

5.7 GHz E Sınıfı Güç Kuvvetlendiricisi Tasarımı

F. Figen Yumak
e-mail: fyumak@profilo-telra.com.tr
Profilo Telra A.S. Istanbul, Turkey,

Osman Palamutçuoğulları
e-mail: opal@ehb.itu.edu.tr
Istanbul Technical University, Electrical &
Electronics Faculty, 34469, Maslak, Istanbul, Turkey

ABSTRACT

A class E power amplifier working at 5.7 GHz with a MESFET transistor as switching element has been developed. The circuit was implemented with lumped elements and transmission lines. An output power of 0.5 W at 50 % PAE was obtained at 5.7 GHz. Simulations of the amplifier are presented within this paper. This result represents state of the art in output power and efficiency with a class E amplifier at this frequency.

I. GİRİŞ

Son zamanlarda giderek daha da popüler olan kablosuz taşınabilir uygulamalar için tüketiciler ürünlerinde daha uzun batarya ömrü talep etmektedirler. Tüketicilerin talebine dayanarak üreticiler de güç tüketimi konusunu dikkate almaya başlamışlardır. Taşınabilir verici uygulamalarında üretilen gücün büyük bir kısmı GK'de tüketilmektedir. Mobil iletişim sistemlerindeki hızlı gelişim GK'nın verimliliğini önemli ölçüde ön plana çıkartmaktadır. Mobil terminaller bataryayla çalışan cihazlardır ve konuşma süresi tümüyle GK'nın verimliliğine bağlıdır. Daha verimli GK'lar daha küçük ve hafif bataryaların üretilmesine ve/veya daha uzun konuşma süresine dolayısıyla sonuçta üretilen ürünün piyasada daha da tutulmasına neden olacaktır. Sonuç olarak, gelişen sistemlerde yüksek verimlilikli GK'lerin tasarlanması önemli bir konu haline almıştır.

Teorik olarak E sınıfı GK'larla anahtarlamalı güç sistemlerinde savak verimliliğini %100 yapmak mümkündür. Bu ilke ilk olarak 1964 yılında Ewing [1] tarafından, gerçeklediği 500KHz te çalışan 20 W çıkışlı %94 verimlilikli bir kuvvetlendirici ile ortaya atılmıştır. Yetmişli yılların ortalarında ise Sokals [2] bu teknikle, MHz seviyesinde çalışan 26W çıkışlı %96 verimlilikli bir kuvvetlendirici gerçeklediğini rapor etmiştir.

Bu makalede, 5.7 GHz frekansta çalışan MESFET tranzistör anahtarlı bir E sınıfı güç kuvvetlendirici tasarlanmıştır. Devre toplu devre elemanları ve transmisyon hattı elemanları ile gerçekleştirilmiştir.

II. E SINIFI GK'NIN ÇALIŞMA PRENSİPLERİ

Bir E sınıfı kuvvetlendiricinin idealdeki topografyası şekil 1 de görülmektedir. Devre anahtarlama modunda çalışan bir tranzistör, paralel bağlı C_1 kapasitesi, L_1 RF besleme endüktansı, ayarlı L_0-C_0 devresi, ve bir yük

direnci R_L den oluşmaktadır. C_1 kapasitesi tranzistörün parazitik kapasitesini de içermektedir. L_0-C_0 devresi girişteki işaretin temel bileşeni ile aynı frekansta rezonansta çalışarak R_L yüküne sinüzoidal bir akım aktarır. Seri rezonatörün gerçekleşmesinde ideal olmayan özellikler jX reaktansına lump edilmiştir, ve eksessif reaktans olarak adlandırılır. jX reaktansının birincil derecede önemi L-C harmonik rezonatöründe fazın ayarlanmasını sağlamaktır.

