

Devetabanı ve Kauçuk Yapraklarının Nem Oranına Göre Elektriksel Özellikleri Electrical Characteristics Dependence of Monstera and Rubber Plant Leaves on Moisture Content

Yunus Emre Yörük¹, Osman Kurnaz¹, Selçuk Helhel^{1,2}, Şükrü Özen^{1,2}

¹Elektrik Elektronik Mühendisliği
Akdeniz Üniversitesi
yeyoruk@yahoo.com, osmankurnaz@gmail.com

²Endüstriyel ve Medikal Uygulamalar Mikrodalga Uygulama ve Araştırma Merkezi (EMUMAM)
selcukhelhel@akdeniz.edu.tr, sukruozen@akdeniz.edu.tr

Özet

Deve Tabanı ve Kauçuk bitkisi yapraklarının nemlilik oranına göre X-bandında geçirgenlik ve yansımaya davranışları incelenmiştir. Kurulan düzenek ile yaprağın nem oranındaki değişime bağlı ileri yönde iletim katsayısı ve ileri yönde yansımaya katsayısı parametreleri olan S_{21} ve S_{11} hesaplanmıştır. Yaprakta bulunan nem miktarına bağlı olarak dalgalı olarak değişen katsayılarından geçirgenliğin genel olarak yapraktaki su miktarı arttıkça azaldığı, yansımaya katsayısının ise genel olarak daha az değişim gösterdiği gözlenmiştir. Yansımaya, su miktarı arttıkça devetabanı için azalırken, kauçuk içinse genel olarak artış göstermiştir. Buradan hareketle, elektriksel enerjinin önemli bir kısmı yaprak içindeki su tarafından soğurulmaktadır.

Abstract

Transmittance and reflection dependence of monstera and rubber plant leaves on moisture content has been investigated at X-band. In measurement mechanism, forward transmission and forward reflection coefficients S_{21} and S_{11} have been observed with respect to the change of moisture content within the leaf. Both parameters show a fluctuating behavior with changing water content. On the other hand, in general, transmission coefficient decreases with increasing moisture content and reflection shows less changing behavior depending on water content. Reflection decreases as moisture content increases for monstera, however, it increases with increasing moisture content for rubber plant. It is deduced that considerable amount of the electrical power is absorbed within the water content of the leaves.

1. Giriş

Yapraklar ve dallar ile birlikte toplam bitki örtüsünü, elektromanyetik dalga altındaki davranışlarını inceleyen ve açıklayan birçok mikrodalga modeli mevcuttur. Literatüre kazandırılan bu modeller çoğunlukla deneysel olmakla birlikte başarılı sonuçlar elde etmişlerdir. Örneğin, 1987'de Senior ve arkadaşları [1] kadife çiçeği yaprağının kuruluk derecesine

göre kesit alanı geri yansımaları ölçümlemişler ve yassı yapraklar için sabit yalıtkan düzlemsel modelinin başarılı olduğunu göstermişlerdir. 1995'te ise Chuah ve arkadaşları [2] kauçuk ve yağ palmyesi bitkileri yapraklarının elektriksel yalıtkanlık sabitlerini nemlilik oranına göre değişimini ölçümlemişlerdir. Sonrasında Ulaby ve El-Rayes modeli ile Fung ve Fung'un basit yalıtkan teorisini elde ettikleri deneysel sonuçlara göre karşılaştırmışlardır. Ulaby ve El-Rayes'in modelinin daha başarılı sonuçlar verdiğini görmüşlerdir. Bir başka örnek olarak da 2011 yılında Şeker ve Kunter [3] çeşitli tip, boyut ve şekildeki ağaçlar üzerinde çalışarak, elektromanyetik dalgaların dikey ve yatay yayılımlarının simülasyonunu yapan ve tanımlayan teorik model geliştirdiler. Bu çalışma ile yüksek frekanslı elektromanyetik dalgaların bitki örtüsünden geçerken düşük frekanslı dalgalara göre daha fazla enerji kaybettiğini göstermişlerdir.

Bu zamana kadar yapılmış birçok çalışma olmasına rağmen daha bu konuda gidilmesi gereken çok yol vardır. Elektromanyetik dalgaların bitkilerle olan etkileşimi tam olarak bilinmemektedir ki bu sayede daha başarılı hesaplama modelleri oluşturulabilir. Bu modeller, kablosuz iletişimin her geçen gün biraz daha arttığı çağımızda çok faydalı olacaktır.

