

# 승·강압 겸용 DC-to-DC 컨버터

이기영, 강필순  
한밭대학교

## DC-to-DC Converter used both as Step-up and Step-down

Gi Yung Lee, Feel soon Kang  
Hanbat National University

### ABSTRACT

본 논문에서는 하나의 입력으로 강압과 승압된 두 개의 출력을 가지는 승·강압 겸용 DC to DC 컨버터를 제안한다. 승압 출력이 가능한 컨버터는 기존의 부스트 컨버터와 동일한 구조이고, 강압 출력이 가능한 컨버터는 배터리의 직·병렬 가변결합을 이용한다. 강압출력이 가능한 컨버터 동작에서 배터리는 강압 출력의 입력원이 되어 기존의 buck컨버터보다 2배 이상 강압 가능한 장점이 있다. 본 논문은 제안하는 승·강압 겸용 DC to DC 컨버터의 구조 및 동작 모드에 따른 이론적 분석을 시행하고 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 타당성을 검증한다.

### 1. 서론

DC DC 컨버터는 SMPS와 DC 전동기 구동 응용에 널리 사용된다. 이들 컨버터의 입력은 조정되지 않은 직류전압이고, DC DC 컨버터는 이들 입력을 원하는 전압 레벨로 만든다. 기존에 DC DC 컨버터에는 buck컨버터, 부스트컨버터가 있다.<sup>[1]~[5]</sup> 이 두 개의 컨버터들은 각각 하나의 입력을 받고 하나의 출력이 나올 뿐 이중출력이 불가능하다. 또한 하나의 입력에 대해 buck컨버터는 최대 1/5배까지 강압이 가능하나 그 이상 강압을 시켜줄 수 없다는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 하나의 입력에 대해 강압과 승압된 두 개의 출력을 가지는 승·강압 겸용 DC to DC 컨버터를 제안하였다. 회로적으로는 buck컨버터, 부스트 컨버터를 혼합한 형태이고, 배터리의 직·병렬 가변결합을 이용한 간단한 구조이다. 제안하는 컨버터는 단지 하나의 입력으로 강압과 승압된 두 개의 출력을 가지며, 배터리의 직·병렬 가변결합에 의해 기존의 buck컨버터보다 2배 이상의 강압출력이 가능한 장점이 있다. 본 논문에서 제안하는 컨버터를 이론적으로 스위칭 상태별 동작 모드를 해석하였고, 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하여 타당성을 검증하였다.

### 2. 제안된 승·강압 겸용 DC-to-DC 컨버터

제안한 승·강압겸용 DC to DC 컨버터는 그림 1에 나타내었다. 제안된 컨버터는 기존의 buck컨버터와 부스트컨버터를 이용하고, 배터리의 직·병렬 가변결합을 이용한 간단한 구조이다. 이 장에서는 동작모드 해석을 통해, 입·출력 전압관계식을 나타내는 식을 유도한다.

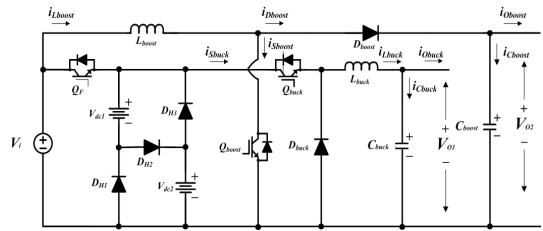
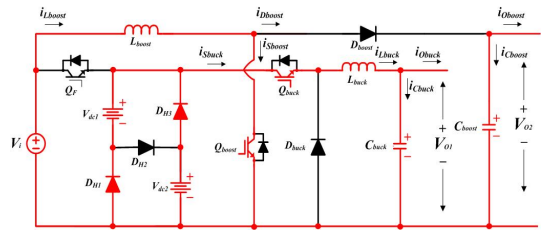
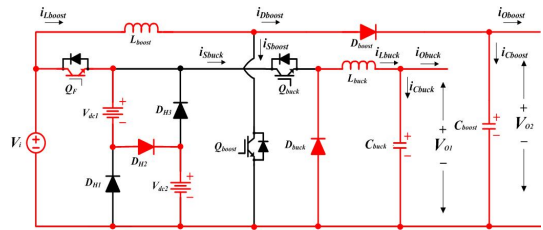


그림 1 제안된 승·강압 겸용 DC-to-DC 컨버터



(a) 모드 1 [0~DT]



(b) 모드 2 [(1-D)T]

그림 2 동작 모드 별 등가회로

### 2.1 동작 모드 해석

해석의 편의를 위해 다음을 가정한다.

