

Intergrated Magnetics를 이용한 LCD Backlight 인버터용 전류평형 트랜스포머

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

A Resonant Transformer Structure with Current Balancing for LCD Backlight Inverter

Kwang-Il Lee, Jae-Kwang Lee, Gi-Hyun Kwon*, Chung-Wook Roh, Sang-Kyoo Han,
Sung-Soo Hong, Suk-Chin Sakong, Jong-Sun Kim*
Kookmin University Power Electronics center, *Samsung Electro-Mechanics Co., LTD.

ABSTRACT

본 논문은 LCD Backlight 인버터 구동 응용을 위한 다중 램프 점등 시 트랜스포머 소자 수 감소를 이룰 수 있는 전류평형 트랜스포머의 구조 및 형상에 관한 것으로서, 제안된 트랜스포머 구조는 기존의 트랜스포머 구조 방식에 비해 소자 수가 줄어들어, LCD Backlight 인버터의 원가를 저감 할 수 있는 트랜스포머 구조 및 형상에 관한 것이다.

1. 서 론

그림 1은 LCD Backlight 인버터 응용에서 4개의 CCFL 램프를 1개의 인버터로 구동하는 방식의 일례를 나타낸다. 각 램프간의 관전류 평형을 위해서 전류 평형 트랜스포머를 채용하여 그림 1과 같이 결선 하였다. (Jin Balance 방식) 이와 같이 1개의 인버터 회로로 다수 개 (N 개) 램프 병렬 구동을 위해서는 N 개의 전류 평형 트랜스포머가 필요로 한다. 램프 수가 많으면 많을 수록 전류 평형 트랜스포머의 수가 증가하여 부품 수 증가 및 원가 증대를 야기시키는 단점이 있다.

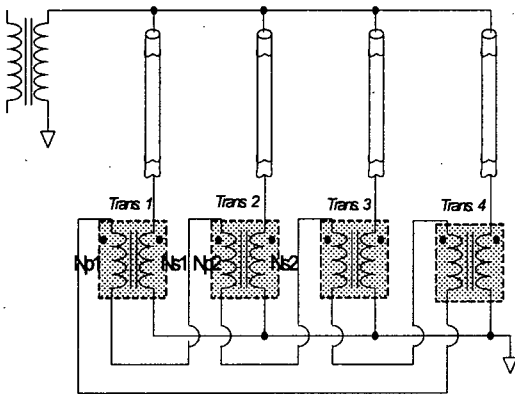


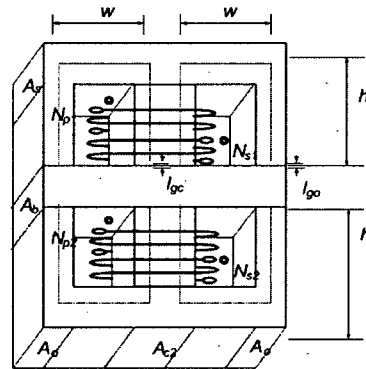
그림 1 기존의 전류 평형 트랜스포머의 램프 병렬 구동 방식 회로의 개념도 (Jin Balance 방식)

본 논문에서는 Integrated Magnetics를 이용한 파워트랜스포머의 구조와 형상을 제안하고 이는 하나의 인버터로 다수의 램프를 병렬 구동시키는 것이 목적이다.

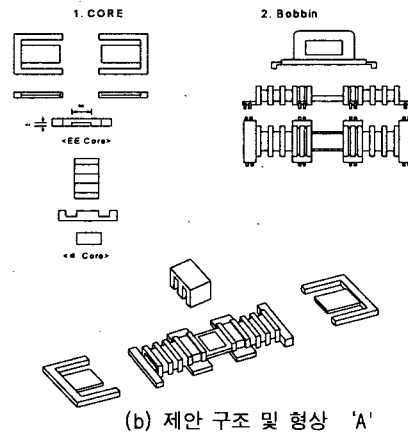
2. Intergratd Magnetics를 이용한 제안 트랜스포머

2.1 제안된 트랜스포머의 구조 및 형상

[그림. 2]는 제안된 트랜스포머의 구조 및 형상을 나타낸다. 제안 구조 'A'에서 코어는 'EE' core를 사용하고, Bobbin의 Center 부분에 'EE' core 와 'E' Core 의 접촉을 위해 함몰된 부분이 있는 것을 특징으로 한다. 제안된 트랜스포머의 구조 및 형상의 특징은 각 Bobbin Window 에 트랜스포머 1개를 구성 할 수 있어, 기존 2개의 트랜스포머를 1개의 자기 소자로 집적시킬 수 있다.



