

Su Buharı ve Tuzluluk Algılaması İçin Dicke Radyometresi Tasarımı

Adem Kocyigit¹, Bahattin Türetken^{2*}

¹ Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi
Elektronik ve Otomasyon Bölümü, Bilecik
adem.kocyigit@bilecik.edu.tr,

^{2*} Kocaeli Üniversitesi
Elektronik Haberleşme Mühendisliği Bölümü, Kocaeli
bahattin.turetken@kocaeli.edu.tr

Özet: *Radyometreler pasif olarak sinyallerin toplanmasını sağlayan sistemlerdir ve Dünya yüzeyindeki su buharı ve tuzluluk oranı gibi çeşitli verilerin toplanmasını sağlarlar. Bu çalışmada, Applied Wave Research (AWR) yazılımına ait Visual System Simulator (VSS) modülü kullanılarak 36.5 GHz'de ve 1000 MHz bant genişliğine sahip bir Dicke radyometresi (DR) tasarlanmıştır. Tasarlanan DR gürültüyü çok iyi bir şekilde algılayabilmiş ve 2 K algılama çözünürlüğüne erişmiştir. Tasarlanan DR daha iyi algılama ve çözünürlük için tasarlanıp gerçekleştirilebilir.*

Abstract: *Radiometers are systems that passively collect signals and provide the collection of various data such as water vapor and salinity rate on the Earth's surface. In this study, a Dicke radiometer (DR) at 36.5 GHz and 1000 MHz bandwidth was designed using the Visual System Simulator (VSS) module of the software of Applied Wave Research (AWR). The designed DR was able to detect noise very well and reached 2K detection resolution. The designed DR can be designed and implemented for better detection and resolution.*

1. Giriş

Radyometreler ışıyan bir kaynaktan enerjinin tespit edilmesini ve ölçülmesini sağlayan aygıtlar olup elektromanyetik radyasyonun algılanmasını sağlarlar [1]. Radyometreler kızılötesi, mikrodalga veya ultraviyole bölgesine duyarlı olarak üretilebilmelerine rağmen uzaktan algılama sistemlerinde mikrodalga radyometreler yaygın olarak kullanılmaktadır [2,3]. Mikrodalga radyometreler (MR) görüntüleme, hava durumu tahminleri, iklim değişikliği izleme, su buharı tespiti gibi uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır [4]. MR'ların bir simülasyon programı ile tasarlanmasının zorluğu tartışılmaktadır [5]. Bununla alakalı farklı simülasyon programları ile tasarımlar gerçekleştirilmektedir ancak bu tasarımlar yeterli sayıda değildir [6-8]. Bunun nedeni olarak tasarlanan radyometrelerin bazı elemanlarının istenilen değerlerde üretilememesi veya gerçekte karşılıklarının olmaması gösterilebilir. Bu çalışmada AWR'ın VSS modülü kullanılarak 36.5 GHz frekansında ve 1000 MHz bant genişliği olacak şekilde bir DR tasarlanmış ve sonuçlar tartışılmıştır.