스위치  $Q_{buck}$ 과  $Q_{boost}$ 는 항상 같은 상태의 온·오프를 유지하고, 스위치  $Q_F$ 와는 교번적으로 동작한다.

모드 1 [0 ~ DT] : 스위치  $Q_F$ 가 오프, 스위치  $Q_{buck}$ 과  $Q_{boost}$ 가 온이 되는 DT 구간동안 컨버터는 그림 2 (a)와 같이 동작한다. 이 구간동안 스위치  $Q_{buck}$ 의 전압은 0이 되며, 전류는 인덕터전류  $i_{Lbuck}$ 이 된다. 다이오드  $D_{buck}$ 은 오프되므로 전류는 0이 되며, 전압은  $V_i/2$ 가 된다. 인덕터  $L_{buck}$ 의 전압은  $V_i/2 - V_{o2}$ 가 되어 양의 전압이 걸리므로 전류는 상승한다. 또 다른 스위치  $Q_{boost}$ 의 전압은 0이 되며, 전류는 인덕터전류

$i_{L_{boost}}$ 이 된다. 다이오드  $D_{boost}$ 는 오프되므로 전류는 0이 되며, 전압은  $V_{o2}$ 가 된다. 인덕터  $L_{boost}$ 의 전압은  $V_i$ 가 되어 양의 전압이 걸리므로 전류는 상승한다.

모드 2 [(1-D)T] : 스위치  $Q_F$ 가 온, 스위치  $Q_{buck}$ 과  $Q_{boost}$ 가 오프 되는 (1-D)T 구간동안 컨버터는 그림 2 (b)와 같이 동작한다. 이 구간동안 직렬로 연결되어있는 배터리  $V_{dc1}$ 과  $V_{dc2}$ 에  $V_i$ 의 전압이 충전이 되고, 여기서 충전된 배터리  $V_{dc1}$ 과  $V_{dc2}$ 가 강압출력쪽의 입력원이 된다. 이러한 동작에 의해 기존의 벽컨버터보다 2배 더 강압이 가능하다는 것을 보여준다. 또한 스위치  $Q_{buck}$ 의 전압은  $V_i$ 가 되며, 전류는 0이 된다. 다이오드  $D_{buck}$ 은 온되므로 전류는 인덕터전류  $i_{L_{buck}}$ 가 되며, 전압은 0이 된다. 인덕터  $L_{buck}$ 의 전압은  $V_{o1}$ 가 되어, 음의 전압이 걸리므로 전류는 하강한다. 또 다른 스위치  $Q_{boost}$ 의 전압은  $V_{o2}$ 가 되며, 전류는 0이 된다. 다이오드  $D_{boost}$ 는 온되므로 전류는 인덕터전류  $i_{L_{boost}}$ 가 되며, 전압은 0이 된다. 인덕터  $L_{boost}$ 의 전압은  $V_i$ 가 되어 음의 전압이 걸리므로 전류는 하강한다.

### 2.2 출력전압과 듀티비의 관계

출력전압의 평균값  $V_{o1}$ ,  $V_{o2}$ 는 정상상태에서 인덕터의 평균 전압  $V_{L_{buck}}$ ,  $V_{L_{boost}}$ 이 0이 되는 인덕터의 성질을 이용하여 구한다.

스위치  $Q_{buck}$  온·오프일 때 입·출력 전압관계식은 식 (1)과 같다.

$$\left(\frac{V_i}{2} - V_{o1}\right)DT - V_{o1}(1-D)T = 0 \quad (1)$$

$$V_{o1} = \frac{V_i}{2}D$$

스위치  $Q_{boost}$  온·오프일 때 입·출력 전압관계식은 식 (2)와 같다.

