

Grozdan Petrović  
Georgije Lukatela  
Dušan Drajić  
Elektrotehnički fakultet, Beograd  
Djuro Zrilić  
Andrej Lavrič  
TOZD "Iskra", Ljubljana

PRENOS SIGNALA SLUŽBENOG KANALA DIGITALNOM  
MODULACIJOM NOSIOCA U QPSK SISTEMU

ON SERVICE CHANNEL TRANSMISSION BY DIGITAL  
CARRIER MODULATION IN QPSK SYSTEM

SADRŽAJ - U radu se, putem simulacije na digitalnom računaru, analizira mogućnost prenosa signala službenog kanala sporom digitalnom modulacijom nosioca koji je takodje QPSK modulisan relativno brzim digitalnim signalom.

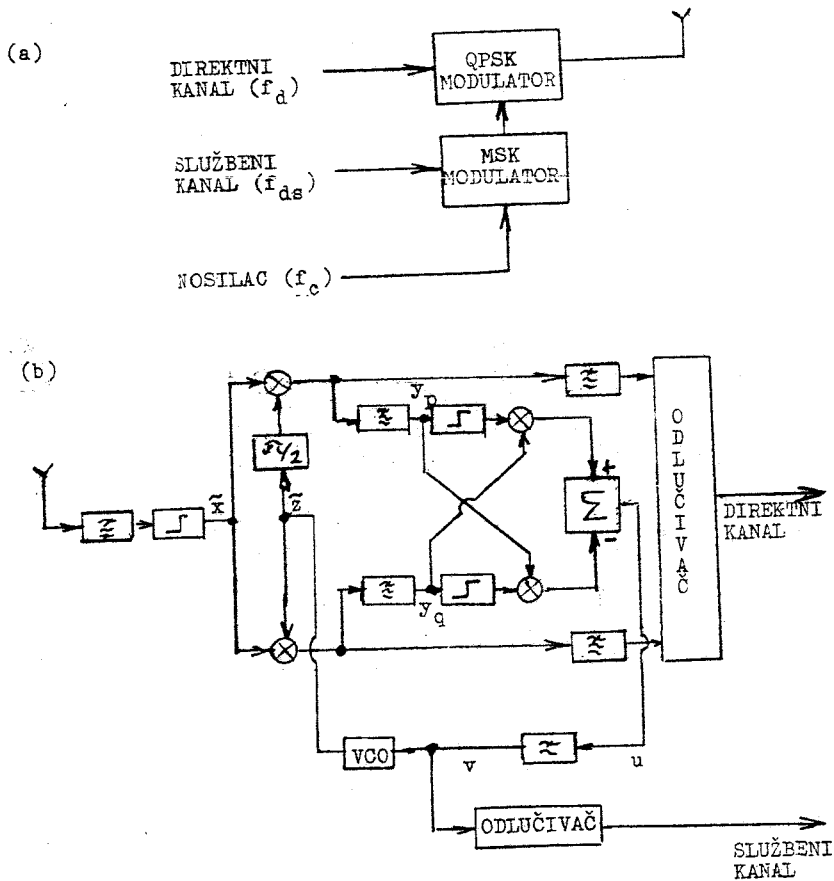
ABSTRACT - Simultaneous transmission of the high rate QPSK signal and low rate MSK service channel signal is analysed by computer simulation.

## 1. UVOD

U nekim sistemima za digitalni prenos javlja se potreba za prenošenjem službenog kanala. Naravno, ovaj kanal se može digitalizovati i smestiti (multipleksirati) u postojeći ram, ali je isto tako interesantno razmotriti mogućnost da se ovim kanalom, analogno ili digitalno, direktno moduliše nosilac. U nizu telekomunikacionih sistema za ekstrakciju učestanosti nosioca koristi se Kostasova petlja [1]. U tome slučaju detekcija službenog kanala kojim je direktno modulisan nosilac obavlja se u okviru Kostasove petlje, čiji filter treba da propusti ove relativno spore promene frekvencije nosioca, ali naravno ne i brze promene nosioca nastale pod uticajem osnovnog prenošenog modulišućeg signala. U radu se upravo razmatra problem dimenzionisanja filtra petlje koji treba da ispuni pomenute uslove.

## 2. BLOK-ŠEMA POSMATRANOG SISTEMA

Na sl. 1. prikazana je uprošćena blok-šema posmatranog sistema. Na sl. 1a prikazan je otpremnik kod kojeg se signalom direktnog (glavnog) kanala vrši QPSK modulacija nosioca koji je prethodno MSK modulisan signalom službenog kanala.



