

# 승압형 출력-직렬 포워드-플라이백 컨버터

이종현, 정안열, 박종후  
 숭실대학교

## Boost type output-series forward-flyback converter

Jong-Hyun Lee, An-Yeol Jung, Joung-Hu Park  
 Soongsil University

### ABSTRACT

본 논문은 저전압 대전류의 신재생 에너지원을 고전압 저전류 계통에 연계하기 위하여 필요한 고압의 직류전압으로 변환하기 위하여 기존의 포워드 플라이백 컨버터의 출력단을 직렬로 연결한 새로운 방식의 컨버터를 제안한다. 제안된 컨버터는 절연의 장점을 가지고 있고 변압기 이용률이 높으며 효율이 우수한 장점을 가지고 있다. 제안된 회로의 동작원리를 설명하고 시뮬레이션으로 확인한 후 100[W]급 하드웨어 프로토타입을 이용하여 검증하였다.

### 1. 서론

저전압 대전류의 신재생에너지원의 특성상 상용전원으로의 변환을 위해서는 고전압으로의 승압이 요구된다. 기존의 비절연형 컨버터의 경우 고효율의 장점을 가지고 있지만 누설전류 문제나 비절연으로 인한 사고의 단점이 있다. 반면에 절연형 컨버터는 고주파 변압기를 이용한 절연으로 신뢰성에서 우수하지만 효율측면에서 단점을 가지고 있다. 때문에 본 논문에서는 절연형 구조를 가지고 있으면서 변압기의 이용률을 높여 변압기의 크기를 줄이면서 고효율의 전력변환 특성을 가지는 직렬형 포워드 플라이백 컨버터(SFFB: Series Connected Forward Flyback Converter)를 제안하였다. 각 소자의 손실을 분석한 시뮬레이션 결과와 실제 하드웨어와의 효율 비교를 하였고 실험을 통하여 제안된 컨버터의 동작특성을 확인하였다.

## 2. 직렬형 포워드 플라이백 컨버터

### 2.1 제안된 컨버터의 구조

포워드 플라이백 컨버터는 Turn on시에는 포워드 컨버터 쪽을 통하여 Turn off시에는 플라이백 컨버터 쪽을 통하여 부하에 에너지를 전달하여 변압기 이용률을 높여 변압기의 크기를 줄일 수 있는 장점이 있다. 또한 비절연형 컨버터의 경우 변압기 포화를 억제하기 위하여 직렬로 커패시터를 연결하거나 별도의 변압기 리셋회로를 구성하여야 한다. 그러나 포워드 플라이백 컨버터의 경우 2차측 플라이백 컨버터가 변압기 리셋회로의 역할을 하기 때문에 리셋회로에 의한 손실을 줄일 수 있어 고효율의 전력변환을 할 수 있다. 추가로 포워드 컨버터와 플라이백 컨버터로 나누어 승압을 하기 때문에 2차측 다이오드에 인가되는 전압의 크기를 줄일 수 있어 다이오드의 정격전압의 크기를 줄일 수 있는 장점이 있다. 그림 1은 제안된 직렬형 포워드 플라이백 컨버터의 구조이다.<sup>[1][2]</sup>

