

# 넓은 입력 전압 범위를 갖는 동기 벡-부스트 컨버터

황동현, 김태훈, 이우철  
한경대학교

## Synchronous Buck-Boost Converter With Wide Input Voltage Range

Dong-Hyeon Hwang, Tae-Hun Kim, Woo-Cheol Lee  
Hankyung National Univ

### ABSTRACT

무선전력전송은 특성상 수신부에 수신되는 전압이 일정하지 않기 때문에 수신부에 넓은 입력 범위를 갖는 정전압 컨버터가 요구된다. 그 중 Buck-Boost 컨버터는 넓은 입력 범위를 갖기 때문에 무선전력전송 수신부의 정전압 컨버터로 많이 사용되었다. 본 논문에서는 기존의 Buck-Boost 컨버터의 효율 향상을 위해 Synchronous Buck-Boost 컨버터를 제안하고 시뮬레이션을 통해 두 컨버터를 비교하여 개선된 결과를 확인하였다.

### 1. 서론

무선전력전송 시스템은 송신부와 수신부로 구분된다. 무선전력전송특성상 수신부로 수신되는 전압의 변동이 크다. 이러한 전압변동의 상황에서 보다 안정적인 전압을 사용하기 위해서는 수신부에 넓은 입력 범위를 갖는 정전압 컨버터가 필수적이다<sup>[1]</sup>.

Synchronous 컨버터는 다이오드를 사용할 때 발생하는 순방향 전압에 의한 도통손실을 제거하기 위해 다이오드를 MOSFET 으로 대체한 컨버터이다<sup>[2]</sup>.

따라서 본 논문에서는 무선전력전송 수신부의 정전압 컨버터로 사용되는 기존의 Buck-Boost 컨버터의 전력변환 효율을 향상시키기 위해서 Synchronous 방식을 적용하여 기존 컨버터의 다이오드를 MOSFET 으로 대체하였고, 다이오드를 사용할 때 발생하는 순방향 전압에 의한 전도 손실이 제거되어 효율이 향상되는 것을 시뮬레이션을 통해 확인하였다.

### 2. 본론

#### 2.1 기존의 Buck-Boost 컨버터

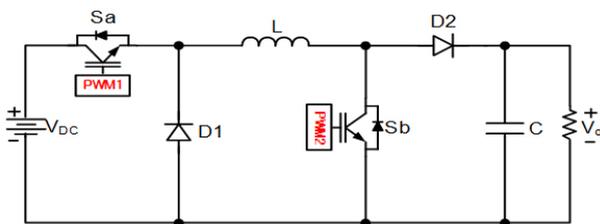


그림 1 Buck-Boost 컨버터  
Fig. 1 Buck-Boost converter

그림 1과 같이 기존의 Buck-Boost 컨버터는 파워 스위치 Sa, Sb 와 다이오드 D1, D2 그리고 인덕터 L, 캐패시터 C 로 구성되어있다.

Buck-Boost 컨버터는 입력과 출력전압에 관계에 따라 승압과 강압을 모두 할 수 있으며, 동작원리는 다음과 같다.

입력전압이 출력지정전압보다 작을 경우 Sa 는 ON 되고 Sb 는 외부에서 발생시킨 PWM (Pulse Width Modulation) 신호의 ON 구간 동안에는 인덕터 전류가 상승하고, OFF 구간 동안에는 D2 가 ON 이 되어 인덕터 전류가 하강하면서 커패시터에 에너지를 전달하게 된다 (Boost 모드).

입력전압이 출력지정전압보다 클 경우 Sb 는 OFF 되고 Sa 는 ON 구간 동안 D2 가 ON 이 되어 인덕터 전류가 상승하면서 에너지를 전달하고, OFF 구간 동안에는 D1, D2 가 ON 이 되어 인덕터 전류가 하강하면서 커패시터에 에너지를 전달하게 된다 (Buck 모드).

