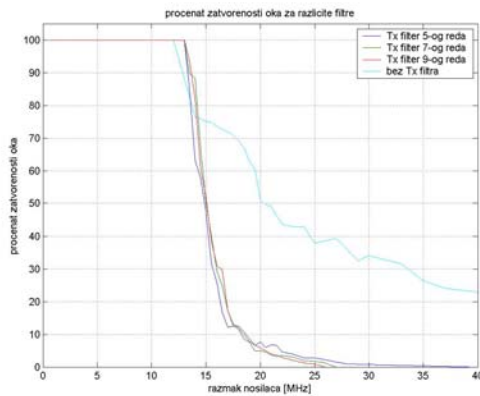


Sl.3. uticaj drugog podnosioca na zatvaranje oka prvog, $\Delta f=17\text{MHz}$, NRZ impuls

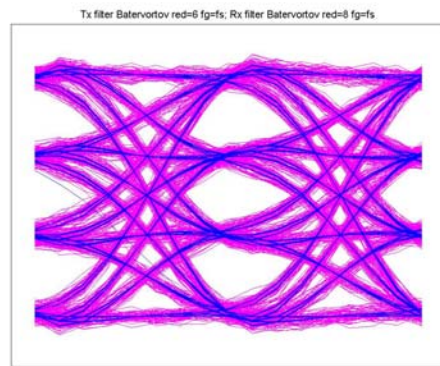
Na slikama 5. i 6. prikazani su izgled spektra i maske spektra za 34.368 Mb/s signal, kao i oko koje se dobija posle demodulacije.



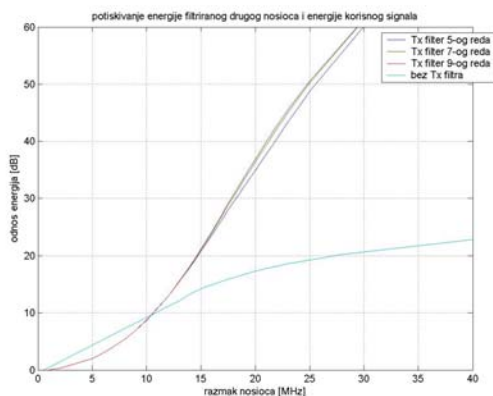
Sl.6. spektar signala i oko posle filtriranja, podignuti kosinus



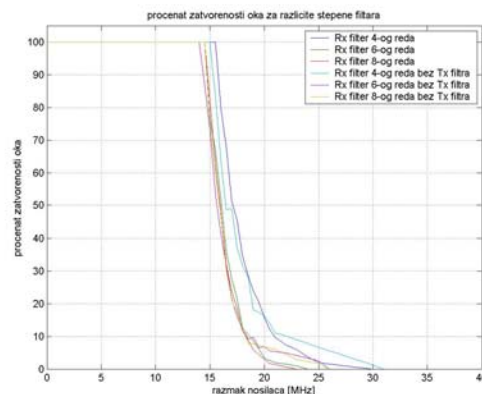
Sl.4. zatvorenost oka u zavisnosti od rastojanja podnosilaca, NRZ impuls



Sl.7. uticaj drugog podnosioca na zatvaranje oka prvog, $\Delta f=17\text{MHz}$, podignuti kosinus



Sl.5. potiskivanje energije ometača, NRZ impuls

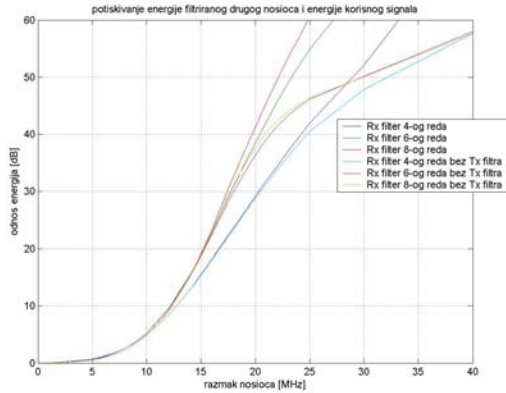


Sl.8. zatvorenost oka u zavisnosti od rastojanja nosioca, podignuti kosinus

Za postupak predistorzije odabrana je transformacija podignuti kosinus, koja je realizovana hardverski [6]. Koristeći osobine tako obrađenog signala bilo je moguće koristiti i u predaji i u prijemu Batervortove filtere. Simulacijom se došlo do kombinacije da predajni filter bude Batervortov 6-og reda, pa su varirani parametri prijemničkog filtra, takodje Batervortovog tipa. Posle simuliranja filtara došlo se do njihove realizacije

Zatim su simulirani uticaj drugog podnosioca na zatvaranje oka i potiskivanje njegove energije (slike 8. i 9.). Rezultati su dati na slici 9. Može se primetiti da su

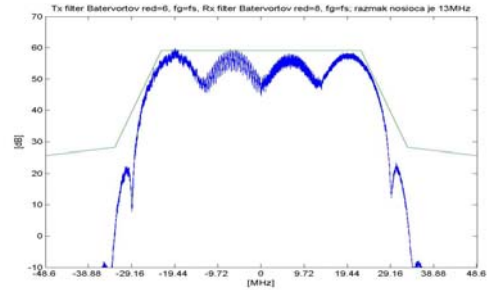
dobijene karakteristike malo bolje od slučaja kada se koristi NRZ impuls.



