

Anten Sıcaklığı ve Haberleşmesindeki Önemi

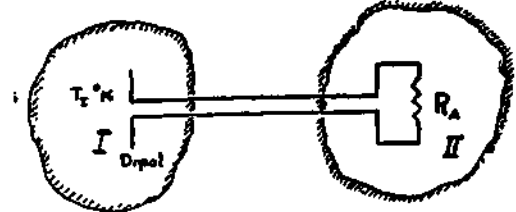
Tozan :
Dr. Hakkı Oranc
Elek. Y. Müh.
O. D. T. Ü

Geçen yazıda (Kay. 1) belirtildiği üzere gürültü gücü yerine 'gürültü sıcaklığı' deyiminin kullanılmasının birçok üstünlüğü bulunmakta ve bu terim bir çok yerde kullanılmaktadır. «Anten Sıcaklığından» anlaşılması gereken de Anten Gürültüsüdür. Genellikle, antenlerin «Coherent», yani faz bağıntıları bilinen, işaretlere gösterdikleri özellikler İyi bir şekilde bilinmekte ve fakat gürültü gibi ancak İstatistikli özellikleri bilinen İşaretlerdeki çalışma durumları kat'lı olarak bilinmemektedir. Bu problem ilk olarak 1931 de L. E. Wellin tarafından ele alınmış, ve radyasyon direncinin aynen bir normal direnç gibi gürültü yarattığı kabul edilmiştir. Bundan sonra 1939 da Bell, radyasyon direncinin bir gürültü kaynağı olmadığını ve İşaret gürültü hesabında, eğit genlikte bir reaktans olarak ele alınması gerektiğini savunmuştur. Son olarak, R. E. Burgess (Kay. 2) 1941 de, radyasyon direncinin de bir ısısal gürültü kaynağı olduğunu ve anten ile civarı radlaüf dengede olduğu takdirde radyasyon direncinin de tıpkı normal bir direnç gibi Nyquist teoremine uyduğunu göstermiştir. Yani anten çıkışındaki gürültü gerilimi, $e^* = 4kR T df$ volta dir ki burada k Boltzman katsayısı, R radyasyon direnci, df frekans bandıdır ve T de bu yazıda İncelecek olan «Anten Sıcaklığını» belirtmektedir.

Bu yazıda basit bir misal ele alınarak ana kavram açıklanacak ve böylece daha gelişmiş antenlerin gürültü problemleri için bu kavramı kullanma imkânı elde edilecektir, tik olarak bir dipol anteni $T^\circ K$ 'sıcaklığındaki bir kara cisim içine koyalım. Bu kara cismin özelliği, İç duvarlarının yansıtma katsayısının sıfır oluşudur. Bu dipol antenin besleme hattını da dışarı çıkartıp, bu defa iç duvarlarının yansıtma katsayısı 1, yani hiçbir radyasyonu emmeyen, tamamıyla yansıtan ve sıcaklığı $0 K^\circ$ olan bir hacim içine sokup antenin radyasyon direncine eşit bir dirençle uçlandıralım. (Şekil 1.)

1 numaralı cismin İç duvarları normal olarak bir radyasyon yapar ve bu radyasyon anten tarafından alınır ve bu alınan işaret besleme hattı boyunca ilerliyerek 11 numaralı hadm İçerisindeki R direnci üzerinde ısı enerjisi olarak harcanarak direncin sıcaklığını yükseltir, fakat bu

hacmin iç duvarları tam yansıtıcı olduğundan herhangi bir sıcaklık yükselmesi göstermez.



Şekil: 1

Diğer taraftan, direncin sıcaklığı $0^\circ K$ den daha yukarı bir değere çıktığından artık dirençte bir gürültü meydana gelmiş olur ve gürültü gücü bu sefer besleme hattı boyunca ilerliyerek antene ulaşır ve anten tarafından yayınlanır. Bu işlem, yani anten tarafından alınan gücün direncin sıcaklığını yükseltmesi ve bunun tekrar anten tarafından yayılması ısısal denge sağlanıncaya kadar devam eder ve bu Termodinamiğin ikinci kanunu çevresinde olur. Bu denge radyasyon spektrumun her frekansında sağlanmalıdır. Bu son cümle İlk bakışta yanlış görünebilir. Çünkü, Johnson Gürültüsü - ki rezistans üzerinde meydana gelmektedir - frekanstan müstakildir; Buna mukabil siyah cismin yaydığı gürültü ise tamamıyla frekansa bağlıdır. Bu karışıklık aşağıdaki şekilde açıklığa kavuşturulabilir.