2. Materyal ve Metot

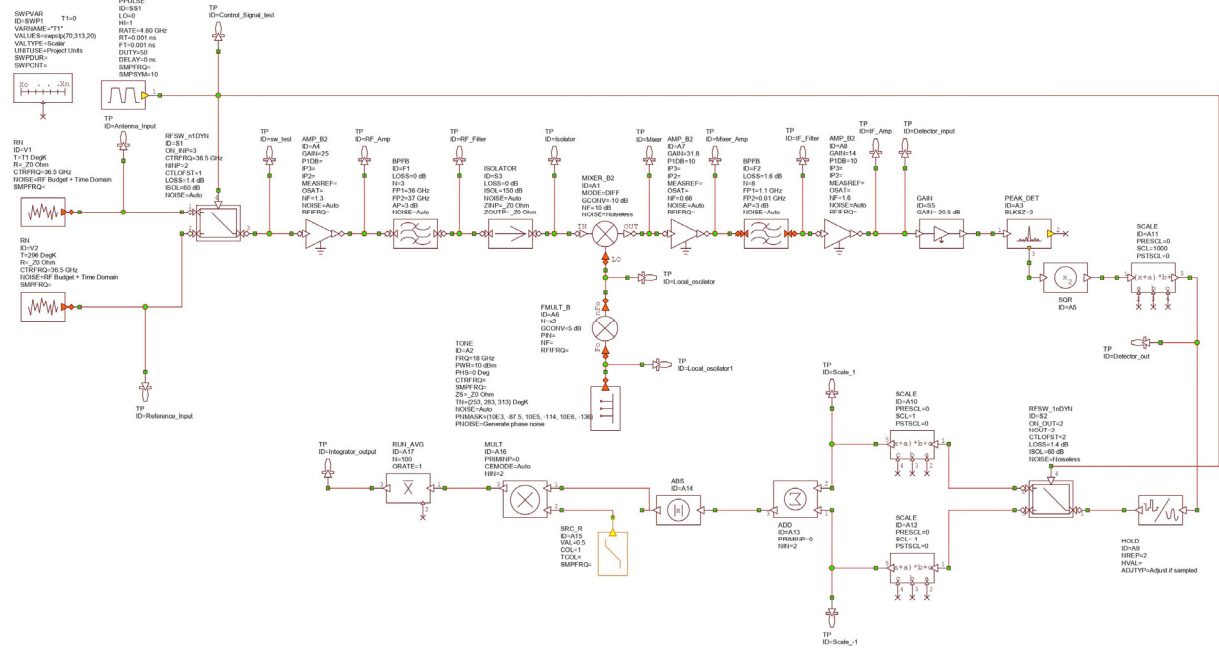
AWR yazılımına ait VSS ile 36.5 GHz'te çalışan bir Dicke MR tasarlanmıştır. Burada direnç gürültüleri (Resistor Noise) kullanılmış ve sıcaklık değerlerinin değişimi ile simülasyon yapılmıştır. VSS'te modellenen her bir elemanın karşılığı aşağıdaki Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. VSS'te kullanılan elemanların gerçek bir MR'ye karşılık adları

MR Aygıt Adı	VSS Model Adı
Yerel Osilatör	TONE
Karıştırıcı	MIXER
Karesel Dedektör	PEAK DET
Entegratör	RUN AVG
Gürültü Direnci	RN
Dicke Anahtarı	RFSW n1DYN

Burada gürültü direnci (RN) giriş sinyalinin sıcaklığa bağlı olarak değişmesini sağlamaktadır. Yerel osilatör ise karıştırıcı ile beraber sinyalin frekansının değişmesini sağlamaktadır. Burada darbe sinyalleri (PPULSE) gerek senkron demodülatörü gerek ise Dicke anahtarını kontrol etmek için sisteme eklenmiştir. Karesel dedektör sinyali algılamak için kullanılmaktadır. Bu tasarım için frekans 36.5 GHz ve bant genişliği ise 1000 MHz

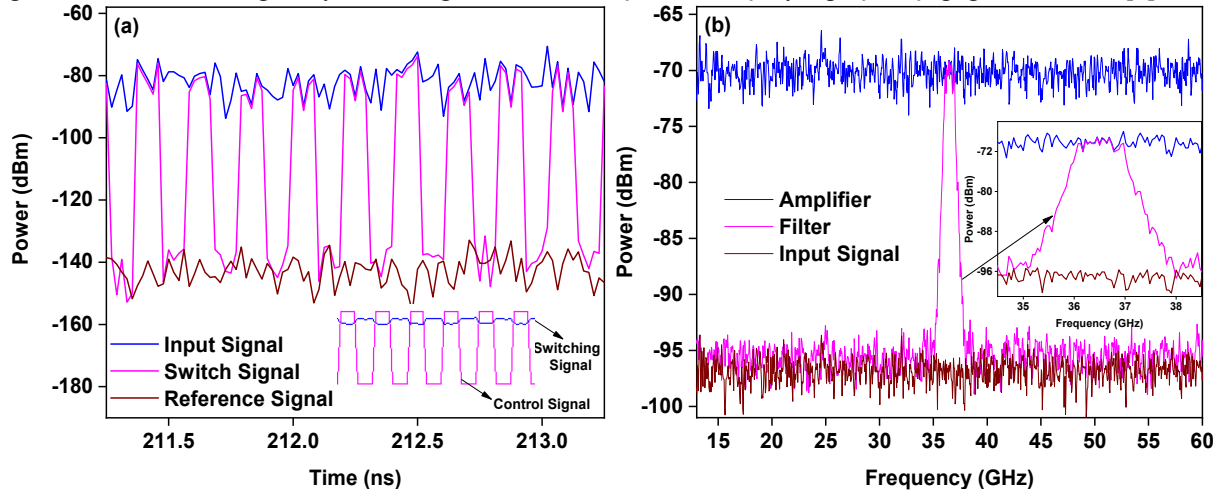
seçilmiştir. Burada iki adet RN'den biri anten sıcaklığı olarak belirlenmiş ve sıcaklığa bağlı olarak 70 K'den 310 K'e kadar 20 K aralıklar ile değiştirilmiştir. Diğeri 296 K'de referans giriş olarak sabit tutulmuştur. Şekil 1'de tasarımı yapılan sistemin yapısı gösterilmektedir. Tasarımda kullanılan düşük güç yükselticiler (LNA) ve bant geçiren filtreler (BPF) de kullanılmıştır. Şekilde verilen kare dalga dedektörü ve diğer elemanlar Walker ve ark. (2020)'ye göre tasarlanmıştır [8]. Burada kare dalga dedektörü ilgili araştırmacılar tarafından ilk kez tasarlanmıştır.



