

동축권선 트랜스포머를 이용한 고효율 플라이백 컨버터

김도현, 문솔, 김찬인, 박중후
송실대학교 전기공학부 전력전자연구실

High efficiency flyback converter using coaxial cable transformer

Do-Hyun Kim, Sol Moon, Chan-In Kim, Joung-hu Park
Power electronics systems laboratory, Department of Electrical Engineering, Soongsil University

Abstract

본 논문은 SMPS 및 가전기기와 휴대 전자기기 등에서 전원회로로 폭넓게 사용되고 있는 플라이백 컨버터의 트랜스포머를 기존의 샌드위치권선 방식이 아닌 동축권선 방식을 적용하여 기존의 샌드위치권선 방식보다 우수한 1,2차 커플링을 지니는 트랜스포머를 제안한다. 제안된 트랜스포머를 적용한 컨버터는 기존의 컨버터에 비하여 동일한 조건에서 보다 우수한 효율을 나타내고 있다. 제안된 컨버터용 트랜스포머의 구조 및 커플링을 설명하고 커플링계수를 비교 한 후 34[W]급 프로토타입을 이용하여 검증하였다.

1. 서 론

플라이백 회로의 효율에 직접적인 영향을 주는 요소로는 트랜스포머의 누설 인덕턴스, 입력단 스위치의 온-타임 손실 및 하드스위칭에 의한 손실, 출력단 다이오드의 온-타임 손실 등을 들 수 있다. 입력단 스위치의 온-타임 손실과 다이오드의 온-타임 손실은 해당 소자의 파라미터 값에 의하여 결정되지만 트랜스포머의 누설 인덕턴스에 의한 손실은 변압기의 커플링에 의해 좌우된다. 기존의 트랜스포머는 커플링을 좋게 만들기 위하여 주로 샌드위치 기법을 이용한 권선을 하였다. 토로이달 코어는 일반적인 권선 방법으로는 좋은 커플링을 가지는 트랜스포머를 만들 수가 없어 전원회로용으로는 부적합하고 주로 의료용이나 신호용 트랜스포머로 사용되고 있는 실정이다. 커플링이 우수한 트랜스포머를 만들기 위해서는 1차 측 권선과 2차 측 권선 사이의 간격이 매우 가까워야 하는데 샌드위치 기법으로 권선한 트랜스포머는 1차 측과 2차 측의 권선 사이에 간격이 존재하게 되므로 100%에 근접하는 커플링을 만드는 데는 한계가 있다. 본 논문에서 제안하는 플라이백 컨버터의 트랜스포머는 그림 1.1과 같이 1차 측과 2차 측 권선을 동축으로 하여 커플링을 100%에 근접하게 하였고, 커플링 확인 실험 및 플라이백 회로의 효율측정 실험을 통하여 이론을 검증하였다. [1],[2]

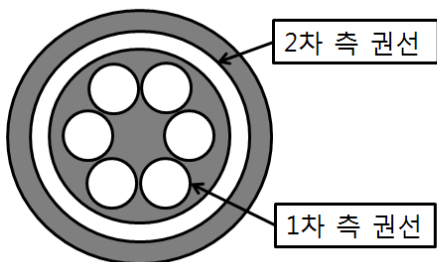


그림 1.1 동축권선의 개념도

2. 본 론

2.1 샌드위치 권선과 동축권선의 커플링 비교

그림 2.1의 (a)에 샌드위치 권선 트랜스포머를, (b)에 동축권선 트랜스포머를 나타내었다.



(a) 샌드위치 권선

(b) 동축권선

그림 2.1 샌드위치 권선 트랜스포머(PC40 TDK 9307 X Y)와 동축권선 토로이달코어 트랜스포머(CH270125)

트랜스포머의 1차 측 권선과 2차 측 권선사이의 커플링 측정은 식 (2.1)과 같이 간단한 수식으로 구할 수 있다. [3]

$$k = \frac{L_{12}}{\sqrt{L_1 L_2}} = \frac{L_{aid} - L_{opp}}{4\sqrt{L_1 L_2}} \quad \text{식 (2.1)}$$

여기서 k 는 커플링상수, L_1 은 1차 측 인덕턴스, L_2 는 2차 측 인덕턴스, L_{aid} 는 series-aiding, L_{opp} 는 series-opposing이다. L_{aid} , L_{opp} 의 연결방법을 그림 2.2에 나타내었다.