Siyah cisim radyasyonu, ilgili olduğumuz frekanslarda Rayleigh - Jeans formülü ile gösterilebilir ki bu formüle göre radyasyon dalga boyunun karesi ile ters orantılıdır. Fakat bu ters orantı ancak siyah cisim radyasyonu ile ilgilidir. Halbuki bizim esas alâkadar olduğumuz husus anten tarafından alınan güçtür. Bu güç ise antene düşen birim alan gücü ile antenin tesirli alışı alanının çarpımından ibrettir. Diğer taraftan bilinen bir husus ise bir antenin tesirli alışı »irenin dalga boyunun karesi ile orantılı oluşudur. Böylece, siyah cisim tarafından yayılıpta, anten tarafından alınan güç,

$$P = \frac{K_1}{4\pi} = \frac{K_2}{4\pi} = \frac{K_1 K_2}{4\pi} \quad (1)$$

Siyah cisim radyasyonu Anten tesirli alışı alanı

burada K_j siyah cisim radyasyonu, K_e ise antenle ilgili birer katsayıdır. Yukarıdaki İfadeden görüleceği üzere, siyah daim tarafından yayınlanıp, anten tarafından alınan güç, tamamiyle frekanstan müstakildir; böylece rezistans üzerinde meydana gelen sıcaklık gürültüsü ile dengeye her frekansta gelebilir.

II numaralı hacimdeki direncin T° K e kadar ısındığını düşünürsek, verebileceği maksimum gürültü gücü

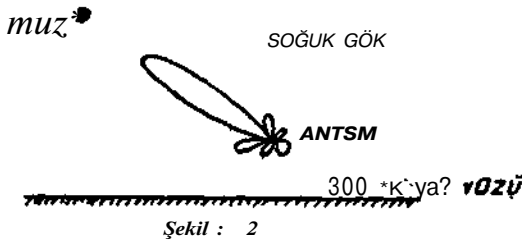
$$P^{\bar{e}} = \frac{\bar{e}}{4R} = \frac{4kTR df}{4R} = k T df \text{ watt} \quad (2)$$

ve yukarıdaki açıklamadan görüleceği üzere ısısal dengenin sağlanabilmesi için de aynı miktarda gücü siyah cisim radyasyonundan çekip alması icap eder. öyleyse anten bu sıcaklığı, T_e yani bu gürültü gücünü, verebilen bir direnç olarak düşünülebilir ki empedans bakımından antenin giriş empedansı radyasyon direncine eşit olduğundan anten

$\bar{e} = 4k T_e R_e df$ volt?
gürültü gerilimini veriyor ve böylece Nyquist formülüne uyuyor demektir. (Ek. 1)

Burada İlk akla gelen şey direncin ısınması için gerekli enerjinin I numaralı hacimden çekilmesinde, bu hacmin sıcaklığının düşmesidir. Fakat I numaralı hacim devamlı surette T_e sıcaklığında tutulacağından - ki tabiiattaki mevcut enerji direncin ısınması için gereken enerjiden çok fazladır - ısısal denge ancak direne T_e sıcaklığında eristiğinde sağlanır. Böylece anten T_e denir.

Verilen misal oldukça hakikat dışıdır. Yani pratikte bu durumda her tarafı aynı sıcaklıkta bir kara cisim bulmak imkânsızdır. Buna mukabil değişik sıcaklıklar vardır ve bunu şekil 2 de



Şekil : 2

görebiliriz. Bu şekilde görüldüğü üzere antenin geri ışınları 300° K deki yer yüzünü görür ve bundan dolayı 300° K deki kara cismin yayınladığı gürültü anten tarafından alınır. Yan ışınlar soğuk olan gökyüzüne dönüktür ki gökyüzünün yayınladığı gürültü gücü çok azdır ve anten tarafından alınan güç de bu oranda küçüktür. Antenin yıldız bakan kısmı ise yıldız sıcak olduğundan - yani yüksek seviyede gürültü yayınladığından - yüksek seviyede gürültü alacaktır. Kabaca 3 V'ın ayrıldığı gürültü gücü antenin

