

# MİKRODALGA GÜRÜLTÜ ÖLÇÜMLERİ

**Şenel YARAN**  
**Cengiz YILMAZ**  
**Cem HAYIRLI**  
**Murat CELEP**  
**Yakup GÜLMEZ**

## ÖZET

Elektriksel sistemler üretim amaçlarına uygun olarak kendilerinden beklenen görevlerini gerçekleştirirken aynı zamanda istenmeden oluşan ve sistemin görevini olumsuz etkileyen bir gürültü işaretine neden olurlar. Bu gürültü işareti tüm frekans bölgelerinde rastgele oluşmakta ve bu oluşum engellenememektedir. Ana işaret düşük seviyelerde ise gürültü işaretinin varlığı sistemin performansını olumsuz yönde etkilemektedir.

Mikrodalga frekanslarında gürültü ölçümleri radyometre denilen sistemler ve referans gürültü kaynakları kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Türkiye genelinde gürültü ölçümlerinin izlenebilirliğinin ulusal standartlar üzerinden sağlanabilmesi amacıyla 26,5 GHz frekansına kadar bir radyometre kurulması konusunda çalışmalara başlanmıştır. 500 MHz – 26,5 GHz frekans aralığında gerçekleştirilen radyometre ile yapılan ölçümlerden oldukça başarılı sonuçlar alınmıştır. Bu makalede UME' de kurulma çalışmaları devam eden radyometrenin yapısı ve 500 MHz – 26,5 GHz frekans aralığındaki test sonuçları anlatılmaktadır.

## 1. GİRİŞ

RF ve mikrodalga frekans bölgesinde çalışan alıcı ve sistemler için, bir işaretin doğru olarak algılanması önemlidir. Düşük seviyeli işaretlerin söz konusu olduğu sistemlerde kullanılan devre elemanlarının ürettikleri gürültünün değerinin doğru olarak ölçülmesi için sistemin doğru olarak tasarlanması gerekir.

İletken bir yapı içerisinde bir noktadan geçen elektronlar belli zaman aralıklarında gözlemlenirse, bir sonraki zaman diliminde elektron sayısı bir önceki zaman dilimine göre, çok az da olsa değişir. Elektronların sayısındaki bu değişim gürültü olarak tanımlanır [1]. Bu gürültünün oluşmasının çeşitli nedenleri vardır. Bunlardan en çok karşılaşılanı sıcaklıktır. Sıcaklık nedeniyle oluşan gürültüye ise ısı gürültü ya da Johnson gürültüsü adı verilir. Örneğin bir direnç üzerinde oluşan gürültü, sadece direnç üzerindeki sıcaklığa bağlıdır [2].

Gürültü işareti çok küçük genlik seviyesine sahiptir. Gürültü işaretini ölçmeye yarayan sistemlere genel olarak radyometre denir [3]. Radyometre, ısı veya diğer nedenler ile oluşan gürültü işaretinin ölçümünde kullanılan ve oldukça küçük seviyelerdeki işaretleri algılayabilen bir çeşit alıcıdır [4].

Ancak bir alıcı ile radyometre arasında farklılıklar vardır. Radyometre ile bir radar alıcısının karşılaştırılması yapıldığında, radyometrenin özellikleri daha iyi anlaşılır [5, 6]. Radar tek bir frekans noktasına veya oldukça dar bir frekans bölgesine sahip işareti gönderir ve yansıyan işareti geri alır. Radyometre ise işaret göndermeden girişine gelen çok geniş bir frekans alanındaki işareti algılar. Klasik bir alıcı veya radar sisteminde giriş işareti, sistemin ürettiği gürültü değerinden daha büyüktür.

Oysa radyometrede, girişe uygulanan işaret, çoğunlukla radyometre tarafından üretilen işareten daha küçüktür. Gürültü işareti çok küçük genliğe sahip olduğu için, işareti okumak oldukça zordur.

