

BASKI DEVRE SEVİYESİNDE ELEKTROMANYETİK GİRİŞİMİN ÖNLENMESİ İÇİN FİLTRE TASARIMI

Ö. Galip Saraçoğlu
Erciyes Üniversitesi
Elektronik Mühendisliği Bölümü
38039 Kayseri
saracog@erciyes.edu.tr

Özet: Bu çalışmada, baskı devre kartı seviyesinde iletilen yüksek frekanslı girişim işaretlerinin aktif devre elemanına girmeden filtrelenebilmesi için baskı devre üzerinde oluşturulan filtrelerin tasarımı amaçlanmıştır ve tasarlanan filtrelerin araya girme kayıpları ölçülmüştür. Baskı devre yollarının yüksek frekans eşdeğerlerinin, rezistansa ek olarak indüktans ve kapasitans da içermelerinden faydalanılarak, bu ideal olmayan davranışları artıracak şekilde baskı devre yollarını uygun biçimde şekillendirmek suretiyle filtreler elde edilmiştir. Amaçlanan filtrelerde maksimum araya girme kaybı, 50 MHz'de 3.522 dB olarak gerçekleştirilmiştir.

1. Giriş

Bir elektronik sistemin elektromanyetik (EM) bakımından uyumlu sayılabilmesi için, diğer sistemlerde girişime yol açmaması, diğer sistemlerden olan ve kendi içinde oluşan yayınlara alınan olmaması gereklidir. Günümüzde, elektronik aygıt sayılarının ve çeşitliliğinin artması, buna ek olarak EM spektrumun yerleşik ve/veya gezgin iletişim araçları tarafından yoğun olarak kullanılması, elektromanyetik uyumluluk (EMU) sorununun teknik literatürde daha sık yer almasına sebep olmuştur [1-3]. Bu yüzden, elektronik aygıt kullanıcılarının yüksek başarımlı beklentileri, EMU tasarımcılarının sorunu kaynağında çözme arayışlarına yöneltmiştir. Bu arayışlar, genellikle, sistemlerarası uyumluluğu sağlamak için ekranlama ve filtreleme, sistemiçi uyumluluk için ise daha çok baskı devre eleman yerleşimi şeklindedir [4-8]. Eleman yerleşimine ek olarak, bir transistörün baz ucu gibi, aktif devre elemanının yükseltme ucuna gelen yüksek frekanslı girişim işaretlerinin filtrelenebilmesiyle, sistemiçi uyumluluğun sağlanmasında ek iyileştirmeler sağlanabilmektedir.

Sunulan çalışmada, baskı devre kartı (printed circuit board, PCB) seviyesinde iletilen yüksek frekanslı girişim işaretlerinin aktif devre elemanına girmeden filtrelenebilmesi için baskı devre üzerinde oluşturulmuş filtreler tasarlanmıştır ve araya girme kayıpları (AGK) ölçülmüştür. Baskı devre yollarının yüksek frekans eşdeğerlerinin, rezistansa ek olarak indüktans ve çoğu pratik devre için kapasitans da içerdiği bilindiğinden, bu ideal olmayan davranışları artıracak şekilde baskı devre yolları çizilerek filtreler oluşturulmuştur.

