ISSN:1226-7244 (Print)
ISSN:2288-243X (Online)
논문번호 18-01-28
j.inst.Korean.electr.electron.eng.Vol.22,No.1,185~188,March 2018
http://dx.doi.org/10.7471/ikeee.2018.22.1.185

LED-TV用 전원장치에 적합한 기생 커패시턴스 저감형 Hybrid 초크 코일의 특성 해석에 관한 연구

A Study on the Characteristics Analysis of Hybrid Choke Coil with Reduced Parasitic Capacitance suitable for LED-TV SMPS

이 종 현*, 김 구 용*, 김 종 해*★

Jong-Hyeon Lee*, Gu-Yong Kim*, Jong-Hae Kim*★

Abstract

This paper describes the parasitic capacitance modeling according to the coil structure, section bobbin and winding method for hybrid choke coil with reduced parasitic capacitance capable of the EMI attenuation of broad bands from lower frequency to higher frequency applied in the EMI attenuation filter of LED-TV SMPS. Especially, the hybrid choke coil with reduced parasitic capacitance(C_p) proposed in this paper can reduces the parasitic capacitance(C_p) by adopting the winding methods of rectangular copper wire, compared to the conventional common mode choke coil with the winding method of automatic type. The first resonant frequency of the proposed hybrid choke coil has a tendency to increase as the parasitic capacitance is smaller and its impedance characteristics, especially in the high frequency bands, improves as the first resonant frequency increases. In the future, the proposed hybrid choke coil with reduced parasitic capacitance shows it can be actually utilized in not only LED-TV SMPS but also various applications such as LED Lighting, Note-PC Adapter, and so forth.

요 약

본 논문은 LED-TV용 SMPS EMI 감쇄 필터에서 적용되고 있는 저주파와 고주파의 광범위한 대역에서 EMI 감쇄가 가능한 기생 커패시턴스 저감형 Hybrid 초크 코일의 코일 구조, 권선 방법 및 섹션 보빈에 따른 기생 커패시턴스 임피던스 모델링을 나타내고 있다. 특히 본 논문에서 제안한 기생 커패시턴스 저감형 Hybrid 초크 코일은 평각동선 권선방법을 채택함으로써 기존의 자동 권선형 공통 모드 초크 코일에 비해 기생커패시턴스(C_p)을 저감할 수 있다. 기생 커패시턴스(C_p)가 작아짐에 따라 제안한 기생 커패시턴스 저감형 Hybrid 초크 코일의 1차 공진 주파수는 증가하며 1차 공진 주파수가 증가함에 따라 특히 고주파 대역에서 임피던스특성이 개선됨을 알 수 있다. 본 논문에서 제안한 기생 커패시턴스 저감형 Hybrid 초크 코일은 향후 LED-TV SMPS를 포함한 LED 조명, Note-PC Adapter 등과 같은 다양한 분야에 응용되리라 사료된다.

Key words : CM Choke Coil, EMI Filter, Hybrid Choke Coil, LED-TV SMPS, Parasitic Capacitance,

*School of Electronic and Electrical Engineering, Daegu Catholic University
★ Corresponding author
E-mail : kjhassk@cu.ac.kr, Tel: +82-53-850-2781
※ Acknowledgment
This work was supported by research grants from Daegu Catholic university in 2015
Manuscript received Mar. 12, 2018; revised Mar. 20, 2018 ; accepted Mar. 28, 2018
This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Ⅰ. 서론

