

WiMAX Uygulamaları için 3.4–3.7 GHz Ters F Sınıfı Güç Kuvvetlendiricisi Tasarımı

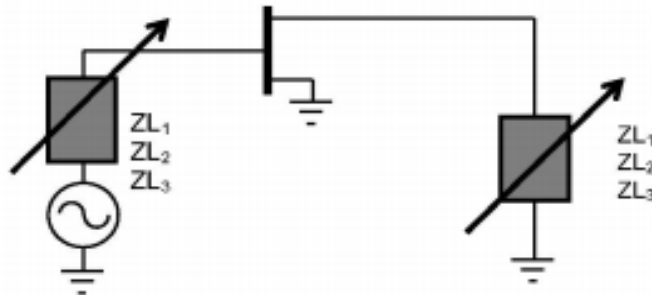
Oğuzhan Kızılbey, Osman Palamutçuoğulları*
Tübitak Bilgem
Kocaeli
oguzhan.kizilbey@tubitak.gov.tr

*İstanbul Teknik Üniversitesi
Elektronik Mühendisliği Bölümü
İstanbul
opal@itu.edu.tr

Özet: Bu çalışmada önerilen kuvvetlendirici devresi kullanılarak yüksek çıkış gücü ve yüksek verim elde edilebilmek amacıyla; kullanılan etkin elemanın çalışmasında, temel bileşen hariç tek harmonikler kısa ve çift harmonikler ise açık devre edildiğinde, yüke aktarılan gücün artacağı ve sonuç olarak da verimin artacağı gösterilmiştir. Bu durumun tersi olan (tek harmoniklerin açık devre, çift harmoniklerin kısa devre edildiği) durum kaynakçalarda yaygın bir şekilde incelenmiştir. Bu çalışmada ele alınan durum (F^1 sınıfı) yeterince incelenmemiştir. Ayrıca önerdiğimiz balun yapıları kullanılarak tasarlanan F sınıfı dengeli kuvvetlendirici yapısı ise bugüne değin hiç ele alınmamıştır. Yapılan çalışmada önerilen yapı, dengeli yapıdaki ters F sınıfı kuvvetlendiricidir ve yüksek güç gerektiren, 3.4-3.7 GHz bandında çalışan, COFDM modülasyonu kullanan WiMAX uygulamalarında kullanılmak üzere tasarlanmıştır. AWR Microwave Office yardımıyla CREE CGH40006P Galyum Nitrit (GaN) transistör büyük işaret modeli kullanılarak tasarlanan yapının çıkış gücü 15 Watt ve güç ekli verim %75 değerindedir.

1. Giriş

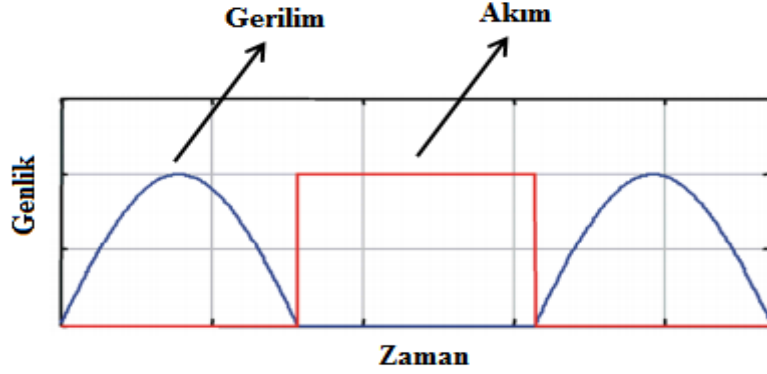
Yüksek sıklıklı güç kuvvetlendiricileri, güncel haberleşme ve radar sistemlerinin önemli en yüksek maliyetli bileşenlerinden biridir. Güç ekli verimin yüksek tutulabilmesi (GEV) bu bileşenin tasarımında yer alan en önemli gereksinimlerden önde gelenidir. Güç ekli verimin yükseltilmesi ile, daha düşük güç tüketimi, daha küçük aygıt boyutu, daha küçük soğutucu yüzeyi gereksinimi gibi istenilen özellikler elde edilebilmektedir. Güç kuvvetlendiricilerinde yüksek verim elde edebilmenin yolu elbette etkin eleman olan transistörü doyuma sokacak şekilde çalıştırmaktır. Bu bölgede transistör doğrusal olmayan bir düzende çalışır. Yüksek verimli güç kuvvetlendiricisi tasarımlarında F sınıfı [1], ters F sınıfı [2] ve anahtarlamalı kuvvetlendirici olan E sınıfı [3] güç kuvvetlendirici yapıları üzerindeki çalışmalar hızla devam etmektedir. Sözü edilen yüksek verimli güç kuvvetlendiricisi yapılarında kullanılan etkin elemanların savak ucundaki gerilim ve akım dalga şekillerini incelemek, elde edilen yüksek verimin ana fikrini oluşturur. Ayrıca Şekil 1'de gösterildiği gibi etkin elemanın giriş kısmında da harmonik sıklıklarındaki bileşenlerin kısa veya açık devre edilmesi, verimin artırılması açısından en önemli gereksinimlerdir [4].



