

ULTRA GENİŞ BANT, YÜKSEK GÜÇLÜ RF GÜÇ YÜKSELTECİ

Necip Şahan¹, M.Erim İnal¹, Canan Toker², Şimşek Demir²

¹ASELSAN, Macunköy, Ankara

nsahan@aselsan.com.tr, inal@aselsan.com.tr

²Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Ankara

ctoker@eee.metu.edu.tr, simsek@metu.edu.tr

Özet: Gelişen yarı iletken teknolojiyle günümüzde tüplü güç yükselteçlerle karşılaştırılabilir güç seviyelerine ulaşmak mümkün olurken, yarı iletkenlerle tüplü sistemlere oranla daha verimli ve daha doğrusal güç yükselteçleri gerçekleştirilebilmektedir. Muhtelif kullanım alanları bulunan geniş bantlı güç yükselteçlerinde yüksek güç seviyelerine ulaşmak için, birden fazla özdeş doğrusal güç yükselteç devresinin çıkış güçleri güç birleştiriciler kullanılarak toplanır. Bu tip güç birleştiricileri eşksenel kablolarla gerçekleştirilir. Doğrusal güç yükselteç gerçekleştirilmede genellikle it-çek tipi topolojiler kullanılır. İt-çek topolojilerinin temel devre elemanı olan dengeli ve/veya dengesiz empedans uyumlama devrelerinde geniş bantlı iletim hattı empedans çeviricileri kullanılabilir. Geniş bantlı güç yükselteçlerinin tasarım süreçleri içerisinde en ağırlıklı bölüm yükselteçlerin kararlı hale getirilmesi olmaktadır.

1. Giriş

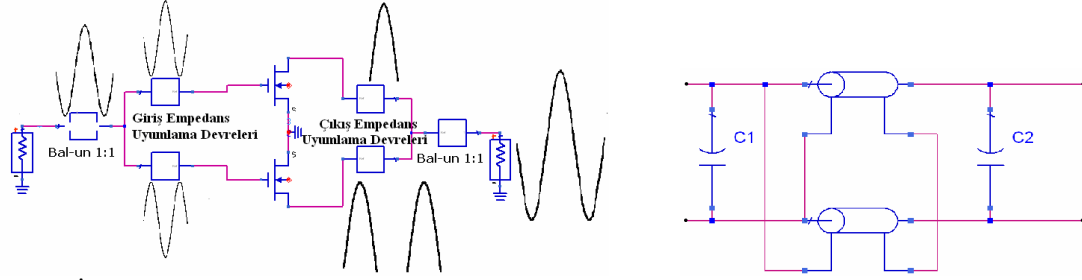
HF/VHF/UHF frekans bantlarında geniş bantlı yarı iletken güç yükselteçlerin çıkış gücü seviyesini arttırmak için her bir güç yükselteç çıkışındaki güç seviyeleri, geniş bantta eşksenel kablolar kullanarak gerçekleştirilen güç birleştirici yapılarıyla kolaylıkla toplanabilir. Bu çalışma kapsamında 20-320 MHz frekans aralığında 100W çıkış gücüne sahip doğrusal bir yarı iletken güç yükselteç ile yüksek güç seviyelerinin elde edilebilmesi için gerekli 4-kollu bir güç birleştirici devresinin tasarım ve gerçekleştirilmesi anlatılmaktadır.

