

# 탭리액터 모듈 기반 고승압 및 고용량 DC/DC 컨버터

김태우, 손지훈, 김지수, 한창우, 최명수, 김성곤\*, 김태웅, 최재호\*\*  
 경상대학교 \*자동차융합기술원 \*\*충북대학교

## High Ratio and High-Capacity DC/DC Converter Based on Tap-reactor Module

Tae-Woo Kim, Ji-Hun son, Ji-Su Kim, Chang-Woo Han, Myeong-Soo Choi  
 Seong-Gon Kim\* Tae-Woong Kim, Jaeho Choi\*\*  
 Gyeongsang National University \*JIAT \*\*Chungbuk National University

### ABSTRACT

제안하는 모듈을 기반한 고승압 및 고용량 DC/DC 컨버터는 직류 탭리액터를 인터리브드 형태와 결합한 승압형 컨버터를 모듈화하여 변압기 턴비를 작게 할 수 있고 스택을 통해 고승압에 유리하다. 연료전지 응용분야에 적용가능하며 추후 양방향 제어를 통하여 전기자동차와 같은 건인구동 응용분야에도 적용할 수 있는 장점이 있다.

### 1. 서론

세계적으로 화석연료 고갈에 대한 대책과 새로운 에너지 필요성이 제기되고 있는 가운데 지속적으로 친환경 신재생에너지에 대한 공급 필요성이 증시되고 있다. 대표적으로는 태양광발전, 지열발전, 풍력발전으로 풍력발전 제외, 대부분 낮은 전압 출력특성을 가진다. 따라서 고전압을 요구하는 상용 시스템에 적용하기 위해서는 높은 전압 전력변환이 요구된다.

연료전지로 하여금 친환경에너지 분야에 적용되는 전동기에는 효율과 성능을 향상하기 위하여 전지의 전압을 높게 변환하고 인버터의 입력 직류링크전압을 통해 사용해야 한다.[1][2] 이에 높은 승압비를 가지며 고용량을 위한 DC/DC 컨버터의 연구가 진행되고 있다. 그러나 고승압 및 고용량을 위해서는 다단 승압에 의해 많은 스위칭소자가 필요하거나 인덕터가 커져서 전체적인 시스템이 커지는 단점을 가진다.

본 논문에서는 모듈을 기반한 직류 탭리액터를 이용하여 시스템의 소형화와 높은 전력시스템에 적용 가능한 고승압 고용량 컨버터를 제안하고 이에 대한 유효성을 시뮬레이션 해석을 통해 검증한다.

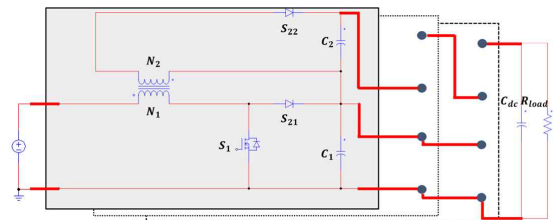
## 2. 고승압 및 고용량 컨버터의 토폴로지 제안

### 2.1. 고승압 및 고용량 컨버터의 토폴로지

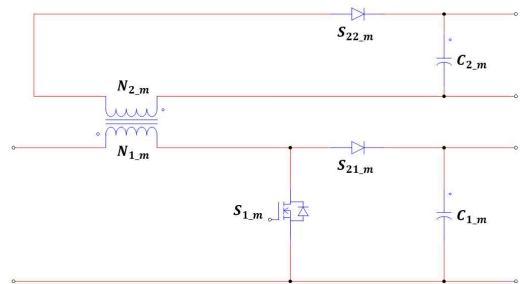
제안하는 직류 탭리액터와 인터리브드 결합을 이용한 고승압 고용량 컨버터를 그림 1에 보여준다. 입력은 신재생에너지 시스템으로 발전된 부분과 연결되어 있으며 이에 대한 등가회로는 내부저항과 커패시턴스로 간략화 된다[3] 그리고 고승압 고용량 DC/DC 컨버터는 직류 탭리액터  $N_1$ ,  $N_2$ , 스위치  $S_1$ ,  $S_{21}$ ,  $S_{22}$ , 커패시터  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_{dc}$ 와 부하  $R_{load}$ 로 구성되며, 그림 1(b)의 모듈 기반 DC/DC 컨버터는 직류 탭리액터  $N_{1,m}$ ,  $N_{2,m}$ , 스위치  $S_{1,m}$ ,  $S_{21,m}$ ,  $S_{22,m}$ , 커패시터  $C_{1,m}$ ,  $C_{2,m}$ 로 구성한다.