Gürültü ölçmek amacıyla sıklıkla kullanılan iki tip radyometre vardır. Bunlar, toplam güç radyometre (total power radiometer) ve Dicke veya anahtarlamalı radyometredir [7]. Dicke radyometre geçmişte çok sık kullanılmasına rağmen duyarlılığının kötü olması nedeniyle günümüzde artık tercih edilmemektedir.

## 2. MİKRODALGA GÜRÜLTÜ GENEL KAVRAMLARI

Gürültü gücü: Bir iletken içindeki elektronlar, ortamın sıcaklığından dolayı rastgele hareket ederler. Elektronların hareketi bir akıma ve dolayısıyla iletkenin herhangi iki noktası arasında bir gerilime neden olur. Bu gerilim Nyquist tarafından Eşitlik (1)'deki gibi ifade edilmiştir [8].

$$\overline{V_n^2} = 4kTBR \quad (1)$$

Burada,

- $\overline{V_n^2}$  : Ortalama açık devre gürültü gerilimi  
 T: Sıcaklık değeri  
 R: İletkenin direnci  
 B: Sistemin bant genişliği  
 k: Boltzman sabiti ( $1,38 \times 10^{-23}$  joules/K)'dir.

Mikrodalga frekanslarındaki gürültü gücü daha yaygın olarak Eşitlik (2)'deki gibi kullanılmaktadır.

$$P = kTB \quad (2)$$

Gürültü gücü, sıcaklığa doğrudan bağlıdır ve mutlak sıcaklıkta sıfır değerine ulaşır.

Etkin gürültü sıcaklığı (effective noise temperature): Bir sistem tarafından üretilen gürültü gücüne eşdeğer gücü veren sıcaklığa etkin gürültü sıcaklığı denir.

Gürültü sayısı (noise figure): iki kapılı bir sistemin giriş ve çıkışındaki işaret - gürültü oranlarının oranı gürültü sayısı olarak isimlendirilir. Gürültü sayısı ve etkin gürültü sıcaklığı bir sistemin aynı özelliğini tanımlamasına rağmen, gürültü sayısı daha çok geleneksel alıcılar için, etkin gürültü sıcaklığı ise düşük gürültülü devre veya cihazlar için kullanılmaktadır [9].

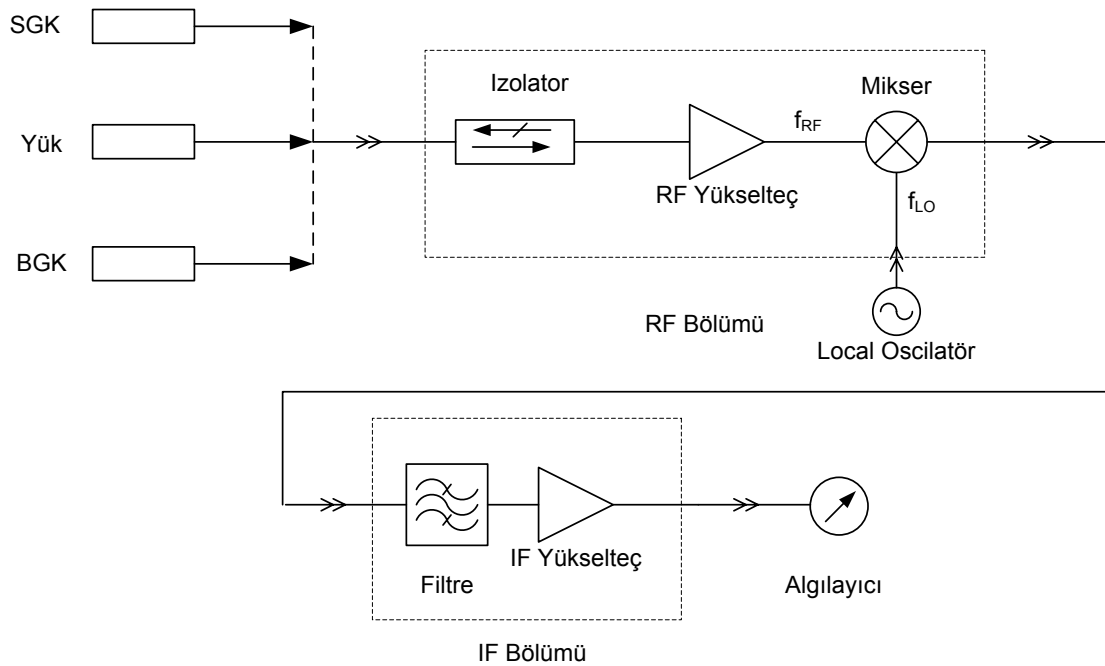
Aşırı gürültü oranı (excess noise ratio): Bir gürültü kaynağını  $T_E$  sıcaklığının, 290 K'de ( $T_0$ ) bulunan ısıl bir direnç üzerindeki gürültü değeri referans alınarak ifade edilmesine aşırı gürültü oranı (AGO) denir ve Eşitlik (3)'deki gibi ifade edilir[10].