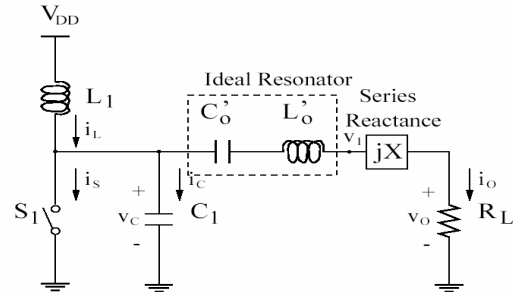


Fig. 1. E-Sınıfı Güç Kuvvetlendiricisinin temel yapısı

Tranzistörden oluşan anahtar S bir yarı periyotta AÇIK diğer yarı periyotta ise KAPALIDIR. t_1 yarı periyodunda anahtar açıktır dolayısıyla anahtardan akan akım sıfırdır. t_2 yarı periyodunda ise bu sefer anahtar kapalıdır ve anahtar üzerindeki gerilim sıfırdır. Sonuç olarak her iki periyottaki gerilim ve akım dalga şekilleri birbirleriyle örtüşmediği için anahtardaki güç kaybı idealde sıfırdır.

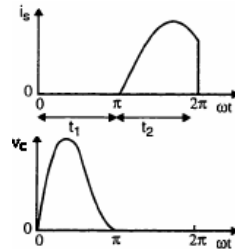


Fig. 2. E-sınıfı karakteristik dalga şekilleri

Anahtar kapalıyken, besleme endüktansı üzerindeki akım C_1 ve R_L dalları olmak üzere ikiye bölünür. C_1 kapasitesi dolmaya başlar ve anahtar üzerinde bir gerilim oluşmasını sağlar.

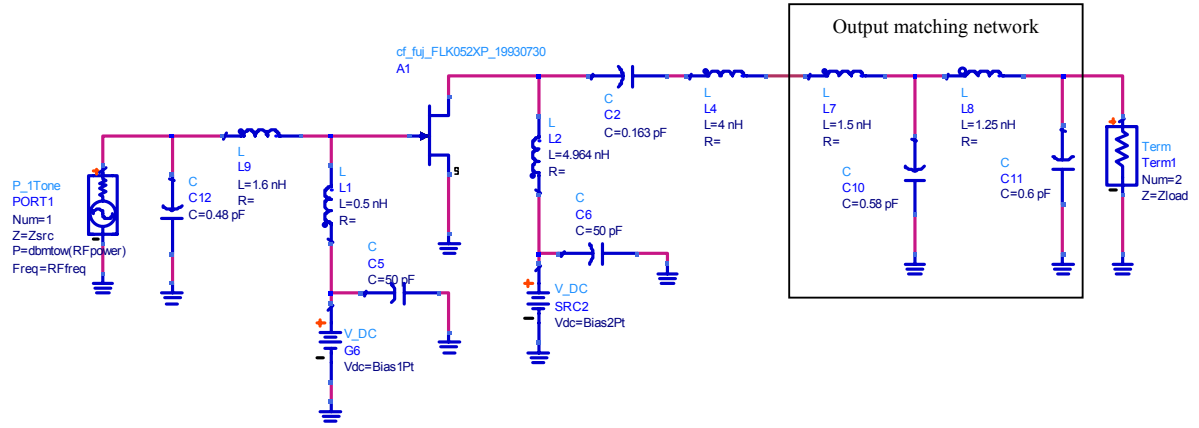


Fig. 3. 5.7 GHz'de benzeşimi yapılan E-sınıfı GK

Anahtar kapandığında C1 üzerinde biriken her türlü enerji anahtar üzerinden toprağa boşalarak bir güç kaybı oluşmasına neden olur. Bu güç kaybını engellemek için, açılma zamanı geldiğinde şekil 2 deki gibi anahtarın üzerindeki gerilim sıfır olacak şekilde tasarlanmalıdır.

İdeal durumlarda bir E sınıfı GK'nın verimliliği %100'dür. Gerçekte ise, anahtar açık-direnci ve anahtar açık-kapalı durum değiştirirken geçen süre ihmal edilemeyecek kadar büyüktürler. Her iki etkende anahtar üzerinde bir güç kaybına neden olarak GK'nın verimliliğini düşürür.