### 2.2. 승압모드 동작

그림 1(b)는 제안한 모듈 기반 컨버터의 회로를 보여준다. 기존의 DC/DC컨버터에서 제안한 모듈을 스택 시, 1차측 커패시터  $C_1$ 에는 병렬 형태로, 2차측 커패시터  $C_2$ 는 직렬 형태로 스택 구성이 되며, 그림 2와 같이 에너지 흐름이 기본 승압형 컨버터 동작원리와 유사하며 스위치가 턴온 시, 에너지를 직류 리액터에 축적을 하며 스위치가 턴오프 시, 축적된 에너지와 전원으로부터 부하에 공급된다. 또한 탭리액터를 통하여 플라이백 컨버터와 같은 2차측 전압유기가 발생하며 커패시터  $C_1$ 뿐 아니라 2차측은 1차측에서 유도된 에너지로 커패시터  $C_2$ 에 충전되어 최종적으로 높은 전압으로 승압된 전압을 공급하게 된다.



(a) 모듈형 고승압 및 고용량 컨버터의 구성



(b) 고승압 및 고용량 컨버터 모듈의 주회로

그림 1. 제안한 모듈형 고승압 및 고용량 컨버터

본 토폴로지의 입출력관계식은 1차측은 식(1)의 부스트컨버터 입출력관계식으로 나타내며, 2차측은 식(2)의 플라이백 컨버터의 입출력관계식으로 나타낸다. 식(1)과 식(2)를 합하여 모듈에 증가에 대한 최종 입출력관계식을 유도한다.[25]

$$V_{C1} = \frac{V_{in}}{1-d} \quad (1)$$

$$V_{C2} = \frac{N_2}{N_1} \cdot \frac{d}{1-d} \cdot V_{in} \quad (2)$$

$$V_{out} = \frac{1+(n \cdot N_2/N_1 \cdot d)}{1-d} \times V_{in} \quad (3)$$

여기서  $V_{in}$ : 입력전압,  $V_{out}$ : 출력전압,  $d$ : 듀티비  $n$ : 모듈  
 $N_2/N_1$ : 권선비,  $V_{C1}$ : 커패시터  $C_1$  전압,  $V_{C2}$ : 커패시터  $C_2$  전압

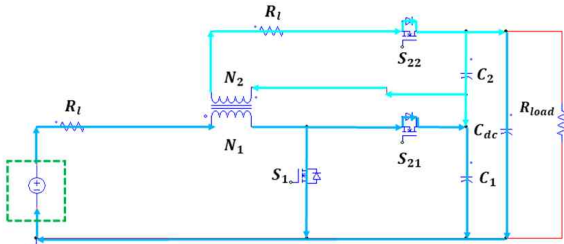


그림 2. 승압모드 동작 에너지 흐름

### 3. 시뮬레이션 해석

본 논문에서 제안한 모듈 기반 고승압 및 고용량 DC/DC 컨버터의 유효성을 검증하기 위하여 시스템을 설계 구성하였으며 시뮬레이션 사양은 표 1에 보여주며, PSIM에 의해 시뮬레이션 해석을 수행하였다.<sup>1</sup>

그림 3은 기존의 컨버터에서 제안한 모듈을 5-스택으로 구성한 상태에서 승압모드 동작 시, 입력전압 48V에서 승압하여 출력 측  $C_1$ ,  $C_2$ , 추가된 모듈에서 직렬로 추가되는 출력 측  $C$  그리고  $C_{dc}$ 에 충전된 전압을 확인할 수 있다.

그림 4는 모듈의 스택 증가에 따른 출력 전압과, 전력 및 전류의 특성을 보여주며, 이는 표 2에서 모듈 증가에 따른 추이 변화를 확인할 수 있다.