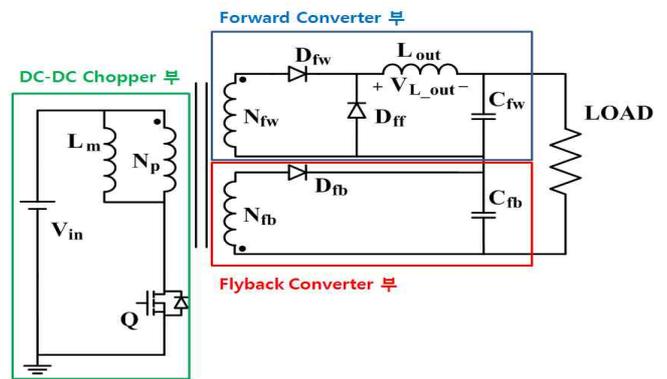
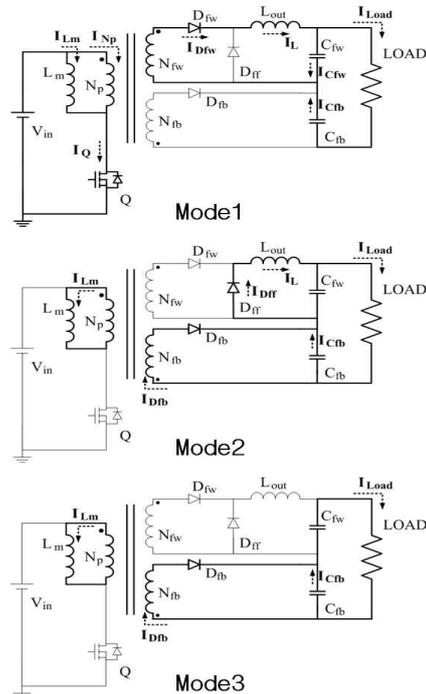


그림 1 직렬형 포워드-플라이백 컨버터의 구조

Fig. 1 Structure of series connected forward-flyback converter

### 2.2 제안된 컨버터의 동작특성

제안된 컨버터는 스위치의 온 오프 동작상태에 따라서 그림 2와 같이 4가지 mode로 나누어 분석할 수 있다.



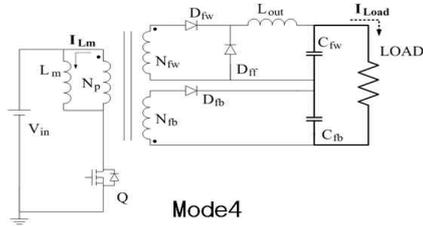


그림 2 직렬형 포워드 플라이백 컨버터의 동작모드  
 Fig. 2 Operation mode of series connected forward flyback converter

Mode1은 스위치가 Turn on 되어 포워드 컨버터로 에너지가 전달된다. Mode2는 스위치가 Turn off되어 자화 인덕턴스 ( $L_m$ )에 저장되어 있는 에너지가 플라이백 컨버터 쪽으로 전달되고 출력 인덕터( $L_{out}$ )에 남아있는 에너지는  $D_{ff}$ 를 통해 출력으로 전달된다. Mode3은  $L_{out}$ 의 에너지가 모두 방전되어 플라이백 컨버터에 의해서만 에너지가 전달되는 구간이다. Mode4는  $L_m$ 에 저장되어 있는 에너지가 모두 방전되고 출력 커패시터  $C_{fb}$ ,  $C_{fw}$ 에 의하여 출력전압이 유지된다.

### 2.3 제안된 컨버터의 정상상태 해석

제안된 컨버터를 포워드 컨버터와 플라이백 컨버터로 등가 변환 후 각각을 DCM 분석 하여 더하는 방식으로 입출력 전달 함수를 식(1)과 같이 구하였다.<sup>[3]</sup>

$$M_{VDC} = M_{VDC\_fw} + M_{VDC\_fb} = \frac{V_{o\_fw}}{V_{in}} + \frac{V_{o\_fb}}{V_{in}}$$

$$= \frac{2}{n_1 \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{8f_s L_{out}}{D^2 R_{fw}}} \right)} + D \sqrt{\frac{R_{fb}}{2f_s L_m}} \quad (1)$$

## 3. 시뮬레이션 및 실험결과

### 3.1 전력변환 효율

MATLAB 시뮬레이션을 통하여 포워드 컨버터와 플라이백 컨버터의 각 소자의 손실을 분석하여 전체 손실을 구한 후 실제 하드웨어와의 비교를 하였다. 표1은 시뮬레이션 및 설계에 사용한 컨버터의 설계의 설계 사양이다.