$$AGO(\text{dB}) = 10 \log \left( \frac{T_E - T_0}{T_0} \right) \quad (3)$$

### 3. RADYOMETRE

UME'de gürültü ölçümleri yapmak amacıyla 500 MHz – 26,5 GHz frekans bandında çalışan bir radyometre tasarlanarak üretilmiştir. Radyometre, Şekil 1'de verildiği gibi RF (Radio Frequency) bölümü, IF (Intermediate Frequency) bölümü ve algılama ünitesi olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır.

Ölçülmek istenen gürültü işareti radyometrenin RF bölümü girişine uygulanır. Bu bölümde gürültü işareti yükseltildikten sonra bir mikser yardımı ile IF bölümünün frekansına indirgenir. Frekansı indirgenen gürültü işareti IF bölümünde bir güç algılayıcısı tarafından okunabilecek seviyeye yükseltilerek filtrelenir ve algılayıcı ünitenin girişine uygulanır. Yükseltilen ve filtrelenen gürültü işareti, güç algılayıcısı üzerinden okunur.



Şekil 1. Radyometre blok gösterimi

Radyometre testinde, local osilatör olarak 500 MHz – 26,5 GHz frekans aralığında çalışan bir işaret kaynağı, AGO değeri bilinen iki adet yarıiletken gürültü kaynağı ve ortam sıcaklığında bulunan bir uyumlu yük kullanılmıştır. Yarıiletken gürültü kaynaklarından bir tanesi standart gürültü kaynağı (SGK) diğeri ise, AGO değeri bilinmeyen gürültü kaynağı (BGK) olarak kabul edilmiştir.

Radyometre girişine SGK, BGK ve uyumlu yük sırası ile bağlanarak değişik frekanslarda ölçülmüştür. Ölçüm sonuçları kullanılarak BGK'ya ait etkin gürültü sıcaklığı Eşitlik (4)'deki gibi hesaplanmıştır.