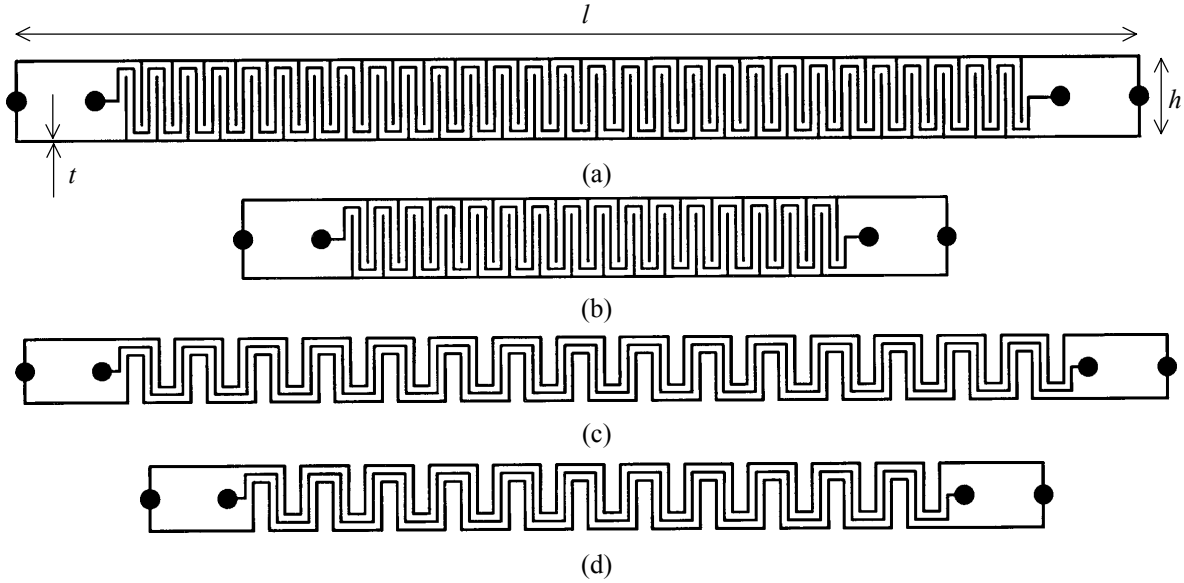
2. PCB Filtre Yapısı

Işınan yayınlılar (radiated emission) için >30MHz ve iletilen yayınlılar (conducted emission) için 150/450kHz-30MHz frekans bölgesinde iletkenlerin parazitik bileşenler içerdiği ve baskın parazitik bileşenin de indüktans olduğu bilinmektedir [9]. Baskı devre yollarını oluşturan ve genel olarak şerit hat olarak göz önüne alınan bakır yollar tek başına rezistans ve indüktans içerirken, birden fazla şeritin yan yana geldiği durumlarda parazitik kapasitans ve kondüktans da oluşmaktadır [9]. Söz konusu parazitik bileşenler, sayısal devrelerin üst çalışma frekanslarını sınırlandıran en baskın mekanizmalardır [7]. Uygun şekilde tasarlanmış baskı devre yolları, sayısal devreler için bir dezavantaj iken, ses frekansında çalışan devrelerde, özellikle gezgin iletişim sistemlerinin ses yükselteçleri için bir avantaj olarak görülebilir.

PCB üzerindeki bakır yolları menderes biçimine getirerek işaret iletkeninin uzatılması indüktansı artırırken, toprak iletkeninin işaret iletkenine yaklaştırılması ise aynı zamanda iletkenler arasındaki kapasiteyi artırır. Oluşan indüktans ve kapasitans periyodik olarak tekrarlandığında kaskat bağlı bir filtre yapısı elde edilebilir. Bu şekilde elde edilen filtre yapıları 1A, 1B, 2A ve 2B şeklinde kodlanarak baskı devre şematikleri Şekil 1'de, geometrik özellikleri ise Tablo 1'de verilmiştir.

Genel olarak, birim uzunluk başına indüktansı artırmak için PCB yollarının ince tutmak ve birim uzunluk başına kapasitansı artırmak için bu yollar arasındaki açıklığı dar yapmak en uygun çözümdür. Ancak bu çalışmada, filtre yapılarını sıradan baskı devre çıkarma teknikleri ile oluşturabilmek hedeflendiğinden, filtrelerdeki

işaret/toprak iletken kalınlıklarının ve iletken yollar arasındaki açıklığın 200 μm 'den küçük olmamasına dikkat edilmiştir.



Şekil 1. Baskı devre seviyeli girişimin önlenmesi için tasarlanan
(a) 1A, (b) 1B, (c) 2A, (d) 2B kodlu filtreler.

Tablo 1. Filtrelerin geometrik özellikleri

Filtre	l (mm)	h (mm)	t (mm)	Periyodik yapı sayısı
1A	190	13	0.2	29
1B	118	13	0.2	16
2A	171	11	0.2	15
2B	150	11	0.2	11

Şekil 1'den görüldüğü gibi, 1A ve 1B filtre yapıları için, işaret iletkeni menderes biçimli iken, toprak iletkenleri menderes yapıya paraleldir, ancak, işaret /toprak iletkenleri arasındaki kapasiteyi artırmak için, araya toprak iletkenleri sokulmuştur. 1A ve 1B arasındaki tek fark, menderes yapıdaki periyot sayısıdır. Filtre uzunluğunun filtreleme yeteneği üzerine etkisini görmek için yapılar farklı uzunluklarda seçilmiştir.