#### 2.2 Synchronous Buck-Boost 컨버터

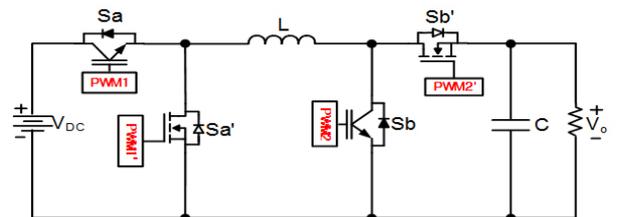


그림 2 동기 Buck-Boost 컨버터  
Fig. 2 Synchronous Buck-Boost converter

그림 2의 Synchronous Buck-Boost 컨버터는 그림 1의 Buck-Boost 컨버터의 다이오드 D1, D2 를 각각 MOSFET Sa', Sb' 로 대체한 컨버터이다. MOSFET Sa', Sb' 는 Sa, Sb 와 서로 상보적으로 스위칭하며 기존의 Buck-Boost 컨버터에 다이오드의 동작을 대체 하는 역할을 한다.

다이오드를 MOSFET 으로 대체하면 다이오드를 사용할 때 발생하는 순방향 전압에 의한 전도 손실을 제거하는 효과를 얻을 수 있게 되는데, 그 이유는 MOSFET 의 전도손실이 다이오드의 전도손실보다 작기 때문이다.

식 (1), (2) 는 각각 다이오드와 MOSFET 의 전도손실을 나타내는 식이며,  $V_F$  는 다이오드 순방향 전압,  $I_F$  는 다이오드 순방향 전류,  $R_{DS(on)}$  은 MOSFET 온 저항,  $I_D$  은 드레인 전류를 나타낸다.

$$P_{Diode.cond} = V_F \cdot I_F \quad (1)$$

$$P_{FET.cond} = R_{DS(on)} \cdot I_D^2 \quad (2)$$

### 3. 시뮬레이션

시뮬레이션을 위해 Buck-Boost 컨버터와 Synchronous Buck-Boost 컨버터를 구현하였으며 그림 3에 나타내었다. Synchronous의 경우 S1과 S2, S3와 S4가 서로 상보적으로 동작하도록 PWM 신호를 입력하였으며, 또한 스위치의 소비전력을 비교하기 위하여 PSIM의 Thermal Module의 다이오드와 MOSFET을 사용하여 각각의 컨버터 스위치를 구성하였고 그 두 소자를 제외한 나머지 소자의 구성은 동일하게 맞추었다.

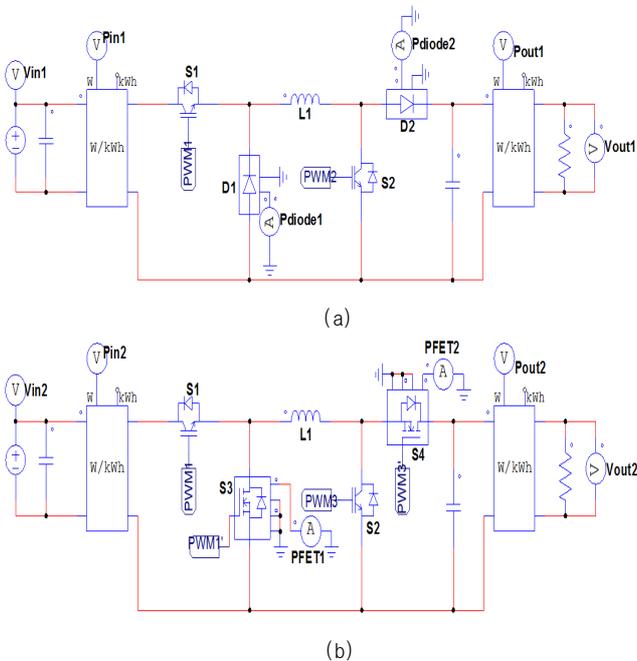


그림 3 (a) Buck-Boost 컨버터 시뮬레이션 회로  
 (b) 동기 Buck-Boost 컨버터 시뮬레이션 회로  
 Fig. 3 (a) Buck-Boost Converter Simulation Circuit  
 (b) Synchronous Buck-Boost Converter Simulation Circuit