최근 FPD(Flat Panel Display)장치가 대화면, 박형화가 강하게 진행됨에 따라 FPD용 전원장치에 사용되고 있는 자성체의 부품 구조 또한 기존의 성능을 유지하면서 박형화에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[1][2]. 또한 FPD용 전원장치가 소형 및 박형화가 진행됨에 따라 전원장치의 스위칭 주파수가 높아지고 있으며 스위칭 주파수가 높아짐에 따라 전원 노이즈 성분의 크기가 매우 커지고 있는 추세이다. 반면 전원장치의 가격 경쟁 심화로 인한 부품수 최소화는 EMI감쇄필터설계에서도 예외는 아니다[3]. EMI감쇄필터의 성능 향상, 부피최적화 설계 및 Low-cost화를 구현하기 위해서는 공통 모드 초크 코일(Common Mode Choke Coil)을 구성하는 기본 요소인 코어의 형상 및 재질, 권선구조 및 방식 등에 대한 저주파 및 고주파 모델링이 수행되어야 하며 이러한 CM초크코일의 특성 분석을 통해 EMI감쇄필터의 소형화, 박형화 및 간소화에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다[4].

본 논문은 CM초크코일의 고주파 및 저주파 모델링을 통해 2차측을 개방 및 단락 하였을 경우의 간략화 등가회로에서 CM초크코일의 저주파 및 고주파 모델 시, 각 모델의 주요 공진 인자를 도출하여 공진주파수와의 상호 관련성을 분석한다. 특히 고주파 대역에서 임피던스특성을 개선시키기 위한 해결방안으로써 공진 주파수를 고주파 대역으로 이동시키는 방안을 제시하고 광대역의 EMI 감쇄가 가능한 기생 커패시턴스저감형 Hybrid 초크코일의 평각동선 권선방식을 제안한다. 또한, 본 논문에서 제안한 평각동선 권선 방식을 통해 기존의 1단 필터구조에서 사용되고 있는 자동 권선형 CM 초크코일에서 기생커패시턴스저감형 Hybrid 초크코일로 대체함으로써 저주파 및 고주파 대역에서 EMI감쇄특성이 우수함을 실험을 통해 검증한다.

Ⅱ. 본론

1. CM초크코일의 저주파 모델링[5][6]

그림 1은 CM 초크코일의 저주파 모델을 나타내고 있다. 저주파 대역에서 CM 초크코일은 2차측 개방 및 단락한 간략화 임피던스 등가 모델링을 통해 자화인덕턴스(L_M)와 누설인덕턴스(L_{lkg})로 나타낼 수 있다. 그림 1(a)(b)에서 나타낸 바와 같이 2차측 개방 및 단락한 후 간략화 등가 회로로부터 2차측을 1차측으로 변환하면 최종적으로 각각 L_M과 $2L_{lkg}$로 나타낼 수 있다. 따라서 L_M 및 L_{lkg}만을 고려한 1차 공진주파수(100[KHz] ~ 1[MHz])이하의 저주파 모델링에서 적절하게 사용될 수 있다.

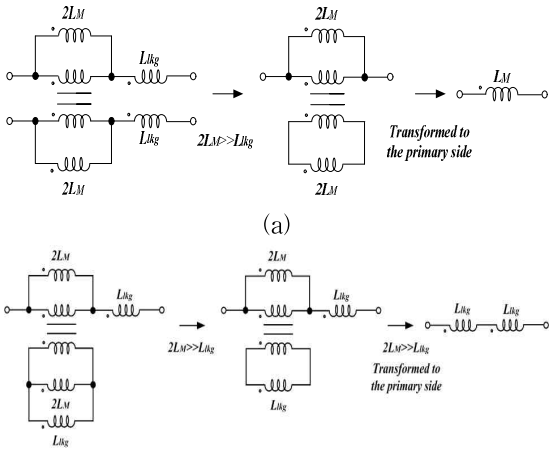


Fig. 1. Low frequency model of CM choke coil : (a) Simplified impedance equivalent circuit : open circuit on the secondary side, (b) Simplified impedance equivalent circuit : Short circuit on the secondary side

그림 1. CM 초크코일의 저주파 모델 : (a) 간략화 임피던스 등가회로 : 2차측 개방회로, (b) 간략화 임피던스 등가회로 : 2차측 단락회로

