

Özel 3 Saplmalı Yapılar ile Baz İstasyonu Antenlerinin Verimlerinin Arttırılması

Enis Kobal, Şimşek Demir, Mehmet Ünlü*
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Ankara
ekobal@metu.edu.tr, simsek@metu.edu.tr

*Yıldırım Beyazıt Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Ankara
munlu@ybu.edu.tr

Özet: Bu makale baz istasyonu antenlerinin geri dönüş kayıplarını azaltarak verimlerini arttırmayı hedefleyen yeni bir yöntem önermektedir. Önerilen yapıda en az kontrolle tasarlanan ve yeterli empedans uyumlama özelliği olan özel 3 saplmalı yapı kullanılmıştır. Önerilen yöntemin empedans uyumla kabiliyetini gösterebilmek için Laird firması tarafından üretilen FG4703 baz istasyonu anteni sunulan tasarım yönteminin başlangıç noktasını oluşturmak üzere seçilmiştir. Seçilen antenin üretici firma tarafından sadece geri dönüş kayıpları büyüklük cinsinden, 9,5 dB, paylaşıldığı için Smith Çizelgesi üzerindeki bu geri dönüş kaybını simgeleyen sabit ρ çemberi üzerinde temsili 40 nokta seçilmiştir. Bu makalede seçilen temsili 40 noktanın sadece 9 kontrol ile geri dönüş kayıplarının 20 dB'den daha iyi bir noktaya çekilebildiği ve buna bağlı olarak antenlerin verimlerinin yaklaşık %10 arttırılabildiği gösterilmiştir.

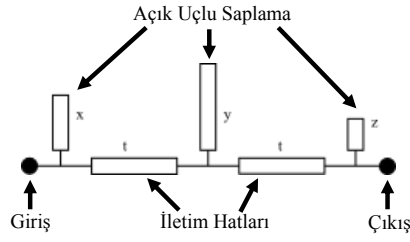
Abstract: This paper presents a method to improve the efficiency of the antennas by decreasing the return loss. In the suggested structure a dedicated triple stub tuner is utilized which has minimum number of control bits and have sufficient impedance tuning property. In order to demonstrate the capability of the method, a realistic antenna, FG4703 base station antenna fabricated by Laird, is chosen for the starting point of the presented design. Impedance measurement results of the antenna are only given as magnitude of the return loss, which is 9.5 dB. For this reason 40 representative impedances on the constant ρ circle of the Smith Chart. In this paper, it is shown that with only 9 control bits return loss can be converted to a value better than 20 dB which indicates improvement of efficiency by about 10%.

1. Giriş

Kablosuz iletişim devrelerinde güç yükselticilerin ve düşük gürültülü yükselticilerin çıkış kapılarının gördükleri empedans kararlı bir operasyon için çok önemlidir [1]. Bu yüzden sirkülatörler devrenin geri kalan bileşenlerine sabit bir empedans gösterdikleri için sıkça kullanılmaktadırlar. Bu sayede transfer edilen güç en az kayıba uğratılmış olmaktadır. Bir başka deyişle de sistemin verimi arttırılmaktadır.

Bu makalede baz istasyonu antenlerinin geri dönüş kayıpları 20 dB'den daha iyi bir noktaya getirmek için Şekil 1'de gösterilen 3 saplmalı yapı tasarımı anlatılmaktadır. Önerilen yapı herhangi bir anten uygulamasına sistemin verimini arttırmak için uyarlanabilmektedir; ama sistemin ve tasarımın geçerliliğinin kanıtlanabilmesi için Laird firması tarafından üretilen FG4703 baz istasyonu anteni [2] seçilmiştir. Seçilen antenin giriş empedans ölçümleri üretici firma tarafından paylaşılmamıştır; fakat antenin veri sayfasında antenin geri dönüş kaybı 9,5 dB olarak verilmiştir. Genel bir tasarım için 50 Ω 'luk bir sistemde 9,5 dB geri dönüş kaybına sahip 40 temsili empedans seçilip bu empedansları geri dönüş kaybı 20 dB'den daha iyi olan empedanslara uyumlayan saplama uzunluklarını hesaplayan MATLAB kodu geliştirilmiştir. Tasarım boyunca frekans 470 MHz'de sabit tutulmuştur.

3 saplmalı devre topolojileri geleneksel 2 saplmalı faz kaydırıcıların geliştirilmiş halidir. Bu yapılar teorik olarak herhangi bir empedansı herhangi bir başka empedansa sonsuz saplama uzunlukları varyasyonu ile uyumlayabilme özelliğine sahiptir [3]. 3 saplmalı yapıları empedans uyumlayıcı olarak kullanmak yeni bir görüş değildir; daha önce 30 kontrol ile Smith Çizelgesi üzerinde geniş bir alandaki empedansların birbirine uyumlanabildiği ispat



Şekil 1. 3 saplamalı yapının şematik gösterimi. Şekilde x, y, z ve t ile gösterilenler saplamaların uzunluğudur.