çıkışına ulaştığında T_e hangi bölgeden geldiğini ayırt etmemiz İmkânsızdır. Çünkü, bunlar genellikle aynı istatistik karakteristiği olan gürültülerdir. Antene gelişleri ne şekilde olursa olsun antenin çıkışında

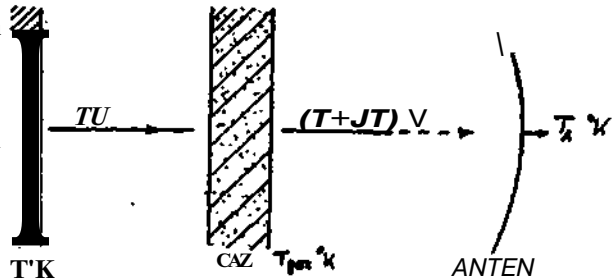
$$e_r = 4ic T_x R_e df \text{ volt}^2 \quad (3)$$

gibi bir gerilim meydana getirirler. Radyo Astronomi ve Uzak Haberleşmesinde bütün amaç bu gerilimi, dolayısıyla T_x i ölçmektir. Radyo Astronomide T_x esas işareti teşkil eder. Halbuki Uzak Haberleşmesinde istenmeyen gürültüdür. Her İki halde de T_x in ölçülmesi gereklidir. Radyo Astronomi konusunu bir tarafa bırakarak, şimdi yalnızca uzak haberleşmesindeki durum incelenecektir.

Haberleşme tekniğinde gürültüden ziyade İşaret/ gürültü oranı ile ilgilenilir ve ancak İşaret seviyesi bilindiği takdirde anten sıcaklığı azdır veya çoktur denebilir. Bununla beraber hemen karar verilecek husus anten sıcaklığı küçükükçe daha düşük seviyedeki İşaretlerin alınabileceğidir. Meselâ, anten sıcaklığı küçük ise vericinin muayyen bir uzaklıktan gönderdiği ve anten tarafından alınan İşaret seviyesi yüksek olabilir ve verici böylece İstenen minimum İşaret/gürültü oranına düşünceye kadar uzaklaşabilir. Bu sistem bir radar ise daha uzaktaki cisimleri ekranda görmek mümkün olur. Eğer bir haberleşme sistemi ise daha uzaktan haberleşilebilir.

Buraya kadar, daha ziyade anten tarafından alınan gürültü gücünden söz edildi ve gücünün hangi şekilde meydana geldiği, ne gibi etkiler altında olduğu ise aşağıdaki şekilde ani atılabilir.

Pratikte anten hiçbir zaman eşit sıcaklıkta bir hadim içinde bulunmaz. Genellikle antene gelen gürültü dalgalan değişik seviyedeki kaynaklardan yayınlanıp, atmosfer muhtelif tabakalarından geçip, antenin besleme hattını da geçtikten sonra alıcıya ulaşırlar. Atmosferin muhtelif tabakaları ve antenin besleme hattı çok farklı olarak gürültü eklerler ve değişik zayıflatmalarda bulunurlar. Zayıflatma yapan her tabaka mutlak surette gelen işareti ve gürültüyü küçültecektir. Aynı zamanda kendi zayıflatmasından dolayı ek olarak bir gürültü gücü üve edecektir. Bu durumu incelemek için, Şekil 3 den faydalanacağız.



Şekil : 3

Ana dalga T°K sıcaklığında olsun ve zayıflatma oranı L olan bir tabakayı geçsin. Tabakanın veya T_g sıcaklığındaki herhangi bir zayıflatıcının - yansıtma suretiyle zayıflatmayan yani absorpsiyon tipi zayıflatıcı - etkili giriş sıcaklığı (Kay. 3)

$$T_{g} = T_{g0} (L - 1) + T_{0} \quad (4)$$

şeklinde yazılabileceğinden, T° K sıcaklığındaki dalganın gaza giriş noktasındaki toplam sıcaklığı