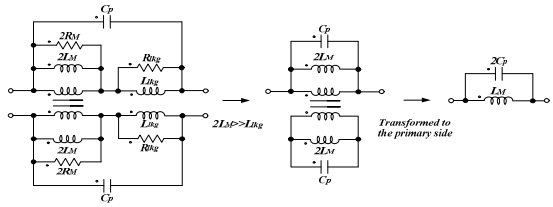
2. CM초크코일의 고주파 모델링

그림 2는 CM 초크코일의 고주파 모델을 나타내고 있다. 고주파 대역에서 CM 초크코일은 2차측 개방 및 단락한 간략화 임피던스 등가 모델링을 통해 자화인덕턴스(L_M), 누설인덕턴스(L_{lkg}) 및 기생커패시턴스(C_p)로 모델링 할 수 있다. 그림 2(a)(b)에서 나타낸 바와 같이 2차측 개방 및 단락한 후 간략화 등가 회로로부터 2차측을 1차측으로 변환하면 최종적으로 각각 (L_M + $2C_p$) 및 (C_p + $2L_{lkg}$) 병렬 회로로 구성 할 수 있다. 따라서 모델링을 통해 고주파 대역의 임피던스 개선을 위한 인자로써 C_p가 유효함을 알 수 있다.

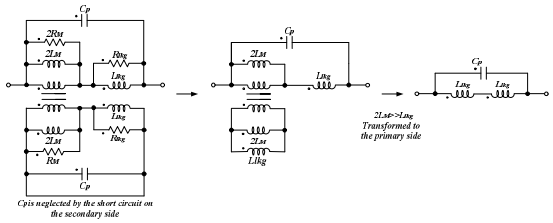
3. 기존의 자동 권선형 공통 모드 초크코일의 기생 커패시턴스 모델링

그림 3(a)(b)는 기존 32인치 LED-TV SMPS에 1단 EMI필터구조에 적용되고 있는 자동 권선형

CM초크 코일의 고주파 모델링 및 기생커패시턴스 등가회로를 나타내고 있다. 코어는 SQH형상으로 UU코어에 비해 유효 단면적이 크므로 L_M 개선에 유리한 장점을 가지고 있지만, 권선구조가 다층 권선 방식으로 C_p가 비교적 큰 단점이 있다. 따라서 권선 층수가 많으면 많을수록 1차 공진 주파수를 결정하는 주요 인자인 C_p가 증가하여 고주파 임피던스의 저하를 초래한다.



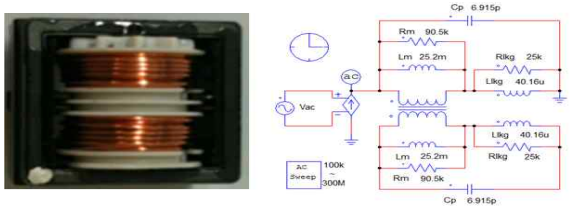
(a)



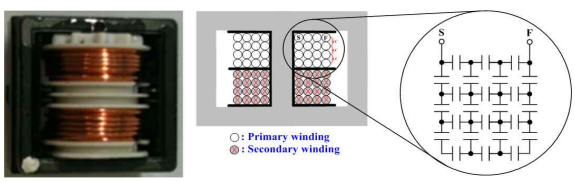
(b)

Fig. 2. High frequency model of CM choke coil : (a) Simplified impedance equivalent circuit : open circuit on the secondary side, (b) Simplified impedance equivalent circuit : Short circuit on the secondary side

그림 2. CM 초크코일의 고주파 모델 : (a) 간략화 임피던스 등가회로 : 2차측 개방회로, (b) 간략화 임피던스 등가회로 : 2차측 단락회로



(a)

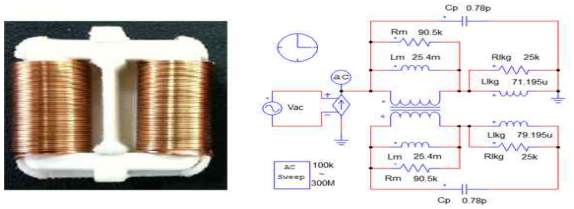


(b)