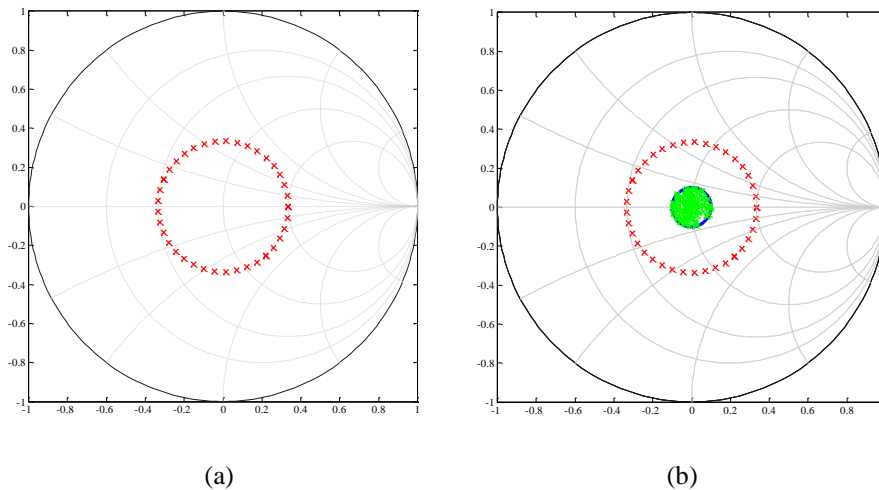
edilmiştir [4]; fakat gündelik bir uygulamada bu kadar çok kontrolün olması tasarımı uygulanabilir olmaktan çıkarmaktadır. Literatürde daha az kontrol kullanan örnekler mevcuttur [5-6]; fakat hiçbirini bu makalede önerilen tasarım kadar verim artışı sağlayamamaktadır. Sözü geçen tasarım beklenen sonuçlara göre sadece 9 kontrol ile FG4703 baz istasyonu anteninin verimini yaklaşık %10 arttırmaktadır.

Bu çalışma genel olarak baz istasyonu antenlerine odaklanmıştır; ama bu makalede bahsedilen 3 saplamalı yapı tasarımı herhangi bir başka verim artırma durumuna adapte edilebilir.

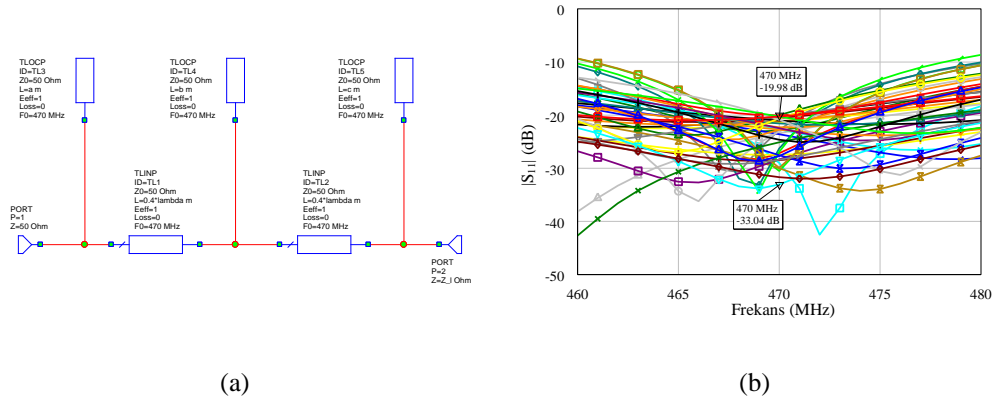
Bu makalenin ilerleyen kısımlarında 3 saplamalı yapının tasarımı detaylıca incelenecektir.

2. 3 Saplamalı Yapının Tasarımı

Şekil 1'de gösterilen 3 saplamalı yapının tasarımı için MATLAB kodu geliştirilmiştir. Bahsi geçen kod Şekil 2 (a)'da da gösterilen geri dönüş kaybı 9,5 dB olan temsili 40 empedans değeri oluşturmakla başlamaktadır. Teorik olarak bu empedansları 50 Ω 'luk sistemde geri dönüş kaybı 20 dB'den daha iyi olan herhangi bir başka empedansa uyumlayan sonsuz saplama uzunluğu varyasyonu bulunmaktadır [2]; fakat uygulanabilir bir tasarım için minimum kontrol sayısı hedeflenmiştir. Bu amaç için yinelemeli yöntem kullanılmıştır: kullanıcı tarafından belirlenen aralıklar ile 180°'lik bir sektör geliştirilen kod aracılığı ile taranıp uygun saplama uzunlukları bulunmaktadır. Şekil 1'de t ile gösterilen saplamalar arasındaki uzunluklar kodu hızlandırabilmek için $0.4 \times \lambda_0$ olarak sabit tutulmuştur. Bu uzunluk kontrol için kullanılacak PIN diyotlar ve bu diyotları kontrol edecek devrelerin boyutları göz önüne alınarak seçilmiştir. Bütün tarama adımları için tüm sistemin ABCD parametreleri hesaplanıp hesaplanan ABCD parametrelerinden de genel sistemin beklenen geriye dönüş kaybı hesaplanmaktadır. Eğer hesaplanan geri dönüş kaybı 20 dB'den daha iyi ise bu duruma denk gelen saplama uzunlukları bir matris içerisinde saklanmaktadır. Bütün çözüm uzayı tarandıktan sonra, saklanan saplama uzunlukları işlenip en çok tekrar eden uzunluklar bulunmaktadır. Geliştirilen kodun sonucuna göre her saplamada 3 kontrol olacak şekilde



