

# Devre Benzeri (DB) Radar Sönümleyici Yapı (RSY) Uygulamaları

Egemen YILDIRIM<sup>+</sup>, Özlem AYDIN ÇİVİ<sup>+</sup>, Mehmet Erim İNAL<sup>\*</sup>

+ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü  
Ankara, Türkiye

\*ASELSAN  
Radar, Elektronik Harp ve İstihbarat Sistemleri Grup Başkanlığı  
Ankara, Türkiye

[eyildirim@aselsan.com.tr](mailto:eyildirim@aselsan.com.tr), [inal@aselsan.com.tr](mailto:inal@aselsan.com.tr), [ozlem@metu.edu.tr](mailto:ozlem@metu.edu.tr)

**Özet:** Bu makalede, “Devre Benzeri” (DB) Radar Sönümleyici Yapılar (RSY) örnek alınarak, belirli kayıplı Frekans Seçici Yüzey (FSY) tipleri kullanılmış ve Genetik Algoritma (GA) ile iyileştirme yapılarak geniş bantlı ve çok katmanlı RSY tasarım yöntemi anlatılmıştır. Periyodik yapıların yansıtıcılık ve geçirgenlik analizleri için geliştirilen nümerik kodlar, önerilen tasarım yöntemi ile birleştirilerek MATLAB ortamında çalışan kompakt bir tasarım aracı oluşturulmuştur. Geliştirilen kodlar kullanılarak farklı frekans bantlarında çalışan, farklı sayıda katmanlara sahip sönümleyici yapılar tasarlanmış ve sönümleme karakteristikleri gösterilmiştir. Tasarlanan yapıların performansı farklı geliş açıları için incelenmiş, eğik geliş açıları için yansıtma karakteristiğinin bantın üst kısımlarında bozulduğu gözlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler** – Devre Benzeri RSY (Radar Sönümleyici Yapı), FSY (Frekans Seçici Yüzey), birim hücre (“unit cell”), Genetik Algoritma (GA), Yüzey Empedansı, FDTD (Finite Difference Time Domain)

## I. GİRİŞ

Literatürde birçok radar sönümleyici yapı tipi bulunmaktadır. Genel olarak bu yapılar ‘Salisbury’ ekranları, ‘Dallenbach’ katmanları, yüklü yüksek empedans yüzeyleri, DB sönümleyiciler, manyetik sönümleyiciler başlıkları altında toplanabilir, [1]-[6]. Bu çalışmada, kayıplı FSY yapıları kullanılarak çok katmanlı ve geniş bantlı sönümleyici tasarım yöntemi anlatılmıştır.

Genel olarak, bahsi geçen yapılar, çalışma bantının darlığı, yapının kalın ve/veya ağır olması gibi dezavantajlara sahiptir. Bu bildiride tasarım yöntemi kısaca özetlendikten sonra örnek bir tasarım üzerinden yansıma karakteristiğinin geliş açısıyla nasıl değiştiği sunulmuş ve tartışılmıştır.

## II. TASARIM YÖNTEMİ

Bu makalede önerilen tasarım yöntemi DB RSY’ların tasarım yöntemine benzemektedir. Diğer sönümleyicilerde olduğu gibi, önerilen yapı da, sönümleme karakteristiğinin çevre koşullarından etkilenmemesi için arka tarafta metal bir plakaya sahiptir. Yansımanın azaltılması, üzerinde periyodik olarak yerleştirilmiş kayıplı frekans seçici yapıları ihtiva eden, belirli aralıklarla dizilmiş yüzeyler tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu kayıplı yüzeyler arasındaki mesafe devre benzeri sönümleyicilerde olduğu gibi merkez frekanstaki serbest uzay dalga boyunun 4’te birine eşit değildir. Çalışma bandı içinde rezonans özelliği gösteren yapılar yerine, endüktif/kapasitif empedansa sahip yüzeyler kullanılmaktadır. Bu sayede, devre benzeri sönümleyicilerde olduğu gibi, bir noktadan görülen herhangi bir reel empedansın çeyrek dalga boyu mesafe boyunca dönüştürülme ihtiyacı ortadan kalkmış olmaktadır.

Kayıplı yüzeylerin yapısal karakteristikleri ile birlikte, ilgili yüzeyler arası mesafelerin belirlenmesi GA ve geliştirilen FDTD kodları kullanılarak gerçekleştirilmektedir.