Slika 1. Uprošćena blok-šema posmatranog telekomunikacijskog sistema: otpremnik (a) i prijemnik (b)

U prijemniku (sl. 1b) posle ulaznog dela, koji se sastoji od pojasnog filtra i limitera, sledi koherentni demodulator. Nosilac se izdvaja putem Kostasove petlje. Podaci se dobijaju na izlazu odlučivača za kanale u fazi i kvadraturi, a signal službenog kanala se dobija sa izlaza filtra Kostasove petlje.

### 3. SIMULACIJA

Analiza opisanog sistema vršena je putem simulacije na digitalnom računaru. Zbog toga što je u praksi učestanost nosioca kod ovakvog sistema znatno veća od učestanosti digitalnog modulišućeg signala, simulacija je izvršena u ekvivalentnom niskofrekvencijskom opsegu.

Kao modulišući signal u glavnom kanalu korišćen je modifikovani pseudoslučajni niz dužine 128 bita, dok je modulišući signal u službenom kanalu bio tekodje modifikovani pseudoslučajni niz dužine 8 bita. Na taj način odnos digitskih učestanosti direktnog i službenog kanala iznosio je  $f_d : f_{ds} = 16:1$ . Zbog višenovoske (kvaternarne) modulacije u glavnom kanalu odnos trajanja elementarnih signala bio je 1:8. Na sl. 2a prikazana je promena faze nosioca usled MSK modulacije službenim kanalom, a na sl. 2b rezultujuća faza nosioca na izlazu QPSK modulatora.

Koristeći oznake sa sl. 1b rad Kostasove petlje može se opisati na sledeći način. Signali u granama petlje su

$$\begin{aligned} y_p(t) &= \frac{1}{2} \Re \{ \tilde{x}^* \tilde{z} \} \\ y_q(t) &= \frac{1}{2} \Im \{ \tilde{x}^* \tilde{z} \} \end{aligned} \quad (1)$$

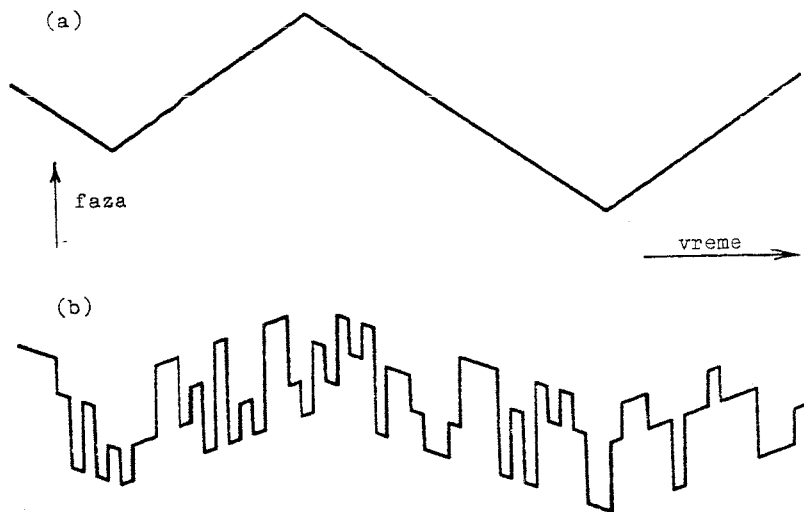
gde (\*) označava konjugovanu vrednost, a  $\tilde{x}$  i  $\tilde{z}$  su kompleksne anvelope signala na izlazu limitera i izdvojenog nosioca, respektivno. Signal na ulazu i filter petlje je

$$u(t) = Q \{ y_p(t), y_q(t) \} \quad (2)$$

gde je

$$Q \{ p, q \} \triangleq q \cdot \text{sgn}(p) - p \cdot \text{sgn}(q) \quad (3)$$

Signal na ulazu u VCO (naponski kontrolisani oscilator), koji se ujedno izdvaja kao službeni kanal je



Slika 2. Vremenski tok trenutne faze nosioca na izlazu MSK (a) i QPSK (b) modulatora

$$v(t) = h(t) * u(t) \quad (4)$$

gde  $*$  označava konvolucij, dok je  $h(t)$  impulsni odziv filtra petlje čija je prenosna funkcija u našem slučaju [2]

$$H(jf) = \frac{1 + j2\pi f\tau_2}{j2\pi f\tau_1} \quad (5)$$

gde su  $\tau_1$  i  $\tau_2$  definisani kasnije izrazom (9). Veza signala  $v(t)$  i kompleksne envelope izdvojenog nosioca  $\tilde{z}$  data je relacijom

$$z = \exp \left\{ jK_0 \cdot \int_{-\infty}^t v(x) dx \right\} \quad (6)$$

gde je  $K_0$  konstanta VOC-a.