표 1. 고승압 고용량 양방향 컨버터 설계사양

$V_{in}$	48V	$C_1$	220 $\mu$ F
$V_{out}$	-	$C_2$	220 $\mu$ F
$L_m$	75 $\mu$ H	$C_{dc}$	220 $\mu$ F
$R_{load}$	115 $\Omega$	$N_1:N_2$	1:1

표 2. 모듈증가에 따른 고승압 및 고용량 컨버터의 결과

	module				
	1	2	3	4	5
input voltage[V]	48				
output voltage[V]	412	580	758	918	1073
output current[A]	3.5	5.1	6.6	8	9.3
input current[A]	29	76	123	184	260
primary current[A]	29	38	41	46	52
secondary current[A]	12	30	41	46	52
input power[kW]	1.67	3.2	4.9	7.4	10
output power[kW]	1.57	2.98	4.9	7.3	10

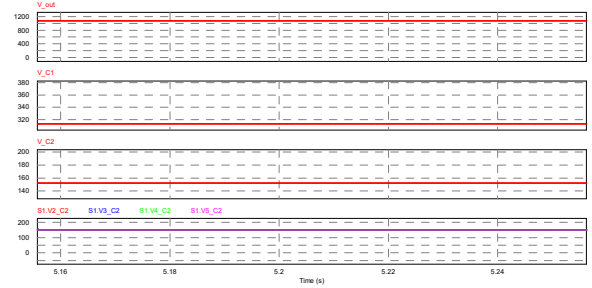


그림 3. 승압모드 파형;  $V_{out}=1073V$ ,  $V_{c1}= 312V$ ,  $V_{c2}=152V$ ,  $V_{cm}=152V$

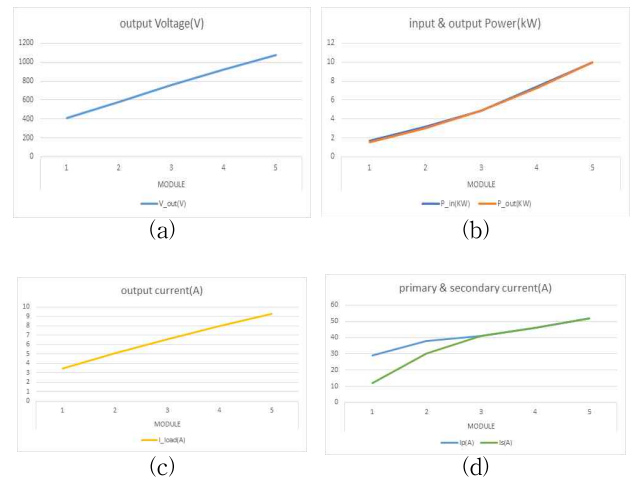


그림 4. 모듈 기반 스택의 변화에 따른 입력 및 출력 특성

### 4. 결론

본 논문에서는 모듈을 기반으로 고승압 및 고용량과 소형화가 가능한 컨버터를 제안하였다. 스택을 결합하여 동작 시, 설계에 따라 승압비와 용량을 높일 수 있음을 확인하였으며, 각 모듈의 증가에 따른 시스템 동작특성을 시뮬레이션 해석을 통해 확인하였다. 현재 프로토타입을 설계제작하고 있는 단계에 있으며 이에 대한 유효성을 검증하고자 한다.

### 참고 문헌

- [1] 오세철, 박준성, 권민호, 최세환, “친환경 자동차 HDC를 위한 고승압 소프트스위칭 양방향 컨버터,” 전력전자학회논문지 vol.17, no.4, pp.322-329, 2012
- [2] 한창우, 최명수, 김태웅, 최재호, “탑리액터를 이용한 고승압 양방향 DC/DC 컨버터,” 전력전자학회논문지, pp.195-196, 2018
- [3] 임재관, 임덕영, 최재호, 권경민, 정교범, “리튬배터리 충방전 특성을 고려한 양방향 DC/DC 컨버터 설계,” 전력전자학회논문지 pp. 475-476, 2010
- [4] 김태웅, 최재호, “전력전자회로,” 내하출판사, pp.265-277, 2005,
- [5] K.C. Tesng and T.J. Liang, “Novel High-efficiency Step-up Converter,” IEE Proc.-Electr. Power Appl., vol.151, no.2, pp.182-190, 2004