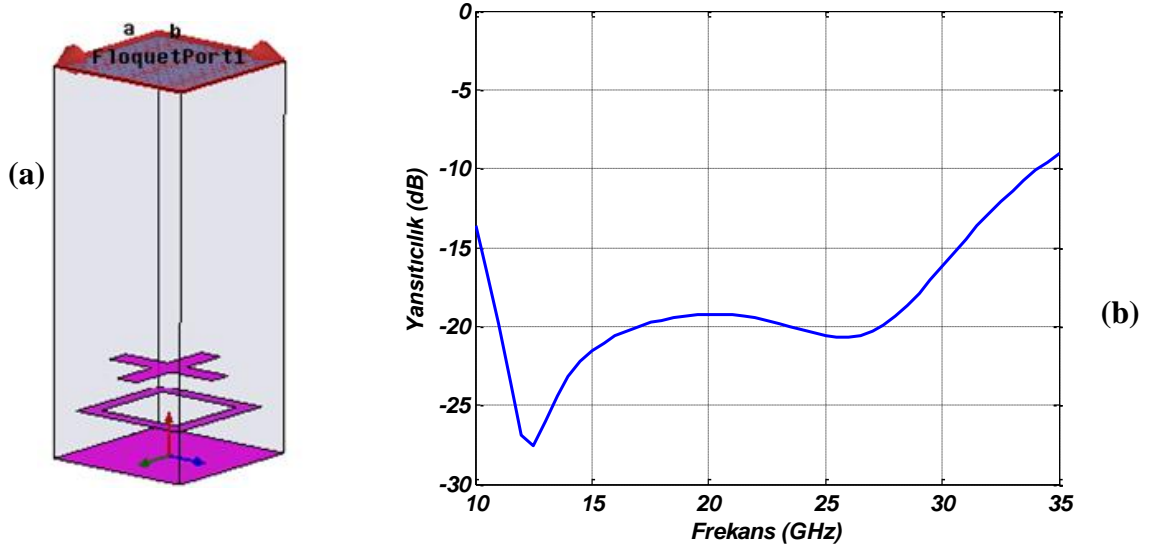
Tasarım süreci beş temel adımdan oluşmaktadır:

- Tasarıma girdi olacak parametrelerin belirlenmesi,
- Aday FSY tiplerinin karakterizasyonu,
- Eşdeğer devre modelleri kullanılarak GA ile tasarım ve iyileştirme,
- Uygun yüzey dirençlerinin belirlenmesi,

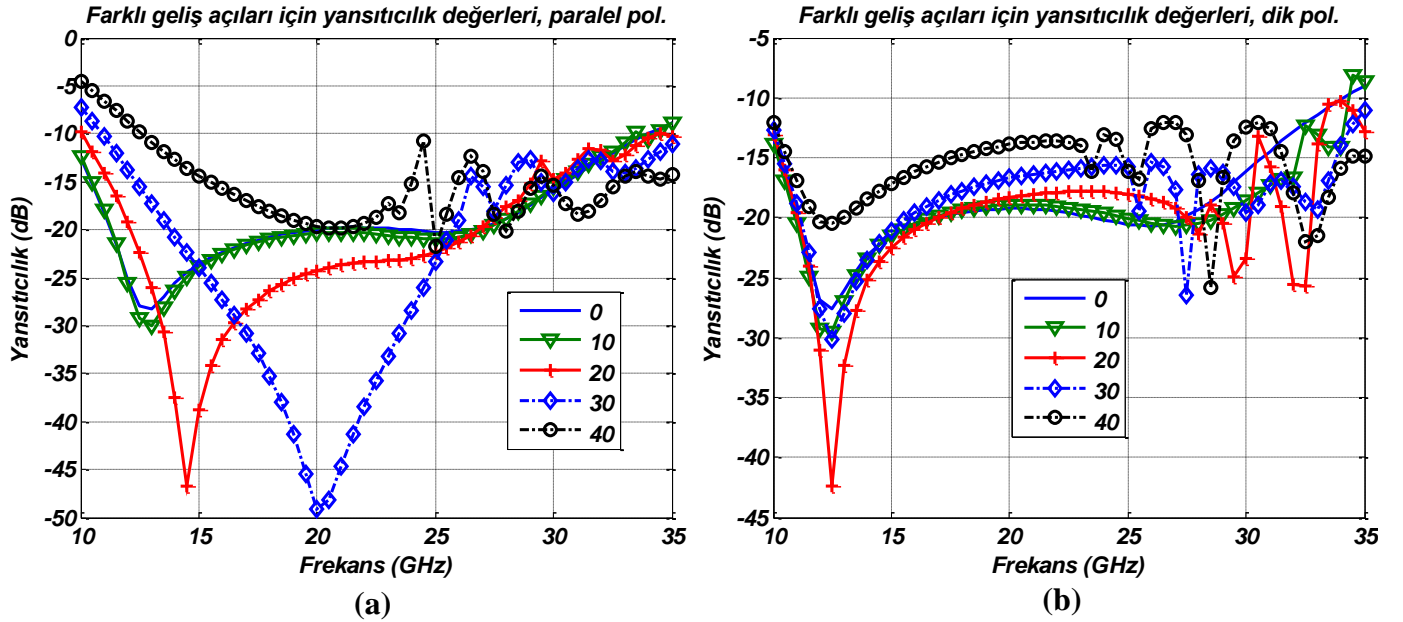
- Kayıplı katmanlar arası öngörülemeyen etkileşimlerin bozucu etkilerini gidermek için bütün yapı üzerinden yapılan optimizasyon.

