

JEDAN METOD ZA MERENJE PERFORMANSI FAZNIH KOMPARATORA PETLJE ZA IZDVAJANJE NOSIOCA

Petar Jovanović, Milan Stojanović, Branko Radan, Svetlana Marčetić,
Institut IMTEL, Novi Beograd, Srbija i Crna Gora

Sadržaj - U radu je opisana merna metoda i softver za ispitivanje performansi različitih rešenja za izdvajanje nosioca sistemima sa direktnim demodulatorom. Opisana je i blok šema IQ modulatora kao predajnika i IQ demodulatora sa blokom za izdvajanje nosioca, kao i uticaj nesavršenosti modulatora i demodulatora na degradaciju karakteristika faznog komparatora petlje za izdvajanje nosioca. Metoda je praktično primenjena za merenje performansi direktnog demodulatora na 23GHz sa Kostasovom petljom realizovanom u CPLD logici kao faznim komparatorom, a može se generalizovati i za QAM postupke.

1. UVOD

Zbog brzine postavljanja i niske cene radio relejne (RR) veze se danas veoma često koriste kao medijum prenosa. To je posebno izraženo u mrežama provajdera mobilne telefonije i Interneta. Stalni razvoj novih aplikacija uslovio je potrebu za sve većim kapacitetima prenosnih sistema, što gušćoj njihovoj mreži i što nižom cenom. Imajući sve to u vidu, posebno postaju atraktivni sistemi na višim frekventijskim opsezima (23, 26, 29 i 38GHz) koji omogućavaju guste radio-relejne mreže i upotrebu jednostavnijih postupaka modulacije u odnosu na niže opsege.

Fokusirajući cenu kao veoma značajan parametar posebno postaju interesantna alloutdoor rešenja uređaja kod kojih se kompletna obrada signala obavlja u jedinici za spoljnu montažu (ODU) koja se instalira neposredno uz antenski sistem. Jedna veoma atraktivna varijanta realizacije ovakvih uređaja je upotreba direktnih modulatora i demodulatora[1], uz izbacivanje svih nepotrebnih skupih blokova digitalne

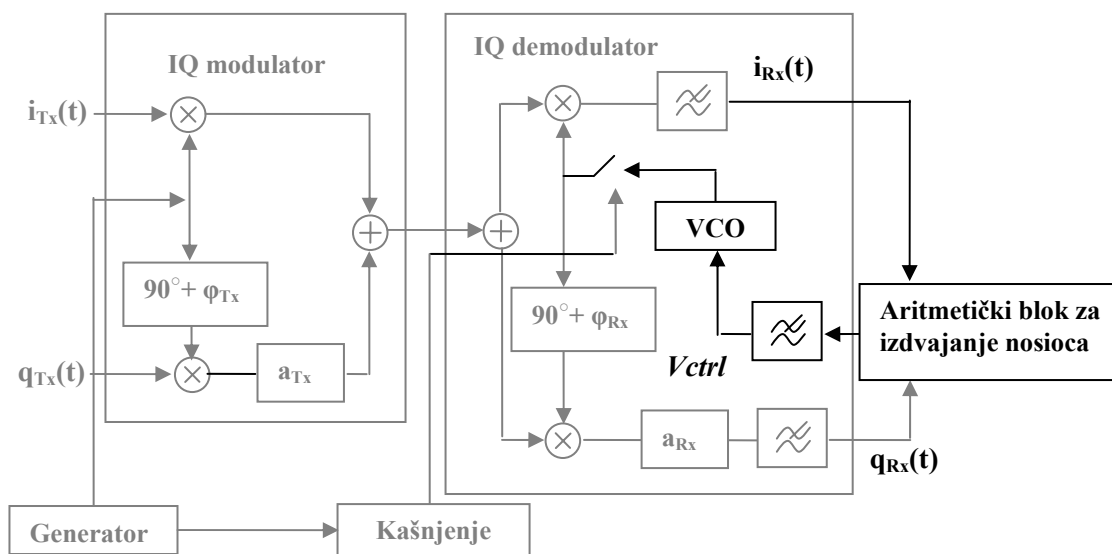
obrade signala i obrade na međufrekvencijama kao što su ultrabrzni A/D i D/A konvertori, FPGA kola visoke gustine, međufrekvencijski pojačavači, mikseri, sintetizatori i PLL. Kada se postupak optimizacije cene dalje nastavi može se pokazati da u uslovima proizvodnje u manjim i srednjim serijama analogno izdvajanje nosioca ima prednosti nad digitalnim.