2A ve 2B filtrelerinde, işaret/toprak iletkeni arasındaki kapasiteyi artırmak için işaret iletkeninin her iki yanındaki toprak iletkenleri de menderes biçimlidir. Bu durumda, kapasite artarken, işaret yolunun kısalması sebebiyle, indüktansta bir azalma meydana gelebilir.

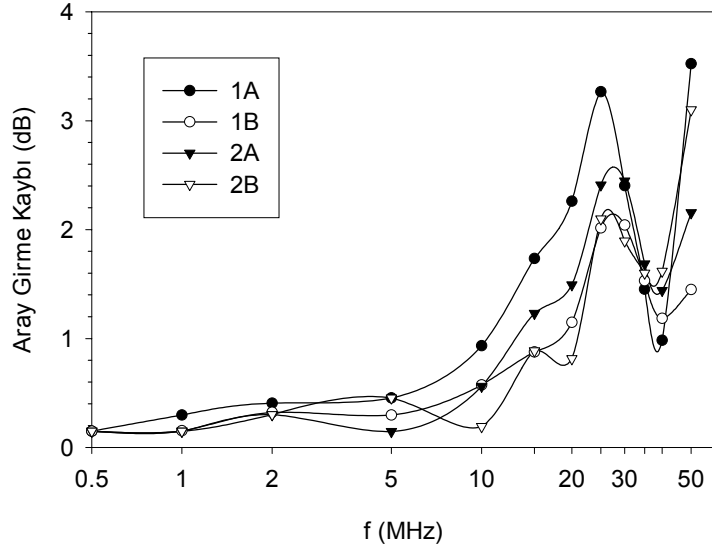
3. Deney Çalışması

Filtre için AGK değeri,

$$AGK_{dB} = 20 \log \left(\frac{V_{L, \text{filtresiz}}}{V_{L, \text{filtreli}}} \right) \quad (1)$$

ile verilir [9]. Bu bağıntı gereğince, filtresiz ($V_{L, \text{filtresiz}}$) ve filtreli ($V_{L, \text{filtreli}}$) çıkış gerilimlerinin belirlenmesi gereklidir. Tasarlanan filtreler, alışıldığı gibi pasif devre elemanları ile gerçekleştirilmediğinden, filtresiz yük gerilimini ölçmek pratik olarak mümkün değildir. Bu yüzden, filtresiz yük gerilimi yerine, filtre girişindeki gerilimi kullanmak pratik amaçlar için daha uygundur.

Elektromanyetik uyumlulukla ilgili düzenleyici kuruluşlar olan FCC (Federal İletişim Komisyonu, ABD) ve CISPR'nin (Radyo Girişimi üzerine Uluslararası Özel Komisyon, Avrupa), iletilen yayınlar için üst frekans sınırı 30 MHz olduğundan, söz konusu gerilimler bu frekansı da içine alacak şekilde, 0.5-50 MHz aralığındaki 10 frekans değeri için yapılmıştır. Her bir frekans değerine karşılık filtreli ve filtresiz gerilimler ölçülerek, Denk. (1) bağıntısı ile AGK'ları belirlenmiştir. Amaçlanan filtre karakteristiklerini gösteren grafikler, Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Baskı devre filtrelerinin frekansa göre araya girme kayıplarının değişimi.

Şekil 2'den görüldüğü gibi, frekansın artmasıyla, filtrelerin AGK değerleri de yükselmektedir. Bu yükselme, 25 MHz'e kadar devam etmekte, fakat 25-40 MHz arasında AGKda azalma başlamaktadır. Azalma, 40 MHz'deki olası bir rezonans sebebiyle, bir yerel minimumda son bulmakta ve 50 MHz civarında tekrar yükselme başlamaktadır. Filtre performanslarının sayısal olarak karşılaştırılabilmesi amacıyla, ortaya çıkan maksimum AGK değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Filtrelerin maksimum araya girme kayıpları.