Yapraklar, elektromanyetik dalgaların yayılmasını engelleyen temel bitki bileşenleridir [1]. Bu nedenle, başlangıç noktası olarak yaprakların elektriksel geçirgenlik ve yansıtabilirliği ele alındı. Bu çalışmada, genel bir fikir vermesi bakımından yaprağı kalın ve dolayısı ile barındırdığı nem miktarı yüksek olan, aynı zamanda tropikal bölgelerde yoğun olarak bulunan bir bitki türü olan devetabanı bitkisi ile yine tropikal bölgelerde pek çok askeri ve sivil havaalanını çevreleyen ormanlarda bolca bulunan kauçuk bitkisi ele alınmıştır.

2. Geçirgenlik, Yansıtabilirlik ve Nem Hesabı

Lineer elektriksel sistemlerde giriş ve çıkış terminalleri arasındaki ilişki S parametreleri ile ifade edilir. "n" adet portlu alan devre ağı sisteminde "n²" adet S-parametresi bulunur. S_{11} , S_{12} , S_{21} ve S_{22} parametrelerine sahip basit bir 2 portlu devre ağı Şekil 1'de gösterilmiştir.

2 portlu devre ağı için ilişkiler aşağıdaki gibi yazılabilir [4,5]:

$$\begin{aligned} b_1 &= S_{11}a_1 + S_{12}a_2 \\ b_2 &= S_{21}a_1 + S_{22}a_2 \end{aligned} \quad (1)$$

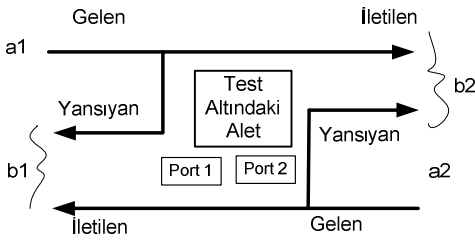
burada S_{11} ileri yönde yansıma katsayısı olarak ifade edilir ve aşağıdaki şekilde bulunur;

$$S_{11} = \frac{b_1}{a_1} \Big|_{a_2=0} \quad (2)$$

ve S_{21} ileri yönde iletim kazancı olarak ifade edilir ve aşağıdaki gibi bulunur;

$$S_{21} = \frac{b_2}{a_1} \Big|_{a_2=0} \quad (3)$$

S değerlerinin hepsinin karmaşık sayılardan oluştuğu gözden kaçırılmamalıdır.



Şekil 1: İki portlu devre ağı gösterimi.

Yaprakta bulunan yüzdesel nem oranı, Yamasaki ve Dillenburg'un [6] çalışmasında yapılan su oranı hesabına benzer bir şekilde denklem (4)'teki gibi yazılabilir:

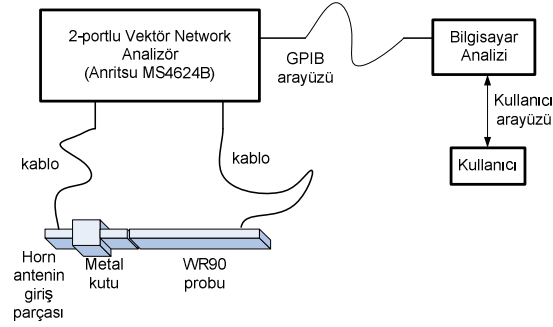
$$GNM(\%) = 100 * [(YA - KYA) / (DYA - KYA)] \quad (4)$$

Burada, GNM yüzde olarak Göreceli Nem Miktarını, YA Yaprak Ağırlığını, DYA Doyurulmuş Yaprak Ağırlığını, KYA Kuru Yaprak Ağırlığını ifade etmektedir. DYA değeri; yaprak örneğinin bir gün süreyle suyun içinde bekledikten sonra örneğin sahip olduğu ağırlığa, KYA değeri ise yaprak örneğinin daha fazla ağırlık kaybına uğramayacak seviyeye geldiği yani tamamen kuruduğu durumda örneğin sahip olduğu ağırlığa tekabül etmektedir.