(a) 구조 및 형상



(b) 제안 구조 및 형상 'A'

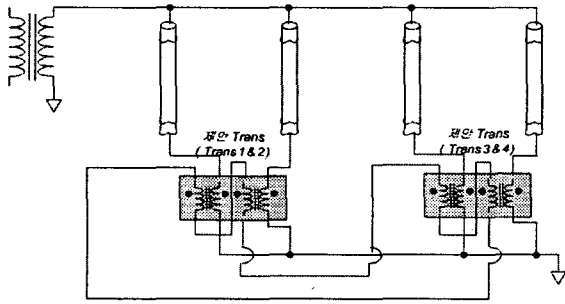
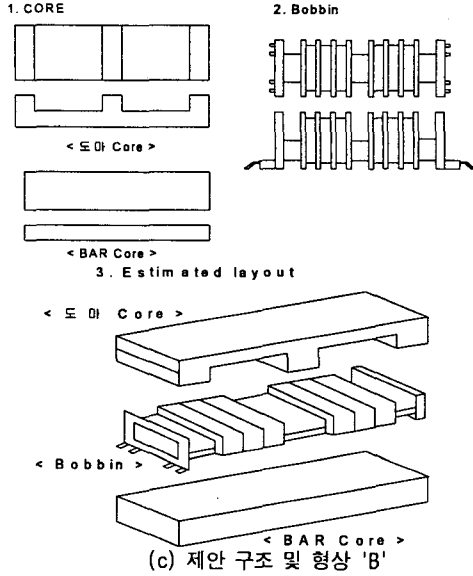


그림 2 제안된 트랜스 구조 및 형상 과 이를 적용한 인버터 전류 평형 방식의 실시 예

2.2 제안된 트랜스포머의 해석

[그림. 3]은 제안된 트랜스포머의 등가 Reluctance 회로도를 나타낸다. 각 트랜스의 권선 방향 [그림. 2]와 같이 선정하면, E 자 Core에서의 자속은 상쇄 된다.

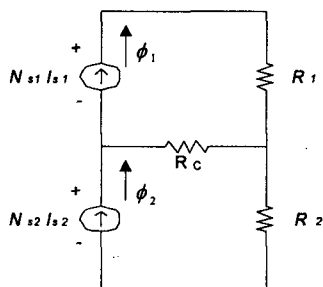


그림 3 제안된 트랜스포머의 등가 Reluctance 회로도

$$R_1 = R_2 = \frac{h}{\mu A_c} + \frac{w+h}{\mu A_o} + \frac{l_{go}}{\mu_o A_o} + \frac{l_{gc}}{\mu_o A_c} \quad (1)$$

$$R_c = \frac{w}{\mu A_b} \quad (2)$$

이다.

그림 3의 등가 Reluctance 회로를 쌍대성 원리(Duality Principle)를 이용해 전기적인 Inductance 회로 모델로 바꾸면 그림 4와 같다.

$$\text{여기서, } L_1 = L_2 = N_s^2 P_1 = N_s^2 / R_1 \quad (3)$$

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

트랜스포머 간의 전지적 절연을 나타내기 위해 권선비 1:1인 이상적인 트랜스포머를 넣어 완성된 제안구조의 전기적인 등가 회로를 그림 5에 나타내었다.