$$T_x = (T_s - T_a) \frac{Y_x - 1}{Y_s - 1} + T_a \quad (4)$$

Burada,

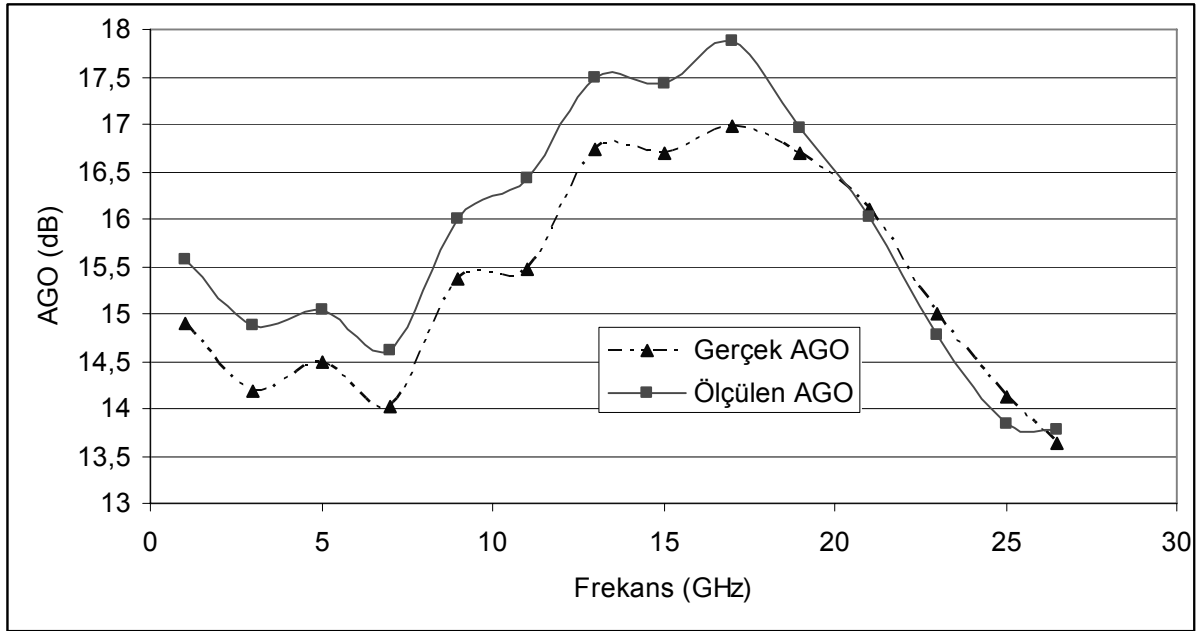
$T_s$ : SGK'ya ait etkin gürültü sıcaklığı

$T_a$ : Uyumlu yüke ait etkin gürültü sıcaklığı

$Y_x$ : BGK Y faktörü

$Y_s$ : SGK Y faktörü'dür.

BGK'ya ait AGO değeri Eşitlik (3) kullanılarak hesaplanmıştır. BGK'ya ait gerçek ve ölçüm sonucunda elde edilen AGO değerleri Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. BGK'ya ait AGO değerleri

Ölçülen AGO değeri ile gerçek AGO değeri arasındaki en büyük fark, 0,67 dB'dir. Ölçülen değerler, gerçek değerlere yakın olarak elde edilmiştir. Aynı zamanda gerçek AGO ile ölçülen AGO değerlerinin aynı karakteristiğe sahip oldukları gözlenmiştir.

## SONUÇ

Mikrodalga gürültü ölçümlerinde kullanılmak üzere UME'de 500 MHz – 26,5 GHz frekans alanına sahip bir radyometre tasarlanmış ve üretilmiştir. Radyometre ile değeri bilinen iki adet yarıiletken gürültü kaynağı kullanılarak ölçümler yapılmıştır. Sözkonusu yarıiletken gürültü kaynaklarından BGK'ya ait AGO değerleri ölçüm sonuçları kullanılarak hesaplanmış ve aynı gürültü kaynağına ait bilinen AGO değerleri ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen bu sonuçlar, radyometrenin tasarımında hedeflenen özelliklere yakın olduğunu göstermektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Schwartz, M., "Information Transmission Modulation and Noise", McGraw-Hill Inc, 157-265, 1959.
- [2] Celep M., "Ulusal RF Gürültü Standardı", URSI 3. Bilimsel Kongresi, Ankara, 6-8 Eylül 2006.
- [3] Neils Skou, "Microwave Radiometer Systems: Design and Analysis", Artech House, 8-11, 1989.
- [4] Somlo, P. I., Hollyway, D. L., "The Australian National Standards Laboratory X-Band Radiometer for the Calibration of Noise Sources", IEEE Transactions On Microwave And Techniques , 664-666, 1968.
- [5] Ulaby, F. T., Moore, R. K., Fung, A. K., "Microwave Remote Sensing Active and Passive", Artech House, Vol. I, 344-374, 1981.
- [6] Yaran, Ş., "RF Gürültü Sisteminin Kurulması", Gürültü Bilgilendirme Semineri, TÜBİTAK - Ulusal Metroloji Enstitüsü, 14 Kasım 2001.