2. RF Güç Yükselteç ve Güç Birleştirici Tasarımı

20-320 MHz frekans aralığında 100 W güç seviyesinde doğrusal güç yükseltecinin frekans bandının genişletilmesi ve güç seviyesinin yükseltilmesi amacıyla, iki adet AB-sınıfı beslenen silikon tabanlı güç MOSFET tipi yükselteç it-çek yapıda çalıştırılmıştır. İt-çek tipi güç yükselteç topolojisi, A-sınıf yükselteçlere oranla daha fazla verimlilik sağlamak ve B-sınıf tekil yükselteçlere oranla daha fazla doğrusallık sağlamaktadırlar [1], [2], [3]. İt-çek topolojisine sahip yükselteçlerde ayrıca, çift dereceli harmonik seviyeleri düşük olmaktadır [3]. İt-çek yapısına sahip bir yükselteç devresinin işlevsel blok şeması Şekil-1'de verilmiştir. Blok şemada, girişte bulunan 1:1 bal-un (dengeli-dengesiz çevirici) yapısı giriş sinyalini genlikleri eşit ve fazları ise, 180° faz farkına sahip iki sinyale böler. Giriş empedans uyumlama devresinden geçen sinyaller, besleme noktaları giriş sinyallerin sadece pozitif parçasını geçirecek şekilde (B-sınıf) ayarlanmış transistörlerin kapı (gate) terminallerinden girer. Akaç (drain) terminalinden çıkan 180° faz farkına sahip yükseltilmiş sinyaller çıkış devresi empedans uyumlama devresinden geçerek, girişte kullanılan 1:1 bal-un yapısına benzer yapı ile, tekrar 180° faz farkı kazanarak birleştirilir ve çıkışta eş fazlı toplanması sağlanır. Böylelikle, çıkışta elde edilen işaret girişten verilen sürücü işaretine özdeş ancak, belirli bir miktar yükseltilmiş halidir. Çıkışta elde edilen işaretin girişteki işarete özdeş olma derecesi, başka bir deyişle yükseltecin doğrusallığı, her iki koldaki faz ve genlik dengesizliklerinden kaynaklanan vektörel hataların büyüklüğü ile orantılıdır. Her bir koldaki faz ve genlik dengesizlikleri, geniş bantlı bal-un uyumlama devrelerinin kolları arasındaki vektörel dengesizlikler ile güç transistörlerinin özdeş olmamasından kaynaklanmaktadır.

Bal-un, tasarımında kollar arasında tüm frekans bandı boyunca eş genlik ve 180° faz farkı sağlanmasına dikkat edilmelidir [5]. Giriş bal-un devresinde 50Ω karakteristik empedansı olan eşksenel kablo, çift delikli nüve ($\mu_r=100$) üzerine iki tur sarılmıştır. Çıkış bal-un'u ise aynı yapıda olup, kullanılan malzemeler yüksek güç altında çalışabilecek şekilde seçilmiştir. Giriş ve çıkış empedanslarının 20-320 MHz frekans bandında uyumlanması için 4:1 bal-bal (dengeli-dengeli) yapıları kullanılmıştır [5]. Transistörlerin görmesi gereken giriş empedansı bant boyunca yaklaşık 3-j1.5 Ω dolayındadır. Devrenin kazancı üzerinde çok etkili olan giriş uyumlama devresi olarak 4:1 bal-bal yapısı eşksenel kablolarla ($Z_0=25\Omega$) gerçekleştirilmiştir. Transistörlerin girişinde seri olarak bağlanan 3Ω dirençler empedans uyulmasına katkıda bulunmak ve devrenin kararlılığını arttırmak için kullanılmıştır. Ayrıca, Şekil 1'de verilen 4:1 bal-bal eşdeğer devre şemasında gösterildiği gibi, dengeli hatlar arasında kondansatörler kullanılmıştır. Kondansatörlerin kullanım amacı, 4:1 bal-bal yapısındaki manyetik

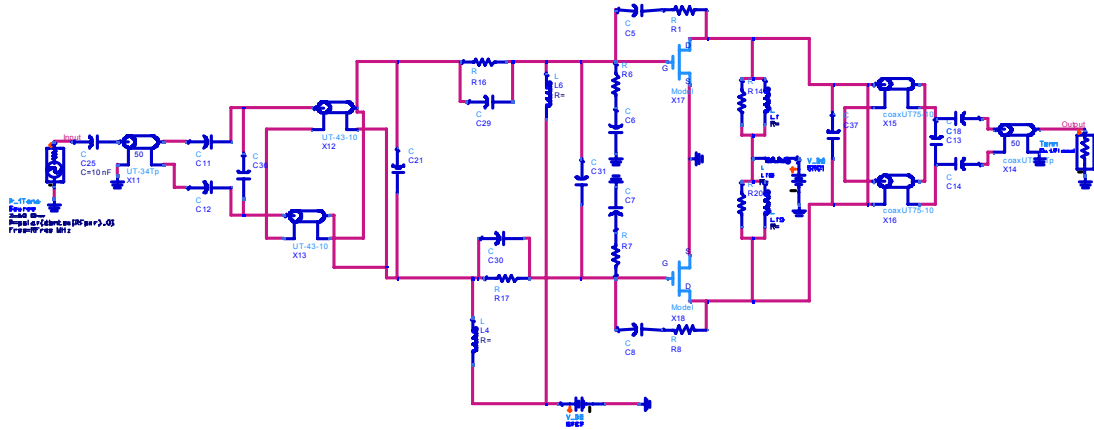
nüveye sarılı eşksenel kablolardan gelen endüktans etkisinden faydalanılarak empedans uyumlamasını arttıracak bir Π -uyumlama devresi oluşturmaktır.



