

LCD Backlight 인버터 응용을 위한 저가형 트랜스포머 구조

이광일, 권기현*, 노정욱, 한상규, 홍성수, 사공석진, 이효범*
 국민대학교 전력전자 연구소, *삼성전기(주) P&M 사업부

A low cost transformer structure for LCD backlight inverter applications

Kwang-Il Lee, Gi-Hyun Kwon*, Chung-Wook Roh, Sang-Kyoo Han,
 Sung-Soo Hong, Sug-Chin Sakong, Hyo-Bum Lee*

Kookmin University Power Electronics center, *Samsung Electro-Mechanics Co. LTD.

ABSTRACT

본 논문은 LCD backlight 인버터의 Cold Cathode Fluorescent Lamp(CCFL)를 구동하기 위해 승압 기능과 전류 평형 효과를 동시에 갖는 트랜스포머에서 부피 및 원가 저감 효과를 갖는 새로운 구조의 트랜스포머를 제안하였다. 제안된 트랜스포머의 타당성을 검증하기 위해 실제 40인치 LCD backlight 인버터에 적용하여 실험을 수행하였다.

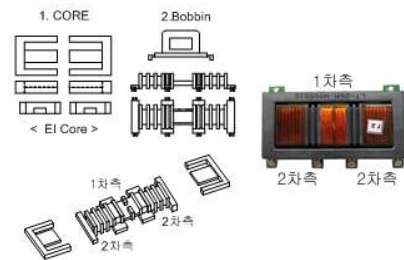


그림 2 기존 트랜스포머의 구조 및 형상

1. 서론

그림 1은 LCD backlight 인버터의 구동 방식을 나타낸다. LCD backlight 인버터는 크게 DC to AC 전력 변환부와 트랜스포머 그리고 제어를 위한 피드백 루프로 구성된다. DC to AC 전력 변환부에서 DC전압을 CCFL 램프에 필요한 AC전압으로 변환한다. 트랜스포머에서는 램프 점등에 필요한 전압으로 승압하고, 램프간 편차에 따른 램프 전류 편차를 트랜스포머의 inductance를 이용하여 보상한다. 피드백 루프는 원하는 출력 전류를 얻을 수 있도록 전력 변환부를 제어한다.

그림 2는 기존 트랜스포머의 구조 및 형상이다. 기존 트랜스포머는 1-2차측 턴수에 의한 승압 기능과 트랜스포머의 inductance를 이용한 전류 평형 효과를 동시에 갖는다.

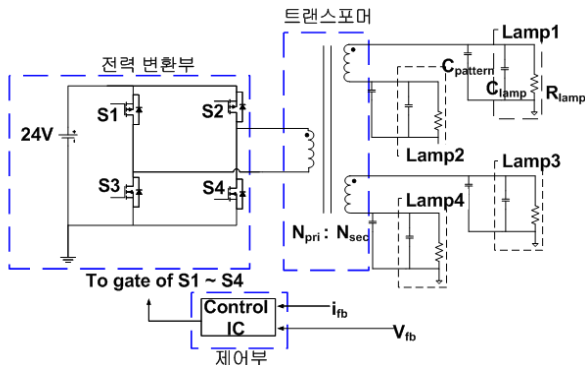


그림 1 LCD backlight 인버터의 램프 구동 방식

본 논문에서는 기존 트랜스포머의 승압 기능과 전류 평형 기능을 갖는 새로운 구조의 트랜스포머 형상을 제안하였다. 제안 트랜스포머는 기존 트랜스포머보다 크기 및 부피 저감을 통하여 트랜스포머의 원가를 저감할 수 있다.

2. 제안된 트랜스포머

2.1 제안된 트랜스포머의 구조 및 형상

그림 3은 제안된 트랜스포머 'A'의 구조 및 형상을 나타낸다. 제안 트랜스포머 'A'는 'EI' core를 사용한다. Bobbin의 양쪽 부분에 두개의 2차측 권선을 걸선할 수 있으며 중간 부분에 'E' core의 중족 부분 삽입과 1차측 권선을 걸선하기 위한 돌출된 부분을 갖는 것을 특징으로 한다. 그림 4는 제안된 트랜스포머 'B'의 구조 및 형상을 나타낸다. 제안 트랜스포머 'B'는 'UU' core를 사용하여 core의 두께가 얇은 중족 부분을 bobbin 안에 삽입하고, 두께가 두꺼운 외측 부분으로 트랜스포머의 2차측 부분을 감싸는 형태를 특징으로 한다. 트랜스포머의 1차측은 bobbin의 중간 부분에 감고 2차측은 bobbin의 양쪽 끝에 감도록 한다.

