

Domenico Marini • I8CVS

E-mail: domenico.i8cvs@tin.it

Come calcolare in dB la cifra di rumore Nf dei ricevitori

Premessa

I costruttori di apparecchiature riceventi specificano la loro sensibilità in due modi diversi come ad esempio in Cifra di Rumore NF in dB nei preamplificatori, nei convertitori e nei transverter VHF/UHF/SHF oppure in μV (microvolt) per un rapporto $(S+N)/N$ di 10 dB oppure in μV per un rapporto S/N di 10 dB ma anche in μV per un rapporto $(S+N)/N$ di 12 dB.

Questi due modi di specificare la sensibilità sono strettamente legati fra loro da leggi fisico matematiche ben precise ma non tutti sanno calcolare a quanti dB di Cifra di Rumore NF corrisponda la sensibilità di un ricevitore che abbia per esempio una sensibilità di 0,15 μV per un rapporto $(S+N)/N$ di 10 dB.

Questa carenza cognitiva angustiava noi OM del satellite OSCAR-10 che nel 1980 ci incontravamo seralmente nei lunghi QSO tecnici a 145.950 MHz frequenza di meeting col nostro "maestro" Piero Moroni I5TDJ oggi purtroppo SK fino a quando sulla rivista Ham Radio Magazine April 1980 comparve un articolo a pag. 71 intitolato Noise Figure Relationships a cura di I. L. McNally, K6WX che affrontava il suddetto problema in modo intelligente ma le cui formule contenevano due errori difficilmente individuabili che fornivano risultati grossolanamente sbagliati.

Le discussioni che seguirono via OSCAR-10 nel 1980 indussero I5TDJ a studiare l'articolo e risolvere il problema trovando gli errori e dettandoci le correzioni via satellite o scrivendoci per posta col risultato di farmi riempire una cartella di numeri che ho devotamente conservato e ora ritrovato inducendomi a scrivere questo articolo che ritengo fondamentale per chi ama la Radiotecnica e semplice da seguire algebricamente non richiedendosi nozioni di matematica superiore ma solo un attento ragionamento.

Sensibilità CW e SSB specificata in μV per un rapporto $(S+N)/N$ di 10 dB e sua conversione in cifra di rumore nf in dB

A pag. 260, formula 7-48 di Radio Astronomy di John Kraus, W8JK troviamo la definizione di Fattore di Rumore F di un quadripolo a 2 porte:

$$(1) F = \frac{\text{Potenza di rumore della R del generatore} + \text{Potenza di rumore generata dal quadripolo}}{\text{Potenza di rumore della R del generatore}}$$

$$\text{e quindi (2) } F = \frac{KToB + KTB}{KToB}$$

Dove:

B = Banda passante del quadripolo in Hz
K = Costante di Boltzmann $1,38 \times 10^{-23}$ joule/kelvin
To = Temperatura ambiente 290° kelvin
T = Temperatura di rumore del quadripolo

La cifra di rumore NF è uguale a $10 \log_{10} F$ (3)

Se applicando all'ingresso del ricevitore (quadripolo) un segnale di potenza P_s , si hanno in uscita:

$$10 \text{ dB di } (S+N)/N, \text{ significa che } S = 9N \text{ e quindi } N = \frac{1}{9} S = \frac{1}{9} P_s$$

A questo punto, conoscendo P_s , troviamo N, cioè la potenza di rumore (riportata all'ingresso) che è costituita dal numeratore della (2) e perciò:

$$\frac{1}{9} P_s = KToB + KTB = KB (To + T)$$

e quindi sostituendo nella (2), si ottiene la (4):

$$(4) F = \frac{\frac{1}{9} P_s}{KToB}$$

Se l'impedenza d'ingresso del nostro quadripolo è 50 Ω e noi conosciamo la tensione in μV applicata al suo ingresso otterremo la (5)

$$(5) P_s = \frac{V_i^2 \times (10^{-6})^2}{50} \quad [\text{in watt}]$$

Sostituendo la (5) nella (4), mettendo i valori di K e di To si ottiene:

$$F = \frac{V_i^2 \times 10^{-12}}{9 \times 1,38 \times 10^{-23} \times 290 \times B \times R} = \frac{V_i^2 \times 10^{-12}}{3,6 \times 10^{-20} \times B \times R} = \frac{V_i^2 \times 10^8}{3,6 \times B \times R} \quad [\text{dove } R = \text{impedenza d'ingresso } 50 \Omega]$$

Se mettiamo B (banda passante, fra i punti a -3 dB) espressa in kHz la formula diventa:

$$F = \frac{V_i^2 \times 10^8}{3,6 \times B \times 10^3 \times R} = \frac{V_i^2 \times 10^5}{3,6 \times B \times R} \quad \text{e quindi la Cifra di Rumore NF in dB diventa finalmente:}$$

$$NF_{dB} = 10 \log_{10} \left(\frac{V_i^2 \times 10^5}{3,6 \times B \times R} \right) \quad \text{dove B va espresso in kHz}$$