- [7] Dicke, R. H., "The Measurement of Thermal Radiation at Microwave Frequencies", The Review of Scientific Instruments, 268-275, July 1946.
- [8] Nyquist, H., "Thermal Agitation of Electric Charge in Conductors", Physical Review, Vol. 32, 110-113, 1928.
- [9] Wells, J. S., Daywitt, W. C., Miller, C. K. S., "Measurement of Effective Temperatures of Microwave Noise Sources", IEEE Transactions On Instrumentation And Measurement, 17-28, 1964.
- [10] Bailey, A. E., "Microwave Measurement", IEE, Peter Peregrinus Ltd., 176-209, 1989.

## ÖZGEÇMİŞLER

### Şenel YARAN

1987 yılında Anadolu Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü'nden mezun olmuştur. 1988 yılına kadar Anadolu Üniversitesi Açık Öğretim Fakültesinde, 1988 – 1995 yılları arasında 1.HİBM. K.lığı Kalibrasyon Laboratuvarı'nda çalışmıştır. 1995 yılından itibaren ise Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu Ulusal Metroloji Enstitüsü'nde (TÜBİTAK-UME) RF ve Mikrodalga Laboratuvarı'nda araştırmacı olarak, RF ve mikrodalga frekanslarında güç, empedans, zayıflatma oranı ve s- parametreleri konularında çalışmaktadır. Ayrıca, RF ve mikrodalga frekanslarında gürültü ölçümlerinde kullanılmak üzere bir radyometrenin tasarlanması, üretilmesi ve gürültü ölçümleri konusunda çalışmalarını sürdürmektedir.

### Cengiz YILMAZ

1994 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi İzmir Meslek Yüksekokulu Endüstriyel elektronik bölümünden mezun olmuştur. 1996 yılından itibaren ise Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu Ulusal Metroloji Enstitüsü'nde (TÜBİTAK-UME) Özel Ölçümler laboratuvarı ve RF ve mikrodalga Laboratuvarı'nda elektronik devre tasarımı, imalatı, sıcaklık kontrol devrelerinin tasarımı, imalatı, RF ve mikrodalga frekanslarında güç, empedans, zayıflatma oranı, s- parametreleri ve gürültü konularında çalışmaktadır.

### Cem HAYIRLI

1998 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi Eğitim Fakültesi Fizik Öğretmenliği Bölümü'nden mezun olmuştur. Kocaeli Üniversitesi Fizik Ana Bilim Dalı'nda yüksek lisans derecesini almıştır. 1998 yılından itibaren Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu Ulusal Metroloji Enstitüsü'nde (TÜBİTAK-UME) RF ve Mikrodalga Laboratuvarı'nda araştırmacı olarak, RF ve mikrodalga frekanslarında güç, empedans, zayıflatma oranı ve s- parametreleri konularında çalışmaktadır.

### Murat CELEP

1994 yılında Tekirdağ Üniversitesi Tekirdağ Meslek Yüksekokulu Endüstriyel Elektronik Bölümü'nden ve 1999 yılında Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü'nde birincilikle mezun olmuştur. Kocaeli Üniversitesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda yüksek lisans derecesini almıştır. 1997 yılından itibaren Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, Ulusal Metroloji Enstitüsü'nde (TÜBİTAK-UME) RF ve Mikrodalga Laboratuvarı'nda araştırmacı olarak, RF ve mikrodalga frekanslarında güç, empedans, zayıflatma oranı, s- parametreleri ve mikrodalga gürültü konularında çalışmaktadır.

### Yakup GÜLMEZ

1969 yılı Bursa doğumludur. 1990 yılında YTÜ Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü'nü bitirmiştir. Aynı üniversitede "İşletme Yönetimi" dalında yüksek lisansını tamamlamıştır. 1993 yılından itibaren Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu bünyesinde bulunan Ulusal Metroloji Enstitüsü'nde çalışmaya başlamıştır. Ulusal Metroloji Enstitüsü'nde DC direnç, kapasitans, indüktans, AC direnç, indüktif gerilim bölücü, RF empedans, zayıflatma ve gürültü konularında çalışmaktadır. Biri SCI kapsamında olmak üzere 9 adet uluslararası, 39 ulusal yayını ve raporu mevcuttur.