

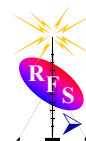
Radiofrekvencijski sustavi 2012./13.

Auditorne vježbe – 3. dio

21. svibnja 2013.

Davor Bonefačić, Branimir Ivšić

Z_Int



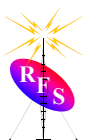
ZADATAK

Zadana je antena na ulazu u prijemnik, s idealiziranim dijagramom usmjerenosti u elevacijskoj (θ -) ravni $D(\theta)$ danim na slici (glavna latica aproksimirana je pravokutnikom). Ukoliko je antena rotacijski simetrična u azimutalnoj (φ -) ravni (tj. $D(\theta, \varphi) = D(\theta)$), te ukoliko je djelotvornost zračenja 80%, odrediti temperaturu šuma antene pri fizičkoj temperaturi od 290 K.

Pozadinska temperatura šuma dana je na slijedeći način:

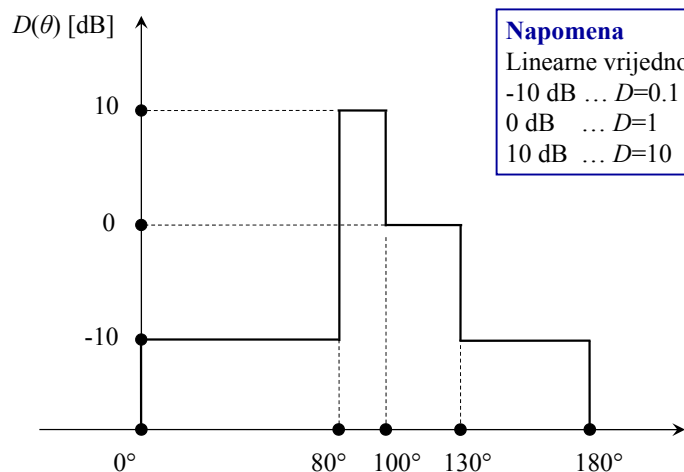
$$T_B(\theta, \varphi) = T_B(\theta) = \begin{cases} 30 \text{ K, ako je } \theta \leq 80^\circ \\ 100 \text{ K, ako je } 80^\circ < \theta < 100^\circ \\ 290 \text{ K, ako je } \theta \geq 100^\circ \end{cases}$$

2



ZADATAK - skica

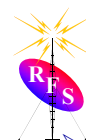
Z_Int_S



Napomena

Linearne vrijednosti $D(\theta)$:
 -10 dB ... $D=0.1$
 0 dB ... $D=1$
 10 dB ... $D=10$

3



RJEŠENJE

Z_Int_R1

Temperatura šuma antene dana je izrazom:

$$T_A = \eta \cdot T_S + (1 - \eta) \cdot T$$

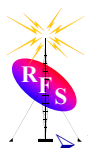
T_S – temperatura svjetline
 T – fizička temperatura
 η – djelotvornost zračenja

➤ Temperatura svjetline računa se pomoću usmjerenosti $D(\theta, \varphi)$ i pozadinske temperature šuma $T_B(\theta, \varphi)$ kao:

$$T_S = \frac{\int_{\Omega} T_B(\varphi, \theta) \cdot D(\varphi, \theta) d\Omega}{\int_{\Omega} D(\varphi, \theta) d\Omega}$$

$d\Omega = \sin\theta \cdot d\theta \cdot d\varphi$ – diferencijalni dio prostornog kuta

4



Z_Int_R2

RJEŠENJE

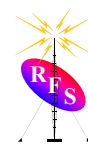
➤ Uvrštavanjem zadanih vrijednosti za usmjerenost i pozadinsku temperaturu šuma dobivamo:

$$T_s = \frac{\int_{\Omega} T_B(\varphi, \theta) \cdot D(\varphi, \theta) d\Omega}{\int_{\Omega} D(\varphi, \theta) d\Omega} = \frac{\int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^{\pi} T_B(\theta) D(\theta) \sin \theta d\theta}{\int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^{\pi} D(\theta) \sin \theta d\theta}$$

Vrijedi zbog pretpostavke rotacijske simetrije u azimutalnoj ravni.

$$T_s = \frac{-30 \cdot 0.1 \cdot \cos \theta \Big|_{0^\circ}^{80^\circ} - 100 \cdot 10 \cdot \cos \theta \Big|_{80^\circ}^{100^\circ} - 290 \cdot 1 \cdot \cos \theta \Big|_{100^\circ}^{130^\circ} - 290 \cdot 0.1 \cdot \cos \theta \Big|_{130^\circ}^{180^\circ}}{-0.1 \cdot \cos \theta \Big|_{0^\circ}^{80^\circ} - 10 \cdot \cos \theta \Big|_{80^\circ}^{100^\circ} - 1 \cdot \cos \theta \Big|_{100^\circ}^{130^\circ} - 0.1 \cdot \cos \theta \Big|_{130^\circ}^{180^\circ}}$$

5



Z_Int_R3

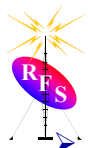
RJEŠENJE

$$T_s = \frac{-3 \cdot (-0.83) - 1000 \cdot (-0.35) - 290 \cdot (-0.47) - 29 \cdot (-0.36)}{-0.1(-0.83) - 10 \cdot (-0.35) - 1 \cdot (-0.47) - 0.1 \cdot (-0.36)} = \frac{499.23}{4.089} = 122.1 \text{ K}$$

➤ Naposljetku računamo temperaturu šuma antene (uz zadanu fizičku temperaturu $T=290 \text{ K}$ i djelotvornost zračenja 0.8, tj. 80%):

$$T_A = \eta \cdot T_s + (1 - \eta) \cdot T = 0.8 \cdot 122.1 + (1 - 0.8) \cdot 290 = 155.68 \text{ K}$$