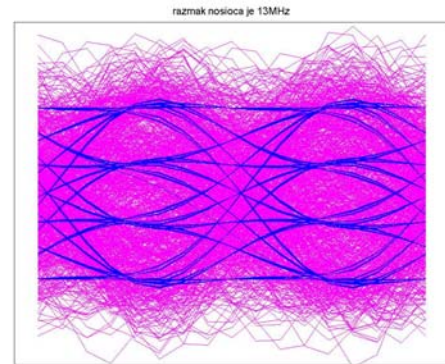
Sl.9. potiskivanje energije ometača, podignuti kosinus

3. ZAKLJUČAK

Filtriranje 16-QAM signala klasičnim analognim filtrima ne omogućava realizaciju sistema prenosa sa više podnosilaca. U slučaju impulsa "podignuti kosinus" rezultati su malo bolji nego kada se koristi NRZ impuls, ali ni takvo uobličavanje ne omogućava da se podnosioci približe dovoljno blizu da bi zadovoljili masku spektra jer njihovo približavanje izaziva značajnu degradaciju otvora oka (slike 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 i 17).



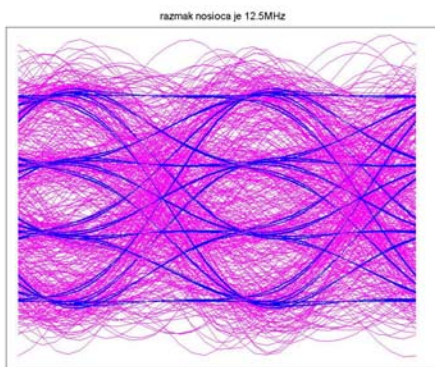
Sl.12. spektar signala sa četiri podnosioca, podignuti kosinus, zadovoljena maska spektra



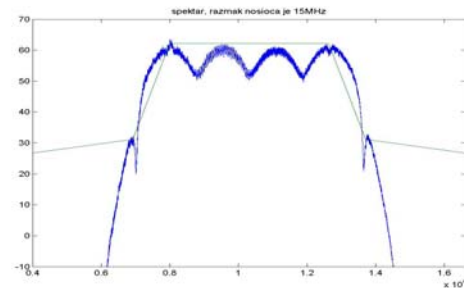
Sl.13. oko za četiri podnosioca, podignuti kosinus, zadovoljena maska spektra



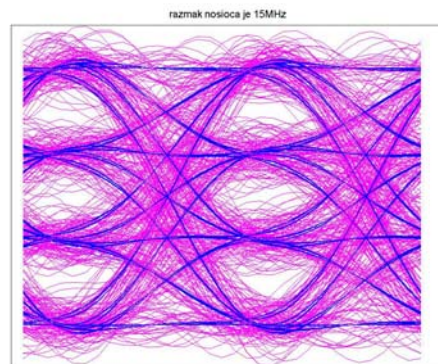
Sl.10. spektar signala sa četiri podnosioca, NRZ impuls zadovoljena maska spektra



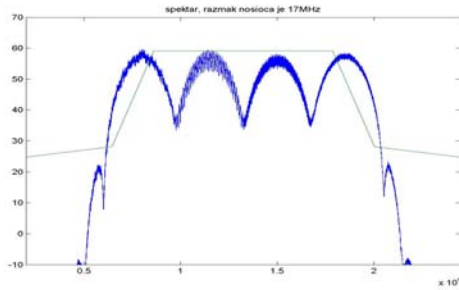
Sl.11. oko za četiri podnosioca, NRZ impuls, zadovoljena maska spektra



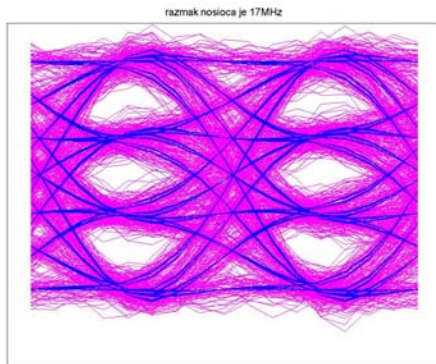
Sl.14. spektar signala sa četiri podnosioca, NRZ impuls nije zadovoljena maska spektra



Sl.15. oko za četiri podnosioca, NRZ impuls, nije zadovoljena maska spektra



Sl.16. spektar signala sa četiri podnosioca, podignuti kosinus, nije zadovoljena maska spektra



Sl.17. oko za četiri podnosioca, podignuti kosinus, nije zadovoljena maska spektra

LITERATURA

- [1] ETSI EN 300 234 V1.3.2 -Fixed Radio Systems; Point-to-point equipment; High capacity digital

radio systems carrying 1 x STM-1 signals and operating in frequency bands with about 30 MHz channel spacing and alternated arrangements, ETSI, 2001.

- [2] ETSI EN 301 216 V1.2.1 - Fixed Radio Systems; Point-to-point equipment; Plesiochronous Digital Hierarchy (PDH); Low and medium capacity and STM-0 digital radio system operating in the frequency bands in the range 3 GHz to 11 GHz, ETSI, 2001.
- [3] SB.Benedetto, E.Biglieri, EV.Castellani - Digital Transmission Theory, Prentice Hall 1987.
- [4] M.Zečević, D.Obradović - FIR filter za uobličavanje spektra digitalnog radio-relejnog uređaja protoka 51.8Mb/s – ETRAN 2003.
- [5] A. Zverev – Handbook of Filter Synthesis, Prentice Hall
- [6] M.Perić, M.Stojanović, M.Zečević - Digital Signal Shaper for 16QAM Direct Modulator, TELSIS 2003.

Abstract – In this paper are described some aspects on analog filtering with standard components. It is shown that using this method near subcarriers interfere with each other and cause closure of an eye opening.

APPLICATION OF ANALOG SIGNAL SHAPING FOR MEDIUM AND HIGH CAPACITY RADIO-RELAY LINK WITH 16-QAM MODULATION

Branko Radan, Miroslav Perić, Milan Stojanović, Miloje Zečević