Filtre	Maksimum AGK (dB)
1A	3.522
1B	2.041
2A	2.446
2B	2.098

Şekil 2'de verilen eğriler arasındaki en yüksek AGK, 1A filtresi için gözlenmiştir. Bunun en önemli sebebi, en uzun işaret yolunun 1A filtresinde bulunması ve Tablo 2'den bu tür filtreler için en iyi zayıflatmaların, işaret yolu en yüksek indüktans değerine sahip olan yapılarla elde edilebileceği görülmektedir. Şekil 1 göz önüne alınarak, işaret yolu uzunluğu veya başka bir deyişle indüktans bakımından filtreler sıralandığında $1A > 2A > 2B \approx 1B$ sıralaması elde edilir ki Tablo 2'deki değerler de bunu doğrulamaktadır.

4. Sonuçlar

Sunulan filtre yapıları, baskı devre seviyeli bozucular tarafından üretilen iletilen yayınların, baskı devre kartındaki aktif elemanlara girmeden zayıflatılmasında ek iyileştirmeler sağlanabileceği gösterilmiştir. Özellikle gezgin iletişim araçlarında, ses yükselticine çok yakın mesafelerdeki yüksek güçlü elektromanyetik alanların varlığı, ses kalitesini artırmak için bu tür önlemleri gerektirebilir.

Filtrelerin standart baskı devre kartlarına standart tekniklerle oluşturulabilmesi için, işaret/toprak iletken kalınlıklarının ve iletkenler arasındaki açıklığın 200µm'den (~8mil) küçük olmamasına özen gösterilmiş, bu da AGK'nın yeterince büyümesine engel olmuştur. Özel baskı devre teknikleri ile daha ince iletken yollar oluşturularak ve iletkenler arasında daha küçük açıklıklar bırakılarak, daha küçük boyutlu ve daha yüksek başarılı filtrelerin gerçekleştirilmesi mümkün olacaktır. Bu şekilde tasarlanan filtreler pasif elemanlarla gerçekleştirilenlere göre daha küçük boyutlarda ve ağırlıklarda olacağından, EM girişimden bağımsızlığı sağlamak için devre boyutunu ve ağırlığını artırmak da gerekmeyecektir.

Kaynaklar

- [1]. Tkatchenko S., Rachidi F. ve Ianoz M., "High-frequency electromagnetic field coupling to long terminated lines", IEEE Trans. on Electromagnetic Compatibility, 43(2), s.117-129, 2001.
- [2]. Hertel J. P., Flintoft I. D., Porter S. J. ve Marvin A.C., "Measurement of EMI on network cables due to multiple GSM phones", IEEE Trans. on Electromagnetic Compatibility, 42(4), s.358-367, 2000.
- [3]. Griese E., "Reducing EMC problems through an electrical/optical interconnection technology", IEEE Trans. on Electromagnetic Compatibility, 41(4), s.502-509, 1999.
- [4]. Kiang J. F. ve Chen S. H., "Wave penetration through bent slots", IEEE Trans. on Electromagnetic Compatibility, 43(3), s.390-394, 2001.
- [5]. Paul C. R. ve Hardin K. B., "Diagnosis and reduction of noise emissions", IEEE Trans. on Electromagnetic Compatibility, 30(4), s.553-560, 1988.
- [6]. Limuti D., "Modeling instabilities in mating switchmode power supplies to input LC filters", Proceedings IEEE Technical Applications Conference-Northcon/96, Seattle, ABD, Kasım 1996 s.168-172.
- [7]. Fukumoto Y., Miura S., Ikeda H., Nakayama T., Tanimoto S. ve Uemura H., "A method of automatic placement that reduces electromagnetic radiation noise from digital printed circuit boards", Proceedings IEEE International Symp. on Electromagnetic Compatibility, Ağustos 2000, Washington D.C, ABD, s.363-368.
- [8]. Olsen C. N., Van Doren T. P., Hubing T. H., Drewniak J. L. ve DuBroff R. E., "Improving the high-frequency attenuation of shunt capacitor, low-pass filters", Proceedings IEEE International Symp. on Electromagnetic Compatibility, Ağustos 2001, Montreal, Kanada, s.487 -489.
- [9]. Paul C. R., Introduction to Electromagnetic Compatibility. John Wiley & Sons, Inc., New York, ABD, 1992.