

VEVŐANTENNAK ZAJELLEMLŐI

Bevetés

Egy rádiószekciókötetés legfontosabb jellemzője a kimeneten megjelenő jel-zaj viszony. A kimeneti zaj egyik részét a vevő termeli a másik részt a jellel együtt az antenna veszi. Ez utóbbit külső zajnak, vagy antennazajnak nevezzük. Az erősítésszokók fejlődésével a vevőzaj csökken, és ezért tal a antennazaj részaránya növekszik. Ezért különösen fontos, hogy felmérjük milyen tényezők határozzák meg az antenna által vett zajteljesítményt vagy az abból számítható antenna zajhőmértékletet.

1. A külső zajok forrásai

A szabad térben álló vevőantennát minden irányból zajszegély ér. A zajok eredete, intenzitásának térbeli és időbeli valamint spektrális eloszlása igen változatos. A legáltalánosabb csoportosítás szerint a külső zajok eredetük szerint lehetnek

- természetes (termikus, atmoszférikus, kozmikus) és
- mesterséges (vagy másnéven: ipari) zajok.

2. Az antenna ekvivalens zajhőmértéklete

Noha, mint említettük, a zajok tulajdonságai igen eltérők, célszerű az antenna által vett zajteljesítményt egységesen megadni. Erre szolgál az antenna ekvivalens zajhőmértéklete T_A , melyet az alábbi képlettel definiálunk

$$P_{ZA} = kT_A \Delta f \quad (1)$$

ahol P_{ZA} az antennából kivehető zajteljesítmény, watt
 $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ watt sec/K°, Boltzmann állandó
 Δf sávszélesség, Hz (itt B-vel most fogunk jelölni!)

Az ekvivalens zajhőmértéklet itt azt jelenti, hogy az antennából, mint zajos kétbólyusból kivehető zajteljesítményt úgy leírhatjuk, mintha az egy T_A hőmértékletű ellenállással szoroznánk. Itt megjegyezzük, hogy az ellenállás zaj Nyquist tételé szerint a következő

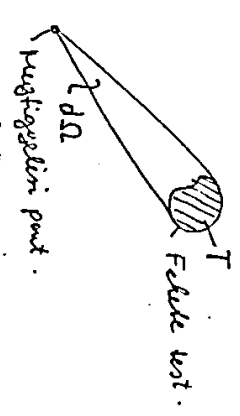
$$P_z = hf \frac{1}{e} \Delta f \quad \text{watt} \quad (2)$$

$$e \text{ K}^{-1}$$

ahol
 $h = 6,623 \cdot 10^{-34}$ joule.sec, Planck féle állandó
 f hőmértéklet, K°
 f frekvencia, Hz
 A hagyományos rádiófrekvenciákon $hf \ll kT$, ezért a (2) képlet helyett annak közelítése, (1) használható.

3. A vevőantennát körülvevő zajhőter ekvivalens hőmértéklete

Ha egy véges méretű, T hőmértékletű fekete testet a megfigyelési ponttól d m távolság alatt látunk (1. ábra)



1. ábra

akkor a sugárzás intenzitása Planck törvénye szerint

$$dS = \frac{2h f^3}{c^2} \cdot \frac{1}{e^{\frac{hf}{kT}} - 1} d\Omega \quad \text{watt} \quad (3)$$

$$\frac{m^2 \cdot \text{Hz}}{e^{\frac{hf}{kT}} - 1}$$

$$; \quad \mathcal{S}^p \frac{1}{1+z^2} \approx \mathcal{S}^p \quad (4)$$
$$dS \approx \frac{2kT}{\Omega} d\Omega \quad (5)$$

ds 2k7 watt

$$B(\psi, \psi) = \frac{2k}{\gamma} - T(\psi, \psi) \quad (7)$$

4.1. Általános eset

[illegible]

$$P_{\text{A}}^{\text{Z}} = \frac{1}{2} \oint_{\Sigma} B(\mathbf{v}, \mathbf{v}) \cdot A_{\text{h}}(\mathbf{v}, \mathbf{v}) \Delta \mathbf{r} d\Omega; \quad \text{watt} \quad (8)$$

/aqvis a (7) képlet alapján

$$P_{ZA} = \frac{k}{2} \oint_{\Sigma} A_n(\psi, \varphi) \, T(\psi, \varphi) \, \Delta \varphi \, d\Omega \quad (9)$$

1. finns inget av denna typen, bara ett litet antal

A vevőantenna ekvivalens zárhőmérséklete tehát

$$T_A = \frac{1}{2\pi} \oint_{\mathcal{K}} A_n(\mathbf{r}, t) T(\mathbf{r}, t) d\Omega \quad (10)$$