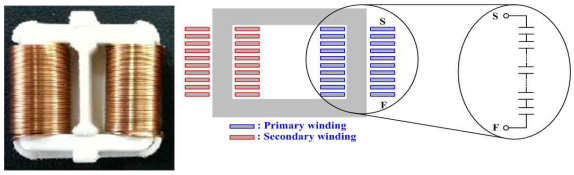
Fig. 3. High frequency modelling and parasitic capacitance equivalent circuit of conventional CM choke coil with the winding method of Automatic type(Type A)

그림 3. 기존 자동 권선형 CM초크 코일의 고주파 모델링 및 기생커패시턴스 등가회로(Type A)

4. 제안 자동 권선형 기생 커패시턴스 저감형 Hybrid 초크 코일 기생 커패시턴스 모델링



(a)



(b)

Fig. 4. High frequency modelling and parasitic capacitance equivalent circuit of proposed Hybrid choke coil with reduced parasitic capacitance(Type B)

그림 4. 제안 기생커패시턴스 저감형 Hybrid 초크 코일의 고주파 모델링 및 기생커패시턴스 등가회로(Type B)

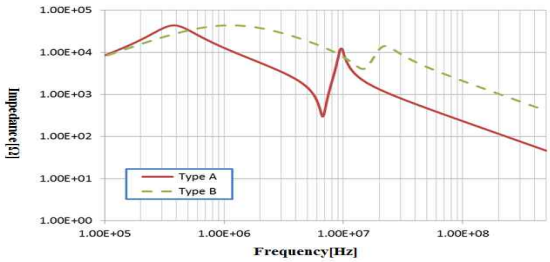


Fig. 5. Impedance characteristics of Type A and Type B

그림 5. Type A와 Type B의 임피던스 특성

그림 4(a)(b)는 저주파 및 고주파 대역에서 임피던스 개선이 가능한 기생커패시턴스 저감형 Hybrid 초크 코일의 고주파 모델링 및 기생커패시턴스 등가회로를 나타내고 있다. 그림 4의 기생커패시턴스 저감형 Hybrid 초크 코일은 평각동선을 이용하여 권선 방법과 권선 구조에 의해 1차측과 2차측 권선 양단에 발생하는 기생커패시턴스 용량을 최소화하는 구조로 되어 있다. 특히 1차측과 2차측 권선의 권선수가 증가하면 증가할수록 기생커패시턴스 용량이 감소하게 됨과 동시에 기생커패시턴스 저감형 Hybrid 초크 코일의 1차 공진 주파수가 고주파 대역으로 이동하게 되어 고주파대역의 임피던스 특성을 더욱더 개선시킬 수 있다. 그림 5는 Type A와 Type B의 L_M은 동일 수준으로 유지하고 있으며 기생 커패시턴스

용량 저감 및 1차 공진 주파수 이동으로 인해 고주파 대역의 임피던스가 개선됨을 알 수 있다. 또한 제안 기생커패시턴스저감형 Hybrid 초크코일은 권선 방식이 평각동선의 단층 권선을 사용하기 때문에 권선수가 증가하면 할수록 C_p의 저감으로 인한 고주파 대역 임피던스 특성개선과 동시에 L_{lkg} 증가로 인해 차동노이즈 저감에도 유리하다. 표 1은 Type A과 Type B의 실제 샘플을 사용하여 측정 및 분석된 특성치를 나타내고 있다.

