

# 소형풍력발전 전원장치를 위한 DC-DC 컨버터

주중성\*, 최용욱\*, 유경중\*, 황인우\*, 김은수\*†, 임덕진\*\*, 진영호\*\*  
 전주대학교\*, 금풍에너지(주)\*\*

## DC-DC Converter for Small Wind Power System

J.S Joo\*, Y.U Choe\*, K.J Yoo\*, I.W Hwang\*, E.S Kim\*†, J.D Im\*\*, Y.H Chin\*\*  
 JeonJu University\*, Geum Poong Energy Inc.\*\*

### 1. 서 론

최근 유가 상승과 지구 온난화 문제 때문에 화석 에너지를 대체할 에너지원으로 신재생에너지의 기술개발이 활발히 진행되고 있다.<sup>[1]</sup> 그 중 풍력발전은 선진국에서도 경제성에 대한 검증은 끝낸 에너지원으로 청정하고 무한대에 가까운 가용량을 가지고 있는 대체 에너지원으로써 소규모 주택용부터 대규모 발전용까지 다양하게 적용할 수 있다. 소형풍력발전은 낮은 발전 용량과 발전전압으로 인해 배터리 충전에 주로 사용되고 있다.<sup>[2]</sup> 소형풍력발전에서 발전된 발전전압을 일정한 출력으로 변환하여 배터리를 충전할 DC/DC 컨버터가 필수적이다. 소형풍력발전에 사용되는 여러 DC/DC 컨버터 중 강압형(Buck) 컨버터는 하드 스위칭에 따른 스위칭 손실로 인해서 효율을 감소시키는 주된 원인이 되고 있다.

본 논문에서는 Buck 컨버터의 고질적인 문제로 하드 스위칭에 의한 Turn on 및 Turn off 손실 감소와 효율 개선을 위하여 R C 스너버를 적용한 Buck 컨버터와 무손실 스너버를 적용한 컨버터에 대한 실험을 통하여 비교 분석하였다.

### 2. 본 론

#### 2.1 소형풍력발전 시스템

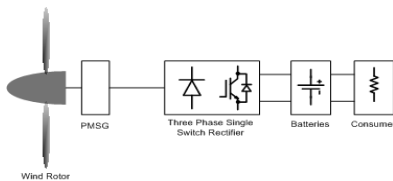


그림 1. 풍력발전 시스템 개념도

그림 1은 소형풍력발전의 시스템을 나타낸 것으로 기계 에너지를 전기에너지로 변환하여 3상 정류단과 Buck 컨버터를 통해 배터리와 부하에 연결된다.<sup>[1]</sup>

#### 2.2 무손실 스너버 적용 Buck 컨버터

본 논문은 그림 4처럼 Buck 컨버터의 하드 스위칭으로 인한 주 스위칭소자(S)와 프리휠링다이오드(D<sub>f</sub>)의 Turn on 및 Turn off 손실을 감소시키기 위해 그림 2와 같은 R C 스너버를 Buck 컨버터에 적용하였다. 하지만 스너버 저항(R<sub>S</sub>)에 의한 손실이 발생하여 하드 스위칭 문제는 해결할 수 있지만 효율개선에는 어려움이 따르게

된다. 따라서 그림 3처럼 Buck 컨버터에 무손실 스너버를 적용하였다. 무손실스너버 적용 Buck 컨버터는 스너버 기능을 갖는 탭 인덕터(L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>)와 스너버 커패시터(C<sub>s1</sub>, C<sub>s2</sub>)로 구성된다. 무손실스너버는 스너버 저항(R<sub>S</sub>)을 사용하지 않기에 스너버에서 생기는 손실이 없고 스너버 커패시터(C<sub>s1</sub>, C<sub>s2</sub>)의 충·방전에 의해 주 스위칭소자(S)와 프리휠링다이오드(D<sub>f</sub>)에 영전압스위칭을 제공하므로 Buck 컨버터의 고질적인 문제였던 하드 스위칭으로 인한 Turn on 및 Turn off 손실을 감소시킬 수 있고 효율개선에 있어서도 적합하다.