### III. ÖRNEK TASARIMLAR

Önerilen tasarım metodu kullanılarak ilk olarak X, Ku ve Ka bantlarında çalışan, 2 katmandan oluşan ve katmanlar arası aralayıcı olarak havanın kullanıldığı toplam 4.8mm kalınlığında sönümleyici bir yapı tasarlanmıştır. Bu yapıda farklı katmanlarda, tasarım çıktısı olarak halka ve artı şeklinde yama gibi FSY yapılarının kullanımı uygun görülmüştür. Doğrulama için kullanılan sonuçlar Ansoft firmasının HFSS programı kullanılarak elde edilmiştir [7]. Tasarlanan yapının HFSS modeli ve yansıtıcılık değerleri sırası ile Şekil 1(a) ve Şekil 1(b)'de gösterilmiştir.



Şekil 1: Tasarlanan 2 katmanlı yapıya ait: (a) HFSS modeli, (b) bant içi yansıtıcılık değeri



Şekil 2: Tasarlanan 2 katmanlı yapının farklı geliş açıları durumunda benzetim ortamında elde edilen yansıtıcılık değerleri:

(a) paralel polarizasyon, (b) dik polarizasyon

Tasarlanan yapının dik ve paralel polarizasyon durumlarında farklı geliş açıları için HFSS ortamında elde edilen yansıtıcılık değerleri Şekil 2’de gösterilmiştir. Şekillerden görüldüğü gibi geliş açısı büyüdükçe bandın üst kısmında yansıtıcılık değerleri bir salınım yapmakta ve istenen değerin üstüne çıkmaktadır. Yapının periyodu 8 mm olduğundan, 35 GHz’deki serbest uzay dalgaboyunun 0.93 katına eşittir, bir diğer deyişle periyod minimum dalgaboyundan küçük olarak seçilmiştir. Dik geliş açısı durumu düşünüldüğünde bu periyotla istenen performans elde edilmektedir. Fakat, geliş açısı büyüdükçe, yüksek frekanslarda yüksek dereceli modlar oluşmakta, yüksek dereceli modlar da yansıtma ve soğurma performansını değiştirmekte ve verilen grafiklerde görünen salınımlara yol açmaktadır. Tasarım yapılırken farklı geliş açıları da düşünülerek parametreler belirlenmelidir.

## V. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada, herhangi bir FSY tipi kullanılarak, herhangi sayıda katmana sahip RSY yapıları geliştirilen tasarım yöntemiyle tasarlanmıştır. HFSS programı ile yapılan karşılaştırmalar sonucu geliştirilen nümerik kodların güvenilirlikleri ortaya konulmuştur. Önerilen yöntem ile tasarlanan örnek bir yapı üzerinde yansıma karakteristiğinin geliş açısına göre performansı incelenmiştir. Eğik geliş açıları için yansıtma karakteristiğinin bandın üst kısımlarında bozulduğu gözlenmiştir.

Tasarlanan RSY yapıları için üretim ve ölçüm sonuçları kongrede sunulup tartışılacaktır.

## V. KAYNAKÇA

- [1] B. A. Munk, Frequency Selective Surfaces – Theory and Design, John Wiley & Sons, New York, 2000.
- [2] L. J. Du Toit, “The design of Jaumann Absorbers,” IEEE Antennas Propag. Mag., vol. 36, no. 6, pp. 17-25, 1994.
- [3] R. L. Fante, M. T. McCormack, T. D. Syst, and M. A. Wilmington, “Reflection properties of the Salisbury Screen,” IEEE Trans. Antennas Propag., vol. 36, no. 10, pp. 1443-1451, 1998.
- [4] Fabrice Linot, Xavier Begaud, Michel Soiron, Christian Renard, and Miche’le Labeyrie, “Characterization of a loaded high impedance surface,” International Journal of Microwave and Wireless Technologies, vol. 1, no. 6, pp. 483-487, 2009.
- [5] Pul Saville, “Review of Radar Absorbing Materials,” Defence R&D Canada, Technical Memorandum, DRDC Atlantic TM 2005-003, January 2005.
- [6] B. Munk, P. Munk, J. Prior, “On Designing Jaumann and Circuit Analog Absorbers (CA Absorbers) for Oblique Angle of Incidence,” IEEE Trans. On Antennas and Propagation, vol. 55, no. 1, pp. 186-193, 2007.
- [7] The homepage of Ansoft Corporation, <http://www.ansoft.com/>.