Şekil 1. Giriş ve çıkışta bulunan çoklu harmonik söndürme kapanları.

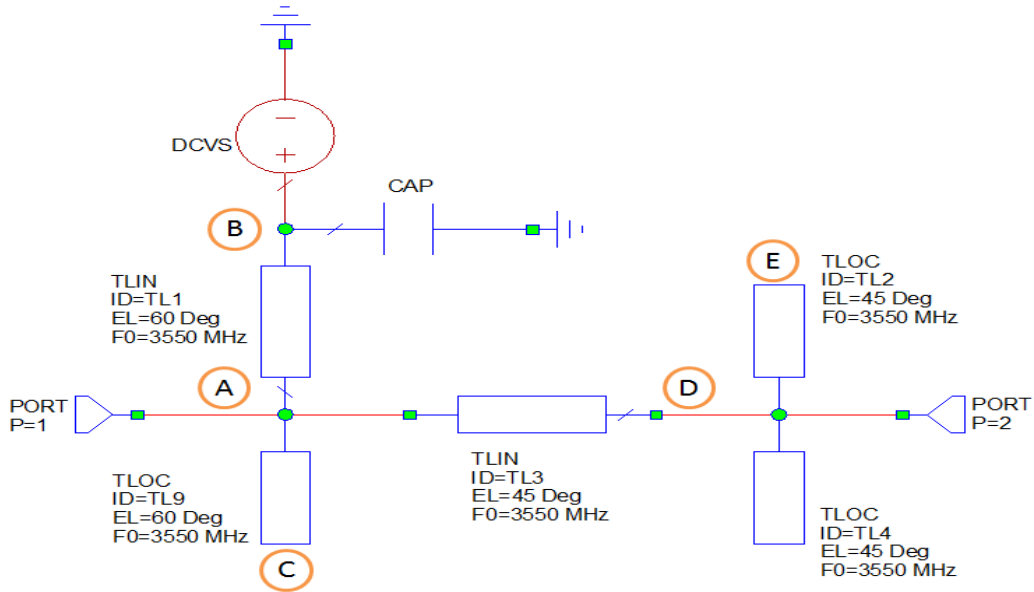
2. Tek Çıkışlı ve Dengeli F^{-1} Sınıfı Güç Kuvvetlendiricisi Tasarımı

Yaygın iletişim dizgelerinde, OFDM ve QPSK gibi sayısal modülasyonlu işaretleri güçlendirmek için gerekli olan yüksek güç ve verime sahip, doğrusal kuvvetlendirici gereksinimini karşılamak amacıyla; ters F sınıfı güç kuvvetlendiricileri uygun bir seçim olmaktadır. Genel yapısı gereği bir ters F sınıfı kuvvetlendirici, B sınıfı kuvvetlendirici kutuplama koşullarını kullanır. Transistörün savak ucundaki gerilimin 2. harmoniklerin açık devre, 3. harmoniklerin ise kısa devre edilmesi sonucunda verimin artacağı kuramsal olarak açıktır [2]. Bu durumda, transistörün savak ucundan akan akım kare dalga ve aynı uçtaki gerilimin ise sinüs biçimini alır. Şekil 2'de görüldüğü gibi etkin elemanın savak ucunda akım ve gerilimin hiçbir zaman diliminde üst üste gelmemesi sonucunda ideal durumda harcanan güç sıfıra eşit olmaktadır. Bu da verimin kuramsal olarak %100 olması anlamına gelmektedir.



Şekil 2. Giriş ve çıkışta bulunan çoklu harmonik söndürme kapanları.

Şekil 3'te 2. ve 3. dereceli harmoniklerin sırasıyla açık ve kısa devre edilmesi için yeni bir çıkış devresi önerilmiştir.

