



PVC SU BORULARININ İÇİNDEKİ SU SEVİYESİNİN MİKRO ŞERİT DİPOL ANTENLER İLE TESPİT EDİLMESİ

Ömer KASAR*

Artvin Çoruh Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Artvin, Türkiye

Anahtar Kelimeler	Öz
<i>Mikro-Şerit Dipol Anten, Su Seviyesi Tespiti, PVC Boru, Doluluk Oranı.</i>	Bu çalışmada PVC su borularındaki su seviyesini tespit edebilecek bir RF güç iletim düzeneği oluşturulmuştur. Tasarlanan iki mikro şerit dipol anten, bir RF güç alıcı - vericisi olarak kullanılmıştır. Antenler $f_0 = 2,45$ GHz ISM bandında çalışmak üzere tasarlanmıştır. PVC su borularının içerisindeki suyun seviyesini, su ile görsel bir temas olmadan ve boruya fiziksel bir müdahalede bulunmadan tespit etmenin çok az yolu vardır. Bu çalışmada saf suyun elektrik geçirgenliğinin, havanınkinden yaklaşık 80 kat daha fazla olmasından yararlanarak boru içindeki suyun doluluk oranına göre iletim katsayısı belirlenmiştir. Boru içerisindeki su miktarı arttığında iletim katsayısı değişimi tespit edilmiştir. Benzetim programından ve ölçümden elde edilen iletim katsayısı değerlerine göre, boru kesitindeki suyun miktarı belirlenmiştir. PVC Boru içerisindeki su miktarının %0, %20, %50, %80 ve %100 değerleri için iletim katsayısının yaklaşık -20 dB ile -60 dB arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Tasarlanan düzenek, boru içindeki su miktarının doğrusal karakteristikte tespit edilebilmesine olanak sağlamaktadır.

DETERMINING THE WATER LEVEL IN PVC WATER PIPES WITH MICRO-STRIP DIPOLE ANTENNAS

Keywords	Abstract
<i>Micro-Strip Dipol Antenna, Water Level Detection, PVC Pipe, Fill Rate.</i>	In this study, a power transmission setup was created to detect the water level in PVC water pipes. The two identical micro-strip dipole antennas designed were used as an RF transceiver system. The antennas were designed for the $f_0 = 2.45$ GHz ISM band. In this study, the transmission coefficients were determined according to the filling ratios of the water in the pipe by making use of the fact that the permittivity of distilled water is approximately 80 times higher than that of air. When the amount of water in the pipe increases, the changes of the transmission coefficient were determined. Thus, the water level in the pipe section can be determined according to the transmission coefficient values obtained from the simulation and measurement. It was observed that the transmission coefficient varies between -20 dB and -60 dB for 0%, 20%, 50%, 80% and 100% of the water in the PVC Pipe. The designed setup allows the water level in the pipe to be determined in a linear characteristic.

Alıntı / Cite

Kasar, Ö., (2020). PVC Su Borularının İçindeki Su Seviyesinin Mikro Şerit Dipol Antenler ile Tespit Edilmesi, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 8(4), 1165-1169.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

Ö. Kasar, 0000-0003-1859-5236

Makale Süreci / Article Process

Başvuru Tarihi / Submission Date	08.10.2020
Kabul Tarihi / Accepted Date	01.11.2020
Yayın Tarihi / Published Date	25.12.2020

1. Giriş (Introduction)

Radio frekanslarında (RF) frekanslarda suyun dielektrik geçirgenlik katsayısı havanınkinden yaklaşık 80 kat daha yüksektir. Bu yöntemden faydalanarak, PVC (Polyvinyl Chloride) su borularının içindeki su seviyesi arttıkça boru içindeki ortamın elektromanyetik özelliklerinin değişeceği söylenebilir (Callister, 2005). Su seviyesine bağlı olarak boru içindeki ortamın etkin dielektrik geçirgenliğinin artacağından boru kesiti boyunca elektromanyetik dalgaların iletimi değişiklik gösterecektir.