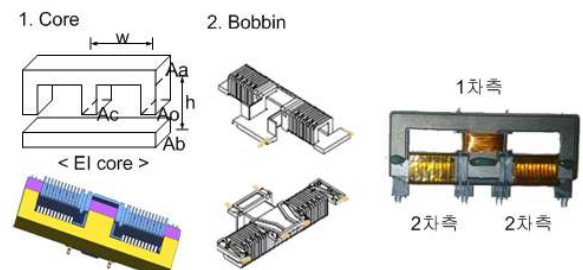


그림 3 제안 트랜스포머 'A'의 구조 및 형상

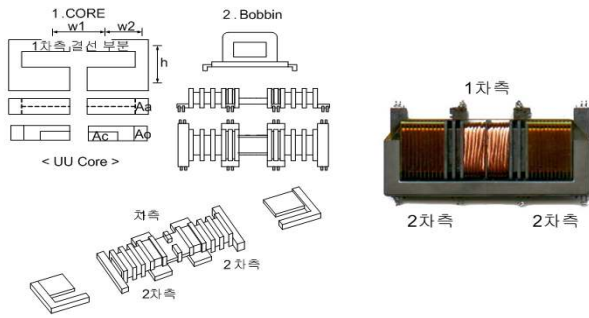


그림 4 제안 트랜스포머'B'의 구조 및 형상

2.2 제안된 트랜스포머'A'

그림 5는 제안된 트랜스포머'A'의 등가 reluctance 및 등가 inductance 회로를 나타낸다.^[1] 그림 5(b)의 등가 inductance 회로에서 보이듯이 제안 트랜스포머'A'는 한쪽 2차측에서 바라본 등가 inductance가 반대쪽 2차측의 L_o 에 의해 큰 값을 가진다. 이를 이용하여 core의 단면적을 줄여도 CCFL램프의 전류 평형에 필요한 등가 inductance를 확보할 수 있어 트랜스포머의 부피 저감을 이룰 수 있다. 하지만, 1-2차측 간 coupling이 좋지 않아 기존보다 큰 트랜스포머 턴비가 필요하게 되고, 1차측 결선을 위해 다소 복잡한 bobbin 구조를 갖게 된다. 또한, 1차측과 2차측 결선 방향이 90°가 되기 때문에 권선을 결선하기 위한 작업성이 나쁘다.

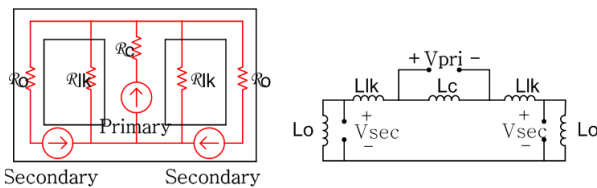


그림 5 제안된 트랜스포머'A'의 (a) 등가 reluctance 회로 및 (b) inductance 회로

그림 5(a)의 각 reluctance 값은 다음과 같다. 여기서, w , h , A_c , A_o , A_a , A_b 는 그림 3에 표시된 길이 및 단면적을 나타낸다. 단, μ 는 core의 투자율이다.

$$R_c = w / (\mu A_c) \quad (1)$$

$$R_o = w / (\mu A_a) + h / (\mu A_o) + w / (\mu A_b) \quad (2)$$

$$R_{lk} = \text{leakage reluctance} \quad (3)$$

그림 5(a)의 등가 Reluctance 회로를 쌍대성 원리(Duality Principle)를 이용해 전기적인 Inductance 회로 모델로 바꾸면 그림 5(b)와 같다.^[2] 여기서, L_o , L_c , L_{lk} 는 다음과 같다. 단, N 은 트랜스포머의 1차측 턴수를 나타낸다.

$$L_c = N^2 / R_c \quad (4)$$

$$L_o = N^2 / R_o \quad (5)$$

$$L_{lk} = \text{leakage inductance} \quad (6)$$

해석된 등가 inductance 회로의 검증을 위하여, 40인치 LCD backlight에 사용되는 CCFL램프에 $8mA_{rms}$ 가 흐

르는 조건을 기준으로 모의 실험을 하였다. 모의 실험에 사용된 특성 값은 표 1과 같고, 각 특성값은 그림 1 회로와 같이 구성된다. DC to AC 전력 변환부 대신 52.5kHz의 0.35 duty를 갖는 $\pm V_{lin}$ pulse파를 인가해 주었으며 트랜스포머에는 해석된 inductance회로를 적용하였다. R_{lamp} 는 40인치 LCD pannel인 K40SPI03이 $8mA_{rms}$ 가 흐를 때 요구하는 전압 $1450V_{rms}$ 를 적용하여 등가 저항으로 환산한 값이다. C_{lamp} 는 CCFL 내부의 등가 Cap.이며, $C_{Pattern}$ 은 램프 외부에 추가한 Cap.이 되겠다. N_{pri} , N_{sec} 은 트랜스포머의 1, 2차측 턴수를 나타내며 L_c , L_{lk} , L_o 는 그림 6의 core size를 2.2절에서 해석한 등가 inductance로 적용한 특성값이다. μ_r 은 core의 상대 투자율이다.

