

Al segnale ricevuto dall'antenna e trasferito all'ingresso dell'amplificatore (LNA) si accompagna sempre un rumore che è originato fondamentalmente da tre cause:

- rumore di cielo;
- rumore di terra;
- perdita nell'illuminatore e nell'accoppiamento all'amplificatore al quale va ad aggiungersi il rumore prodotto dallo stesso amplificatore.

Per avere un'idea immediata di come si comportino l'antenna ed il sistema ricevente in termini di rumore nei confronti del segnale in arrivo, viene calcolato il *fattore di merito* della stazione ricevente definito dal rapporto  $G/T$ , tra il guadagno dell'antenna e la temperatura di rumore totale del sistema espressa in °K.

Più alto è questo rapporto, maggiore sarà la qualità del sistema ricevente.

### Cifra di rumore

Per effetto dell'agitazione termica degli elettroni liberi, ai capi di una resistenza  $R$  si presenta una tensione di rumore  $V_N$  il cui valore è definito dalla relazione:

$$V_N = \sqrt{4 \cdot k \cdot T_0 \cdot R \cdot B}$$

dove

$k=1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/}^\circ\text{K}$  è la costante di Boltzman

$T_0$  la temperatura assoluta a cui si trova la resistenza ( $^\circ\text{K}=273+^\circ\text{C}$ )

$R$  il valore di resistenza in ohm

$B$  la larghezza di banda interessata in Hz.

Se valutiamo la potenza del rumore  $P_N$  trasferita su un carico adattato alla resistenza  $R$ , troviamo:

# RUMORE D'ANTENNA

$$P_N = \left(\frac{V_N}{2}\right)^2 \cdot \frac{1}{R} = k \cdot T_0 \cdot B$$

Per caratterizzare il comportamento in termini di rumore di un componente attivo, si ricorre al *fattore di rumore*  $N$  che indica quante volte esso è più rumoroso della resistenza di riferimento alla temperatura di riferimento di  $290^\circ\text{K}$ . Quindi, dire che un amplificatore ha un fattore di rumore di  $4kT_0$  significa che esso è 4 volte più rumoroso della resistenza di riferimento nelle stesse condizioni di temperatura e di banda. In unità logaritmiche si può esprimere il rumore con la *cifra di rumore* (NF) che risulta perciò:

$$NF = 10 \log N \quad (\text{dB})$$

Si potrebbe anche indicare il rumore con la temperatura di rumore  $N \cdot T_0$ , utilizzando così una scala molto più ampia: in tal caso il rumore del nostro amplificatore, espresso in °K, risulterebbe  $(4-1) \cdot 290^\circ\text{K} = 870^\circ\text{K}$ , in quanto la quota  $1 \cdot 290^\circ\text{K}$  è da attribuire alla resistenza d'entrata.

La relazione tra figura di rumore e temperatura di rumore (dB) in gradi Kelvin è la seguente:

$$NF = 10 \log \left(1 + \frac{T}{290}\right) \quad (\text{dB})$$

Pertanto una figura di rumore di 3dB corrisponde ad una temperatura di circa  $290^\circ\text{K}$ , 1dB corrisponde a circa  $75^\circ\text{K}$ , e così via (Tab. 1). Questo modo di rappresentare il rumore permette ancora di cumulare gli ef-

figura di rumore NF (dB)	temperatura di rumore T (°K)	figura di rumore NF (dB)	temperatura di rumore T (°K)
0.05	3.36	1.55	124.38
0.10	6.75	1.60	129.18
0.15	10.19	1.65	134.03
0.20	13.67	1.70	138.94
0.25	17.18	1.75	143.91
0.30	20.74	1.80	148.93
0.35	24.34	1.85	154.02
0.40	27.98	1.90	159.16
0.45	31.66	1.95	164.36
0.50	35.39	2.00	169.62
0.55	39.15	2.05	174.94
0.60	42.96	2.10	180.32
0.65	46.82	2.15	185.77
0.70	50.72	2.20	191.28
0.75	54.67	2.25	196.85
0.80	58.66	2.30	202.49
0.85	62.69	2.35	208.19
0.90	66.78	2.40	213.96
0.95	70.91	2.45	219.80
1.00	75.09	2.50	225.70
1.05	79.32	2.55	231.67
1.10	83.59	2.60	237.71
1.15	87.92	2.65	243.82
1.20	92.29	2.70	250.01
1.25	96.72	2.75	256.26
1.30	101.20	2.80	262.58
1.35	105.73	2.85	268.98
1.40	110.31	2.90	275.45
1.45	114.95	2.95	282.00
1.50	119.64	3.00	288.63