U cilju istraživanja sklopova za tu svrhu, razvili smo mernu metodu i prateći softver koje ima za cilj ispitivanje performansi različitih rešenja za izdvajanje nosioca na bazi direktnih demodulatora. Fokusirali smo se na OQPSK modulacioni postupak budući da se on veoma često primenjuje u uređajima srednjeg kapaciteta (od 34 do 52Mbit/s) na ovim opsezima. Metoda se može generalizovati i za višenivoske QAM postupke.

2. BLOK ZA IZDVAJANJE NOSIOCA

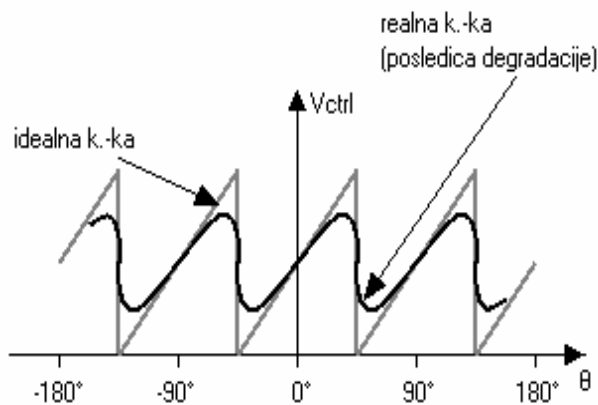
Na slici 1. prikazana je blok šema IQ modulatora kao predajnika i IQ demodulatora sa blokom za izdvajanje nosioca [2]. Na predaji se digitalna povorka deli na dve grane (I i Q grana), uobličava i vodi na dva mešača, čiji su nosioci pomereni za 90° . Posle sabiranja ova dva signala dobija se QAM signal.

Na prijemu se obavlja obrnut postupak. IQ demodulator je praktično slika u ogledalu IQ modulatora, te se signal deli na dve grane, od kojih svaka ima po mikser. Signal njihovih lokalnih oscilatora je takođe pomeren za 90° . Posle konverzije u osnovni opseg signali obe grane se vode na filtre propusnike niskih učestanosti koji potiskuju komponente oko učestanosti nosioca i njegovih harmonika.



Sl. 1. Blok šema sistema

Da bi se uspešno mogla ostvariti analogna koherentna demodulacija, neophodno je da signal nosioca IQ demodulatora bude po fazi i frekvenciji istovetan kao dolazeći modulirani signal. Zbog toga se on dobija iz naponski kontrolisanog oscilatora VCO, čijim kontrolnim naponom upravlja filtriran signal aritmetičko jedinice. Ovakva fazna petlja koju čine IQ demodulator, VCO, filter propusnik niskih učestanosti i aritmetička jedinica predstavlja u stvari blok za izdvajanje nosioca. Da bi se njeni parametri pravilno podesili potrebno je poznavati funkciju zavisnosti kontrolnog napona V_{ctrl} od ulazne fazne razlike θ , odnosno



Sl. 2. Zavisnost $V_{ctrl}(\theta)$ za Kostasovu petlju

njen opseg linearnosti, strminu, periodičnost i sl.[3]. Jedna od veoma često korišćenih petlji je tzv. Kostasova petlja [3], kod koje aritmetička jedinica generiše signal:

$$V_{ctrl} = LP(i \cdot \text{sign}(q) - q \cdot \text{sign}(i)) \quad (1)$$

gde je LP-funkcija low pass filtriranja, a sign funkcija znaka. Pretpostavlja se da signali u fazi i kvadraturi uzimaju vrednosti iz skupa $-1, +1$. Dijagram zavisnosti $V_{ctrl}(\theta)$ je linearna testerasta funkcija sa periodom 90° (Slika 2).

Napomenimo da se u praksi zbog jednostavnosti realizacije često koristi i modifikacija Kostasove petlje [2] oblika:

$$V_{ctrl} = LP(\text{sign}(i) \oplus \text{sign}(q) \oplus \text{sign}(i+q) \oplus \text{sign}(i-q)) \quad (2)$$

kojom se aritmetička operacija množenja, koja bi se morala izvoditi analognim množačima (obično Gilbertovom ćelijom)

ili A/D konverzija sa digitalnim množačima, svodi na operaciju ekskluzivno ili. Na taj način se kompletna aritmetička jedinica sastoji iz četiri komparatora i tri ekskluzivna ili kola.