Şekil 2. (a) 9,5 dB geri dönüş kaybına sahip temsili 40 empedans değerinin Smith Çizelgesi'nde gösterimi (kırmızı çarpılar) ve (b) MATLAB kodu sonucunda bulunan saplama uzunlukları ile geri dönüş kaybı 20 dB'den daha iyi olan noktalar (yeşil çarpılar).



Şekil 3. (a) 3lü saplamannın devre şeması ve (b) bu devre yapısı ile seçilen 9 kontrol kullanılarak uyumlanan temsili 40 empedansın beklenen yeni geri dönüş kayıpları.

toplamda 9 kontrol ile iletilen gücün %88,9'dan %99.02'ye yükseltilebileceği görülmüştür. Şekil 2 (b)'de seçilen 9 kontrol ile temsili 40 empedansın geri dönüş kaybı 20 dB'den daha iyi olan empedanslara uyumlanmış halleri yeşil çarpılar ile gösterilmiştir.

MATLAB kodu sonucunda bulunan saplama uzunluklarının doğruluğundan emin olmak adına 3lü saplamalı devre yapısı NI AWR Microwave Office programında test edilmiştir. Şekil 3 (b)'de bu testin sonuçları paylaşılmıştır. En kötü durumda beklenen geri dönüş kaybı 19,98 dB'dir.

3. Sonuç

Makalede anlatılan çalışma ile geri dönüş kaybı iyileştirilmesi ve buna bağlı olarak iletilen gücün en yüksek seviyeye getirilmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla 3 saplamalı devre yapısı kullanılmıştır; çünkü teorik olarak 3 saplamalı devre yapısı ile Smith Çizelgesi üzerindeki herhangi bir empedans yine Smith Çizelgesi üzerindeki herhangi başka bir empedansa sonsuz saplama uzunluğu varyasyonu ile uyumlanabilmektedir. Uygulanabilir bir tasarım için Laird firması tarafından üretilen FG4703 baz istasyonu anteni seçilmiştir. Daha sonra geliştirilen bir MATLAB kodu ile bu baz istasyonu ile aynı geri dönüş kaybına sahip temsili empedans değerleri yaratılıp bu empedans değerlerini geri dönüş kaybı 20 dB'den daha iyi olan empedans değerlerine dönüştürecek saplama uzunlukları kullanıcı tarafından belirlenen aralıklarla Smith Çizelgesi'nin 180°'lik kısmında aranmıştır. Kodun verdiği sonuçlara göre 9 kontrol ile iletilen gücün %88,9'dan %99.02'ye yükseltilebileceği görülmüştür. Bu tasarım literatürdeki çoğu tasarımdan daha az kontrol içermektedir.

Makalede bahsedilen yapı sadece baz istasyonu antenleri ile sınırlı değildir. İstenildiği durumda en yüksek verimle güç transferi gerektiren başka anten uygulamaları için de kullanılabilir.

Kaynaklar

- [1]. S. C. Cripps, "Power amplifier bias circuit design," RF Power Amplifiers for Wireless Communicaitons, Boston: Artech House, 2006, s. 338-343
- [2]. "Dispatch base station antennas", Laird. [Online]. Ulaşılabilir: <http://www.lairdtech.com/products/category/658>. [Bakıldı: Ocak 3, 2015]
- [3]. A. A. R. Townsend, "The smith chart and its applications", Technologico de Costa Rica-Electronics Engineering School. [Online]. Ulaşılabilir: <http://www.ie.itcr.ac.cr/acotoc/Ingenieria/TEM%20II/Material%20Vario/Single-Double-Triple-Stub.pdf>. [Bakıldı: Şubat 5, 2015]
- [4]. M. Unlu, Novel impedance tuner, phase shifter and vector modulators using RF MEMS technology. Doktora tezi, ODTÜ, Elektrik-Elektronik Müh. Böl., Ankara, Türkiye, 2009
- [5]. T. Vaha-Heikila, J. Varis, J. Tuovinen ve G. M. Rebeiz, "W-band RF MEMS double and triple-stub impedance tuners," Proc. IEEE Int. Microwave Symp., Long Beach, CA, Amerika, Haziran 2005, s.12-17
- [6]. M. Unlu, K. Topallı ve H. I. Atasoy. "A reconfigurable RF MEMS triple stub impedance matching network" Proc. 36th European Microwave Conf., Mançester, BK, Eylül 2006, s.1370-1373