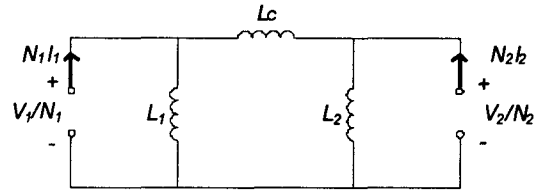


그림 4 제안 트랜스포머의 등가 Inductance 회로도

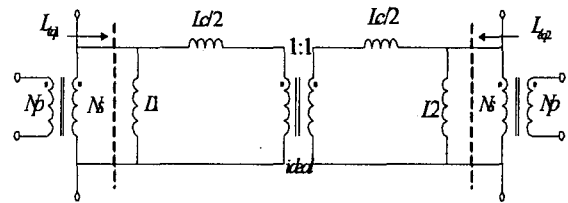


그림 5 제안 트랜스포머의 전기적인 등가 회로도

그림 4에서 각 개별 트랜스간의 결합 정도는 인덕턴스 L_c 로써 나타낼 수 있다. L_c 가 크면 클수록 개별 트랜스간의 간섭이 줄어들어서, 2개의 독립적인 트랜스를 사용한 효과와 동일하게 된다. L_c 의 크기는 Center 부분의 E Core와 EE Core가 접촉되는 단면적을 키우거나, Center 부분의 길이를 증가 시키므로 커지게 되고, 이 경우는 Core의 부피와 Size가 증가한다.

제안 트랜스 구조에서는 L_c 를 적절히 크게 설계함으로서 (L_{sec} 의 5배 정도), Center Core에 의한 트랜스 부피 및 크기를 최소화 하면서, 공진 인덕턴스 L_{sec} 를 독립적인 트랜스의 L_{sec} 와 유사하게 설계할 수 있다. 결과적으로, 제안 트랜스 구조의 채용시 부품수 감소와 원가 저감이라는 두가지 중요한 명제를 동시에 달성할 수 있을 것으로 기대된다.

2.3 제안 트랜스포머의 원리 및 해석

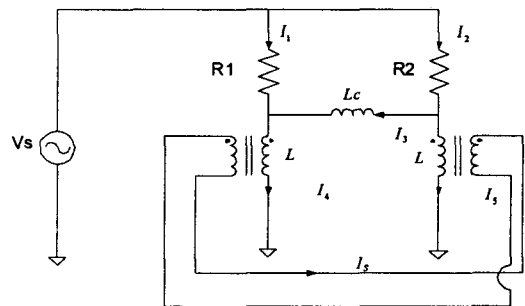


그림 6 제안 트랜스포머 기반의 간략한 2개 랩프 구동 인버터 등가 회로도

그림 6은 제안 트랜스포머의 간략화된 등가 회로도이다. 그림 6에서, 각 램프의 관전류 I_1, I_2 를 구하여 보면 식 (5), (6)으로 나타낼 수 있다.

$$I_1 = \frac{R_2(2k+4) + 2j\omega kL}{R_1R_2(2k+4) + j\omega kL(R_1+R_2)}V \quad (5)$$

$$I_2 = \frac{R_1(2k+4) + 2j\omega kL}{R_1R_2(2k+4) + j\omega kL(R_1+R_2)}V \quad (6)$$

식 (5), (6)에서 ωL 이 충분히 크다고 가정하면, 식(7), (8)과 같이 관전류의 편차는 없게 됨을 알 수 있다. (즉, $I_1 \cong I_2$)

$$I_1 = \frac{2j\omega kL}{R_1R_2(2k+4) + j\omega kL(R_1+R_2)}V \quad (7)$$

$$I_2 = \frac{2j\omega kL}{R_1R_2(2k+4) + j\omega kL(R_1+R_2)}V \quad (8)$$

식(5), (6)에서 램프의 각 관전류 편차는 k 와 L 에 관계하고, k 의 변화보다는 L 의 변화에 전류 편형 조건이 더 민감함을 알 수 있다. [그림. 3-23]은 k 값 변화에 따른 전류 편차의 변화 Graph 일례이다. 여기서 $x = L/L(\text{기준})$ 으로 정의한다. 그림 7에서 L 값이 기준과 동일한 경우 ($x=1$)이면 k 가 무한히 크지 않으면, 기존의 전류 편형 편차 내에 있도록 설계 할 수 없는 반면, L 값이 기준의 2배인 경우 $k > 4$ 인 조건에서 기준과 동일한 전류 편형 편차를 얻을 수 있음을 알 수 있다. 그러므로 제안 트랜스 구조 및 형상에서는 k 를 적절히 큰 값으로 선정하고, L 을 기준에 비해 크게 선정함으로써 램프간 관전류 편형을 이룰 수 있다.

