

Analizzando le Analisi

Espongo alcune osservazioni tecniche ad un articolo che è apparso sulla rivista dello scorso mese di settembre. Ritengo utile scatenare un dialogo tecnico costruttivo, se non altro per arricchire R.R. di quel sapore che aveva un tempo, quando gli OM, leggendo queste pagine, imparavano la radiotecnica. Del resto è meglio litigare (si fa per dire) per la cifra di rumore che per i ponti in 70 cm.

Domenico Marini - I8CVS

Su R.R. 9/87 le Analisi n. 6 e n. 7 di I2GAH (pagg. 53 - 55) contengono a mio giudizio delle inesattezze che potrebbero indurre a spiacevoli conseguenze.

L'Analisi n. 6 considera infatti un filtro passabanda, la cui perdita d'inserzione è di 4,8 dB a 145 MHz; il testo dice:

"... Questo filtro si presta bene ad essere usato in serie all'antenna, tenendo però conto che bisogna compensare la perdita con un preamplificatore: molti di quelli in commercio si prestano bene allo scopo, in quanto presentano guadagni dell'ordine dei 15 dB, con buone figure di rumore..."

Io sono invece del parere che qualunque perdita introdotta da componenti passivi inseriti fra antenna e ricevitore deteriora la cifra di rumore totale NF del sistema e peggiora il rapporto S/N, tanto che nessun preamplificatore potrà mai compensarlo. Passiamo ai calcoli.

Il nostro OM ha, ad esempio, un ricevitore per i 2 metri, la cui cifra di rumore totale NF del sistema è di 2,5 dB, tenendo conto anche dell'attenuazione della linea fra antenna e ricevitore.

La banda passante è quella normale per SSB e vale 2600 Hz.

L'antenna è situata in zona in cui il rumore esterno è quello della terra e quindi la temperatura equivalente di rumore dell'antenna è quella ambiente di 290 unità Kelvin.

Il livello di rumore N_1 introdotto dall'antenna è dunque

$$N_1 = 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 290 \quad \text{W/Hz}$$

Il rumore proprio di un sistema ricevente da 2,5 dB di NF totale (overall noise figure) è:

$$N_2 = 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 226 \quad \text{W/Hz}$$

La potenza di rumore totale del sistema P_{N1} antenna più ricevitore, per una banda passante di 2600 Hz è:

$$P_{N1} = 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot (290 + 226) \cdot 2600 = 1851 \cdot 10^{-20} \text{ W}$$

Si omettono per brevità i passaggi, ma si ricorda che la potenza di rumore

$$P_N = K \cdot T \cdot B \quad \text{dove:}$$

K = costante di Boltzmann $1,38 \cdot 10^{-23}$ W/Hz per unità Kelvin

T = temperatura equivalente del sistema in unità Kelvin

B = banda passante in Hz

Inoltre la cifra di rumore NF, espressa in dB, si ricava con

$$NF = 10 \log_{10} F$$

Fattore di rumore $F = 10$ antilog $_{10} NF$

Temperatura equivalente di rumore $T = (F - 1) \cdot 290$ unità Kelvin

Il nostro OM decide di seguire il consiglio di cui all'Analisi n. 6 e inserisce il filtro fra antenna e ricevitore. In queste condizioni, l'attenuazione del filtro, in dB, si somma alla cifra di rumore totale del ricevitore, e diventa 2,5 dB + 4,8 dB = 7,3 dB.

Calcoliamo ora la nuova potenza di rumore P_{N2} a parità di direzione di antenna:

$$P_{N2} = 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot (290 + 1267) \cdot 2600 = 5586 \cdot 10^{-20} \text{ W}$$

Facciamo il rapporto fra le potenze di rumore P_{N2} e P_{N1} e calcoliamone il valore in dB

$$10 \log_{10} (5586 \cdot 10^{-20}) : (1851 \cdot 10^{-20}) = 4,8 \text{ dB}$$

Ciò significa che, inserendo il filtro, il rapporto S/N peggiora di 4,8 dB.

Per rimediare, il nostro OM monta un superpreamplificatore a GaAsFET, che gli abbassa la cifra di rumore totale NF del ricevitore da 2,5 dB a 0,6 dB, con la speranza di recuperare.

Naturalmente rimette il filtro fra antenna e preamplificatore, cosicché la cifra di rumore totale del sistema diventa 4,8 dB + 0,6 dB = 5,4 dB.