Tab. 1 - Tabella di conversione tra figura di rumore (NF) e temperatura di rumore (T).

fetti con la semplice operazione di somma delle temperature di rumore delle singole parti ed inoltre presenta il vantaggio di poter calcolare rapidamente il valore della temperatura equivalente del sistema e risalire così al fattore di merito della stazione ricevente.

E' poi immediato risalire alla potenza totale di rumore moltiplicando la temperatura così ottenuta per  $k \cdot B$ . Quindi:

$$P_N = T \cdot k \cdot B$$

### La temperatura di rumore dell'antenna

In base a quanto appena detto, anche il rumore introdotto dall'antenna può essere espresso in termini di temperatura di rumore. Si tratta, ben inteso, non della temperatura fisica dell'antenna, ma di quella a cui andrebbe portata una resistenza per produrre una potenza di rumore uguale a quella fornita dall'antenna.

Ogni corpo che si trova ad una temperatura superiore a  $0^\circ K$  emette radiazioni elettromagnetiche che interessano anche le microonde e con intensità proporzionale alla sua temperatura assoluta. Ben diversa è quindi l'entità del rumore captato dall'antenna se essa è orientata verso terra o verso il cielo. Nel primo caso capterà il rumore di corpi che si trovano a temperatura ambiente (supponiamo  $290^\circ K$ ) e tale risulterà perciò la sua temperatura equivalente di rumore. Nel secondo capterà il rumore cosmico generato dai corpi celesti e quello atmosferico dovuto a nubi, cariche elettriche, nebbia, neve, pioggia, ecc. che trovandosi a temperatura non nulla forniscono un contributo di rumore di circa una decina di  $^\circ K$ .

In condizioni di puntamento, un'antenna presenta alle nostre latitudini un angolo di elevazione di circa  $30^\circ$  per cui una parte modesta del rumo-

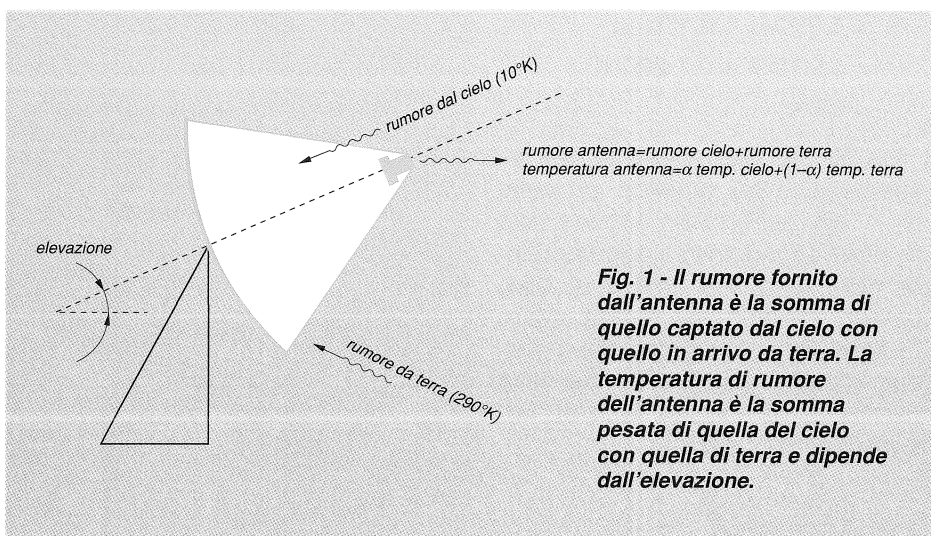


Fig. 1 - Il rumore fornito dall'antenna è la somma di quello captato dal cielo con quello in arrivo da terra. La temperatura di rumore dell'antenna è la somma pesata di quella del cielo con quella di terra e dipende dall'elevazione.

re di terra entra sia attraverso il lobo principale che tramite quelli secondari. Naturalmente l'entità di questa componente è legata alle caratteristiche dell'antenna, ma dipende anche dall'angolo di elevazione. Un fascio caratterizzato da un piccolo angolo di apertura del lobo principale, con lobi laterali di modesta ampiezza, assicura bassi valori di temperatura di rumore (Fig. 2). Ciò significa che per avere maggior guadagno e superiore immunità al rumore di terra bisogna ricorrere ad

antenne di diametro maggiore.

