

# 자동화 권선을 위하여 조립형 보빈을 사용한 LED TV용 LLC 공진형 변압기 설계

신용환, 이형란, 김종해\*, 원재선\*, 오동성\*, 신휘범  
전기공학과, 경상대학교, 삼성전기(주)\*

## Design of LLC Resonant Transformer for Automation Winding with Section Bobbin in LED TV

Yong-hwan Shin, Xinlan Li, Jong-hae Kim\*, Jae-Sun Won\*, Dong-Sung Oh\*, Hwi-Beom Shin  
Dept. of Electrical Engineering, Gyeongsang National University, \*Samsung Electro-Mechanics Co.

### ABSTRACT

하나의 보빈에 모든 권선을 하는 기존의 방법과 달리, 제안하는 LED TV용 변압기 구조는 여러 보빈에 권선을 나눠서 하는 방식이다. 이로 인하여 일, 이차 사이에 절연 목적으로 사용하던 절연 테이프를 모두 제거함으로써 권선 자동화를 이룰 수 있도록 한다. 제안하는 변압기 구조를 바탕으로 LLC 공진형 변압기를 설계 및 제작하여, 실험을 진행하고 변압기 설계 기술에 대하여 검증한다.

### 1. 서론

LED TV용 전원장치는 13.6mm, 12.6mm, 9.3mm등 더욱 슬림(Slim)화 되고 있다. 이를 위해서는 인덕터, Line Filter, PFC 인덕터를 비롯한 Main Trans 및 Standby Trans 등을 Slim화 해야 한다. 또한 변압기 수요가 급증하고, 불량률 저감 및 안정적인 부품 수급을 위해서 Trans 제조의 자동화가 절실히 요구되고 있다.

전원 장치의 슬림화를 위해서는 변압기를 낮게 설계해야 한다. 하지만 현재의 제조 기술로는 제약 사항들이 있다. 코어의 높이는 최소로 할 수 있는 길이가 존재하고, 안전거리의 일차 권선과 이차 권선 사이, 권선과 코어에 존재한다. 기존 슬림형 변압기는 주로 EFD 코어와 절연 테이프를 사용하여 변압기를 낮게 설계하였다. 하지만 절연 테이프 사용으로 인하여 권선 자동화를 할 수가 없고, 자속이 LED TV의 백커버를 지나가게 되어 소음과 열, EMI를 발생하는 문제점이 있다.

기존 슬림형 변압기 제작에서는 하나의 보빈에 모든 권선을 하게 되므로 LLC 공진 변압기의 누설 인덕턴스 조절은 권선 배치와 절연 테이프로 한다. 대부분 LLC 공진 컨버터 변압기에서는 큰 누설 인덕턴스가 필요하므로 절연 테이프만 이용하여 큰 누설 인덕턴스를 만들 수 없다. 따라서 공진 인덕터를 부가적으로 회로에 추가한다. 이로 인하여 생산량 감소와 부피 증가, 단가 증가와 같은 문제점을 갖는다.

자동화 권선을 위해서는 변압기의 절연 테이프를 제거해야 한다. 하지만 기존 권선형 변압기에서는 절연 목적 때문에 모두 제거 할 수가 없다. 일, 이차 권선 사이에 절연 테이프를 사용하지 않는 PCB 권선 변압기는 가격이 비싸다는 단점과, 누설 인덕턴스를 조절하기 위해서는 일, 이차 권선 거리를 멀리 해야 하므로 변압기 부피 증가와 변압기 제작 단가가 증가하는 문제점이 있다.

이러한 여러 가지 문제점을 해결하고자 조립형 보빈을 이용한 변압기를 제안한다. 새로운 보빈 구조를 갖는 제안된 변압기를 150W LLC 공진형 컨버터에 적용, 실험하였다.