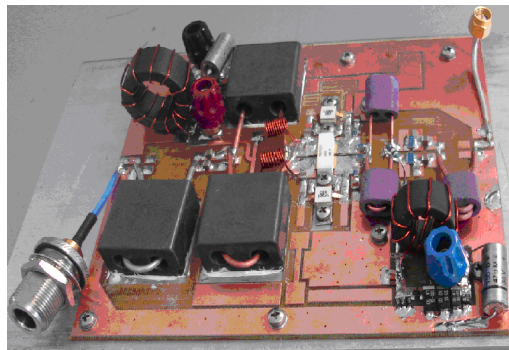
Şekil 1. İt-çek tipi güç yükselteç yapısı ve empedans uyulamada kullanılan 4:1 bal-bal ve Π yapısı.

Devrenin kararlılığını arttırmak için kapı (gate) terminaline yapılan rezistif yüklemeye dışında, akaç (drain) ve kapı (gate) terminaleri arasında bir RC geri besleme devresi yerleştirilmiştir. Devrenin çıkış empedanslarının uyumlanması, elde edilebilecek güç seviyesini belirlemektedir. ($P_o = \frac{(V_{DD} - V_{sat})^2}{R_L}$). Bant boyunca istenilen

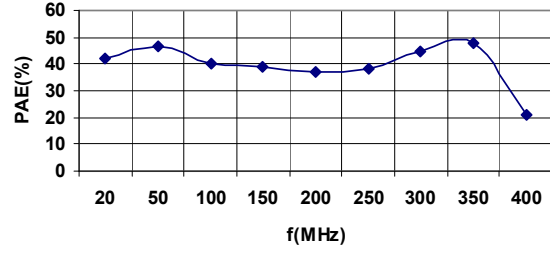
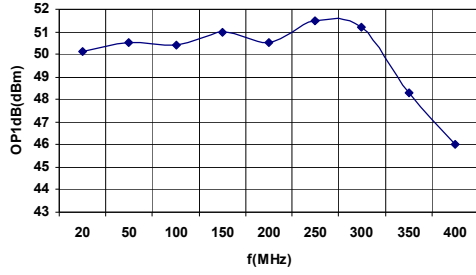
100 W. çıkış gücünün elde edilebilmesi için transistörlerin görmesi gereken empedans bant başında transistor başına 6Ω civarında iken bant sonunda 4Ω civarına düşmektedir. Bu amaç doğrultusunda yine giriş uyumlama devresinin benzeri bir devre kullanılmış fakat bu sefer kullanılan eşksenel kabloların karakteristik empedansı (Z_o) artan frekansla azalan çıkış empedans seviyesinin elde edilebilmesi için 25Ω yerine 10Ω olarak seçilmiştir. Akaç (drain) besleme hattında 4 oktavlık frekans bandında RF şok olarak kullanılacak bobinler belirlenirken kullanılan ferit nüvenin doygunluğa uğramamasına dikkat edilmelidir. Tasarlanan güç yükselteç devresinin Agilent EESof ADS 2005 benzetim programı kullanılarak small-signal ve large-signal s-parametreleri elde edilmiştir. Gerçeklenerek devrenin yüksek güç altında performansı test edilmiştir. Tasarlanan ve gerçekleştirilen devrenin devre şeması Şekil-2’de, fotoğrafı ise Şekil-3’te verilmiştir. Şekil 4’te yükseltecin frekans bandı boyunca P1dB çıkış gücü seviyesi ve verimlilik değerleri verilmiştir.