U praksi, a posebno kod direktnih modulatora i demodulatora na učestanostima preko 20GHz izražene su nesavršenosti modulatora i demodulatora, kao što su amplitudski i fazni debalans modulatora, curenje nosioca, klipovanje predajnog pojačavača, amplitudski i fazni debalans demodulatora. Ovi efekti se manifestuju kao deformacija konstelacionog dijagrama:

$$i_{Rx}(t) = C \cdot (i_{Tx}(t) \cdot \cos(\theta) + a_{Tx} \cdot q_{Tx}(t) \cdot \sin(\varphi_{Tx} - \theta)) \quad (3)$$

$$q_{Rx}(t) = C \cdot a_{Rx} \cdot (a_{Tx} \cdot q_{Tx}(t) \cdot \cos(\varphi_{Rx} - \varphi_{Tx} + \theta) + i_{Tx}(t) \cdot \sin(\varphi_{Rx} - \theta)) \quad (4)$$

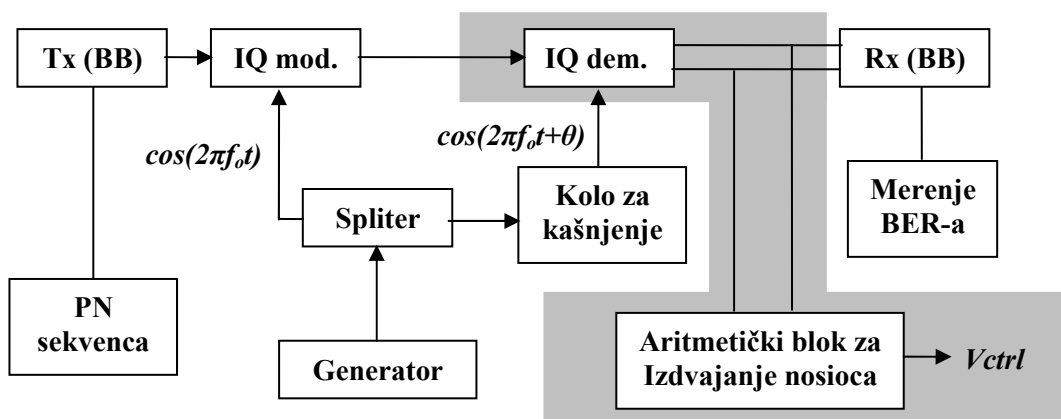
gde je C konstanta, φ_{Tx} fazni debalans modulatora, φ_{Rx} fazni debalans demodulatora, a_{Tx} amplitudski debalans modulatora, a_{Rx} amplitudski debalans demodulatora, a θ fazna razlika nosioca.

To naravno, za posledicu ima lošije performanse petlje za izdvajanje nosioca, koje se manifestuju kao degradacija njenog faznog komparatora, odnosno kao degradacija oblika funkcije $V_{ctrl}(\theta)$ (Slika 2.)

3. BLOK ŠEMA MERNE METODE

U postupku merenja (Slika 3) oblika funkcije $V_{ctrl}(\theta)$ umesto VCO-a na prijemu u IQ demodulator se dovodi signal iz istog izvora kao za IQ modulator, samo fazno zakašnjen [1][4]. Za ovu svrhu koristi se delilac snage i fazni pomerač. Konstelacioni dijagram se posmatra na osciloskopu i njegova slika se zatim u jpg formatu uvozi u softver.

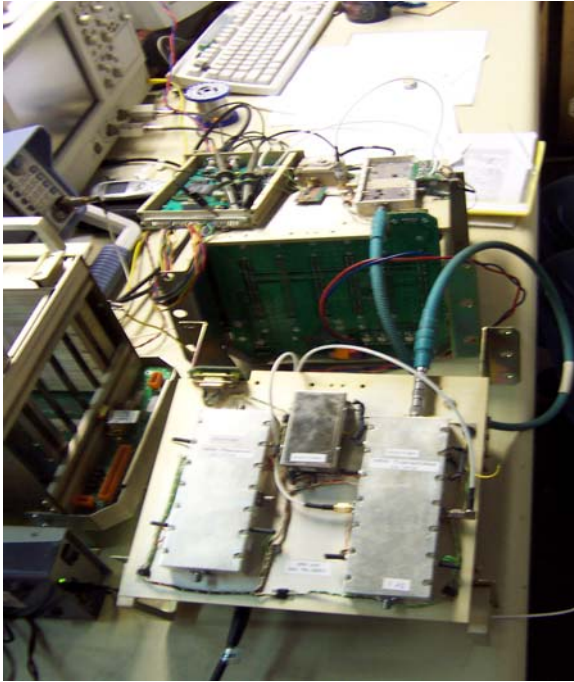
Korisnik manuelno selektuje tačke konstelacionog dijagrama i meri kontrolni napon V_{ctrl} unimerom i upisuje ga u odgovarajuće polje. Softver zatim proračunava faznu razliku θ . Postupak se ponavlja za nekoliko vrednosti teta. Napomenimo da se informacioni sadržaj digitalnog signala (PN sekvenca) generiše iz predajnog dela BER metra, a da se na prijemu može pratiti BER, te se može takođe i meriti zavisnost BER (θ). U cilju sofisticiranije obrade rezultata podaci se mogu izvesti u Excel ili Mathematica formatu.