Calcoliamo ora la potenza di rumore totale:

$$P_{N3} = 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot (290 + 715) \cdot 2600 = 3607 \cdot 10^{-20} \text{ W}$$

Facciamo il rapporto fra la potenza di rumore P_{N3} del ricevitore con il filtro e superpreamplificatore e quella P_{N1} del solo ricevitore senza filtro:

$$10 \log_{10} (3607 \cdot 10^{-20}) : (1851 \cdot 10^{-20}) = 3 \text{ dB}$$

Come si vede, l'inserzione del filtro, malgrado l'impiego del superpreamplificatore, provoca ancora un peggioramento del rapporto S/N di ben 3 dB.

In altri termini, un corrispondente che veniva ascoltato al livello di rumore senza l'impiego del filtro, ora sarà 3 dB sotto il rumore, nonostante il superpreamplificatore da NF inferiore a 0,6 dB.

Il risultato è perciò deludente.

Passando ora all'analisi n. 7, a pag. 55 è scritto:

"...Con l'uso di queste cavità si sono ottenuti risultati brillanti per quanto riguarda il miglioramento della figura di rumore..." e poi ancora "...Utilizzo: va posta, come detto, in serie all'antenna davanti ad un eventuale preamplificatore".

Sarebbe necessario a questo punto che fosse spiegato come è possibile migliorare la cifra di rumore di un preamplificatore quando viene inserita davanti una cavità che, essendo un circuito passivo, introduce una sicura attenuazione.

Quella di fig. 6 ha una perdita di inserzione di 0,53 dB a centro banda 145 MHz.

Passiamo ai calcoli:

Un OM ha un ricevitore la cui cifra totale di rumore NF è 0,5 dB con una banda passante B di 100 Hz, perché fa EME in CW.

La temperatura equivalente di rumore raccolto dall'antenna EME, puntata sul cielo freddo, vale 100 unità Kelvin.

Note tecniche

La potenza di rumore P_{N1} è dunque:

$$P_{N1} = 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot (100 + 35) \cdot 100 = 186 \cdot 10^{-21} \text{ W}$$

Ora l'OM inserisce la cavità fra antenna e preamplificatore e, così la cifra di rumore totale del sistema diventa (0,5 + 0,53) dB = 1,03 dB. Calcoliamo la nuova potenza di rumore P_{N2} :

$$P_{N2} = 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot (100 + 78) \cdot 100 = 247 \cdot 10^{-21} \text{ W}$$

$$\begin{aligned} \text{Quindi } 10 \log_{10} (P_{N2} : P_{N1}) &= \\ &= 10 \log_{10} [(247 \cdot 10^{-21}) : (186 \cdot 10^{-21})] = 1,23 \text{ dB} \end{aligned}$$

Come si vede, purtroppo, un piccolo aumento di NF da 0,5 dB a 1,03 dB ha provocato un peggioramento del rapporto S/N di ben 1,23 dB! Il che in EME significa anche non realizzare il QSO.

Questo peggioramento del rapporto S/N è tanto più grande quanto più bassa è la cifra di rumore NF del sistema al quale si vada ad aggiungere un filtro la cui perdita d'inserzione sembra piccola e trascurabile.

Non conosco la perdita d'inserzione che avrà la doppia cavità destinata ad uso EME di prossima analisi.

Se le cavità sono due, le attenuazioni in dB si sommano alla cifra di rumore.

Più una cavità è selettiva, a parità di dimensioni, e più perde.

E' ipotizzabile che perciò la perdita di inserzione superi il valore di 0,53 dB, peggiorando la situazione.

Visto dunque che ponendo la cavità fra antenna e preamplificatore si aumenta la NF anziché diminuirla, il problema della reiezione dei segnali interferenti, fuori banda ed in banda, si può risolvere inserendo il filtro dopo il preamplificatore.

Ciò attenuerà di quel poco solo il guadagno senza degradare il rapporto S_1 / N_1 all'ingresso del preamplificatore.

Il guadagno è sempre recuperabile, mentre l'energia del segnale perduta fra antenna e preamplificatore non si recupera mai. Il preamplificatore resti dunque attaccato all'antenna.

L'uso di moderni GaAsFET ad elevata dinamica, ben lontani dal BFR91 che I5TDJ e lo scrivente usavano in EME oltre dieci anni fa, evitano oggi il sovraccarico del primo stadio.

La cavità inserita dopo il preamplificatore limita la banda dei segnali interferenti che raggiunge il mixer del ricevitore, diminuendo la formazione di prodotti di intermodulazione di terzo ordine.

Chi volesse approfondire l'argomento troverà una vera Bibbia nell'articolo del compianto James R. Fisk, W1DTY "Receiver noi-se figure, sensitivity and dynamic range, what the numbers mean", comparso su Ham Radio dell'ottobre 1975.

