

# 동축변압기를 적용한 플라이백 컨버터의 일차측 제어

김동원, 박중후  
 숭실대학교

## Primary side regulation of flyback converter using coaxial transformer

Dong Won Kim, Joung Hu Park  
 SoongSil University

### ABSTRACT

플라이백 컨버터는 SMPS의 전원회로 중 가장 많이 쓰이고 있는 컨버터이다. 최근 들어 원가 절감을 위한 Primary Side Regulation(이하 PSR)기술이 활발히 진행 중이다. 이 기술의 단점 중 하나는 직접적으로 제어하는 전압이 출력전압이 아니라 보조권선 전압이므로 변압기 커플링에 따라 실제출력전압에 약간의 오차가 생길 수도 있다는 것이다. 본 논문은 이를 감안하여 플라이백 컨버터의 트랜스포머를 기존의 방식들이 아닌 동축권선 방식을 적용하여 만듦으로써 보다 우수한 커플링으로 인해 출력전압의 오차가 거의 없음을 보여준다. 간단한 PSR의 원리에 대해 설명하고 커플링 계수를 비교한 후 UC3844를 이용한 Flyback converter를 이용하여 검증하였다.

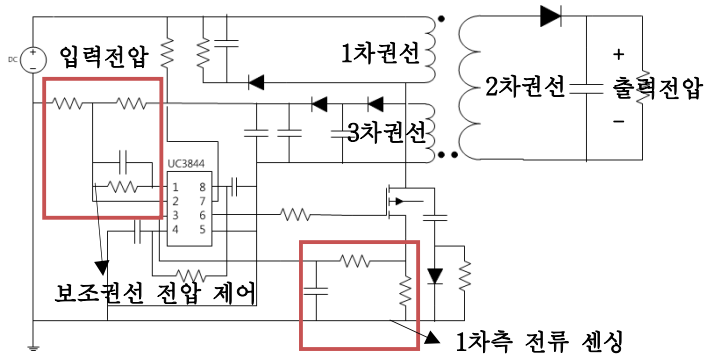


그림 1 UC3844를 이용한 PSR제어 회로도

### 1. 서론

1차측 제어 (PSR) 제어는 일반적으로 절연형 컨버터의 출력 전압을 제어할 때, 피드백 경로에 존재해야 하는 절연소자를 제거함으로써 원가절감을 실현할 수 있는 기법 중 하나이다. 이를 위해서 실제 출력단의 전압을 측정 및 1차측으로 전달하는 대신에, 직접 1차측과 절연을 공유하는 3차측(보조권선)의 전압을 측정 및 피드백하여 제어한다. 그림 1 은 본 논문에 사용된 UC3844를 이용한 PSR제어 회로도를 나타낸다. PSR의 2차측(출력)전압은 보조권선과의 턴비에 의해 결정된다. 이상적으로는 턴비에 의한 출력전압이 나와야 하지만 실제로는 트랜스포머의 누설인덕턴스 및 기생저항의 영향으로 전압강하가 생긴다. 또한 입력전압변동이나 부하변동으로 인해 그 영향은 더 커질 것이다. 따라서 트랜스포머의 누설인덕턴스와 기생저항이 작을수록 이상적인 출력전압을 얻게 된다. 트랜스포머의 누설인덕턴스는 변압기의 커플링에 의해 좌우된다. 기존 트랜스포머는 좋은 커플링을 위해 주로 샌드위치기법을 사용하여 왔다. 하지만 우수한 PSR제어용 트랜스포머, 즉 높은 커플링 계수를 갖는 트랜스포머를 만들기 위해서는 2차측과 3차측의 권선 사이의 간격이 매우 가까워야 하는데 샌드위치기법으로 권선한 트랜스포머는 각 권선이 층상구조로 감기게 되므로 권선 사이에 100%에 근접하는 커플링을 만드는 데 한계가 있다. 본 논문에서 제안하는 플라이백 컨버터의 트랜스포머는 그림 2과 같이 2차측과 3차측 권선을 동축으로 하여 커플링을 100%에 근접하게 하였고, 커플링 확인 실험 및 플라이백 회로의 출력전압변동, 부하변동 실험을 통하여 이론을 검증하였다.

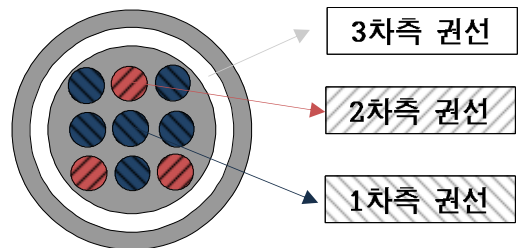
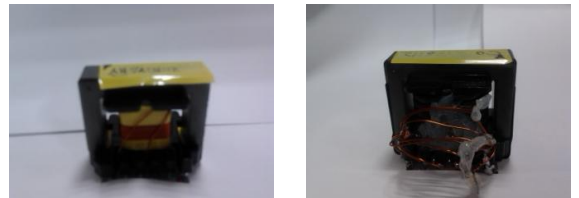


그림 2 동축권선의 단면도

### 2. 본론

#### 2.1 샌드위치 권선과 동축권선의 커플링 비교

그림 3의 (a)에 샌드위치 권선 트랜스포머를, (b)에 동축권선 트랜스포머를 나타내었다.



(a) 샌드위치 권선 (b) 동축 권선

그림 3 샌드위치 권선 트랜스포머와 동축권선 트랜스포머

트랜스포머의 2차측 권선과 3차측 권선사이의 커플링 측정은 식 (2.1)과 같이 간단한 수식으로 구할 수 있다.

$$k = \frac{L_{23}}{\sqrt{L_2 L_3}} = \frac{L_{aid} - L_{opp}}{4\sqrt{L_2 L_3}} \quad \text{식 (2.1) [2]}$$

여기서  $k$ 는 커플링상수,  $L_2$ 는 2차측 인덕턴스,  $L_3$ 은 3차측 인덕턴스,  $L_{aid}$ 는 series aiding,  $L_{opp}$ 는 series opposing이다.  $L_{aid}, L_{opp}$ 의 연결방법을 그림 4에 나타내었다.