Yatay haldeki bir borunun içinden geçen su miktarını, boruya fiziksel bir müdahalede bulunmadan tespit etmenin pek az yolu vardır (Chahadih vd., 2015). Literatürdeki örnekler; alıcı verici şeklindeki sistemlerin daha etkin nasıl

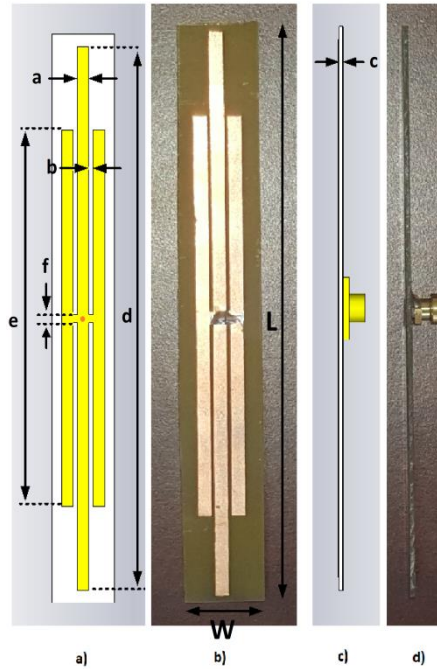
* İlgili yazar / Corresponding author: omerkasar@artvin.edu.tr, +90-505-400-33-77

kullanabileceği noktasındaki çalışmaların sürdüğünü göstermektedir (da Mota vd., 2018; de Lima Ávila vd., 2015; Zarifi vd., 2016). Bunlar gibi az sayıdaki çalışma, boru içerisindeki su miktarının tespiti için radyo frekansları, akustik çözümler ve sensör örneklerinden ve biyomedikal uygulamalarından bahsedilebilir (Chahadih vd., 2015; Chretiennot vd., 2012; da Mota vd., 2018; de Lima Ávila vd., 2015; GÖZEL vd., 2019; Tayyab vd., 2017; Zarifi vd., 2016; Zhang vd., 2019). Bu değişimden yola çıkılarak, birbiri ile eş iki mikro şerit dipol anten tasarlanmıştır (Balanis, 2005; Kasar, 2015). Antenler PVC borunun boyutları bilinen bir plastik su borusunun etrafına yatay yerleştirilerek dipol antenler yerleştirilerek borunun içindeki su miktarı belirlenmeye çalışılmıştır. Vektör Network Analizörü ile iki anten arasındaki borunun iletim parametresi (S_{21}) ölçülmüştür. Su miktarı değişimine göre iletimdeki değişim gözlenmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde dipol antenlerin tasarımı ve boyutları anlatılmıştır. Antenlerin PVC boru üzerinde uygulanmasından ve su yüzdesine göre borudaki suyun yüksekliğinin hesaplanmasından bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde, antenlerin geri dönüş kaybı ve düzeneğin iletim katsayısı verilmiştir. Boru içindeki su miktarının değişimine göre iletim katsayısı-frekans ve iletim katsayısı-doluluk analizleri yapılmıştır. Son bölümde de çalışmanın önemi ve özgünlüğü vurgulanmıştır.

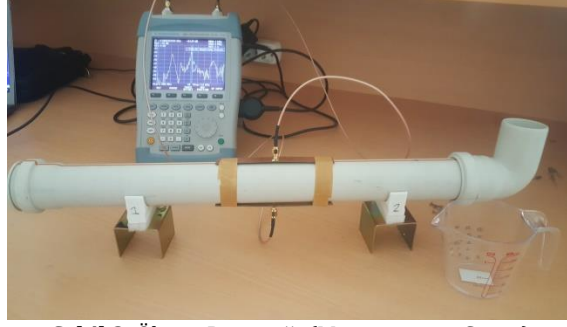
2. Dipol Anten Tasarımı ve Ölçüm Düzeneği (Dipol Antenna Design and Measurement Setup)

Dipol anten, mikro-şerit yapılı ve arka toprak (ground) kısmı bakır kaplı FR4 alttaş malzemesinden imal edilmiştir. FR4 malzemesinin elektriksel geçirgenliği $\epsilon_{FR4} = 4,3$ ve kayıp tanjantı $\tan \delta = 0,025$ 'dir. FR4 alttaş malzemesinin, üstündeki mikro şerit anten ve altındaki toprak kısmında $t = 0,035$ mm bakır kaplıdır. Mikro-şerit anten yapısı, biri ortada uzun ve ikisi de yanlarda biraz daha kısa olan üç şeritten oluşmaktadır. Antenin tam ortasında SMA konnektörün bağlandığı lehim deliği bulunmaktadır. Böylelikle gelen besleme ucu, boru ile temas etmeden antenin arkasından koaksiyel kabloya bağlanmıştır. $f_0 = 2,45$ GHz ISM bandında tasarlanan antenlerin yapısı ve boyutları Şekil 1'de verilmiştir. Antenin boyutları $a=3$ mm, $b=1$ mm, $c=1,5$ mm, $d=130$ mm, $e=90$ mm, $f=2$ mm, $L=140$ mm ve $W=18$ mm'dir.