$$T_{g} = T + T_{g0} (L - 1) \quad (5)$$

şeklinde yazılır. (Kay. 1) Gaz tabakasının ekleyeceği gürültü sıcaklığını girişine indirgeğimizden bu tabaka artık girişindeki gücü zayıflatmadan başka bir etki yapmaz, yani artık herhangi bir gürültü gücü ilâve etmez. Çünkü, bu ilâve T_g ifadesinde ele alınmıştır. Kısacası gaz tabakasının çıkışındaki gürültü gücü

$$T_{\text{çıkış}} = \frac{T_{\text{gaz}} (L - 1) + T}{L} \quad (6)$$

Yukarıdaki eşitlikten de görüldüğü üzere gaz tabakası bir zayıflatıcı değilse L = 1 dir ve giriş gürültü sıcaklığı hiçbir değişikliğe uğramadan çıkışta belirir. Eğer L çok büyükse giriş sıcaklığı önemini kaybeder ve çıkışta yalnızca gazın sıcaklığı belirir. Misâl olarak gaz tabakasının 300 K de (T_g = 300 K) olup sadece 0.1 db (L = 1.02) zayıflatma yaptığını ve giriş sıcaklığının da 200° K (T = 200° K) olduğunu kabul edelim, böylece;

$$T_{\text{çıkış}} = \frac{300 (1.02 - 1) + 200}{1.02} = 204^{\circ} \text{K} \quad (7)$$

Görülüyor ki, giriş sıcaklığı 4°K fazlasıyla 204°K olarak gazı terketmektedir, halbuki esas işaret/gürültü oranı gazdan geçiş, esasında bozulmaktadır. Şayet giriş sıcaklığı aynı olsaydı giriş ve çıkış, sıcaklıkları aynı olmuş olacaktı. Bu durumda da gene esas lüzumlu işaret gücü zayıflatılmış olacağından çıkış işaret/gürültü oranı giriş işaret/gürültü oranında küçük olacaktı.

Üçüncü şık olarak giriş sıcaklığı gaz alçaklığından fazla olsun.

örnek :

$$T_{0} = 300, T = 400$$

$$T_{\text{gaz}} = \frac{300 (1.02 - 1) + 400}{1.02} \approx 398^{\circ} \text{K} \quad (8)$$

yani gelen gürültü %0.5 oranında küçülmüştür, halbuki gelen işaret daha büyük bir oranla (% 2)

zayıflatılmıştır ve netice olarak İşaret gürültü oranı gene bozulmuştur.

Yukarıda bahsettiğimiz zayıflatma hakiki zayıflatmadır. Yani bir absorpsiyon zayıflatmasıdır. Bundan başka dağıtım yoluyla da zayıflatma olabilir ki, bunun en güzel örneği yağmur damlacıklarının sebep olduğu zayıflatmadır. Yağmur damlacıkları, üzerine gelen dalgaya muhtelif yönlerde saçarlar ve böylece alıcı antene gelen gürültü azalmış olur. Bu tip zayıflatma yağmur damlacığının çapma ve gelen dalganın frekansına bağlıdır. Zayıflatmayı db/km olarak yazarsak

$$= \text{KP db/km}$$

eşitliğine göre bir değer buluruz ki burada K, frekans ve sıcaklığa bağlı bir katsayı. P ise mm/saat cinsinden yağmur miktarıdır.

Atmosferik zayıflatma, yağmur ve sis zayıflatmalarına alt grafik ve tablolar (Kay. 4) de bulunabilir.

Kısaca hakiki zayıflatmaların işaret gürültü oranını bozduğu buna mukabil reaktif zayıflatmaların ise gürültüyü artırıcı bir rol oynamadığı sonucuna varabiliriz.

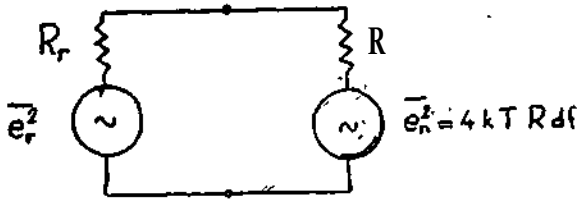
Kaynaklar :

1. Oranç, H.Ş., Modern Haberleşme Tekniğinde Gürültü Sıcaklığı. Elektrik Mühendisliği Sayı 126 Haziran 1967 Sayfa 29 - 31.
2. Burgess, R. E., Noise in Receiving Aerial Systems Proc. Phys. Soc. 53, pp. 293 - 303
3. Blackwell, R. A. Semiconductor - Diode Parametric Amplifiers, Prentice - Hall International, Inc.
4. Harvey, A. F., Microwave Engineering, Academic Press.