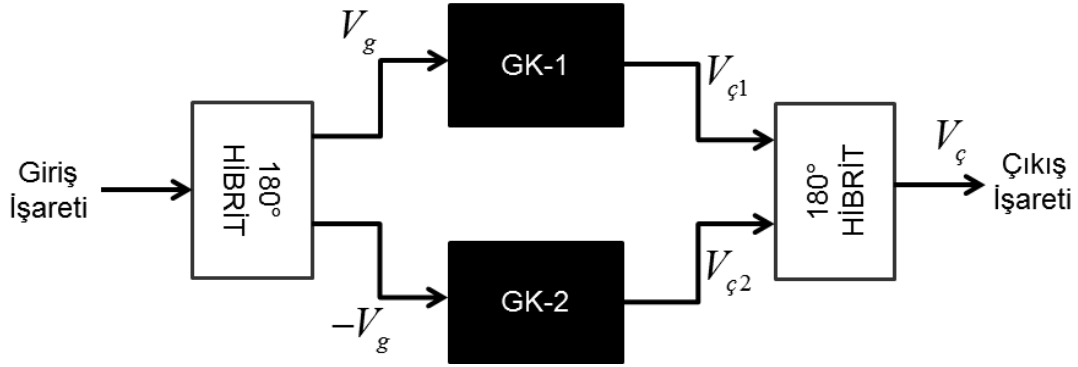


Şekil 3. F^{-1} sınıfı güç kuvvetlendiricisi çıkış devresi .

Yük devresinin 2. ve 3. harmonik bileşenleri sırasıyla açık ve kısa devre edilmesi şu şekilde açıklanabilir. Şekil 3'te gösterilen A noktası, transistörün savak ucunu göstermektedir. Önce 2 harmonik bileşeni ele alınacak olursa, E noktasının açık devre olduğu açıktır. 45° elektriksel uzunluğa sahip TL2 ve TL4 iletim hatları, 2. harmonik sıklığında 90° uzunluğa sahip olacaktır ve bu yapılar çeyrek dalga transformatörü olarak davranacaktır. Bu sayede D noktası 2. harmonik bileşenler açısından düşük empedansa sahip olacaktır yani bir diğer deyişle kısa

devre olacaktır. TL3 adı verilmiş olan iletim hattı yine 45° elektriksel uzunluğa sahiptir ve yine 2. harmonik sıklığında çeyrek dalg transformatörü olarak davranacaktır. D noktası kısa devre iken, transformatörün diğer ucu olan A noktası açık devre edilmiş olacaktır. 3. harmonik sıklığında ise B noktası kısa devredir. 60° elektriksel uzunluğa sahip olan TL1 hattı, 3. harmonik sıklığında 180° uzunluğa sahip olacaktır ki bu durum hattın kısa devre olduğu anlamını taşıyacaktır. Bu sayede B noktası kısa devre iken, A noktası da kısa devre olacaktır.

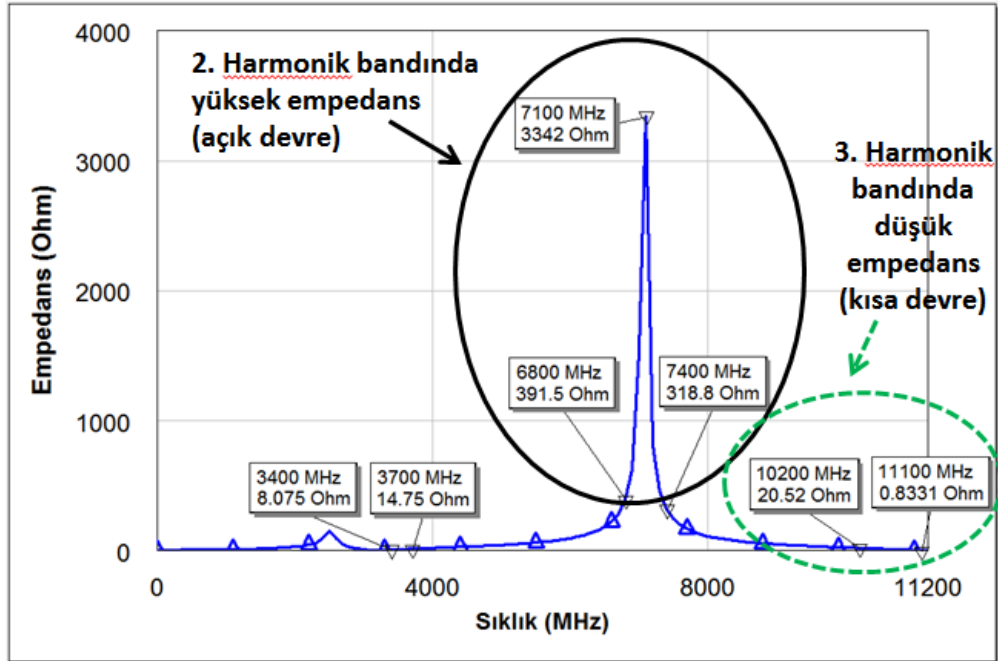
Tek çıkışlı kuvvetlendirici devresinin, 180° hibrit bağlayıcılar ile Şekil 4'te gösterildiği gibi bağlanmasıyla dengeli kuvvetlendirici yapısı elde edilebilir. Bu sayede hem çıkış gücü 3 dB artırılır hem de çift dereceli harmoniklerin bastırılması sağlanır. Bu sayede verim tek çıkışlı yapıya göre yükselecektir.