Table 1. Characteristic values of Type A and Type B
표 1. Type A와 Type B의 특성값

Type	f_1[KHz]	L_k(uH)	L_M[mH]	C_p[pF]
Type A	346	80.32	12.6	13.83
Type B	800	142.39	12.7	1.56

III 실험 결과

그림 6(a)~(d)는 본 논문에서 제안한 기생커패시턴스저감형 Hybrid 초크코일을 32인치 LED-TV SMPS의 EMI필터에 적용하여 측정된 전도노이즈 측정결과를 나타내고 있다. 그림 6(c)(d) 나타낸바와 같이 입력전압 110[V], 입력주파수 60[Hz]에서 Type B가 Type A에 비해 청색타원형 부근의 0.5 ~ 5[MHz]의 주파수 대역에서 EMI필터의 전도 노이즈 측정 결과가 최대 15[dB]로 EMI저감이 우수함을 확인하였다.

IV 결론

본 논문은 저주파대역 및 고주파 대역의 EMI 감쇄가 가능한 기생 커패시턴스 저감형 Hybrid 초크코일의 평각동선 권선방식과 보빈레스에 따른 기생 커패시턴스 모델링을 나타내었다. 또한, CM초크코일의 저주파 및 고주파 모델링을 통해 단순히 저항과 인덕터뿐만 아니라 기생커패시턴스라고 하는 커패시턴스 용량이 존재함을 확인하였다. 기생커패시턴스를 작게 설계하고자 기존의 UEW권선에서 보빈레스의 평각동선 권선구조로 변경하여 권선 턴 수가 증가할수록 기생커패시턴스 용량이 적어지도록 설계하였다. 실제 샘플을 제작하여 CE 측정결과, 0.5 ~ 5[MHz] 주파수 대역의 CE 최대 Margin이 15[dB]임을 확인하였다. 향후 본 논문에서 제안한 기생커패시턴스저감형 Hybrid 초크코일은 LED-TV SMPS를 포함한 LED조명용 SMPS, Note-PC Adapter등 다양한 분야에 응용되리라 사료된다.

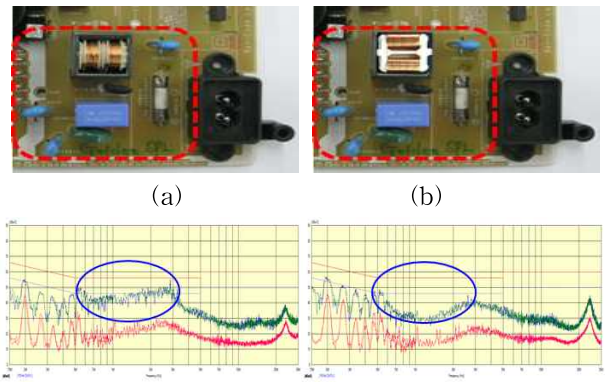


Fig. 6. EMI filter structures, CE and RE experimental results of Type A((a) and (c)) and Type B((b) and (d))(110[V], 60[Hz]
그림 6. Type A((a) 및 (c))과 Type B((b) 및 (d))의 EMI필터 구조, CE 및 RE 실험결과(110[V], 60[Hz])

References

[1] Yasda, “LCD TV Power System,” *the 23th switching power supply symposium of techno-frontier 2008*, 2008.
[2] Usui, “Slim TV Power System,” *the 23th switching power supply symposium of techno-frontier 2008*, April 2008.
[3] Y. C. Jung, “Modeling and design algorithm of conducted EMI filter using a noise separation method,” *The Transaction of KIPE*, vol.9, no.3, pp. 260-266, 2004.
[4] S. Weber, M. Schinkel and S. Guttowski et al, “Calculating parasitic capacitance of three-phase common-mode chokes,” *PCIM Conference*, Nurnberg, 2005.
[5] F. Y. Shih and D. Chen et al, “A procedure for designing EMI filters for AC line applications,” *IEEE Trans. Power Electronics*, vol.21, no.6, pp.1825-1832. Nov. 2006.DOI: 10.1109/63.484430
[6] J. H. Kim, H. S. Kim and J. S. Won, “A Study on the Characteristic Analysis of Hybrid Choke Coil suitable for LED-TV SMPS,” *Journal of KIIEE*, vol.28, no.3, pp.32-43, 2014.DOI:10.5207/JIEIE.2014.28.3.032