

**ESERCIZIO SU ANALIZZATORE DI SPETTRO**

5) Utilizzando un analizzatore di spettro con figura di rumore di 27 dB si osserva un segnale composto da tre sinusoidi, unitamente a un rumore bianco con densità spettrale di  $v_{N,eff}=2 \mu V/\sqrt{Hz}$  :

- A) sinusoidi da 40 mV picco-picco a 2 kHz
- B) sinusoidi a 150 Hz con potenza 10  $\mu W$
- C) seconda armonica del segnale B) con potenza -40 dBc.

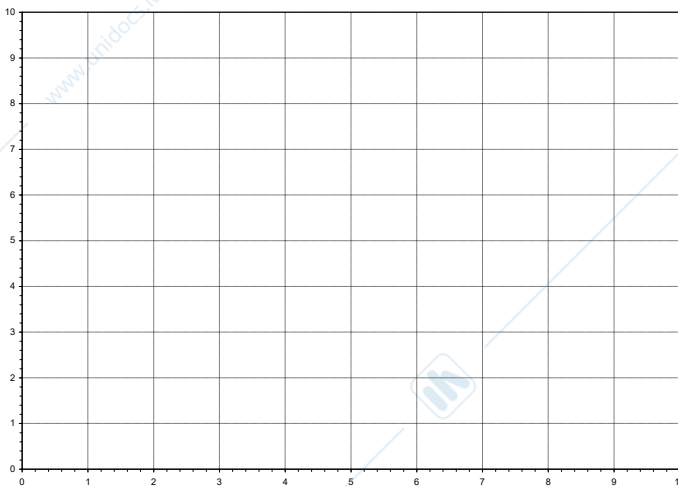
5a) Si ricavano, esprimendoli in unità lineari e in unità logaritmiche, tutti i livelli di potenza misurati.

5b) Si scelgano, giustificando le proprie decisioni, tutti i parametri di misura dell'analizzatore di spettro. Si calcoli inoltre il fondo di rumore in unità lineari e logaritmiche.

5c) Quale sarà approssimativamente il tempo di misura se si decide di registrare lo spettro dopo  $M=30$  medie? Potrebbero esserci problemi ad effettuare la misura?

5d) Si disegni la visualizzazione spettrale mostrata dallo strumento.

NOTA: La costante di Boltzmann è  $k=1.38 \times 10^{-23}$  J/K.



**5a)** La potenza delle righe sinusoidali si calcola come  $P=V^2/R$  se  $V$  è il valore efficace e  $R=50 \Omega$  è l'impedenza d'ingresso dell'analizzatore di spettro. Come noto, per una sinusoidi  $V_{eff}=V_p/\sqrt{2}$ .

$$P_{A,1kHz} = \frac{(0.5 \times 40 \times 10^{-3} \text{ V})^2}{2 \times 50 \Omega} = \frac{400 \times 10^{-6}}{100} \text{ W} = 4 \mu\text{W} \text{ corrispondenti a } -24 \text{ dBm}$$

$$P_{B,150Hz} = 10 \mu\text{W} \text{ corrispondenti a } -20 \text{ dBm}$$

$$P_{C,300Hz} = -20 \text{ dBm } -40 \text{ dBc} = -60 \text{ dBm} \text{ corrispondenti a } 1 \text{ nW}$$

e un rumore bianco di densità:

$$N = \frac{v_{N,eff}^2}{R} = \frac{(2 \times 10^{-6})^2}{50} = \frac{4 \times 10^{-12}}{50} = 8 \times 10^{-14} \text{ W/Hz} = 8 \times 10^{-11} \text{ mW/Hz} = -101 \text{ dBm/Hz}$$

**5b)** La minima frequenza da visualizzare è  $f_{min}=150$  Hz e la massima è  $f_{max}=2000$  Hz. Possiamo lavorare con una scansione spettrale che prevede  $f_{START}=100$  Hz,  $f_{STOP}=2.1$  kHz.

Le righe spettrali più vicine distano  $\Delta f_{min}=300 \text{ Hz} - 150 \text{ Hz} = 150 \text{ Hz}$ , però differiscono di 40 dB in ampiezza, per cui conviene scegliere una *resolution bandwidth* abbastanza inferiore a  $\Delta f_{min}$ . Un valore sensato può essere **RBW=10 Hz**.

Il fondo di rumore è pari alla somma del rumore in ingresso  $P_N$  e del rumore dell'AS  $P_{AS}$ :

$$P_{noise, totale} = P_N + P_{AS}$$

con  $P_N(\text{dBm}) = N + 10 \log RBW = -101 \text{ dBm/Hz} + 10 \text{ dB Hz} = -91 \text{ dBm}$  corrispondenti a  $8 \times 10^{-10} \text{ mW}$  e

$P_{AS}(\text{dBm}) = kT + NF + 10 \log RBW = -174 \text{ dBm/Hz} + 27 \text{ dB} + 10 \text{ dB} = -137 \text{ dBm}$  corrispondenti a  $2 \times 10^{-14} \text{ mW}$ .

Quindi  $P_{noise, totale} = 8 \times 10^{-10} \text{ mW}$  corrispondenti a **-91 dBm** (dovuta solo al rumore in ingresso).

La massima potenza misurata è

$$P_{max} = -20 \text{ dBm}$$

Dunque possiamo ad esempio scegliere un *Reference Level*  $RL = 0 \text{ dBm}$  e una amplificazione verticale  $A_y = 10 \text{ dB/DIV}$ .

**5c)** Lo *sweep time* (tempo per una singola “spazzolata” di tutto lo *span*) è

$$ST \sim \frac{3SPAN}{RBW^2} = \frac{3 \times 2000 \text{ Hz}}{100 \text{ Hz}^2} = 1 \text{ minuto}$$

Il tempo di misura, con  $M = 30$  medie, è

$$\Delta T_{mis} = M \times ST \sim 30 \text{ minuti}$$

Affinché la misura effettuata sia attendibile, data la lunghezza dell’acquisizione, è necessario che il segnale sia effettivamente stazionario durante il tempo di misura.

**5d)** La visualizzazione spettrale mostrata dallo strumento è riportata in figura: curva nera per  $RBW = 10 \text{ Hz}$ , curva azzurra per  $RBW = 30 \text{ Hz}$  (si nota come sia preferibile la scelta  $RBW = 10 \text{ Hz}$ ).