시뮬레이션은 입력을 100[V], 300[V]로 하였을 때 기존의 Buck-Boost 컨버터와 Synchronous Buck-Boost 컨버터의 부하용량에 따른 도통손실 및 입출력 효율을 각각 비교해 보았다. 아래의 표 1은 시뮬레이션에서 사용한 파라미터를 나타낸다.

표 1 시뮬레이션 파라미터  
 Table 1 Parameters of Simulation

파라미터	값
Vin	100 V, 300 V
Vout	150 V
Fsw	15 kHz
L	1.7 mH

그림 4는 출력 전력을 500 ~ 1000 W로 변화하였을 때의 다

이오드와 MOSFET에서의 도통손실과 입출력 전력 효율을 나타낸 그래프이다. 손실의 단위는 [W]이며 Y축 좌측을 보면 된다.

그래프를 통해 다이오드가 MOSFET에 비해 도통손실이 크다는 것을 알 수 있고, Synchronous Buck-Boost 컨버터가 기존의 Buck-Boost 컨버터보다 모든 전력 범위에서 높은 효율을 보이는 것을 알 수 있다.

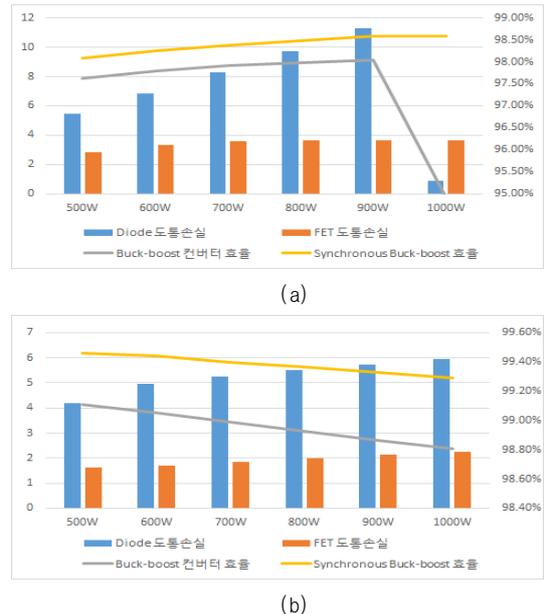


그림 4 (a) 부하 변화에 따른 도통손실 및 입출력 효율 (입력 전압 300V)  
 (b) 부하 변화에 따른 도통손실 및 입출력 효율 (입력 전압 100V)  
 Fig. 4 (a) Conduction loss and efficiency according to the load change (Input Voltage 300V)  
 (b) Conduction loss and efficiency according to the load change (Input Voltage 100V)

### 4. 결론

본 논문은 넓은 입력범위를 갖는 정전압 컨버터 중 하나인 Buck-Boost 컨버터의 효율을 높이기 위해 Synchronous Buck-Boost 컨버터를 구현하였으며, 시뮬레이션을 통해 기존에 사용하는 Buck-Boost 컨버터보다 높은 효율을 보이는 것을 확인하였다. 추후에는 부족한 점을 보완시키고 실험을 실시하여 논문을 보완해 나가도록 할 것이다.

이 논문은 2013년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임  
 [No.2013R1A1A2064271].

### 참고 문헌

[1] 장병준. (2010.12). 무선전력전송 기술동향 및 향후 전망. 전력전자학회지, 15(6), 27-31.  
 [2] O. Djekic, M. Brkovic, "Synchronous rectifiers vs. Schottky diodes in a buck topology for low voltage applications", IEEE Power Electronics