Ciò è quanto mi detta l'esperienza teorico-pratica di traffico EME e via satellite. Ogni commento in merito sarà graditissimo.

Leggendo Radio Rivista, trovo alcune cose esposte in modo tale che possono creare confusione. Perciò, chiedendo scusa a I2GAH, che nelle sue "Analisi" è casuale oggetto delle mie osservazioni, non posso fare a meno di scrivere questi miei commenti, che spero siano un pò chiarificatori.

Piero Moroni - I5TDJ

1) Su R.R. 7/87, a pag. 54, Giancarlo I2GAH presenta l'analisi n. 4, riguardante un preamplificatore per i 144 MHz.

Senza l'attenuatore da 10 dB, posto nel circuito di uscita del preamplificatore, dice di aver rilevato cifre di rumore di 0,31 e di 0,12 dB. Con l'attenuatore inserito, i valori rilevati, all'incirca alle stesse frequenze, sono rispettivamente 0,65 e 0,64 dB. Giancarlo attribuisce questa variazione alla presenza di un disadattamento d'impedenza.

Io credo che le differenze fra i valori rilevati con e senza attenuatore siano dovute a due cause.

a) variazione dell'impedenza di uscita della testina generatrice di rumore da accesa a spenta;

b) ROS d'ingresso del preamplificatore, che varia con il carico sulla sua uscita.

Come ho detto su R.R. 9/87 a pag. 34, quando si hanno dispositivi con cifra di rumore sotto il decibel, è molto probabile che l'incertezza della misura sia dell'ordine di grandezza del valore da misurare. Con un preamplificatore che abbia ROS d'ingresso di 5 (valore abbastanza comune) e una testina generatrice di rumore, il cui ROS d'uscita varia da 1,07 a 1,09 da accesa a spenta, la fascia d'incertezza è 0,9 dB. Perciò, oltre a non poter dire se la cifra di rumore del dispositivo è 0,2 o 1,1 dB, la taratura, per il minimo valore letto sullo strumento, può addirittura peggiorare le cose.

Il fatto che I2GAH abbia trovato una variazione notevole per uno spostamento di frequenza da 145 a 150 MHz mi fa pensare che siano più veri i valori trovati con l'attenuatore inserito.

Per rendersi conto se una misura di cifra di rumore sia realistica o no, bisogna inserire una linea di lunghezza variabile ed a bassissima perdita fra il generatore di rumore ed il dispositivo in prova (possono andar bene degli spezzi di cavo di 1/4 e 3/8 di lunghezza d'onda, o degli adattatori maschio-maschio/femmina-femmina connessi in cascata). Se si hanno variazioni sensibili della cifra di rumore indicata, siamo nella zona d'incertezza. Per ridurre gli errori, come dice l'Autore dell'articolo da me citato su R.R. 9/87 a pag. 34, bisogna usare un buon attenuatore od un buon isolatore fra la sorgente del rumore ed il dispositivo in prova. Buono vuol dire che abbia un ROS inferiore a 1,06 (o return loss maggiore di 30 dB) e che la sua attenuazione sia nota.

2) Su R.R. 9/87, a pag. 53, nell'analisi n. 6, Giancarlo parla di Q di un filtro a sette celle, facendo il rapporto fra frequenza centrale e banda a -3 dB.

La cosa sarebbe corretta per un filtro ad un solo circuito accordato; in un filtro passa banda a più celle, i singoli circuiti accordati lavorano con un Q a carico diverso dal rapporto detto sopra. Inoltre l'attenuazione dopo i punti a -3 dB varia in modo diverso da quella di un filtro con un solo circuito: quindi, che senso ha parlare di Q?

3) A pag. 55, nell'analisi n. 7, leggo che "...con l'uso di queste cavità si sono ottenuti risultati brillanti, sia per quanto riguarda il miglioramento della figura di rumore..."

Dato che queste cavità hanno una perdita d'inserzione (vedi le figg. 5 e 6 della stessa analisi), la cifra di rumore del dispositivo posto dopo la cavità aumenterà di tanti decibel, quanti sono i decibel della perdita d'inserzione. Se poi così non fosse, chissà perché qualcuno si ostina ancora a montare il preamplificatore vicinissimo all'antenna e non dopo una quarantina di metri di cavo.

COMUNICATO MILAG

La Milag Elettronica - Via Comelico 10 - Milano
informa che, a causa della concomitanza
di più Mostre Mercato,
il 28 e 29 novembre,
ha scelto e sarà presente solo alla
Mostra Mercato del Radioamatore di Pescara
a Montesilvano (PE)