U slučaju korišćenja linearnog modela Kostasove petlje, kao što je i učinjeno u radu, može se usvojiti sledeća aproksimacija

$$Q \{ \sin \theta, \cos \theta \} \approx K_p \theta \quad (7)$$

gde je  $\theta$  fazna razlika ulaznog signala i izdvojenog nosioca, a  $K_p$  konstanta faznog detektor. Pod ovom pretpostavkom, na osnovu prethodnih izraza, može se petlja sa stonovišta faze posmatrati kao linearni sistem s prenosnom funkcijom

$$G(jf) = \frac{K_o K_p \frac{H(jf)}{jf}}{1 + K_o K_p \frac{H(jf)}{jf}} \quad (8)$$

pri čemu je

$$\tau_1 = \frac{K_o K_p}{(2\pi f_N)^2} \quad (9)$$

$$\tau_2 = \frac{\xi}{\pi^2 f_N}$$

gde je  $f_N$  prirodna učestanost petlje, a  $\xi$  faktor prigušenja IZI.

#### 4. REZULTATI SIMULACIJE

Pošto je analiza QPSK s Kostasovom petljom iscrpno opisana u literaturi [1], mi ćemo se u daljem izlaganju pozabaviti isključivo funkcionisanjem posmatranog sistema u vezi s mogućnošću detekcije službenog kanala.

Pošto je spektar QPSK signala praktično uniforman u okolini koordinatnog početka jasno je da će signal službenog kanala biti ometan zbog preklapanja spektara. Takođe je očigledno da će ova međusobna interferencija biti utoliko veća, ukoliko je odnos digitskih brzina bliži jedinici. Želeći da ispitamo nepovoljniju situaciju usvojili smo da ovaj odnos bude  $f_d : f_{ds} = 16:1$ , što znači da u praksi sistemu koji radi brzinom od 2,048 Mb/s odgovara službeni kanal s brzinom od 128 kb/s. Pošto su u praksi za službeni kanal dovoljne i manje bitske brzine, očekujemo da će praktični rezultati biti još povoljniji od prezentiranih.

Ovakako da je najpovoljnije da spektar službenog kanala za zadatu bitsku brzinu bude što uži, što nas je i navelo da za modulacioni postupak u službenom kanalu usvojimo MSK.

Osnovni probleme s kojim smo se suočili bio je izbor granične učestanosti ekvivalentnog filtra petlje. ~ jedne

strane, filter treba da bude dovoljno uzan da odbaci veći deo snage QPSK signala, a s druge strane, dovoljno širok da propusti glavni deo spektra MSK signala. Usvajajući za faktor prigušenja vrednost  $\xi = 0,707$  (petlja s velikim pojačanjem) i  $\tilde{\tau}_1 = 1000\tilde{\tau}_2$  varirali smo graničnu učestanost (definisanu sa 3 dB slabljenja) -  $f_g$ , koja je s prirodnom učestanošću povezana sledećom relacijom [2]

$$f_g = f_N \left[ 2\xi^2 + 1 + \sqrt{(2\xi^2 + 1)^2 + 1} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (10)$$