Şekil 1. Benzetim ve gerçekleştirilen dipol antenlerin önden ve yandan görünüşü (Front and side view of simulated and manufactured dipole antennas)

Dipol antenler, dış çapı 50 mm olan PVC su borusunun etrafına, arada mesafe kalmayacak şekilde yerleştirilmiştir. Düzenek bu yönüyle bir yakın alan probu görevi görmüşlerdir. Antenler ve ölçüm düzeneği CST MWS elektromanyetik benzetim programında tasarlanmıştır. Gerçekleştirilen deney düzeneği de Rohde Schwarz FSH6 spektrum/network analizörü ile analiz edilmiştir. Tasarlanan antenler boruya paralel olacak şekilde biri üstünde biri de altında konumlandırılmıştır. Böylelikle su seviyesi arttıkça boru içerisindeki suya gönderilen elektromanyetik dalganın genlik değişiminin daha, doğrusal olarak tespit edileceği değerlendirilmiştir. Şekil 2'de deney düzeneğinin gerçekleştirilmiş hali görülmektedir.



Şekil 2. Ölçüm Düzeneği (Measurement Setup)

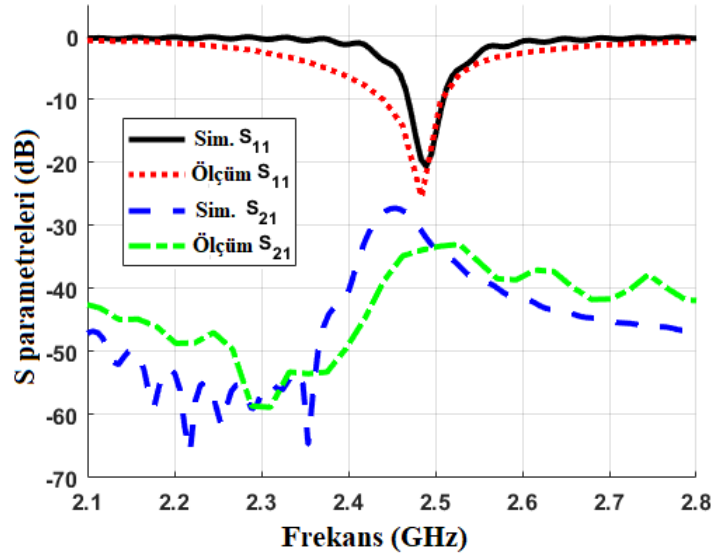
Borunun dış yarıçapı 25 mm ve iç yarıçapı da 23 mm'dir. PVC borunun dielektrik geçirgenlik katsayısı $\epsilon_{PVC} = 2,8$ 'dir. Benzetim programında tasarlarken, su yüksekliğinin, kesit alanı üzerinden hesaplanması için 'silindirik tank dolum problemine' başvurulmuştur (Weisstein, 2020). Suyun kesitinde kapladığı alanın hesaplaması (1)'e göre yapılmıştır.

$$A = R_w^2 \cos^{-1} \left(\frac{R_w - h}{R_w} \right) - (R_w - h) \sqrt{2R_w h - h^2} \quad (1)$$

burada, A borudaki suyun kesit alanını, R_w borunun iç yarıçapını ve h ise borudaki su yüksekliğini temsil etmektedir. Boru içindeki su miktarını ölçmede en belirleyici etken suyun dielektrik geçirgenlik katsayısıdır ($\epsilon_{su} = 79,4$). Su miktarı arttıkça boru içindeki hava ($\epsilon_{hava} = 1$), yerini suya bırakmıştır. Böylelikle seçilen bir frekansta iletim parametresinin değişimi gözlemlenmiştir

3. Deneysel Sonuçlar (Experimental Results)

Birbirine eş iki antenin karşılıklı konumlandırılmasıyla oluşan güç iletim ortamında, antenlerin geri dönüş kaybı (S_{11}) yaklaşık olarak 2,45 GHz frekansında -10 dB'nin altına düşmüştür. Aynı frekanslarda da iletim katsayısı (S_{21}) de en yüksek değeri almıştır. Şekil 3'te eş antenlerin geri dönüş kayıpları ve iletim katsayıları frekansa göre çizdirilmiştir.

