www.unidocs.it - Appunti e dispense per superare i tuoi esami universitari

ESERCIZIO SU VOLTMETRO A DOPPIA RAMPA (da tema d'esame 25/06/2001)

8) Nel caso di un voltmetro integratore a doppia rampa (con dinamica bipolare), se la tensione di riferimento è V_r=±5V, la frequenza dell'orologio interno è f_c=2 MHz, il tempo di integrazione (salita) è T_u=2 s, determinate:

a) il minimo tempo di misura della tensione di fondo scala V_{fs}=10 V

b) quanto valgono la risoluzione teorica assoluta e la risoluzione teorica relativa

c) l'espressione dell'incertezza associata a una misura "ideale", o teorica, effettuata con questo strumento.
   Inoltre, se all'ingresso del voltmetro integratore, accanto alla tensione continua incognita V_x=2 V, si aggiungono due disturbi, uno alla seconda armonica della frequenza di rete e uno alla frequenza di 425 Hz, determinare:

d) il minimo tempo di integrazione $T_{u,min}$ affinché entrambi questi disturbi siano teoricamente eliminati.

e) l'attenuazione di un disturbo alla frequenza f_d=(425±0.425) Hz

f) il rapporto S/N in dB se tale disturbo ha una ampiezza V_d = 100 mV.

www.unidocs.it - Appunti e dispense per superare i tuoi esami universitari

www.unidocs.it - Appunti e dispense per superare i tuoi esami universitari

www.unidocs.it - Appunti e dispense per superare i tuoi esami universitari

www.unidocs.it - Appunti e dispense per superare i tuoi esami universitari

SOLUZIONE

8) Dalla relazione che fornisce il valore di una tensione incognita V_x in funzione del tempo di discesa e di altri parametri del voltmetro

$$V_x = V_{fs} = \frac{T_d}{T_u}|V_r|$$

otteniamo il valore del tempo di discesa corrispondente a una tensione d'ingresso V_x=V_{fs}:

$$T_{d,fs} = T_u \frac{V_{fs}}{|V_r|} = 2T_u$$

e quindi il tempo totale di misura:

$$T_{mis}=T_d+T_u=3T_u=6 \text{ s}$$

La risoluzione dimensionale è determinata dalla risoluzione di conteggio di intervalli elementari di durata T_c (dunque con ΔT_d=T_c)

$$\Delta V_{fs} = \frac{|V_r|}{T_u}T_c = \frac{5\text{V}}{2\text{s}} \times 0.5 \times 10^{-6}\text{s} = 1{,}25\mu\text{V}$$

e a questa consegue la risoluzione relativa

$$\frac{\Delta V_{fs}}{V_{fs}} = \frac{T_c}{T_{d,fs}} = \frac{5 \times 10^{-7}}{4} = 1.25 \times 10^{-7}$$

Per quanto riguarda l'incertezza sulla tensione V_x misurata, dalla prima espressione di V_x, si ha

$$u(V_x) = |V_x|\sqrt{\frac{u^2(T_d)}{T_d^2} + \frac{u^2(V_r)}{V_r^2}}$$

Il tempo di integrazione deve soddisfare contemporaneamente le due condizioni

n_1=f_1T, dove f_1 = 100 Hz, e anche n_2=f_2T, dove f_2= 425 Hz, quindi $\frac{n_1}{n_2} = \frac{f_1}{f_2} = \frac{100}{425} = \frac{4}{17}$

e dunque n_1=4 e n_2=17, essendo numeri tra loro primi.

www.unidocs.it - Appunti e dispense per superare i tuoi esami universitari

www.unidocs.it - Appunti e dispense per superare i tuoi esami universitari

Di qui deduciamo

$$T = \frac{n_1}{f_1} = \frac{n_2}{f_2} = \frac{4}{100\ \text{Hz}} = 40\text{ms}$$

L'attenuazione a $f_0 \pm \Delta f$ = (425±0.425)Hz si calcola come

$$\frac{1}{\alpha} = \left| \frac{\sin[\pi(f_0 \pm \Delta f)T]}{\pi(f_0 \pm \Delta f)T} \right| = \left| \frac{\sin[\pi \Delta f T]}{\pi(f_0 \pm \Delta f)T} \right|$$

essendo $\pi f_0 T = n\pi$. Verifichiamo la possibilità di approssimare numeratore e denominatore :

$\pi\Delta f T = \pi\times 0.425\times 40\times 10^{-3} \cong \pi\times 1.7\times 10^{-2} \sim 0.05 << 1$ e anche $<< \pi f_0 T$, e quindi:

$$\frac{1}{\alpha} \cong \left| \frac{\sin[\pi \Delta f T]}{\pi f_0 T} \right| \cong \frac{\pi \Delta f T}{\pi f_0 T} = \frac{\Delta f}{f_0} = 0.001$$

da cui

$$\alpha = 10^3 \quad \text{e} \quad \alpha_{\text{dB}} = 60\ \text{dB}$$

Per il rapporto segnale rumore, sappiamo che l'incertezza di misura dovuta al disturbo vale $V_d/\sqrt{2}$ e quindi

$$20\log_{10}\frac{S}{N} = 20\log_{10}\frac{2\text{V}}{\left(10^{-1}/\sqrt{2}\right)\text{V}} + \alpha_{\text{dB}} = 20\log_{10}\left(2\sqrt{2}\times 10\right) + \alpha_{\text{dB}} = 9\text{dB} + 20\text{dB} + 60\text{dB} = 89\text{dB}$$

www.unidocs.it - Appunti e dispense per superare i tuoi esami universitari