6

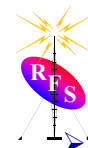


Z_F

ZADATAK

➤ Zadan je komunikacijski sustav koji radi na frekvenciji 880 MHz. Snaga odašiljača je 20 dBm a dobici odašiljačke i prijemne antene su 1 dB. Maksimalna dopuštena snaga signala na prijemniku je -30 dBm a dinamičko područje prijemnika 60 dB. Odrediti raspon udaljenosti odašiljača i prijemnika (tj. minimalnu i maksimalnu dozvoljenu udaljenost) u kojem je moguće primiti signal a da ne dođe do preopterećenja prijemnika. Pretpostaviti da su antene prilagođene i polarizacijski usklađene, te da se signal širi slobodnim prostorom.

7



Z_F_R1

RJEŠENJE

➤ Koristimo Friisovu formulu (osnovni oblik – bez gubitaka neprilagodbe i polarizacijskog faktora):

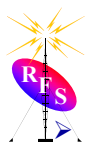
$$\frac{P_p}{P_o} = G_o \cdot G_p \cdot \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2$$

➤ Odavde slijedi izraz za udaljenost odašiljača i prijemnika kao:

$$R^2 = \frac{P_o \cdot G_o \cdot G_p}{P_p} \cdot \left(\frac{\lambda}{4\pi} \right)^2$$

$$\Rightarrow R = \frac{\lambda}{4\pi} \sqrt{\frac{P_o \cdot G_o \cdot G_p}{P_p}}$$

8



RJEŠENJE

Z_F_R2

Pretvorba zadanih parametara iz decibela u linearne vrijednosti:

$$P_o = 10^{\frac{20}{10}} = 100 \text{ mW} = 0.1 \text{ W}$$

$$G_o = G_p = 10^{\frac{1}{10}} = 1.26$$

$$P_{p,\max} = 10^{\frac{-30}{10}} = 1 \text{ } \mu\text{W} = 10^{-6} \text{ W}$$

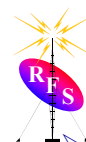
➤ Računanje minimalne snage na ulazu u prijemnik:

$$P_{p,\min} [\text{dBm}] = P_{p,\max} [\text{dBm}] - DP [\text{dB}] = -30 - 60 = -90 \text{ dBm}$$

$$\Rightarrow P_{p,\min} [\text{W}] = 10^{\frac{-90}{10}} = 1 \text{ pW} = 10^{-12} \text{ W}$$

➤ Računanje valne duljine: $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{880 \cdot 10^6} = 0.34 \text{ m}$

9



RJEŠENJE

Z_F_R3

➤ Naposljetku računamo minimalnu i maksimalnu dopuštenu udaljenost odašiljača i prijemnika:

$$\text{A) } R_{\min} \dots R_{\min} = \frac{0.34}{4\pi} \sqrt{\frac{0.1 \cdot 1.26 \cdot 1.26}{10^{-6}}} = 10.78 \text{ m}$$

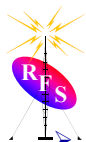
$\rightarrow P_{p,\max}$

$$\text{B) } R_{\max} \dots R_{\max} = \frac{0.34}{4\pi} \sqrt{\frac{0.1 \cdot 1.26 \cdot 1.26}{10^{-12}}} = 10780 \text{ m} = 10.78 \text{ km}$$

$\rightarrow P_{p,\min}$

$$\Rightarrow R \in [10.78 \text{ m}, 10.78 \text{ km}]$$

10



ZADATAK

Z-P

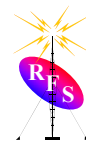
Na slici je prikazana shema heterodinskog prijemnika zajedno s parametrima pojedinih komponenti. Točke kompresije 1 dB i presjecišne točke trećega reda su kod pojačala dane za izlaz, a kod mješala za ulaz. Temperatura šuma antene iznosi 1000 K, fizička temperatura sustava 290 K, širina pojasa prijemnika 50 kHz, a karakteristična impedancija sustava je 50 Ω . Najmanji zahtijevani odnos signal-šum na izlazu iznosi 15 dB.

Odrediti ukupno pojačanje i ukupni faktor šuma prijemnika. Grafički prikazati promjenu pojačanja i faktora šuma po komponentama. Ukoliko je snaga ulaznog signala -25 dBm, grafički prikazati promjenu snage signala duž prijemnika.

Kolika je temperatura dodatnog šuma u prijemniku?

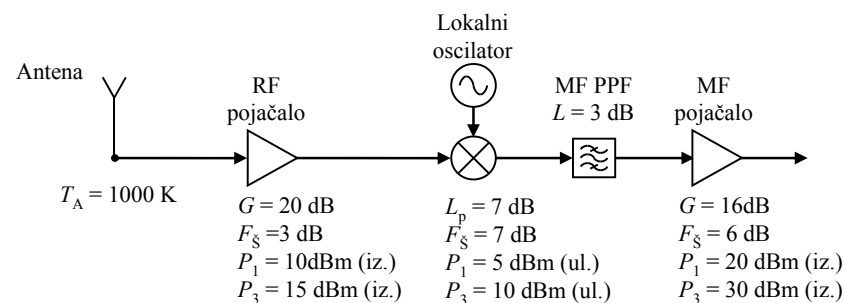
Kolika je najveća dozvoljena razina signala na ulazu prijemnika pri kojoj nema izobličenja? Koliko je dinamičko područje prijemnika?

11



ZADATAK - skica

Z_P_S



12