Ek. 1.

Anten Gürültü ifadesinin Teorik Çıkarılışı
R direnci ile uçlandırılmış anten Şekil Ek. 1. I. deki gibi gösterilebilir.

Uçlandırma direnci bir sıcaklığa sahip olduğundan gürültü meydana getirir ve bu gürültünün bir kısmı radyasyon direnci, R_r üzerinde harcanır yani radyasyon yolu ile uzaklaşır. Buna mukabil anten civarındaki, yani anten lubunun baktığı yerdeki sıcaklıktan dolayı meydana gelen gürültü dalgalan da anten tarafından alınıp uslandırma direnci üzerinde bir güç harcamasına yol açar.



Şekil. Ek. 1. 1. ılığlandırılmış DIT antenin lıxıstı modeli.

$$\frac{R_r}{e_r^2} \quad \frac{R}{e_r^2} = 4kTRdf$$

Uçlandırma direncinde meydana gelen gürültünün bu kapalı devrede getirdiği akım,

$$di^2 = \frac{4kTR}{(R_r + R)^2} df \text{ amper}^2$$

Bu akımın sebebiyet verdiği, yani radyasyona uğrayan güç ise

$$\overline{dP}_{rad} = R_r \cdot \overline{di^2} = \frac{4kTRR_r}{(R_r + R)^2} df \quad (\text{Kk.1.2.})$$

Denge sağlanabilmesi için R direnci tarafından verilen güç kadar bir alış gücü olmalıdır ki bu güç

$$\overline{dP}_{ulimon} = \frac{\overline{de_r^2}}{(R_r + R)^2} \cdot R \quad (\text{Ek.1.3.})$$

ve de_r^2 radyasyon direncinde meydana getirilen etkili gerilimin karesidir.

Denge durumunda alınan ve yayılan güçler birbirlerine eşit olacaklarından

$$\overline{dP}_{rad} = \frac{4kTRR_r df}{(R_r + R)^2}$$

$$= \frac{\overline{de_r^2} R}{(R_r + R)^2} = \overline{dP}_{ulimon} \quad \text{dır.} \quad (\text{HfclA})$$

ve meydana gelen etkili gerilimin karesi bu eşitlikten çözülrse

$$\overline{dP}_{rad} = 4kTR_r df \quad (\text{Ek.1.5.})$$

elde edilir.

Yukarıdaki analizde de görüldüğü üzere anten aynen bir direnç gibi (ki burada radyasyon direnci) gürültü meydana getirmektedir ve bu direncin sıcaklığı da antenin içinde bulunduğu ortamın etkili ortalama sıcaklığıdır ki bu kullanılan frekansta tesbit edilmelidir.

Şayet antenin uçlandırma direnci antenin görüdüğü sıcaklıktan farklı bir sıcaklıkta ise denge meydana gelmez ve antenle civarı arasında bir enerji alış - verişi başlar. Genellikle antenin görüdüğü sıcaklık uçlandırma direnci sıcaklığından düşüktür yani,

$$\overline{P}_{rad} < \overline{P}_{ulimon}$$

$$\frac{4kTRR_r}{(R_r + R)^2} df < \frac{4kT_r RR_r}{(R_r + R)^2} df$$

$$T < T_r$$

Sayın Üyelerimiz,

İstanbul Şubemizin Genel Kurul toplantısı 11, 12 Ocak 1969 tarihlerinde, İstanbul'da.

tamir Şubemizin Genel Kurul toplantısı 18/Ocak/1969 tarihinde İzmir'de.

Oda Genel Kurul toplantıad 22, 23 Şubat 1969 tarihlerinde İstanbul'da yapılacaktır.

Kongre yerleri, faaliyet raporu ve gündemler üyelerimize daha sonra posta ile gönderilecektir.

Yönetim Kurulu