III. E SINIFI GK TASARIMI

Bu bölümde, 5.7GHz çalışma frekansında iki farklı E sınıfı GK'yı inceleyeceğiz. Bu iki devreden biri toplu devre elemanlarda diğeri ise transmisyon hattı elemanlarıyla tasarlanmıştır. Devrelerin simülasyon ve analizleri Hewlett Peckard tarafından yapılmış olan ADS (Advanced Design Systems) isimli simülasyon programı ile yapılmıştır. Devrenin tasarımında ideal pasif elemanlar ve anahtar olarak ise FLK052 MESFET tranzistör modeli kullanılmıştır.

Gerçeklemede kullanılan devre şekil 1. de verilen ideal modelden bir miktar farklıdır. İlk olarak paralel kapasite C₁ tranzistörün çıkış kapasitesi tarafından tamamiyle absorbe edilmiştir. İkinci olarak ise yaklaşık 28.84 ohm olan

RF yükü 2 katlı bir dönüşüm ağı ile 50 ohmluk yüke dönüştürülmüştür. Kuvvetlendiricinin giriş kademesinin gerçekleşmesi seri bir endüktans ve paralel bir kapasite ile yapılmıştır. Son olarak ise devrenin seri rezonans Q_L değeri, devrenin seri rezonans değerlerine düşük hassasiyette olması için 5 mertebelerinde olacak şekilde düşük seçilmiştir. Bütün bu değişikliklere göre oluşturulan E sınıfı GK devresi şekil 3 te gösterilmektedir.

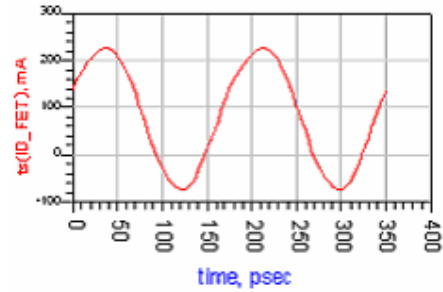


Fig.5. E-sınıfı GK'nin savak akımı

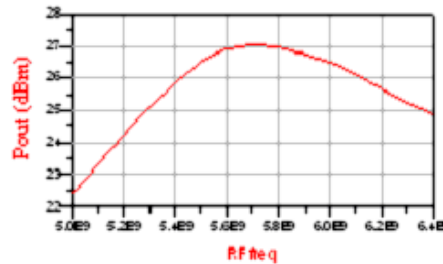


Fig.6. E-sınıfı GK'nin çıkış gücü

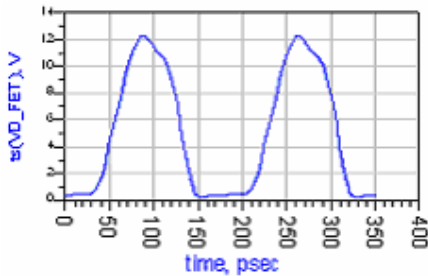


Fig.4. E-sınıfı GK'nin savak gerilimi

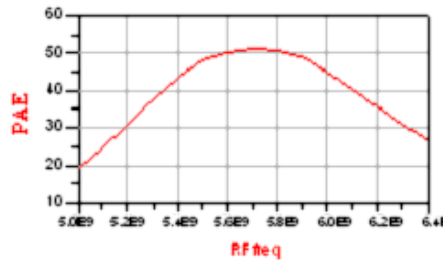


Fig.7. E-sınıfı GK'nin güç ekli verimi (GEV)