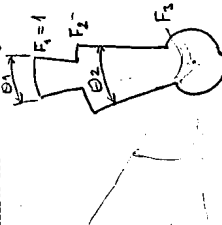
Mivel $A_n = G \frac{\lambda^2}{4\pi}$; és $G(\psi, \psi) = G_{\max} \cdot F^2(\psi, \psi)$, ezért

$$T_A = \frac{G_{\text{max}}}{4\pi} \sum_{\mathbf{q}} F^2(\mathbf{q}, \varphi) I(\mathbf{q}, \varphi) \quad (11)$$

A (11) képlet azt jelenti, hogy a vett zájeljesítményt a zájeljesítmények ekvivalens halmazából a teljesítményirányítási karakterisztikával felvázolt kapjuk. Vagyis ha az antenna főirányában a teljesítményirányítás $\frac{1}{2}$ pont felé néz, akkor $\frac{1}{2}$ igen nagy lehet, ellenkező esetben igen kicsi is.

$$T_A = \frac{D \max}{4\pi} \oint F^2(\varphi) \gamma(\varphi) d\Omega \quad (12)$$

Az antenna zajhőmérsékletének kiszámításához a mikrohullámú antennák az $F(\vec{r}, \vec{y})$ iránykarakterisztikáját a 2. ábra szerinti közelítő alakban szokták megadni.



2. ábra

A szakaszosan állandó iránykarakterisztika mellett rendelkezint az is feltételezhető, hogy a hálterezal-hőmérséklet is szakaszosan állandó. Ezt figyelembe véve a (12) képlet szerinti integrál az alábbi összeggel helyettesíthető

$$T_A = \frac{1}{4\pi} \sum_{i=1}^N f_i^2 \cdot T_i \cdot \Delta\Omega_i \quad (13)$$

Itt nem árt tudni, hogy $\sum \Delta\Omega_i = 4\pi$, továbbá, hogy a 2. ábrán megadott öt paraméter (θ_1 ; θ_2 ; f_1 ; f_2 ; f_3) nem független egymástól, mivel

$$\oint_{4\pi} f^2(\psi, \varphi) d\Omega = \sum_{i=1}^N f_i^2 \Delta\Omega_i = \frac{4\pi}{\Omega_{\max}} \quad (14)$$

4.2. Állandó hőmérsékletű zárlattól

Ha $T(\psi, \varphi) = T$, akkor

$$T_A = T \frac{\Omega_{\max}}{4\pi} \oint_{4\pi} f^2(\psi, \varphi) d\Omega \quad (15)$$

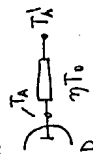
$$\text{és mivel } \oint_{4\pi} f^2(\psi, \varphi) d\Omega = \Omega_{\max} = \frac{4\pi}{\Omega_{\max}} \quad (16)$$

ezért, mint várható

$$T_A = T$$

4.3. Veszteséges antenna

Ha az antenna vesztesége nem elhanyagolható, akkor $G \cdot \eta D$. Ez felcserélhető úgy is mint egy veszteségmentes antenna és egy T_0 hőmérsékletű csillapító összekapcsolása.



Az eredő zajhőmérséklet a levezetés mellőzésével

$$T_A = T_A \eta + (1 - \eta) T_0 \quad (17)$$

ahol

T_A a veszteségmentes antenna zajhőmérséklete.

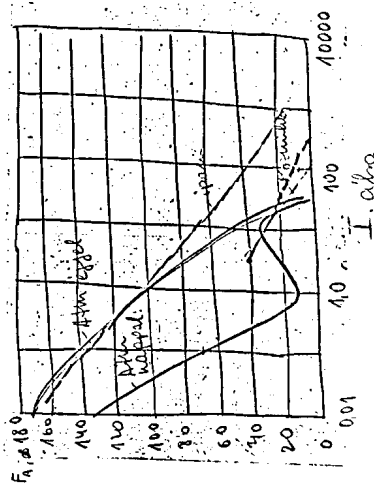
Vizsgáljuk egyszerűen belátható, hogy ez esetben ha $T_A > T_0$, akkor $T_A < T_0$; ha viszont $T_A < T_0$ akkor $T_A > T_0$. Vagyis a kis-zajú ($T_A < T_0$) antenna veszteségeit minimális értéken kell tartani. Ez különösen az úrtávközlésben fontos.

5. Az antenna zajtényezője

Alacsonyabb frekvenciákon, különösen mintegy 300-1000 KHz alatti antennazaj igen nagy. Ennek oka városban az ipari zaj, lakatlan területen pedig az atmoszférikus zaj, mely a csökkenő frekvenciával javuló terjedési körülmények miatt igen nagy (2000-4000 km sugarú) gyújtóterületről érkezik. Ezért célszerűbb az antenna zajhőmérséklete helyett az alábbi, antenna-zajtényezőt megadni.

$$F_A = 10 \lg \frac{T_A}{T_0} \quad (18)$$

Az antenna zajtényezőt 0,01 - 10000 KHz-ig a 3. ábra mutatja.



A 3. ábrával kapcsolatban megjegyezzük, hogy a kozmikus zajt a 30-300 MHz tartományban jó közelítéssel az alábbi képlet adja meg.