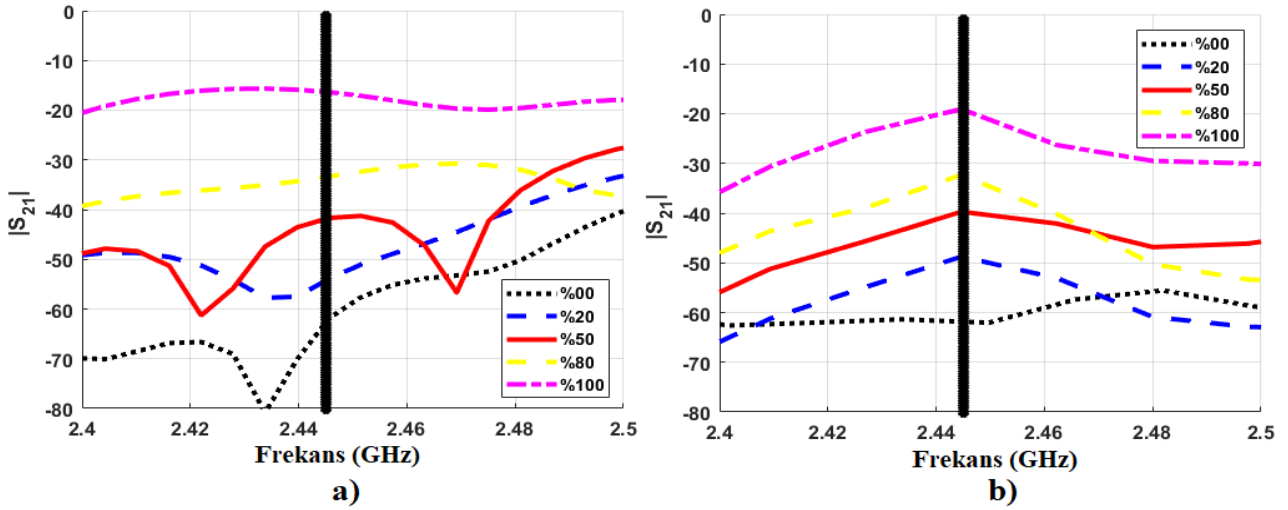


Şekil 3. Dipol antenlerin geri dönüş kaybı ve iletim parametreleri (Return Loss and Transmission coefficient of Dipol antennas)

Borunun içerisine farklı yüzdelerde su konulduğunda iletim katsayısındaki değişim gözlemlenmiştir. %0, %20, %50 %80 ve %100 değerleri için su seviyesi arttıkça iletim katsayısının arttığı görülmüştür. Şekil 4a'da benzetim programında elde edilen iletim karakteristiği görülmektedir. İletim katsayısı, farklı yüzdelerde frekans bandı boyunca doğrusal olmayan bir karakter sergilemektedir. Fakat seçilen yüzdelerde, grafikte (siyah dikey çizgi ile) işaretlenen bir f_0' frekansında, su miktarı arttıkça iletim katsayısının arttığı tespit edilmiştir.

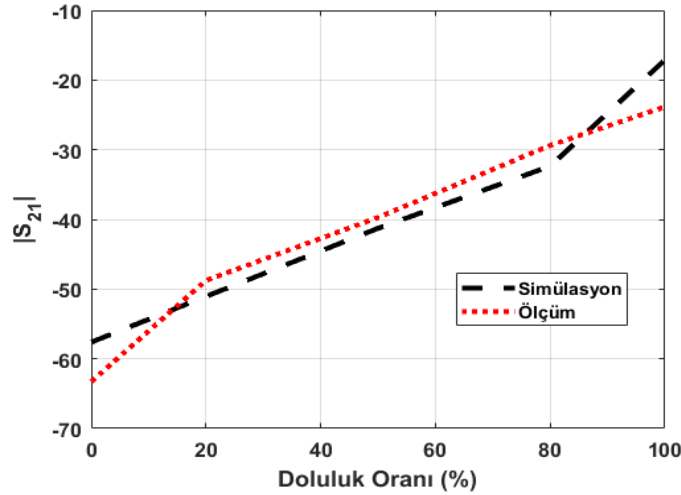
İletim katsayısının artışı; boru içindeki etkin dielektrik ortamın, anten rezonans frekansını değiştirmesi olarak yorumlanmaktadır. Elde edilen benzetim sonuçları ölçüm düzeneğinde test edilmiştir. Şekil 4b'de PVC boru

üzerindeki güç iletim katsayısının ölçüm sonuçları verilmiştir. Yine f_0' frekansında aynı seçilen yüzde doluluk oranları için aynı doğrusalık elde edilmiştir.



Şekil 4. PVC boru üzerindeki iletim katsayısının a) benzetim ve b) ölçüm sonuçları (Transmission Coefficient on PVC pipe a) simulation b) measurement)

İletim katsayısının, ölçüm ve benzetim programında doğrusalık gösterdiği noktalar aynı zamanda Şekil 5'in üzerinde işaretlenen noktalar $f_0' = f_{benzetim} = f_{ölçüm} = 2,445$ GHz frekansına aittir. Şekil 5'te borunun içindeki doluluk oranlarına göre iletim katsayısı (S_{21}) ölçüm ve benzetim olarak üst üste çizdirilmiştir. Belirlenen frekansta, ölçüm ve benzetimin örtüşmesi, yapılan işlemin başarısını göstermektedir.