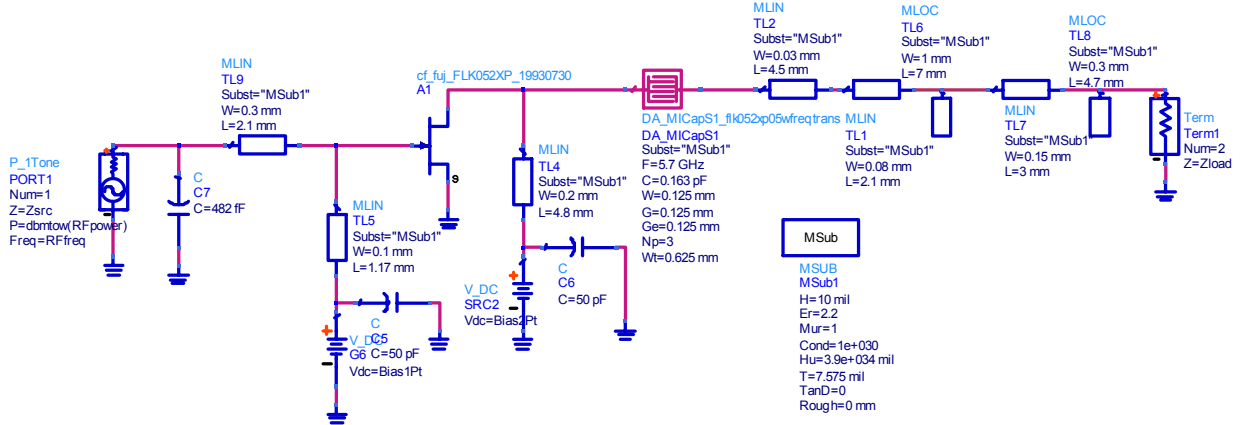


Fig. 8. 5.7 GHz’de benzeşimi yapılan E-sınıfı GK

Genel olarak toplu devre elemanlarla yapılan tasarım düşük frekanslarda güzel bir çalışma sergilemektedir, fakat mikrodalga ve milimetre-dalga frekanslarında iki önemli problem ortaya çıkmaktadır. İlki, kapasiteler ve endüktanslar mikrodalga ve milimetre-dalga frekanslarında sınırlı değerlerde üretilmektedir ve bu elemanların bu frekanslarda üretimleri çok zordur. Buna ek olarak, bu çalışma frekanslarında elemanların birbirlerine olan uzaklıkları ihmal edilemez.. Bu nedenlerden ötürü yransmisyon hatlarından oluşan devreler toplu elemanlara nazaran daha tercih edilirler.

Şekil 8 de transmisyon hatlarıyla kurulmuş bir E sınıfı GK görülmektedir. Bu kuvvetlendirici şekil 3 te gösterilen kuvvetlendiriciye bağlı kalarak tasarlanmıştır. Bu devrede endüktanslar Richard’s dönüşüm metoduna göre mikrostrip şeritlerle değiştirilmiştir. Kapasitelerin yerine ise mikrostrip interdijital kapasiteler konmuştur. Şeritlerin genişlikleri ve uzunlukları daha iyi bir performans elde etmek için ayarlanmıştır.

Şekil 4-5 ve Şekil 9-10 5.7 GHz te çalışan E sınıfı kuvvetlendiricinin savak gerilimi ve akım dalga şekillerini göstermektedir. Transistörün ideal olmamasından dolayı savak gerilim ve akımı çakışmaktadır. Bu çakışmanın sonucu olarak kuvvetlendiricide bir güç kaybı oluşmaktadır ve bu güç kaybı verimliliği düşürmektedir.