Şekil 2. Tasarlanan 20-320 MHz 100W it-çek tipi güç yükselteci

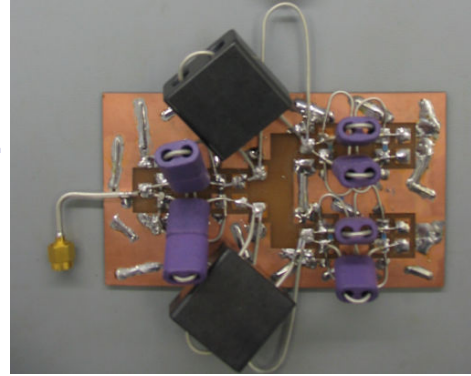
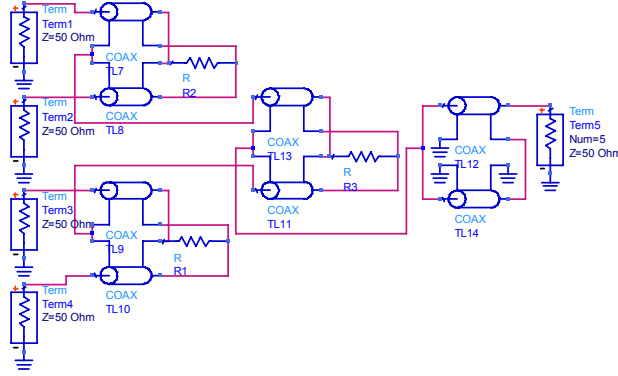


Şekil 3. Gerçeklenen 20-320 MHz 100W it-çek tipi güç yükselteci

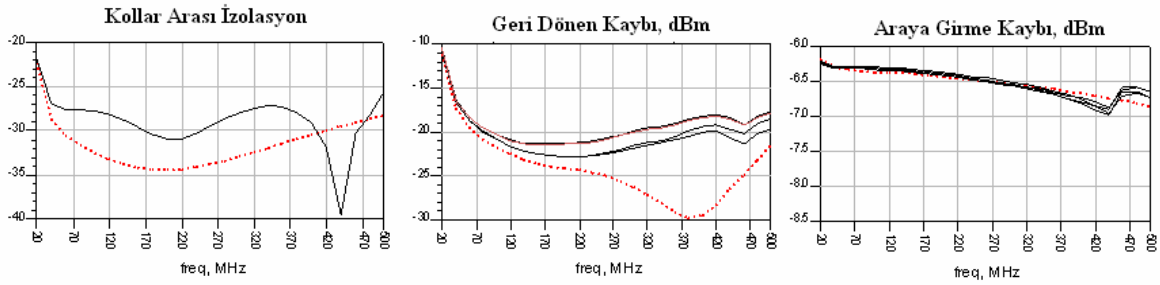


Şekil 4. Ölçülen 1dB sıkışma Çıkış gücü(OP1, dBm) ve Verimlilik(PAE, %).

4 adet 100 W'lık doğrusal güç yükselticinin çıkış güçlerinin 4 kollu geniş bantlı bir birleştirici devresi ile toplanması ile 350W çıkış gücü elde edilebilir. Bu amaçla, Şekil 5'de gösterilen 20-500MHz frekans bandında çalışan 4-kollu güç birleştirici yapısı 2-kollu birleştiriciler kullanarak tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir [3]. Güç birleştiricinin s-parametre ölçüm sonuçları benzetimden elde edilen sonuçlar ile birlikte Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 5. Gerçeklenen 20-500MHz 4-kollu güç birleştiricinin devre şeması ve fotoğrafı.



Şekil 6. 4-kollu birleştirici benzetim ve ölçüm sonuçları.

3. Sonuç

20-320 MHz frekans aralığında 4 oktavlık bir bantta empedans uyumlama devresi olarak kullanılan 4:1 bal-bal yapılarından faydalanılarak 100W çıkış gücüne sahip bir güç yükselteç gerçekleştirilmiştir. Eşksenel kablolar kullanarak 20-500 MHz frekans aralığında çalışan 4 kollu güç birleştirici tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir.

Kaynaklar

- [1]. Abrie P. L. D., "RF and Microwave amplifiers and oscillators", s.18-106, 1999.
- [2]. Trask C., "Designing wide-band transformers for HF and VHF power amplifiers", Sonoran Radio Research, Mart/Nisan 2005.
- [3]. Dye N. ve Granberg H., "Radio frequency transistors", s.1-145, 1993.
- [4]. Cripps C. S., "RF Power Amplifiers for wireless communication", 18-112, 1999.
- [5]. Şahan N., İnal E., Demir Ş. ve Toker C. "Geniş Bantlı İletim Hattı Yüksek Güç RF Empedans Çeviricileri ve Balun Yapıları", Ursi-Hacettepe, Eylül 2006.