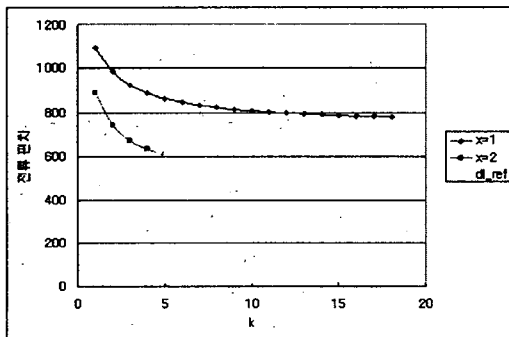


그림 7 k 값 변화에 따른 전류 편차의 변화 Graph 일례

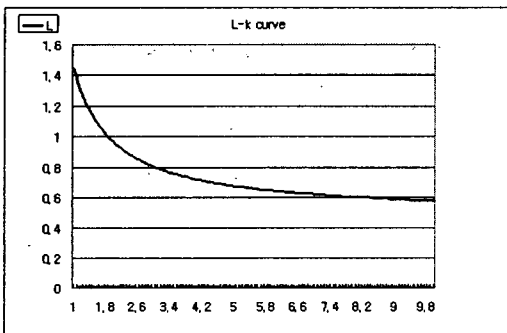


그림 8 k 와 L의 Graph

3. 제안 트랜스포머의 모의 실험

제안된 트랜스포머의 동작을 검증하기 위하여, $f=60kHz$, $k=5$, $L=675mH$, 램프저항 $R_1 = 100k\Omega$, $R_2 = 90k\Omega$ 사양으로 모의 실험을 하였다.

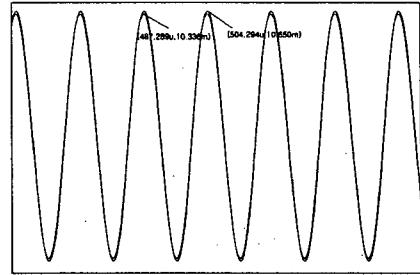


그림 9 simulation 관전류 파형

위의 모의실험에서 관전류가 $I_{R1} = 10.381mA$, $I_{R2} = 10.693mA$ 으로 전류 편차가 26%로 이론치 3%와 같은 전류 편차가 나오는 것을 알 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 Intergrated Magnetics를 이용한 LCD backlight 인버터용 트랜스포머에 관한 연구를 하였다. 제안된 트랜스포머 구조 및 형상으로 기존 방식의 2개의 트랜스포머를 1개의 Magnetic 소자에 집적시킬 수 있어, 2N개의 다중 램프 구동 시, 기존 방식으로는 2N개의 트랜스포머 소자가 필요한데 반해, 제안된 구조 및 형상의 트랜스포머 채용 시 N개의 트랜스포머 소자가 필요하여, 부품수가 절반으로 줄어드는 장점이 있다. 전류 편차의 경우, 제안된 트랜스포머는 큰 k 값을 가지기 때문에 기존보다 적절히 큰 L 값을 사용하면 기존과 동일한 전류 편차를 얻을 수 있다. 제안된 트랜스포머의 이론적 해석 및 모의실험을 통하여 트랜스포머의 동작을 검증 하였다.

이 논문은 삼성전기(주)의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

참고 문헌

- [1] Sheng Tai Lee, "Circuit structure for driving a plurality of Cold Cathode Fluorescent Lamps" U.S. Patent 6781325B2, Aug.24,2004.
- [2] Kennet L. Kaiser, "Electromagnetic Compatibility Handbook(II)" pp17-8~17-10.
- [3] "Microsemi Integrated Products" Microsemi Corporation Proprietary & Confidential Information
- [4] D.Cheng et al, "Design, Modeling, Analysis of Integrated Magnetics for Power Converter", IEEE APEC 2000 Proceedings, pp. 320-325.
- [5] P. Zumel et al, "Magnetic integration for interleaved Converter", IEEE IAS 2003, pp1143-1149.