$$V_iDT + (V_i - V_{o2})(1-D)T = 0 \quad (2)$$

$$V_{o2} = \frac{V_i}{(1-D)}$$

### 3. 시뮬레이션 결과

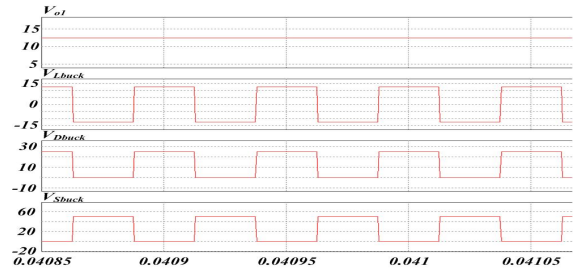
제안된 컨버터는 시뮬레이션을 통하여 타당성을 검증하였다. 시뮬레이션은 표 1과 같은 조건으로 컴퓨터 시뮬레이션을 진행하였다.

표 1 시뮬레이션 및 실험 파라미터

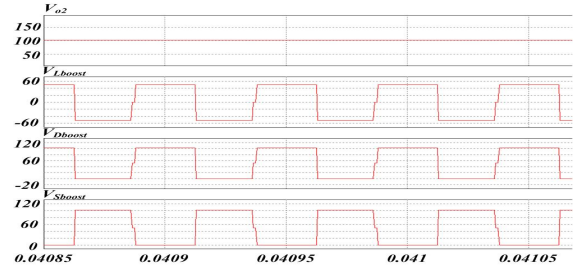
강압 [buck]		승압 [boost]	
$P$	200 [W]	$P$	200 [W]
$V_i$	50 [V]	$V_i$	50 [V]
$D$	0.5	$D$	0.5
$f_s$	20 [kHz]	$f_s$	20 [kHz]
$V_{o1}$	12.5 [V]	$V_{o2}$	100 [V]
$L_{buck}$	100 [ $\mu$ H]	$L_{boost}$	156.25 [ $\mu$ H]
$C_{buck}$	1000 [ $\mu$ F]	$C_{boost}$	500 [ $\mu$ F]
$R_{buck}$	0.781 [ $\Omega$ ]	$R_{boost}$	50 [ $\Omega$ ]

그림 3은 컴퓨터 시뮬레이션 결과이다. 파라메타를 통해 시뮬레이션을 진행한 결과 입력전압이 50 [V]일 때, 승압 출력은 기존의 부스트컨버터와 같이 100 [V], 강압출력은 기존의 벽컨

버터보다 2배 더 강압된 12.5 [V]가 나오는 것을 보여준다.



(a)  $V_{o1}$ ,  $V_{L_{buck}}$ ,  $V_{D_{buck}}$ ,  $V_{S_{buck}}$



(b)  $V_{o2}$ ,  $V_{L_{boost}}$ ,  $V_{D_{boost}}$ ,  $V_{S_{boost}}$

그림 3 주요 동작파형 시뮬레이션 결과

### 4. 결론

본 논문에서는 벽컨버터, 부스트 컨버터를 혼합하고, 배터리의 직·병렬 가변결합을 이용한 승·강압 겸용 DC to DC 컨버터를 제안하였다. 제안된 방식의 컨버터는 간단한 회로의 구성과 강압과 승압된 두 개의 출력을 가지며 강압출력을 기존의 벽컨버터보다 2배 더 강압시켜 줄 수 있는 컨버터를 제안하고 타당성을 확인하기 위해 시뮬레이션을 수행하여 제안된 컨버터의 타당성을 검증하였다.

이 논문은 2014년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임 (2014R1A1A2053509)

### 참고 문헌

- [1] R. D. Middlebrook, "Topics in multiple loop regulators and current mode programming," IEEE PESC Record, pp. 716-732, 1975.
- [2] R. B. Redly, "A New continuous time Model for current mode control," PCIM conference record, pp. 16-20, 1989.
- [3] V. Vorperian, "Analysis of current mode controlled PWM convertor using the model of the current controlled PWM switch," PCIM conference record, 1990.
- [4] 허동훈, 남현석, 이민우, "휴대용 멀티미디어 기기를 이용한 400mA급 전류 방식 DC-DC 컨버터", 전자공학회 논문지 SD 45(8) pp. 24-31, 2008.
- [5] 박민정, 손정만, 육승범, "낮은 온 저항을 가지는 스위칭 소자 내장형 저전압 DC-DC 컨버터", 대한 전자공학회 학술대회논문집 30(1), pp. 773-774, 2007.