Esempio 1:

Calcolare la cifra di rumore NF di un ricevitore YAESU FT-726R in 2 metri operante in CW /SSB che ha una sensibilità di 0,15 μV applicati all'ingresso di 50 Ω per un rapporto $(S+N)/N$ di 10 dB in

Autocostruzione

uscita e con banda passante IF di 2,4 kHz

$$NF_{dB} = 10 \log_{10} \left(\frac{0,15^2 \times 10^5}{3,6 \times 2,4 \times 50} \right) = 7,17 \text{ dB}$$

Addendum by I8CVS

Se la sensibilità del ricevitore viene specificata in μV per un rapporto S/N di 10 dB anziché (S+N)/N come sopra riportato bisogna considerare che S/N = 10 dB significa uguale a 10 volte in potenza per cui se applicando all'ingresso del ricevitore (quadripolo) un segnale di potenza P_s e si hanno in uscita 10 dB di S/N significa che ripetendo tutti i calcoli di cui sopra che si omettono per brevità si ottiene la seguente formula che come si vede riporta 4 al denominatore anziché 3,6 e quindi per una sensibilità di 10 dB di S/N la formula che fornisce la Cifra di Rumore diviene:

$$NF_{dB} = 10 \log_{10} \left(\frac{V_i^2 \times 10^5}{4 \times B \times R} \right)$$

e sostituendo i numeri otteniamo il seguente Esempio 2.

Le specifiche di un transceiver ICOM IC-R10 dicono che la sensibilità in 144 MHz CW ed SSB è $0,25 \mu V$ per un rapporto S/N di 10 dB per cui essendo la banda passante IF = 2.4 kHz la Cifra di Rumore NF risulta:

$$NF_{dB} = 10 \log_{10} \left(\frac{0,25^2 \times 10^5}{4 \times 2,4 \times 50} \right) = 11,14 \text{ dB}$$

Esempio 3

Le specifiche di un transceiver YAESU FT-726 R dicono che la sensibilità in 70 cm CW ed SSB è $0,15 \mu V$ per un rapporto (S+N)/N di 12 dB con banda passante IF = 2,4 kHz. Ora bisogna considerare che (S+N)/N = 12 dB significa uguale a 15,84 volte in potenza per cui se applicando all'ingresso del ricevitore (quadripolo) un segnale di potenza P_s , si hanno in uscita 12 dB di (S+N)/N

$$\text{ciò significa che } S = 14,84 \text{ N e quindi } N = \frac{1}{14,84} S = \frac{1}{14,84} P_s$$

A questo punto, conoscendo P_s , troviamo N, cioè la potenza di rumore (riportata all'ingresso) che è costituita dal numeratore della (2) e perciò:

$$\frac{1}{14,84} P_s = KToB + KTB = KB (To+T)$$

e quindi sostituendola nella (2) e proseguendo i calcoli inizialmente riportati e che si omettono per brevità, si ottiene:

$$F = \frac{\frac{1}{14,84} P_s}{KToB} \quad (4)$$

Proseguendo i calcoli come svolti all'inizio sostituendo la (5) nella (4) si ottiene la formula finale

$$\text{della Cifra di Rumore } NF_{dB} = 10 \log_{10} \left(\frac{V_i^2 \times 10^5}{5,9 \times B \times R} \right)$$

Sostituendo i numeri si ottiene NF per una sensibilità di $0,15 \mu V$ con (S+N)/N di 12 dB così come segue:

$$NF_{dB} = 10 \log_{10} \left(\frac{0,15^2 \times 10^5}{5,9 \times 2,4 \times 50} \right) = 5,02 \text{ dB}$$

Conclusione

Le uniche variazioni che si riscontrano nelle tre formule sono al denominatore dove per un rapporto (S+N)/N di 10 dB figura la costante 3,6 mentre per un rapporto di S/N di 10 dB figura la costante 4 e per un rapporto (S+N)/N di 12 dB figura la costante 5,9.

Le tre formule sono semplici da usare perché basta una calcolatrice scientifica con memorie che calcoli almeno i logaritmi in base 10.

Bibliografia

- 1) *Corrispondenza tecnica via OSCAR-10 ed epistolare con Piero Moroni, I5TDJ*
- 2) *Radio Astronomy by John D. Kraus, Ph.D., McGraw-Hill Book Company Catalog Nr 35392 ISBN 07-035392-1*
- 3) *Noise Figure Relationships by I. L. McNally, K6WX, Ham Radio Magazine April 1980 pag. 71*



Colora
i tuoi QSO
con QSL
di successo!




QSL IT9EJW
 PRINTING
www.printed.it