### 2. 조립형 보빈을 이용한 변압기의 구조 및 형상

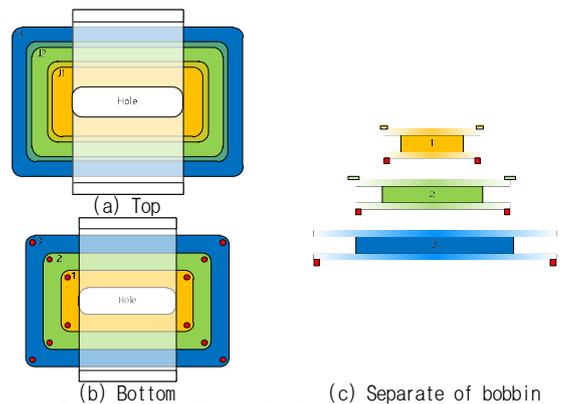


그림 1 조립형 보빈을 이용한 LLC 공진형 변압기의 구조  
Fig. 1 Structure of proposed LLC resonant converter transformer with section bobbin

그림 1은 다중 보빈으로 구성되어 있는 제안하는 변압기 구조의 개념도이다. 일, 이차 권선 사이에는 절연 테이프가 없다. 보빈을 조립하는 순서는 1번 보빈 다음에 2번 보빈을 끼우고 또 그 다음에 3번 보빈을 끼운다. 보빈의 조립 순서는 역순으로 하여도 상관이 없다. 각 권선은 기존 EFD 코어를 사용하는 변압기처럼 순서대로 할 필요 없이 각각 보빈에 권선을 한다. 조립형 보빈 구조에서는 권선을 따로 따로 할 수가 있고, 권선을 순서대로 할 필요가 없다. 제안하는 변압기의 권선 구조는 수평형이므로 Al Shield를 제거할 수 있다.

제안하는 변압기 구조에서의 누설 인덕턴스 조절은 절연 테이프를 이용하거나, 권선의 위치를 바꿀 필요가 없이 다중 보빈을 이용하여 일, 이차의 고정된 거리를 활용한다. 이로 인하여 누설 인덕턴스의 변동 폭을 줄일 수 있다.

조립형 보빈 개념도를 활용하여 실제 LED TV에 사용하고 있는 LLC 공진형 변압기와 물리적, 전기적 특성이 비슷하도록 변압기를 설계한다. 기존 변압기의 물리적 특성으로 크기는  $W \times D \times H = 58 \times 47 \times 14.5 \text{mm}$ 이다. 전기적 특성으로는  $L_m = 450 \mu\text{H}$ ,  $L_k = 50 \mu\text{H}$ 이다. 변압기의 이차 측은 총 5개이다. 변압기 설계는 코어의 손실을 먼저 고려한다. 권선의 배치는 기존 수평형 권선과 동일하게 한다.

### 3. 변압기 제작

제안하는 LLC 공진형 변압기 보빈은 LCP 재질을 이용하였다. 패놀 재질의 보빈을 사용할 경우 최소 두께가 0.8mm가 되어 변압기의 높이를 충족시키지 못하기 때문이다. 그림 2는 각각 보빈을 제작한 모습이다.

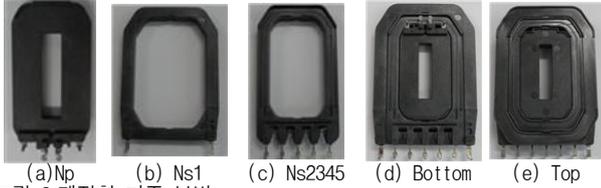


그림 2 제작한 다중 보빈  
Fig. 2 Section Bobbin

각각의 보빈에는 Skin depth를 고려하여 권선 직경을 선택 후 Litz 권선을 사용하였다. 기존 변압기의 턴 수는  $N_p:N_s1:N_s2:N_s3:N_s4:N_s5=50:30:1:1:3:3$ 이다. 제안하는 변압기 구조에서도 동일한 턴 수를 사용하였다. 그림 3은 각 보빈에 권선을 한 모습이다. 권선을 연결핀에 고정할 때도 권선기가 자동으로 할 수 있도록 보빈을 설계 하였다.



그림 3 각 보빈에 권선을 한 모습  
Fig. 3 Winding of section bobbin

그림 4는 완성된 변압기 모습이다. 코어는 EFD 코어가 아닌 EE 코어를 사용하였다.

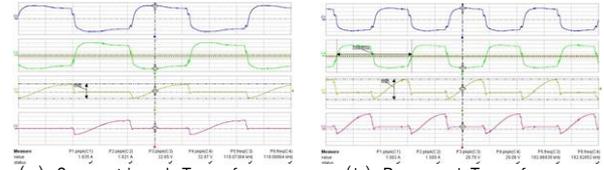


(a) Assembly of Bobbin (b) EE Core (c) Transformer  
그림 4 완성된 LLC 공진형 변압기  
Fig. 4 Prototype of section bobbin for LLC resonant converter transformer

제작한 LLC 공진형 변압기의 측정 자화 인덕턴스는 450uH이며, 누설 인덕턴스는 97.64uH이다. 제안하는 변압기의 누설 인덕턴스가 기존 변압기보다 약 48uH가 크다.