3. Ölçüm Düzenegi

Ölçümler, Akdeniz Üniversitesi, Endüstriyel ve Medikal Uygulamalar Mikrodalga Uygulama ve Araştırma Merkezinde bulunan Yakın Alan Anten Ölçüm laboratuvarında yapılmıştır. Laboratuvarında bir adet 10MHz -9GHz arasında çalışabilen network analizör mevcuttur. Ayrıca, deney için tasarlanan yaprak tutucu sisteme devetabanı ve kauçuk bitkisi yaprağı yerleştirilmiştir. Yaprak tutucu basit bir alüminyum metal kutudur ve uç kısımları network analizörün portlarına bağlanmıştır. Test düzeneginin genel görünümü Şekil 2'de gösterilmiştir.

5cm x 3.5cm boyutlarında devetabanı yaprağı ile 5.5 cm x 4 cm boyutlarında kauçuk yaprağı metal yaprak tutucuya ayrı ayrı yerleştirilmek suretiyle 9 gün boyunca ölçüme tabi tutulmuştur. Kutunun uçlarından bir tanesine dikdörtgen dalga kılavuzunun açık ucu bağlıdır (WR90 probu) ve diğer uca da horn antenin dalga kılavuzuna uyum sağlayan kısmı bağlıdır.



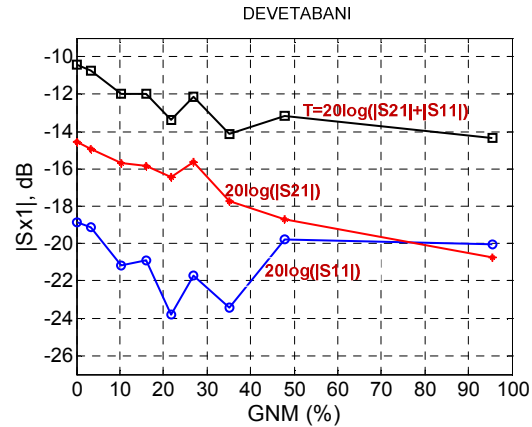
Şekil 2: Test sisteminin şematik gösterimi.

S_{21} parametresi ile iletilen elektriksel dalga ve S_{11} parametresi ile yansıyan elektriksel dalga ölçülerek yaprağın nem oranına göre değişimi incelenmiştir. Laboratuvarında bulunan ölçüm probunun sadece belli frekans aralığını desteklemesi sebebiyle deney 7 GHz ile 9 GHz frekans aralığıyla sınırlı tutulmuş ve ölçümler bu frekans bandında her 20 MHz'de bir tekrarlanmıştır. Bu prosedür 9 gün boyunca yinelenmiş ve nem oranına bağlı değişim incelenmiştir.

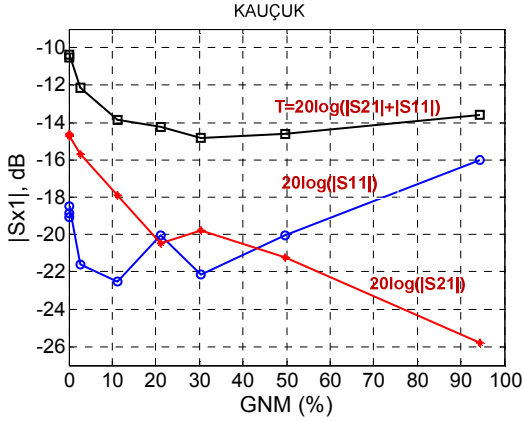
4. Sonuçlar

Deneylerin yapıldığı 9 gün boyunca devetabanı yaprağı toplam ağırlığının %77,26'sını, kauçuk yaprağı ise toplam ağırlığının %77,06'sını kuruyarak kaybetmiştir. Yansıma ve geçirgenlik katsayılarının GNM' ye göre değişimi devetabanı için Şekil 3'te, kauçuk için Şekil 4'te gösterilmiştir. Şekillerde yer alan grafikler merkez frekans olan 8 GHz'deki verilere aittir. Tüm frekans değerlerinde benzer değişim grafikleri gözlenmiş olup bu makaleye sadece 8 GHz'deki değişimler konulmuştur. Frekansa bağlı değişim grafikleri [7]'de yapılan çalışma ile benzerlik göstermekte olup, bu makaleye alınmamıştır.

Tüm frekans değerlerinde her iki yaprak için de yapraklar kurudukça geçirgenliğin arttığı gözlenmiştir. Grafiklerde görüldüğü üzere, 9 günlük sürenin sonunda devetabanı yaprağı için geçirgenlik katsayısının ilk günde ölçülen geçirgenliğin 2.04 katına ulaştığı ve dolayısıyla arada 6dB'lik fark oluştuğu gözlenmiştir. Diğer taraftan, söz konusu değişim kauçuk yaprağı için 10.9dB'lik farka tekabül eden 3.52 kat olarak ölçülmüştür.