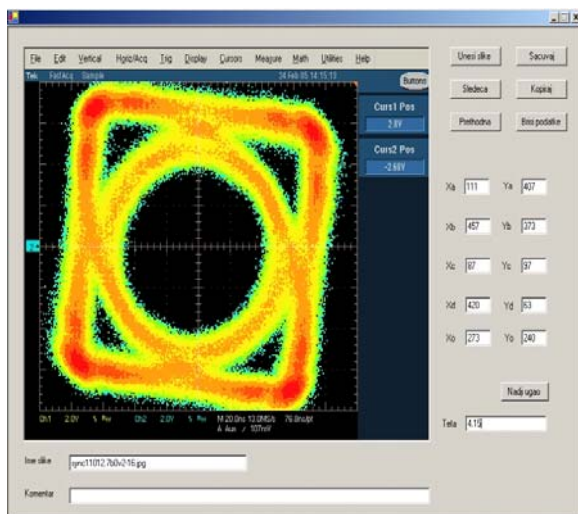
Sl. 3. Blok šema merne metode

4. REZULTATI MERENJA

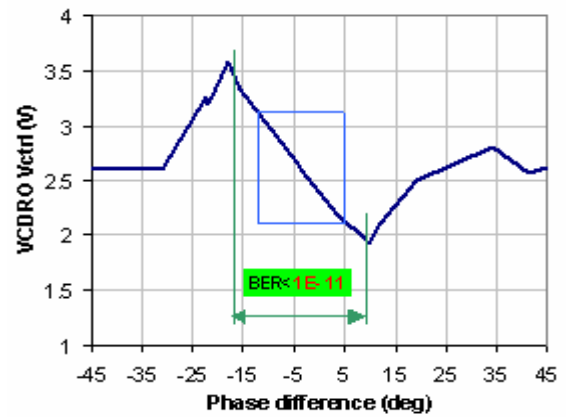
Data metoda je primenjena za merenje performansi direktnog demodulatora na 23GHz (Slika 4) [1]. Kao fazni komparator koristi se modifikacija Kostasove petlje realizovana u CPLD logici [4]. Kao rezultat za konkretni komad dobijena je zavisnost (Slika 6), koja se može koristiti za optimizaciju parametara petlje.



Sl. 4. Merna metoda postavljena u laboratoriji



Sl. 5. Softver i konstalacioni dijagram direktnog demodulatora na 23GHz



Sl. 6. Rezultat merenja za direktni demodulator na 23GHz

5. ZAKLJUČAK

Opisani softver značajno pojednostavljuje rad sa metodom za merenje zavisnosti kontrolnog napona od faznog ofseta primljenog modulisanog signala i signala lokalnog oscilatora IQ demodulatora. Dalja perspektiva ovog softvera je proširenje mogućnosti za merenje kompletnih performansi nesavršenosti IQ modulatora/demodulatora, sa odgovarajućim mikrotalasnim pojačavačima snage.

LITERATURA

- [1] Branka Jokanović, Snezana Stojanović, Miroslav Perić, *Direct QPSK modulator for Point-to-Point Radio Link at 23GHz*, Microwave Review, 2002
- [2] Xiong F. "Digital Modulation Techniques", Artech House, 2000
- [3] F. Gardner, *Phase Lock Techniques*, John Wiley & Sons, 1979
- [4] Miroslav Perić, Predrag Manojlović, Dragana Perić: *Improving Costas Loop Pull in Range by Using Pseudo BER Detector*, Conference TELSIXS 2001, Niš, 2001

Abstract - In this paper is described measuring method and the software for measuring performances of carrier recovery phase comparator in systems that performs direct demodulator. System block diagram of IQ modulator as transmitter and IQ demodulator with block for carrier extraction is also described, together with the influence of modulator and demodulator imperfection on the degradation of phase comparator characteristics. We tested the method on 23 GHz direct demodulator with Costas loop. This method, can be generalised for multilevel QAM modulation systems.

ONE MEASUREMENT METHOD FOR EXAMINING PERFORMANCES OF PHASE COMPARATOR FOR CARRIER EXTRACTION

Petar Jovanović, Milan Stojanović, Branko Radan,
Svetlana Marčetić