표 1 제안된 컨버터의 설계사양  
 Table 1 The design specification of the proposed converter

입력전압	20~40[VDC]	출력전력	100[W]
출력전압	340[VDC]	스위칭 주파수	20[KHz]
$L_m$	240[uH]	$L_{out}$	1.7[mH]
$C_{fb}, C_{fw}$	100[uF]	$N_p$	20[Turn]
$N_{fw}$	150[Turn]	$N_{fb}$	60[Turn]

그림 3은 입력전압에 따른 시뮬레이션과 하드웨어 효율변화를 나타낸다. 전 영역에서 높은 효율을 유지하며 100[W] 최대 92.4[%]이상 것을 알 수 있다.

### 3.2 제안된 컨버터의 동작파형

그림 4는 제안된 컨버터의 각 부분의 동작 파형이다. 컨버터의 동작파형을 제안된 컨버터의 동작특성이 그림 2에서 설명한 동작특성에 따라서 동작함을 확인하였다.

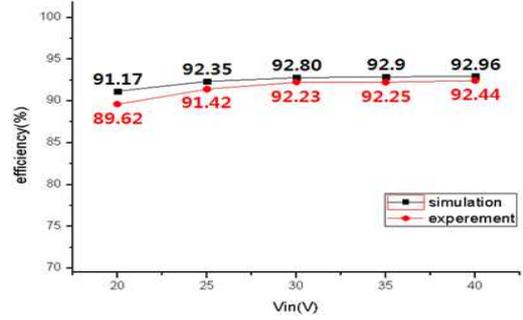


그림 3 시뮬레이션과 하드웨어의 입력전압에 따른 시스템 효율변화  
 Fig. 3 Efficiency of simulation and experimental result when change input voltage

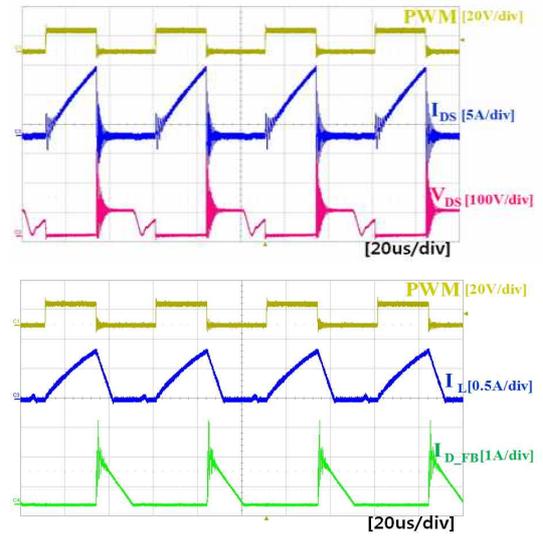


그림 4 제안된 컨버터의 동작파형  
 Fig. 4 Operation waveforms of the proposed converter

## 4. 결론

본 논문은 새로운 방식의 직렬형 포워드 플라이백 컨버터의 동작특성과 효율에 대하여 실험을 통하여 알아보았다. 차후 연구를 통하여 최대 효율을 위한 포워드컨버터와 플라이백 컨버터의 부하 분담을 분석 및 소신호 모델링에 대한 추가연구가 이루어져야 할 것이다.

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구 사업지원을 받아 수행된 것임 (NO.2010-0025674).

## 참고 문헌

- [1] Hernán Emilio Tacca, "Single-Switch Two-Output Flyback-Forward Converter Operation", IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS, VOL. 13, NO. 5, Sep 1998, pp.903~911
- [2] H. Tacca, "Conversión estática de la energía eléctrica : Convertidores asimétricos con doble transferencia directa e indirecta," Doctoral dissertation, Faculty Eng., Univ. Buenos Aires, Argentina, Apr. 1998
- [3] Kazimierzczuk, Marian K., "Pulse-width Modulated DC-DC Power Converter", Wiley, 2008