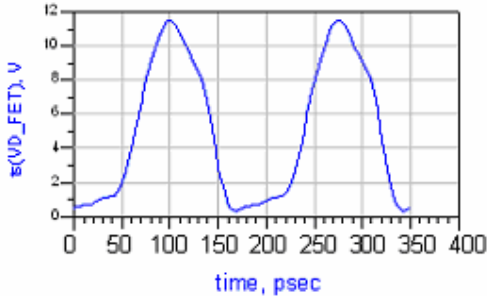


Fig.9. E-sınıfı GK’nin savak gerilimi

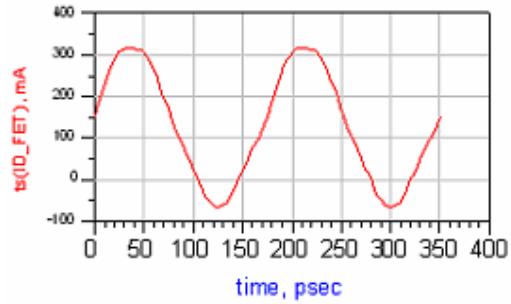


Fig.10. E-sınıfı GK’nin savak akımı

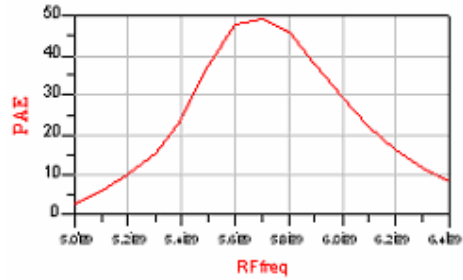


Fig.11. E-sınıfı GK’nin güç ekli verimi (GEV)

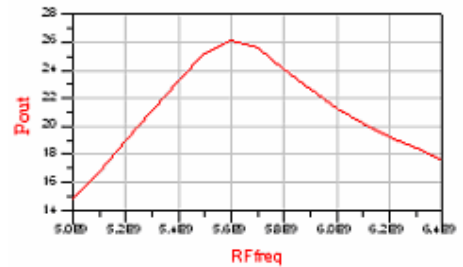


Fig.12. E-sınıfı GK’nin çıkış gücü

Şekil 6-7 ve Şekil 11-12 hem toplu elemanlarla hemde transmisyon hattı elemanlarıyla tasarlanan E sınıfı GK'lerin performans eğrilerini göstermektedir. Buradan GEV değerlerinin %50 civarında olduğu görülmektedir. Çıkış güçleri ise sırasıyla 27dBm 26dBm dir.

IV. SONUÇ

Bir kablosuz mobil iletişim cihazında tasarımı en zor olan blok güç kuvvetlendiricisidir. Bu makalede 5.7 GHz te çalışan E sınıfı GK'nın tasarımını incelemektedir.

Makalede iki adet 5.7 GHz E sınıfı GK sunulmuştur. Bu GK'ların biri toplu devre elemanlarıyla diğeri ise transmisyon hatlara dayalı olarak tasarlanmıştır. Her iki devrede GEV değerleri %50 ve çıkış güçleri 500mW ile çok olumlu sonuçlar sergilemişlerdir.

V. KAYNAKÇA

[1] G. G Ewing, "High -Efficiency Radio-frequency Power Amplifiers", Corvallis Oregon, USA, Oregon State University, 1964.

[2] N. O. Sokal and A. D. Sokal, "Class E-a new class of high efficiency tuned single-ended switching power amplifiers", *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, vol. 10, pp.168-176, 1975.

[3] F. H. Raab, "Idealized Operation of the Class E Tuned Power Amplifier", *IEEE Transactions on Circuits and Systems*, vol. 24, pp 725-735, 1977.

[4] S. C. Cripps, "RF Power Amplifiers for Wireless Communications", Artech House, Boston, 1999.

[5] D. Milosevic, J. Tang and A. Roermund, "Design of a 2 GHz GaAsHBT-based Class-E power amplifier", *ProRISC Workshop on Circuits, Systems and Signal Processing*, 2004.

[6] A. Adahl, H. Zirath, "An 1 GHz Class E LDMOS Power Amplifier," *33rd European Microwave Conf.*, 2003.

[7] K. Ilhan- and O. Palamutcuogullari, "MOS Class-E Power Amplifier Optimization for Wireless Application" *ELECO 2003, Third Int. Conf. On Electrical and Electronic Engineering*, hceedings, Bursa-Turkey, December 2003, pp:O3-07.