Şekil 1. Tasarımı yapılan DR'nin görünümü

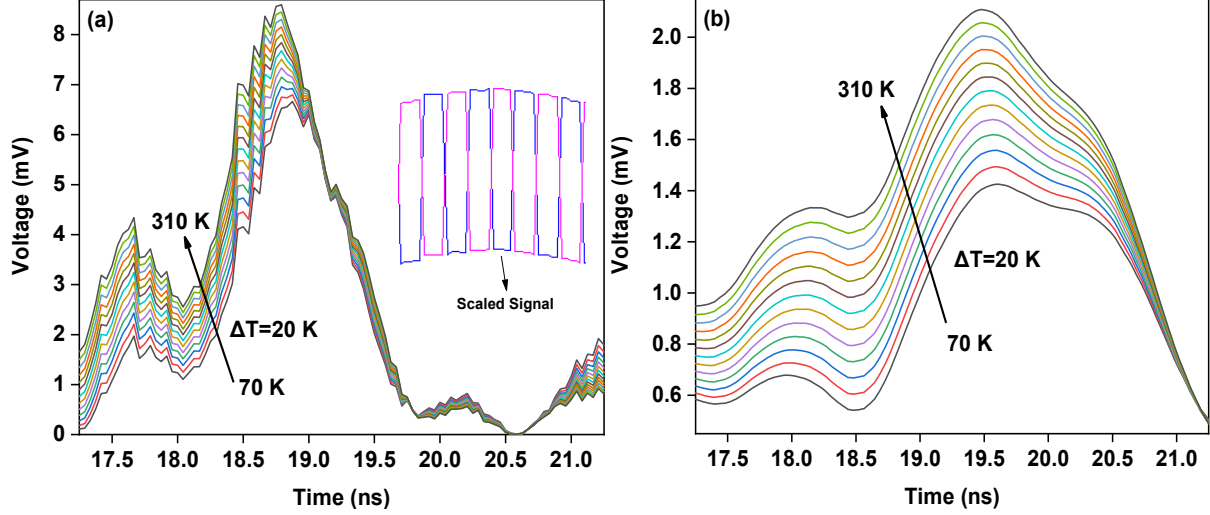
3. Bulgular ve Tartışma

Bu bölümde tasarımı yapılan DR'a ait bulgular ve bu bulgulara ait tartışma ele alınacaktır. Şekil 2a'da giriş sinyallerinin dalga formları referans değerinin 0'a yakın seçilmesi neticesinde aşağıda gösterilmiştir. Bu şekilde seçilmesinin nedeni ise sinyallerin birbirinden rahat bir şekilde ayrılmasını sağlamaktır. Ayrıca Şekil 2a'nın içerisinde kontrol sinyali ile anahtarlanmış sinyalin dalga formu net olarak gösterilmektedir. Bu anahtarlamının yapıldığını net olarak ortaya koymaktadır [9]. Şekil 2b'de ise anahtarlama işleminin sonunda elde edilen sinyal ile bu sinyalin güçlendirilmiş ve bant geçiren bir filtreye 36.5 GHz merkez frekansı için filtre edilmiş hali görülmektedir. Burada gerek yükseltme gerek filtreleme işleminin başarıyla gerçekleştiği görülmektedir [6].