표 1 모의 실험에 사용한 특성값

항목	값	항목	값
V_{in}	24V	R_{lamp}	212k Ω
C_{lamp}	12pF	$C_{Pattern}$	5pF
N_{pri}/N_{sec}	17/3250	L_c	1.71mH
L_{lk}	18.6 μ H	L_o	208 μ H
μ_r	1300		

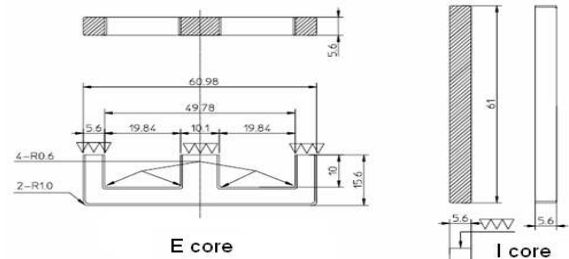


그림 6 제안 트랜스포머'A' core size

그림 7은 트랜스포머 1차측 입력 전압 및 램프 전류의 모의실험 파형이다. 모의 실험 결과 램프 전류는 sin 형태의 파형 및 $7.8mA_{rms}$ 가 측정되었다. 시뮬레이션을 통하여 이론적 해석을 통한 등가 inductance 회로를 검증하였다.

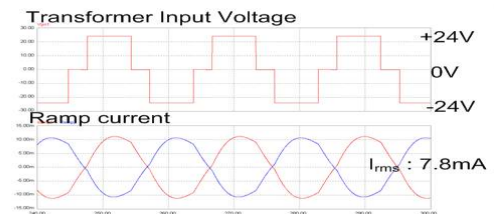


그림 7 트랜스포머 입력 전압 및 램프 전류 Simulation 파형

2.3 제안된 트랜스포머'B'

제안 트랜스포머'B'는 제작이 용이한 'UU' core 형태를 사용하였다. 기존 트랜스포머의 1차측 외측 부분을 제거하고 2차측 외측 부분을 보강한 형태이다. 제안 트랜스포머는 core와 2차측 간의 아크 방전을 막기 위해

CAP이 필요한 경우, core 형태와 같은 'UU' 모양의 CAP을 사용하기 때문에 간단한 CAP구조를 갖는 장점이 있다. 제안된 트랜스포머'B'의 해석은 앞의 2.2절의 제안 트랜스포머 'A'와 동일한 방법으로 해석할 수 있다. 그림 8은 제안된 트랜스포머 'B'의 core size 이다.

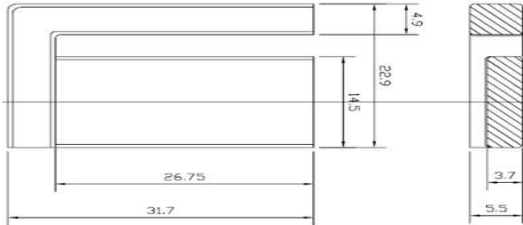
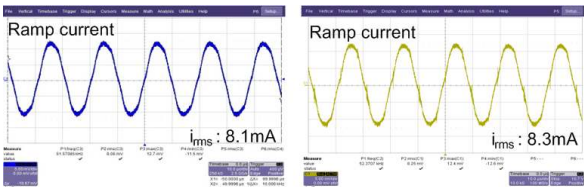