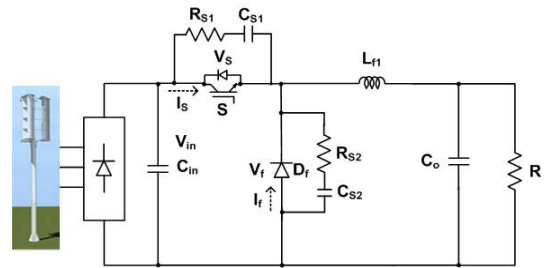


그림 2. R-C 스너버 적용 Buck 컨버터

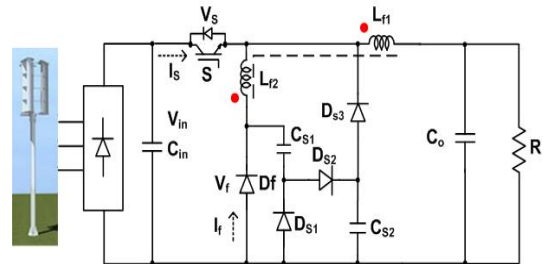
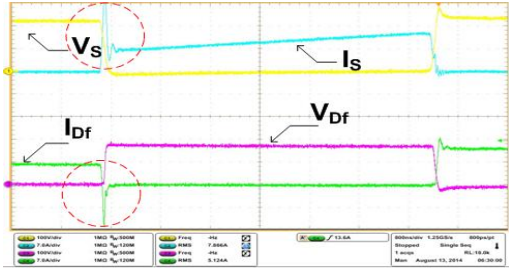


그림 3. 무손실 스너버 적용 Buck 컨버터

무손실스너버 적용 Buck 컨버터의 동작 특성은 크게 Turn on 동작모드와 Turn off 동작모드로 나눌 수 있다. Turn off 동작시 프리휠링다이오드(D<sub>f</sub>)를 통해 흐르던 순환전류가 주 스위칭소자(S)가 Turn on 시 바로 입력전압(V<sub>in</sub>)이 프리휠링다이오드(D<sub>f</sub>)에 직접 인가되지 않고 프리휠링다이오드(D<sub>f</sub>)에 직렬로 연결된 탭 인덕터(L<sub>2</sub>)와 저임피던스 상태인 C<sub>s1</sub>와 C<sub>s2</sub>로 전류가 흐르게 되어 프리휠링다이오드(D<sub>f</sub>)는 역회복 시간(Reverse Recovery Time)동안 부전류가 흐르지 않고 영전압에서 Turn off 하게 되어 손실이 발생하지 않게 된다. 또한 Turn off 시에는 스너버 커패시터 C<sub>s1</sub>, C<sub>s2</sub>에 입력전압까지 충전된 전압(V<sub>in</sub>)이 방전하여 주 스위칭 소자(S)는 영전압 스위칭을 제공하게 된다.<sup>[3]</sup>



(Ch1: 100V/div, Ch2: 7A/div, Ch3: 100V/div, Ch4: 7A/div)  
그림 4. Buck 컨버터 하드 스위칭 파형

### 3. 실험결과

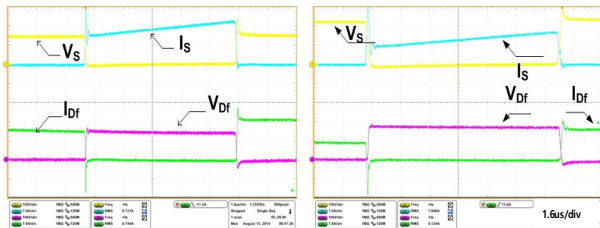
본 논문에서는 300W급 소형풍력발전을 위한 전원장치인 Buck 컨버터에 R C 스너버 회로와 무손실스너버 회로를 적용하고, 주 스위칭 소자(S)로 IGBT를 사용하여 하드 스위칭과 효율개선 여부에 대하여 실험 및 분석하였다. 주요 정격과 파라미터는 표 1에 나타냈으며, 표 2는 실험에 사용된 소자를 나타내었다.

표 1. 주요 정격과 파라미터

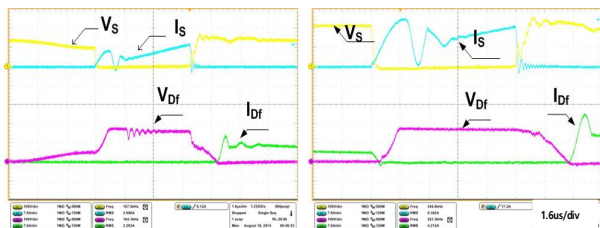
주요 정격과 파라미터	
입력전압( $V_{in}$ )	80V <sub>dc</sub> ~250V <sub>dc</sub>
출력전압( $V_{out}$ )	24V <sub>dc</sub>
출력전류( $I_o$ )	12.5A
1차 인덕턴스( $L_{f1}$ )	173uH
2차인덕턴스( $L_{f2}$ )	65.85uH
스너버커패시터( $C_{s1}$ )	22nF
스너버커패시터( $C_{s2}$ )	33nF
스위칭주파수( $f_s$ )	25kHz

표 2. 실험에 사용된 소자

실험에 사용된 소자	
주 스위칭 소자 IGBT(S)	SGL160N60UFD (600V/80A/ $V_{CE2.1V}$ )
프리휠링 다이오드(D <sub>f</sub> )	DSEI30-06A(600V/37A)