Şekil 2. DR'ye ait a) giriş sinyalleri ve b) anahtar çıkışı, güçlendirilmiş ve filtre edilmiş gürültünün güç spektrumları

Şekil 3a'da ise karesel dedektörün sinyali algılayarak DC voltaja dönüştürdüğü doğrulanmaktadır [10]. Ayrıca dedektörden sonra sinyalin nasıl ölçeklendirildiği ise Şekil 3a'nın içerisinde gösterilmiştir. Şekil 3b'de ise 296 K ortam sıcaklığında değişen anten sıcaklıkları için sistemden elde edilen voltaj çıkışları gösterilmektedir. Buradan görüldüğü üzere DR'nin yaklaşık olarak 0.6 mV ile 2 mV arasına değişen voltaj çıkışı verdiği sinyal formundan gözlemlenmektedir. Burada 2 K civarında bir radyometre çözünürlüğüne ulaşılmıştır. Bu sonuç literatür ile karşılaştırılabilecek durumdur [8,11].



Şekil 3. Dicke MR'a ait a) dedektör çıkışı b) entegratör voltaj çıkışı

4. Sonuç

Bu çalışmada 36.5 GHz'de ve 1000 MHz bant genişliğine sahip bir Dicke radyometresi (DR) AWR programının VSS modülü ile tasarlanmıştır. Değişen anten giriş sıcaklıklarına karşılık çıkışlar alınmıştır. RN'nin biri 296 K referans sıcaklığı olarak seçilmiştir. Dicke anahtarının anahtarlama net olarak görülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre DR değişen anten sıcaklıklarında bile neredeyse 2 K civarında bir çözünürlüğe ulaştığı görülmüştür.

Kaynaklar

- [1] McCluney R., 2003. Radiometry and Photometry *Encyclopedia of Physical Science and Technology* (Academic Press), 731–58.
- [2] Vansteenwegen D., Ruddick K., Catrijsse A., Vanhellemont Q and Beck M 2019. The Pan-and-Tilt Hyperspectral Radiometer System (PANTHYR) for Autonomous Satellite Validation Measurements—Prototype Design and Testing *Remote Sens.* 2019, 11, 1360.
- [3] Fox N., and Green P., 2020. Traceable Radiometry Underpinning Terrestrial- and Helio-Studies (TRUTHS): An Element of a Space-Based Climate and Calibration Observatory *Remote Sens.* 2020, 12, 2400
- [4] Polívka J., 1995. Microwave radiometry and applications *Int. J. Infrared Millimeter Waves* 16 1593–672
- [5] Pascual J. P., Aja B., de la Fuente M. L., Pomposo T., and Artal E., 2005. System simulation of a differential radiometer using standard RF-microwave simulators *Simulation* 81, 735–55
- [6] León U. A., 2020 *PLANCK Satellite's Low Frequency Instrument: Study Of The Radiometers For Measuring The Cosmic Microwave Background (CMB)*
- [7] Burrage D. M., Goodberlet M. A., and Heron M. L., 2002. Simulating Passive Microwave Radiometer Designs Using Simulink *Simulation* 78 36–55
- [8] Walker S., Stander T., and de Villiers A., 2020. Simulation approach to WVRs using an RF system simulator., SPIE 11450, Modeling, Systems Engineering, and Project Management for Astronomy IX, , 11450 (SPIE)
- [9] Sugumar S. P., Krishnamurthy C .V., and Arunachalam K., 2018. Characterization of microwave dicke radiometer for non-invasive tissue thermometry *IMBioc 2018 - 2018 IEEE/MTT-S International Microwave Biomedical Conference* (Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.) 178–80.
- [10] Emery W., and Camps A., 2017. *Introduction to satellite remote sensing: Atmosphere, ocean, cryosphere and land applications* ed W Emery and A Camps (Spain: Elsevier Inc.)
- [11] Vine D. Le and Skou N., 2006. *Microwave Radiometer Systems: Design and Analysis* ed D Le Vine and N Skou (Boston, MA)