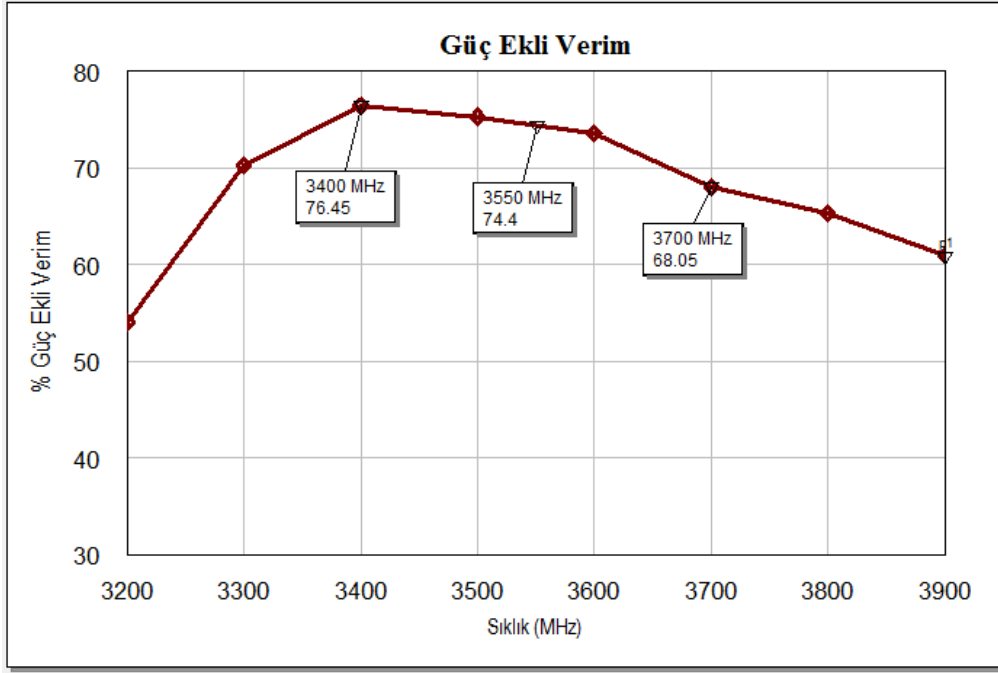
Şekil 4. Dengeli güç kuvvetlendirici öbek gösterilimi.

3. Benzetim

Benzetimlerde etkin eleman büyük işaret modeli olarak CREE firması ürünü olan CGH4006P'ya ait model kullanılmıştır. AWR Microwave Office ile devrenin benzetimi yapılmıştır. İlk önce çıkış devresinin 2. ve 3. harmonik sıklıklarında gösterdiği empedansın benzetimi yapılmıştır.



Şekil 5. Kuvvetlendiricinin sıklığa bağlı olarak çıkış empedansı.



Şekil 6. Dengeli kuvvetlendirici güç ekli verimin sıklığa bağlı olarak değişimi.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada yeni bir ters F sınıfı dengeli GaN güç kuvvetlendiricisi tasarlanmıştır. Tasarım AWR Microwave Office benzetim programıyla doğrulanmıştır. Benzetimler sonucunda 3.4-3.7 GHz bandı boyunca 15 Watt çıkış gücü elde edilmiştir. Devrenin güç ekli verimi %75'tir. 2. ve 3. harmonik bileşenleri temel sıklık bileşenine göre sırasıyla yaklaşık 30 ve 40 dB söndürülmüştür.

Kaynaklar

- [1]. Raab F. H., "Class F power amplifiers with maximally flat waveforms", IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 45, no. 11, pp. 2007-2012, Kasım. 1997.
- [2]. Cripps S. C., RF Power Amplifiers for Wireless Communications 2nd. Ed. Norwood, Artech House, 2006.
- [3]. Sokal N. O. ve Sokal A. D., "Class E, A new class of high efficiency tuned single ended switching power amplifiers", IEEE Journal of Solid State Circuits, vol. SC-10, no. 3, pp. 168-176, Haziran 1995.
- [4]. Raab F. H., "Class E, class C and class F power amplifiers based upon a finite number of harmonics", IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 49, no. 8, pp. 1462-1468, Ağustos. 2001.