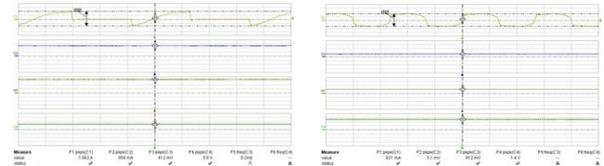
### 4. 실험 결과

실험을 통하여 기존 LLC 공진형 변압기와 제안하는 조립형 보빈을 사용하는 변압기의 동작유무를 확인하였다. 또한 스위칭 소자의 Vds 전압과, 전류, 출력 전압, 전류 파형을 측정하였다. LED TV 파워부에서 정류단을 거친 입력 전압은 400V이다. 그림 5는 MOSFET Gate 전압 파형을 나타낸 것이다. 기존 변압기의 스위칭 주파수는 118.07kHz이다. 측정 누설 인덕턴스는 51.58uH, 공진 커패시터는 22nF이다. 제안하는 변압기의 스위칭 주파수는 182.86kHz이다. 제안하는 변압기의 누설 인덕턴스가 기존보다 크므로 공진 커패시터는 11nF를 사용하였다.



(a) Conventional Transformer (b) Proposed Transformer  
그림 5 기존 변압기와 제안하는 변압기 주요 파형  
Fig. 5 Comparison of Experimental Waveforms

그림 6은 MOSFET Gate 전류와 출력 전압 파형을 나타낸 것이다. 기존 변압기의 12V 출력 단자의 최대 전압은 12.81V이며, Vamp 출력 단자의 최대 전압은 16.61V, Vdrv 출력 단자의 최대 전압은 130.67V이다. 제안하는 변압기의 12V 출력 단자의 최대 전압은 13.85V, Vamp 출력 단자의 최대 전압은 20.11V, Vdrv 출력 단자의 최대 전압은 128.10V이다.



(a) Conventional Transformer (b) Proposed Transformer  
그림 6 기존 변압기와 제안하는 변압기 주요 파형  
Fig. 6 Comparison of Experimental Waveforms

### 5. 결론

제안하는 LLC 컨버터용 변압기는 조립형 보빈으로 구성되어 있어서 절연 목적으로 사용하는 절연 테이프는 존재하지 않는다. 권선을 각각의 보빈에 감을 수 있으므로 권선 자동화를 이룰 수 있다. 누설 인덕턴스는 조립형 보빈을 이용하므로 원하는 값으로 쉽게 조절 가능하다. 제품 생산을 위해서는 절연거리를 유지해야 하는데 제안하는 변압기 구조는 여러 개의 보빈을 이용하여 연면거리, 공간거리를 쉽게 해결하였다. 변압기의 성능 테스트를 위하여 기존 변압기가 동작하고 있는 LED TV의 파워 보드에 실장시켜 실험을 진행하였다. 실험 결과 각각 소자의 파형과 변압기의 전압, 전류가 기존 변압기와 비교하여 크게 다르지 않다는 것을 확인하였다. 제안하는 변압기 구조는 권선 자동화를 가능하게 함으로써 제조 프로세서 감소와 생산량 증가, 불량률 감소를 이룰 수 있을 것으로 생각된다.

이 논문은 삼성전기 (주) 산학협력과제 연구비 지원에 의하여 연구되었음

### 참고 문헌

- [1] 신취범, 삼성전기주식회사, “트랜스포머 및 이를 갖는 디스플레이 장치”, 특허번호 10-2010-0063720, 2010.07.02
- [2] J. Biela, J. W. Kolar, “Electromagnetic Integration of High Power Resonant Circuits Comprising High Leakage Inductance Transformers” Power Electronic Systems Laboratory, ETH Zurich.
- [3] Yick Po, Chan, “Leakage Inductance Calculation of Complex Transformer Constructions based on a Simple Two-Coil Inductor Model”, Power Electronics Specialists Conference, PESC '06. 37th, pp 1-4, June. 2006.