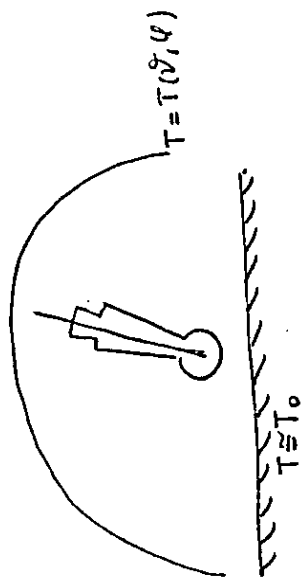
$$T_A = 290 \lambda^2 ; \text{°K} \quad (19)$$

Ez azt jelenti, hogy a kozmikus zaj 300 MHz-en ($\lambda = 1 \text{ m}$)

$$T_A = 290 \text{°K}, 3000 \text{ MHz-en } (\lambda = 0,1 \text{ m}) T_A = 2,9 \text{°K}.$$

6. A világűr felé irányított mikrohullámú antenna zajhőmérséklete

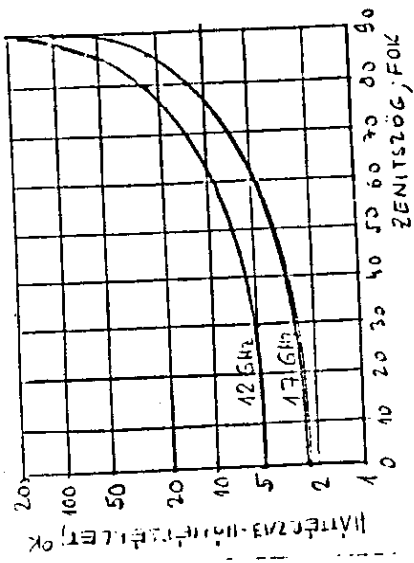
A világűr felé irányított keskeny nyalábú mikrohullámú antenna zaja jó közelítéssel két összetevőre bontható; a világűr felől vett zajra és a föld termikus sugárzásából származó zajra, melyet az antenna a melléknyalábokon keresztül vesz (4. ábra).



4. ábra

A világűr felől vett zaj fő forrása a kozmikus sugárzás, de mintegy 10 GHz felett egyre inkább figyelembe kell venni a levegőben lévő vízgőz és gázok elnyeléséből származó zajt is. Mivel közelebb áll az antenna főirányára a vízszinteshez, annál hosszabb utat tesz meg a beérkező hullám a levegőben, ezért annál nagyobb lesz az elnyelésből származó zaj.

Az antennt a vízszintes felé irányítva a zaj azért is nő, mert közelünk a kb. 300°K hőmérsékletű föld felé. A világűr zajhőmérsékletét a zenitől mért szög függvényében 4,7 GHz-0- és 12 GHz-en az 5. ábra mutatja.



5. ábra

II. feladat

7. Gyakorló feladat

A DBS vételre ajánlott (WARC 77) egyéni vevőantenna nyeresége kb. 6-39 dB (pontosan 38,8 dB), forgásszimmetrikus iránykarakterisztikája a zajhőmérséklet-számításokhoz jól közelíthető a 2. ábra szerinti sémával, ahol $\theta_1 = 2^\circ$; $\theta_2 = 4^\circ$; $F_2 = 0,05$ (-26 dB) és $F_3 = 0,0071$ (-43 dB). Számítsuk ki az antenna zajhőmérsékletét, ha az antenna elevációs szöge 32° .

Mint látható, az antenna zajhőmérsékletéhez döntően az irány-
karakterisztika föld felé néző 2^o teraszg tartománya járul
hozzá. A mellékletnek igen csekély hozzájárulásból következik,
hogy a karakterisztika közelítésekor ezt el lehet hanyagolni.

A teljes zajhőmérséklet tehát

$$T_A = 68,48 \text{ } ^\circ\text{K}$$

=====

Az ilyen antennák zajhőmérsékletére $T_A = 100-150 \text{ } ^\circ\text{K}$ értéket
szoktak megadni. Ez a tápfelvezetés figyelembevételével ki-
is adódik, ugyanis ha $a_f = 1/20$, akkor $\frac{1}{T} = 0,023$ és $C_1 = 1,46$
 $T_A = 0,823 \cdot 68,48 + (1-0,823)300 = 56,4 + 53,1$

$$T_A = 109,5 \text{ } ^\circ\text{K}$$

=====

Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy a világűr felé irányított
mikrohullámú antenna zajhőmérsékletét elsősorban az iránykarak-
terisztika föld felé néző tartománya és a tápfelvezetés há-
tározza meg. Ha például a hátrasugárzás nem 43 dB ($F_3 = 0,007$)
hanem 40 dB ($F_3 = 0,01$), akkor ez a 3 dB romlás további 60^o K
zajhőmérséklet növekedést okoz.