Şekil 3: Devetabanı yaprağı için nem oranına göre geçirgenlik, yansıma ve toplamın değişimi.



Şekil 4: Kauçuk yaprağı için nem oranına göre geçirgenlik, yansımaya ve toplamın değişimi.

Yansımaya katsayısına ait değişimin ise biraz daha farklı olduğu gözlenmiştir. Genel itibarıyla dalgalı bir seyir sahip olan yansımaya katsayısının, ilk ve son gün ölçümleri arasındaki fark açısından incelendiğinde devetabanı için yaprak kurudukça az miktarda artarken kauçuk için yaprak kurudukça azaldığı görülmektedir. Şekil 3'te görülebildiği gibi, devetabanına ait ilk ve son gündeki yansımaya katsayıları arasında 1.21dB'lik fark (rakamsal olarak 1.15 kat) bulunmaktadır. Bu fark kauçuk içinse, Şekil 4'te görülebildiği üzere, -2.47dB (rakamsal olarak 0.75 kat) olarak ölçülmüştür.

Şekil 3 ve Şekil 4'te "T" ile gösterilen ve her iki katsayının toplamını ifade eden değer GNM'ye göre değişimi incelendiğinde, T parametresinin devetabanı için dalgalı olarak kauçuk için ise parabolik olarak değiştiği gözlenmiştir. Diğer taraftan, ilk ve son günler arasındaki fark açısından incelendiğinde, her iki yaprak için de yaprak kurudukça T'nin arttığı görülmektedir.

Gerek T parametresindeki değişim incelendiğinde, gerekse geçirgenlik katsayısındaki değişim oranının her iki yaprak için de yansımaya katsayısındaki değişim oranına göre daha büyük olması göz önünde bulundurulduğunda, elektriksel enerjinin önemli bir kısmının yaprak içinde bulunan su tarafından soğurulduğu sonucu çıkarılabilir. Bu durumda, bir bölgedeki bitki örtüsünün elektromanyetik saçılım özelliklerinin incelenmesinde mevsimsel farklılıkların önemli rol oynadığı görülmektedir.

Gelecek çalışma olarak, daha farklı yaprak türlerinin de incelenmesini müteakiben, ikinci basamak olarak bitkinin diğer temel bileşeni olan gövde için de benzer çalışmalar yapılacaktır. Son aşamada tek bir bitkinin tamamı için (tam yansımaz oda içerisinde) benzer çalışmalar yürütülerek, bulgular arasında ilinti kurulacaktır. Grubun nihai hedefi ise, ormanlık alanlarda yapılan dalga yayılım modelleme çalışmaları ile bu çalışmayı birleştirmektir.

5. Kaynaklar

- [1] Senior, T.B.A., Sarabandi, K. ve Ulaby, F.T., "Measuring and Modeling the Backscattering cross section of a leaf," *Radio Science*, vol.22, no.6, pp.1109-1116, Nov. 1987.
- [2] Chuah, H.T., Lee, K.Y. ve Lau, T.W., "Dielectric Constants of Rubber and Oil Palm Leaf Samples at X-Band", *IEEE Trans. Geosci. and Rem. Sens.*, vol.33, no.1, pp.221-223, Jan. 1995.

- [3] Şeker, S. ve Kunter, F.C., "Multi-Components Mobile Propagation Model of Park Environment", *IEEE Trans. Magnetics*, vol. 47, pp. 1494-1497, May 2011.
- [4] Riad, T. ve Jing, Q., "A Nonlinear S-parameters Behavioral Model for RF LNAs", in *2010 2nd Asia Symposium on Quality Electronic Design*, Aug. 3-4, 2010, Paper DOI: 10.1109/ASQED.2010.5548227.
- [5] Pozar, D.M., *Microwave Engineering*, Third Edition, Ch.4, John Wiley & Sons Inc., USA, 2005.
- [6] Yamasaki, S. ve Dillenburger, L.R., "Measurements of leaf relative water content in araucaria angustifolia", *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 11(2):69-75, 1999.
- [7] Kurnaz, O., Yoruk, Y.E. ve Helhel, S., "Electrical Characteristics Dependence of Monstera Leaf on Moisture Content", in *PIERS Progress In Electromagnetics Research Symposium*, Moscow, Russia, Aug. 19-23, 2012, pp. 653-655.