Se, come abbiamo detto nell'articolo che precede, la rastremazione ai bordi dell'illuminazione, per ridurre l'effetto di spillover, vale  $-10dB$ , significa che il 10% dell'energia raccolta dall'illuminatore è rumore di terra e che quindi il restante 90% proviene dal cielo.

La temperatura di rumore dell'antenna verrà calcolata come somma pesata di quelle di cielo e di terra; nel caso in esame, sarà espressa dalla relazione:

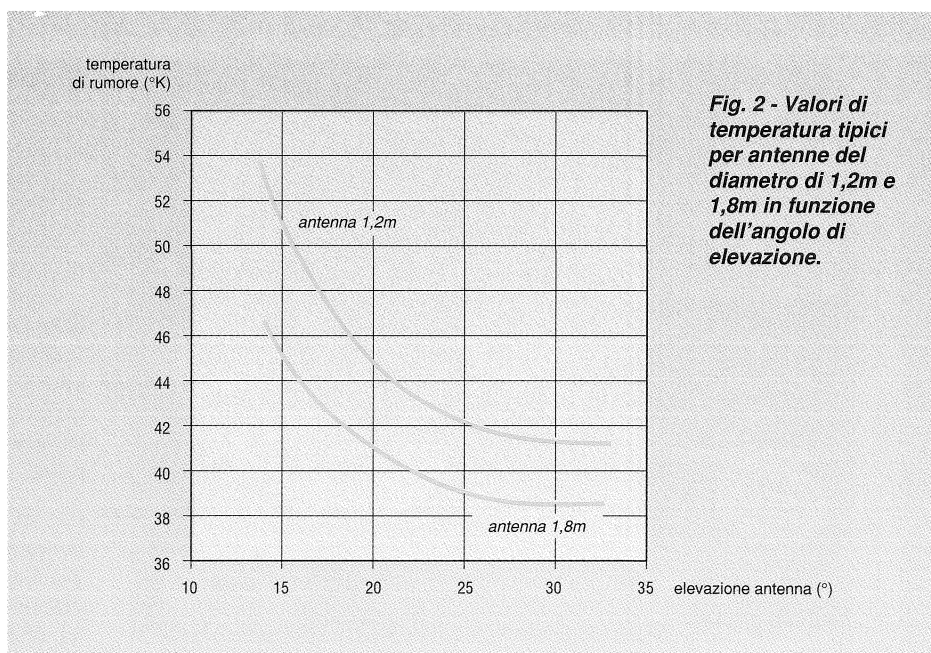


Fig. 2 - Valori di temperatura tipici per antenne del diametro di 1,2m e 1,8m in funzione dell'angolo di elevazione.

## antenne

$$\begin{aligned} T &= 0.9 \cdot T_{\text{cielo}} + 0.1 \cdot T_{\text{terra}} \\ &= 0.9 \cdot 10^{\circ}\text{K} + 0.1 \cdot 290^{\circ}\text{K} \\ &= 38^{\circ}\text{K} \end{aligned}$$

Se l'illuminatore presenta una rastremazione più drastica, poniamo di  $-13\text{dB}$ , nel bilancio appena fatto risulterà il 5% dovuto alla temperatura della terra e il rimanente 95% dovuto al cielo. Si ricava allora  $T=24^{\circ}\text{K}$ . Se supponiamo che il guadagno dell'antenna sia il medesimo nei due casi, il miglioramento del fattore di merito sarebbe:

$$\Delta \frac{G}{T} = 10 \log \frac{38}{24} = 1.9\text{dB}$$

ma limitatamente all'antenna. Dobbiamo però ancora fare i conti con il rumore del preamplificatore, il cui contributo è superiore al doppio di quello della sola antenna!

Argeo Deotto

**Fig. 3 - La rastremazione ai bordi dell'illuminazione della parabola riduce (al 10% nell'esempio) l'entità della captazione del rumore di terra prodotto da sorgenti a  $290^{\circ}\text{K}$ .**