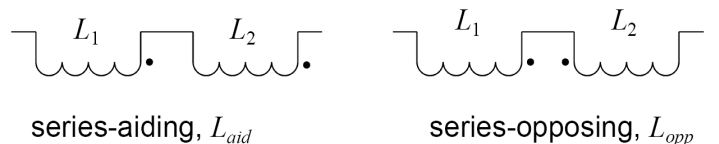


그림 2.2 series-aiding 및 series-opposing 연결방법

2.1.1 샌드위치 권선을 이용한 트랜스포머

샌드위치 권선 트랜스포머는 에나멜선을 이용하여 보빈에 1차측 210턴(105턴 105턴 직렬), 2차 측 35턴을 감았고 커플링실험 결과는 $k=0.9897505$ 로 나왔다.

2.1.2 동축권선을 이용한 트랜스포머

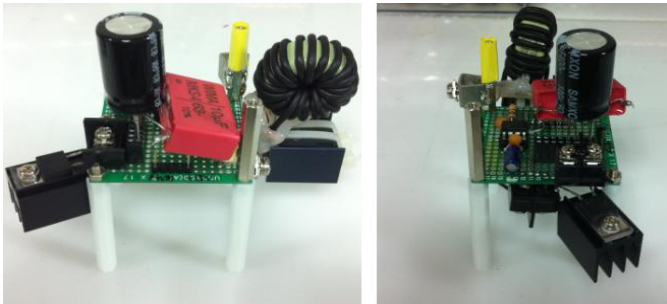
동축권선을 이용한 트랜스포머는 1, 2차 측을 샌드위치 권선 트랜스포머와 동일한 턴 수로 하였고 커플링 실험 결과는 $k=0.9999547$ 로 샌드위치권선 트랜스포머보다 우수한 커플링을 확인하였다.

2.2 효율비교 실험 및 결과

샌드위치 권선 트랜스포머와 동축권선 트랜스포머를 동일한 플라이백 컨버터에 연결하여 동일한 실험조건에서, 입력전압변동에 따른 효율을 측정하였다.

2.2.1 실험의 구성

그림 2.3의 플라이백 컨버터는 스위칭 소자로 MOSFET(IXFX48N60P)을 사용하였고 출력 단 다이오드는 쇼트키 다이오드(B10100)를 사용하였으며 게이트 드라이버로는 IC4420을 사용하였다. 효율측정은 Xitron Technologies사의 2802 two channel Power analyzer를 사용하였다. 표 1에 실험조건 파라미터값을 표시하였다.



(a) 정면사진

(b) 측면사진

그림 2.3 실험을 위한 플라이백 컨버터

표 1 실험조건 파라미터

입력전압	40 V ~ 300 V
출력전압	15 V
출력파워	34 W
스위칭주파수	60 kHz
부하저항	6.2 Ω
턴비	6:1

2.2.2 실험 결과

그림 2.4와 2.5는 샌드위치 권선 트랜스포머와 동축권선 트랜스포머의 플라이백 컨버터 효율실험에서 MOSFET의 Drain-source 사이의 전압파형을 나타내고 있다. 스위치-오프 타임의 시작부분에서 누설 인덕턴스에 의한 전압 튀 현상을 비교하여 봤을 때 동축권선 트랜스포머의 전압이 100V 내외로 적게 튀는 것을 알 수 있다.