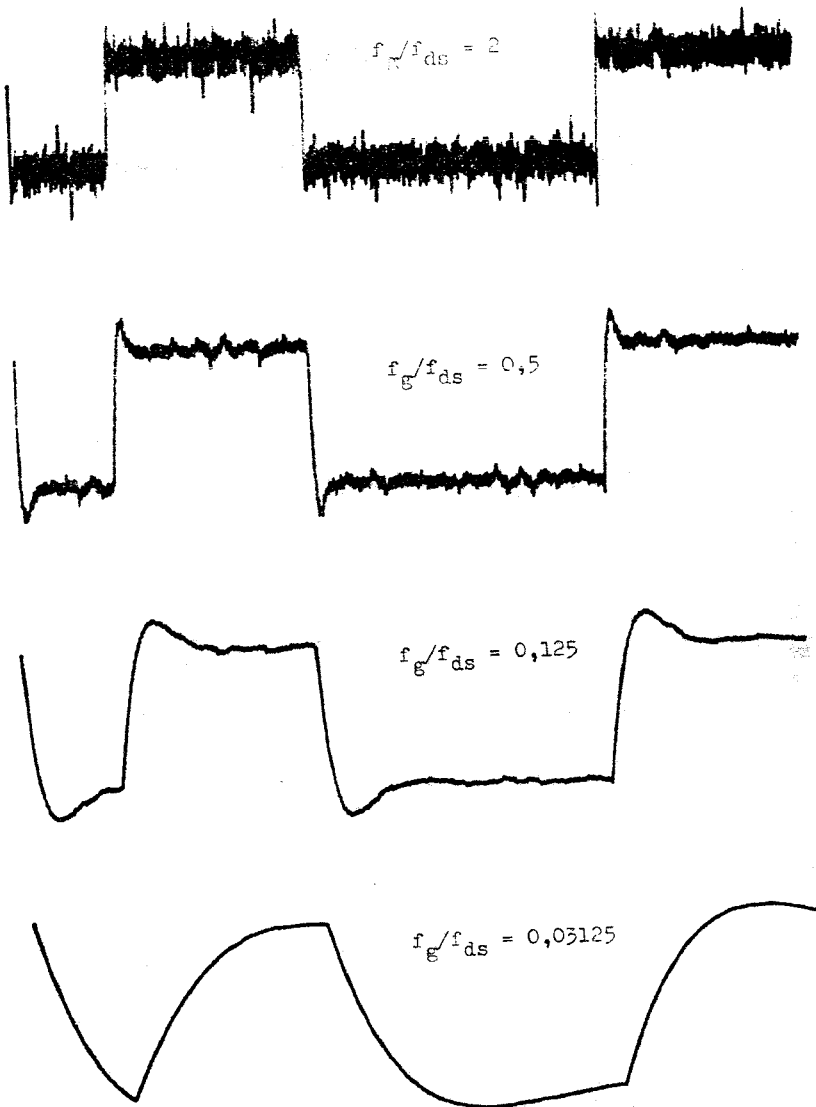
Tipični talasni oblici detektovanog MSK signala -  $v(t)$  - na izlazu filtra petlje prikazani su na sl. 3. Kao što se vidi, u prvom redu slike koristan signal je znatno pokriven šumom koji je nastao usled nesavršenog ukidanja QPSK modulacije, a što je posledica relativno visoke granične učestanosti ( $f_g/f_{ds} = 2$ ). U poslednjem redu interferencija je potpuno potisnuta, ali je došlo do znatnijih izobličenja (pa samim tim i do interferencije simbola) u korisnom signalu. Signali prikazani na slikama u srednjem delu dijagrama mogu se prihvatiti. Po našem mišljenju upravo vrednosti između  $f_g/f_{ds} = 0,5$  i  $f_g/f_{ds} = 0,125$  predstavljaju dobro kompromisno rešenje.

Naglasimo još jedanput da smo pri ovoj simulaciji smatrali da je ulazni filter prijemnika dovoljno širok, tako da ne dovodi do izobličavanja primljenog signala.

## 5. ZAKLJUČAK

U ovome radu analizirana je mogućnost prenosa signala službenog kanala direktnom MSK modulacijom nosioca u standardnom QPSK sistemu.

Neka poznata rešenja koriste, uz digitalnu modulaciju u glavnom kanalu, analognu (FM) modulaciju u službenom kanalu, dok je naš cilj bio da ispitamo mogućnost korišćenja digitalnih modulacija u oba kanala. Rezultati do kojih smo došli opravdavaju dalja detaljna istraživanja predloženog postupka, jer smo i pored nepovoljnog (malog) odnosa digitskih učestanosti direktnog i službenog kanala dobili ohrabrujuće rezultate - demodulisani signal službenog kanala je moguće pouzdano detektovati.



Slika 3. Talasni oblici detektovanog signala službenog kanala pri raznim vrednostima granične učestanosti filtra petlje (uz svaki talasni oblik dat je odnos  $f_g/f_{ds}$ )

Verujemo da je ovom uspešnom rezultatu doprineo pogodan izbor postupka modulacije službenog kanala. Naime, korišćen MSK postupka modulacije, kao što je poznato, odlikuje se relativno uskim spektrom, što je doprinelo mogućnosti efikasnog izdvajanja službenog kanala.

#### 6. LITERATURA

111 G. Lukatela: Statistička teorija telekomunikacija i teorija informacija, Beograd, Gradjevinska knjiga 1981.

121 Gardner M.: Phase Lock Techniques, New York, Wiley 1966.