Şekil 5. İletim Katsayısı - Doluluk Oranı (Transmission coefficient vs. Fill Ratio)

4. Değerlendirme (Conclusion)

Bu çalışmada PVC su borularındaki su seviyesini tespit edebilecek bir iletim düzeneği oluşturulmuştur. Tasarlanan iki eş mikro şerit dipol anten, bir RF alıcı – verici sistem olarak kullanılmıştır. Antenler $f_0 = 2,45$ GHz ISM bandında tasarlanmıştır.

Suyun elektrik geçirgenliğinin, havanınkinden yaklaşık 80 kat daha fazla olmasından yararlanarak boru içindeki suyun doluluk oranına göre iletim katsayısı belirlenmiştir. Su seviyesi arttığında iletim katsayısı değişimi tespit edilmiştir. Böylelikle benzetim programından ve ölçümden elde edilen iletim katsayısı değerlerine göre boru kesitindeki suyun miktarı belirlenebilmiştir.

Tasarlanan düzenek, su ile görsel bir temas olmadan boru içindeki su miktarının tespit edilebilmesine olanak sağlamaktadır. Önerilen anten tasarımı ve deney düzeneği, farklı tiplerde ve kalınlıklardaki dielektrik borular için geliştirilebilir. Bu çalışma, RF devreler ile plastik borulardaki su miktarını ölçebilecek yöntemlerin geliştirmeye açık olduğunu göstermektedir.

Teşekkür (Acknowledgement)

Bu çalışma, Artvin Çoruh Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (AÇÜ-BAP) tarafından 2019.F14.02.01 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir.

Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)

Yazar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir. No conflict of interest was declared by the author.

Kaynaklar (References)

- Balanis, C. A. (2005). *Antenna theory, analysis and design* (3rd ed.). New York, USA, Wiley.
- Callister, W. D. (2005). *Fundamentals of materials science and engineering* (2 ed. Vol. 471660817), Wiley London.
- Chahadih, A., Cresson, P. Y., Hamouda, Z., Gu, S., Mismar, C., Lasri, T. (2015). Microwave/microfluidic sensor fabricated on a flexible kapton substrate for complex permittivity characterization of liquids. *Sensors and Actuators A: Physical*, 229, 128-135.
- Chretiennot, T., Dubuc, D., Grenier, K. (2012). A microwave and microfluidic planar resonator for efficient and accurate complex permittivity characterization of aqueous solutions. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 61(2), 972-978.
- da Mota, F. R. M., Pagano, D. J., Stasiak, M. E. J. I. S. J. (2018). Water Volume Fraction Estimation in Two-Phase Flow Based on Electrical Capacitance Tomometry. *18*(16), 6822-6835.
- de Lima Ávila, H. E., Pagano, D. J., de Sousa, F. R. J. F. M., Instrumentation. (2015). Improving the performance of an RF resonant cavity water-cut meter using an impedance matching network. *43*, 14-22.
- GÖZEL, M., Kasar, Ö., Kahrıman, M. (2019). 868 MHz UHF bandında H-şeklinde katlanmış implant mikroşerit dipol anten tasarımı. *DÜMF Mühendislik Dergisi*, 10(3), 797-806.
- Kasar, O. (2015). *Numerical and Experimental Analysis on Real Impedance Matching Techniques for Rectangular and Circular Shaped Patch Antennas*. Master of Science, Suleyman Demirel University, Isparta.
- Tayyab, M., Sharawi, M. S., Al-Sarkhi, A. J. I. S. J. (2017). A radio frequency sensor array for dielectric constant estimation of multiphase oil flow in pipelines. *17*(18), 5900-5907.
- Weisstein, E. W. (2020). Quarter-Tank Problem. Erişim Tarihi 19.04.2020), adres <https://mathworld.wolfram.com/Quarter-TankProblem.html>
- Zarifi, M. H., Rahimi, M., Daneshmand, M., Thundat, T. (2016). Microwave ring resonator-based non-contact interface sensor for oil sands applications. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 224, 632-639.
- Zhang, K., Amineh, R. K., Dong, Z., Nadler, D. (2019). *A Microwave Sensor Array for Water Quality Testing*. Paper presented at the 2019 IEEE 20th Wireless and Microwave Technology Conference (WAMICON).