( $V_{in}$ :140V,  $P_o$ :50W) ( $V_{in}$ :220V  $P_o$ :200W)  
(Ch1: 100V/div, Ch2: 7A/div, Ch3: 100V/div, Ch4: 7A/div)  
(a) R-C 스너버 적용 Buck 컨버터 동작실험파형



( $V_{in}$ :140V,  $P_o$ :50W) ( $V_{in}$ :220V  $P_o$ :200W)  
(Ch1: 100V/div, Ch2: 7A/div, Ch3: 100V/div, Ch4: 7A/div)  
(b) 무손실 스너버 적용 Buck 컨버터 동작실험파형

그림 5. R-C 스너버와 무손실 스너버 적용 Buck 컨버터 파형

그림 5는 주 스위칭 소자(S)로 IGBT(SGL160UFD)를 사용하여 R C 스너버 적용 Buck 컨버터와 무손실 스너버 적용 Buck 컨버터를 측정된 실험파형으로 측정 조건은 출력 50W, 200W 일 때 주 스위칭 소자(S)의 전압( $V_s$ )과 전류( $I_s$ ), 프리휠링 다이오드(D<sub>f</sub>)의 전압( $V_{Dr}$ )과 전류( $I_{Dr}$ )를 측정하였다. 그림 5 (a)는 R C 스너버 적용 Buck 컨버터의 파형이고, 그림 5 (b)는 무손실 스너버 적용 Buck 컨버터를 측정된 파형이다.

R C 스너버 적용 Buck 컨버터와 무손실스너버 적용 Buck 컨버터의 실험한 결과 하드스위칭을 방지하기 위해 R C 스너버를 적용하였다. 하지만 그림 5 (a)파형처럼 스너버의 기능을 하지 않고 주 스위칭소자(S)와 프리휠링다이오드(D<sub>f</sub>)에서 Turn on 및 Turn off 손실이 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 무손실스너버를 적용한 Buck 컨버터의 경우 그림 5 (b)와 같이 주 스위칭 소자(S)와 프리휠링다이오드(D<sub>f</sub>)가 영전압스위칭 함을 확인하였다.

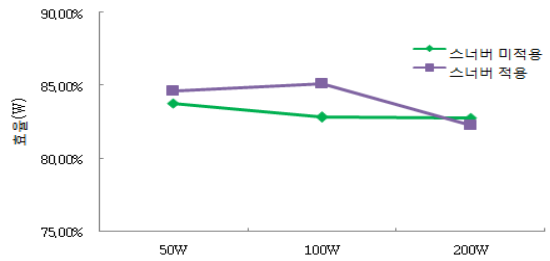


그림 6. Buck 컨버터 부하별 효율

그림 6은 R C 스너버를 적용한 Buck 컨버터와 무손실스너버 적용한 Buck 컨버터의 효율특성을 나타냈다. 출력 100W일 때 R C 스너버의 효율은 82.79%이고, 무손실스너버를 적용한 Buck 컨버터의 효율은 85.13%로 R C 스너버를 적용하였을 때보다 2%가량 높게 측정되었다.

### 4. 결론

본 논문에서는 Buck 컨버터의 고질적인 문제로 하드 스위칭에 의한 Turn on/Turn off 손실 및 스위칭노이즈 저감을 위하여 R C 스너버 적용한 Buck 컨버터와 무손실스너버를 적용한 Buck 컨버터에 대하여 실험을 통해 비교 분석하였다. 무손실스너버 적용 Buck 컨버터는 주 스위칭소자(S)와 프리휠링다이오드(D<sub>f</sub>)가 영전압스위칭하는 반면 R C 스너버를 적용한 Buck 컨버터는 하드 스위칭으로 인하여 효율이 감소하는 것을 확인할 수 있었다.

이 논문은 전주대 LINC 산학공동 기술개발과제 지원으로 수행되었음.

### 참고 문헌

- [1] 이현희, 최대근, 이교범 “백 부스트 컨버터를 이용한 계통연계형 소형풍력발전시스템의 센서리스 MPPT 제어” 전력전자학술대회 논문집, pp. 259 260, 2011
- [2] 김창하, 구현근, 최성욱, 김장목 “직렬운전 소형풍력발전시스템의 해석 및 MPPT기법” 전력전자학술대회논문집, pp. 472 473, 2014
- [3] 김은수, 박성수, 공영수, 최선호, 강도현, 조기연, 이진수 “탭 인덕터적용 무손실 스너버에 의한 소프트 스위칭 Buck 컨버터”. 전력전자학술대회논문집, pp. 133 136, 2002