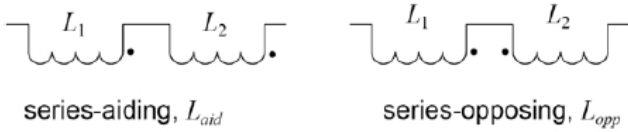


그림 4 series adding 및 series opposing 연결방법 [2]

표 1에서는 실험에 사용될 샌드위치 권선 트랜스포머와 동축 권선 트랜스포머의 커플링계수를 비교해놓았다. 2,3차간의 커플링계수를 비교해보면 동축 트랜스포머가 더 높다. 이로써 보다 우수한 PSR 제어가 될 것이라고 예상할 수 있다. 더불어 1,2차간의 커플링계수도 동축 트랜스포머가 높은 것으로 보아 컨버터의 전체 효율 또한 더 우수함을 알 수 있다.

표 1 트랜스포머의 커플링계수 비교

커플링	샌드위치	동축
1-2차간	0.976276	0.998870
1-3차간	0.983304	0.988181
2-3차간	0.968863	0.985799

## 2.2 실험 및 결과

샌드위치 권선 트랜스포머와 동축 권선 트랜스포머를 동일한 플라이백 컨버터에 연결하여 동일한 실험조건에서 입력전압 변동 및 부하변동에 따른 출력전압변동을 측정하였다.

### 2.2.1 입력전압변동 실험

표 2에 입력전압변동 실험조건 파라미터 값을 표시하였다.

표 2 입력전압변동 실험조건 파라미터

입력전압	100 V ~ 250 V
출력전압	42 V
출력전력	3 W
스위칭 주파수	18 kHz
부하저항	572 Ω
턴비	72:36:12

그림 5에 실험에 대한 결과를 표시하였다.

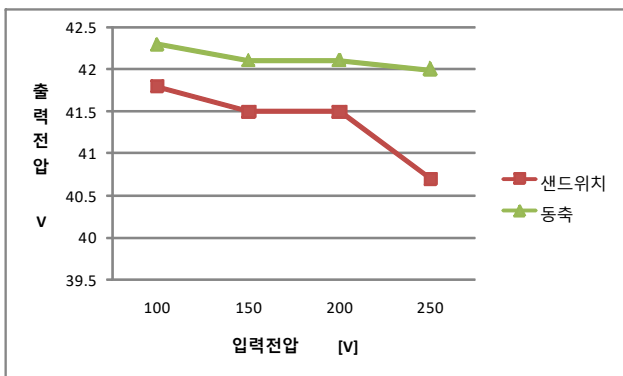


그림 5 입력전압변동 실험 결과

입력전압 100 ~ 250 V 사이에서 샌드위치 권선 트랜스포머의 전압변동폭은 1.1 V인 반면 동축 권선 트랜스포머는 0.3 V으로서 더 작음을 볼 수 있다.

### 2.2.2 부하변동 실험

표 3에 부하변동 실험조건 파라미터 값을 표시하였다.

표 3 부하변동 실험조건 파라미터

입력전압	150 V
출력전압	42 V
출력전력	3 W ~ 12 W
스위칭 주파수	18 kHz
부하저항	191 Ω ~ 572 Ω
턴비	72:36:12

그림 6에 실험에 대한 결과를 표시하였다.

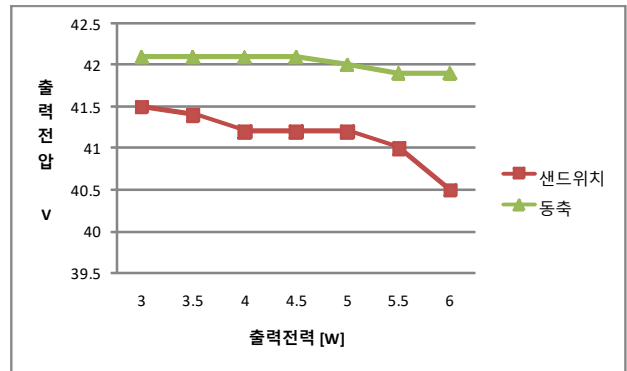


그림 6 부하변동 실험 결과

부하저항 191 ~ 572 Ω 사이에서 샌드위치 권선 트랜스포머의 전압변동폭은 1.0 V인 반면 동축 권선 트랜스포머는 0.7 V으로서 더 작음을 볼 수 있다.

## 3. 결 론

본 논문에서는 동축 권선 트랜스포머를 이용한 플라이백 컨버터를 제안하였고, 커플링 측정 실험과 출력전압변동, 부하변동 실험을 통하여 기존의 샌드위치 권선 트랜스포머보다 우수한 커플링과 PSR제어를 확인하였다. 본 논문에서 제안하는 동축 권선 트랜스포머는 좋은 커플링계수를 만들 수 있으며 우수한 PSR제어 성능을 가진 플라이백 컨버터를 구현하는 것이 가능하다는 것을 검증하였다.

## 참 고 문 헌

- [1] Bryce Hesterman, "Analysis and Modeling of Magnetic Coupling", Denver Chapter, IEEE Power Electronics Society, 2007, pp 15~19
- [2] 김도현, 문술, 김찬인, 박중후 "동축권선 트랜스포머를 이용한 고효율 플라이백 컨버터", 전력전자학술대회, 2011, pp. 187.