그림 8 제안 트랜스포머'B' core size

3. 제안 트랜스포머의 실험

3.1 제안 트랜스포머 실험

제안된 트랜스포머의 검증을 위하여, 실제 제작된 제안 트랜스포머'A', 'B'를 40인치 LCD backlight 인버터에 적용하여 실험을 하였다. 실험 조건은 다음과 같다. 기존에 사용되고 있는 LCD backlight 인버터에서 기존 트랜스포머 대신 제안 트랜스포머'A', 'B'를 적용하여 실험하였다. 실험에 사용한 트랜스포머'A', 'B'의 size는 각각 그림 6, 그림 8과 같으며, 각각의 1-2차측 턴비는 17:3250, 25:2600 이고, core의 상대 투자율은 'A', 'B' 모두 1300 이다. 24V의 입력전압과 52.5kHz의 스위칭 주파수를 갖으며, 보드에는 5pF의 pattern cap.이 형성되어 있다. 사용된 CCFL 램프 패널의 모델명은 K40SPI03 이다. 해당 패널을 구동하기 위해서는 8.0mA_{rms}의 sin과 램프 전류를 요구한다. 그림 9(a), 그림 9(b)는 제안 트랜스포머'A', 'B'를 사용하였을 때의 CCFL 램프 전류 파형이다. 제안 트랜스포머의 전류는 각각 8.1mA_{rms}, 8.3mA_{rms}가 측정되었고 두 파형 모두 Sin 형태가 나타났다. 이는, 실제 40인치 CCFL 램프가 요구하는 rsm전류값 및 전류 파형과 비슷하여 제안 트랜스포머가 잘 동작함을 알 수 있다.



(a)트랜스포머'A'의 램프 전류 (b)트랜스포머'B'의 램프 전류
그림 9 (a) 제안 트랜스포머'A'를 적용한 램프 전류 및 (B) 제안 트랜스포머 'B'를 적용한 램프 전류

3.2 기존 트랜스포머와 제안 트랜스포머의 특성 비교

표 2는 기존 트랜스포머와 제안 트랜스포머의 특성 비교 표이다. 램프 편차는 40인치 16램프 CCFL 패널을 구동한 조건에서의 전류 편차를 나타낸다. 제안 트랜스포머'A'의 램프 전류 편차는 ±0.5mA, 제안 트랜스포머'B'는 램프 전류 편차는 ±0.3mA가 측정되었다. 따라서, 제안 트랜스포머'A', 'B'의 경우 기존과 동등한 수준의 전

류 평형 효과를 가진다. 동작 온도의 경우 제안 트랜스포머'A'는 65.6℃가 측정되었고, 제안 트랜스포머'B'의 경우 67.1℃로 기존 트랜스포머보다 약간 높은 수준을 가진다. 제안 트랜스포머'A'의 부피는 5018mm³로 기존의 5873mm³보다 약 14.6%정도의 부피 저감 효과를 가지며 제안 트랜스포머'B'의 부피는 4315mm³으로 기존대비 26.5%의 부피 저감 효과를 갖는다. 제안 트랜스포머'A'는 2.2절에서 살펴본 바와 같이 bobbin 구조가 복잡하고, 1차측을 결선하기 위한 작업성이 나쁘다. 반면 제안 트랜스포머'B'의 경우 2.3절에서 살펴본 바와 같이 제작이 용이한 core 및 bobbin 형태를 가지고 있으며 아크 방전을 막기 위한 CAP 구조가 간단하다.

위에서 살펴본 바와 같이 제안 트랜스포머 'B'가 제안 트랜스포머 'A' 보다 제작이 용이하고 부피저감 효과가 큰 것을 알 수 있다.

표 1 각 트랜스포머에 따른 특성 비교 표

구분	기존 Trans.	제안 Trans. 'A'	제안 Trans. 'B'
턴비 (Nsec/Npri)	2400/23	3250/17	2600/25
Io 편차(mA)	±0.5	±0.5	±0.3
MAX 온도(℃)	58.0	65.6	67.1
코어 부피(mm ³)	5873	5018	4315
부피 저감 효과(%)	-	14.6%	26.5%
기타	-	제조 작업성 나쁨	Cap 제작 용이

4. 결론

본 논문에서는 LCD backlight 인버터 응용을 위한 저가형 트랜스포머의 구조에 관한 연구를 하였다. 제안된 트랜스포머는 LCD backlight 인버터 트랜스포머에 필요한 램프 전류 평형 기능의 경우 기존과 동등한 수준의 동작을 한다. 또한, 기존 트랜스포머 방식에 비해 부피 저감효과를 얻을 수 있어, LCD backlight 인버터에 제안 트랜스포머를 적용할 경우 원가 저감을 이룰 수 있다. 제안된 트랜스포머를 실제 40인치 LCD backlight 인버터에 적용하여 동작을 검증하였다.

이 논문은 삼성전기(주)의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

참고 문헌

- [1] Lloyd Dixon, "Deriving the equivalent electrical circuit from the magnetic device physical properties", Unitorde Application Notes, TI, 2003
- [2] D.C. Hamill, "Lumped Equivalent Circuits of Magnetic Components: Gyration-Capacitor Approach", IEEE Trans, on Power Electronics, Vol.8, No.2, April 1993.