

COMUNICAZIONI ELETTRICHE A

Laurea Triennale in Ingegneria Elettronica, Informatica e delle Telecomunicazioni

Prova intermedia del 3/12/2007

Tempo a disposizione: 2 ore

Si vuole trasmettere un segnale $s(t)$ di banda $B = 10$ kHz e potenza media $P_S = 0.75 \text{ V}^2$ su un canale con una attenuazione di 20 dB e che introduce rumore con densità spettrale di potenza $N_0/2$ con $N_0 = 10^{-7} \text{ V}^2/\text{Hz}$. A tale scopo si prendono in considerazione la modulazione SSB-UB (USSB) e la modulazione FM con $f_\Delta = 50$ kHz. La frequenza della portante sia in ogni caso f_0 . Nei due casi:

- a. si calcoli la banda occupata ed il loro rapporto;
- b. si dia l'espressione temporale del segnale modulato assumendo che sia $s(t) = \cos 2\pi Bt$ e si dica se il segnale FM si può considerare a banda stretta;
- c. si progetti in dettaglio il demodulatore massimizzando il rapporto segnale-rumore al suo ingresso ed alla sua uscita (si specifichi la funzione di ogni singolo blocco componente);
- d. si calcoli la potenza necessaria in trasmissione ad ottenere, all'uscita del demodulatore, un rapporto segnale-rumore di almeno 30 dB (nel caso della FM, si supponga che la soglia del demodulatore sia di 10 dB).

Infine,

- e. nel caso della modulazione SSB, si indichino i possibili schemi di modulatore.

Risultati e soluzione: <http://www.tlc.unipr.it/people/colavolpe>

oppure

<http://www.tlc.unipr.it/people/serena>

Soluzione:

a. La banda trasmessa è ovviamente

$$B_{SSB} = B = 10\text{kHz}$$

nel caso della modulazione SSB e

$$B_{FM} \simeq 2(f_{\Delta} + 2B) = 140\text{kHz}$$

nel caso della modulazione FM. Il rapporto è quindi

$$\frac{B_{FM}}{B_{SSB}} = 14.$$

b. Poiché è

$$\ddot{s}(t) = \sin 2\pi Bt$$

e

$$\int_{-\infty}^t \cos 2\pi B\tau d\tau = \frac{1}{2\pi B} \sin 2\pi Bt$$

si ha

$$\begin{aligned} x_{SSB}(t) &= A_0 \cos(2\pi Bt) \cos(2\pi f_0 t) - A_0 \sin(2\pi Bt) \sin(2\pi f_0 t) = A_0 \cos[2\pi(f_0 + B)t] \\ x_{FM}(t) &= A_0 \cos[2\pi f_0 t + \frac{f_{\Delta}}{B} \sin(2\pi Bt)] \end{aligned}$$

Il segnale FM non è ovviamente a banda stretta essendo $f_{\Delta}/B = 5$.

c. Domanda di teoria. In particolare, i filtri di front-end devono essere:

- Per la modulazione SSB-UB, un filtro passa banda di banda B con frequenze di taglio f_0 e $f_0 + B$.
- Per la modulazione FM, un filtro passa banda centrato intorno alla frequenza f_0 della portante e di banda B_{FM} .

Il filtro terminale in entrambi i casi è un filtro passa basso di banda B .

d. Nel caso della modulazione SSB, sappiamo dalla teoria che il rapporto segnale-rumore $\frac{S_u}{N_u}$ all'uscita del demodulatore è uguale al rapporto segnale-rumore $\frac{S_i}{N_i}$ all'ingresso del demodulatore stesso. D'altra parte è $N_i = N_0 B$ mentre la potenza ricevuta è $S_i = P_T / \alpha$ dove P_T è la potenza trasmessa e $\alpha = 100$ (20 dB) è l'attenuazione introdotta dal canale. È pertanto

$$\frac{S_u}{N_u} = \frac{P_T}{\alpha N_0 B}.$$

Per avere all'uscita del demodulatore un rapporto $\frac{S_u}{N_u} = 1000$ (30 dB) è necessaria quindi una potenza

$$P_T = \alpha N_0 B \frac{S_u}{N_u} = 100 \text{ V}^2.$$

Nel caso della modulazione FM è invece (si veda la teoria)

$$\frac{S_u}{N_u} = \frac{3f_{\Delta}^2 P_S B_{FM} S_i}{B^3 N_i}$$

e poiché $N_i = N_0 B_{FM}$ e $S_i = P_T / \alpha$

$$P_T = \frac{B^3 \alpha N_0 S_u}{3f_{\Delta}^2 P_S N_u} = 1.78 \text{ V}^2.$$

Rimane da controllare che il ricevitore lavori sopra soglia. Il rapporto S_i/N_i è

$$\frac{S_i}{N_i} = \frac{P_T}{\alpha N_0 B_{FM}} = 1.27 (1.04 \text{ dB}).$$

Pertanto, per assicurare il superamento della soglia bisogna incrementare la potenza trasmessa al valore

$$P_T = \alpha N_0 B_{FM} \left[\frac{S_i}{N_i} \right]_{th} = 14 \text{ V}^2.$$

e. Domanda di teoria.