샌드위치 권선 트랜스포머의 효율실험에서는 Drain-source 사이의 피크전압이 MOSFET의 정격보다 큰 이유로 Drain-source 사이에 스너버 커패시터(1n)를 병렬 연결하여 실험을 진행하였다. 그림 2.6에는 입력전압의 변화에 따른 두 컨버터의 효율을 나타내었다. 40V부터 300V사이의 모든 영역에서 동축권선 CH270125 코어 트랜스포머를 이용한 플라이백 컨버터의 효율이 높은 것을 알 수 있다.

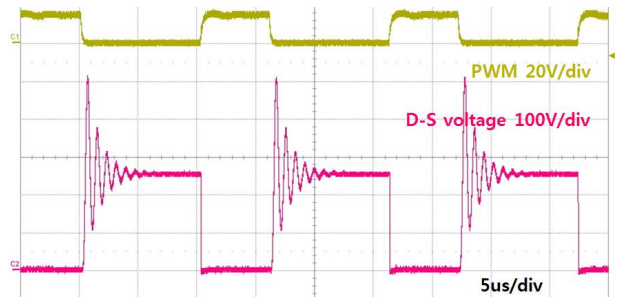


그림 2.4 샌드위치권선 변압기를 이용한 실험파형

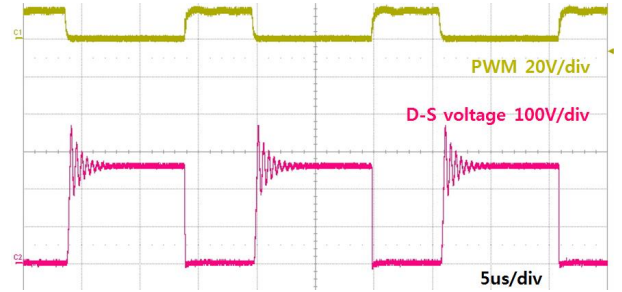


그림 2.5 동축권선 변압기를 이용한 실험파형

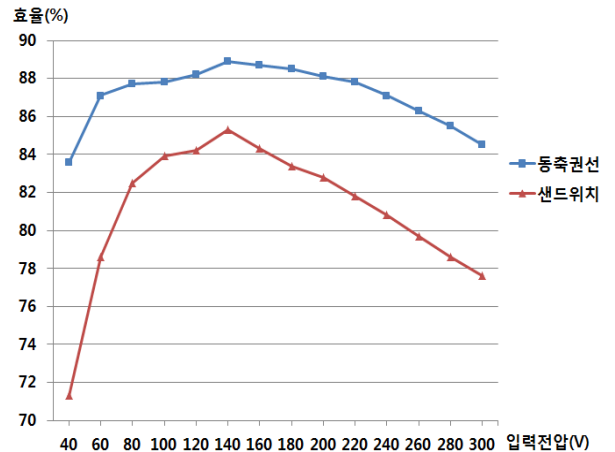


그림 2.6 입력전압의 변화에 따른 효율 비교

3. 결 론

본 논문에서는 동축권선 트랜스포머를 이용한 플라이백 컨버터를 제안하였고, 커플링측정 실험과 효율측정 실험을 통하여 기존의 샌드위치 권선 트랜스포머보다 우수한 커플링과 효율을 확인하였다. 본 논문에서 제안하는 동축권선 트랜스포머는 코어의 형태에 영향을 받지 않고, 우수한 커플링을 만들 수 있으며 높은 효율을 가지는 플라이백 컨버터를 구현하는 것이 가능하다는 것을 검증하였다.

This work was supported by the Human Resources Development Project of the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning (KETEP) funded by the Ministry of Knowledge Economy, Republic of Korea (Grant No. 20104010100610).

[참고 문헌]

- [1] 정용채, "플라이백 컨버터에서 누설인덕턴스 저장에너지의 새로운 회복회로", 전력전자학술대회, 2005, pp. 526
- [2] Jong-Hyun Lee, "Analysis and Design of Series Connected Forward Flyback Converter for Small Photovoltaic Power Conditioning System", Soongsil University, 2011, pp. 52~53
- [3] Bryce Hesterman, "Analysis and Modeling of Magnetic Coupling", Denver Chapter, IEEE Power Electronics Society, 2007, pp. 15~19