

고효율 1.2[kW] 연료전지용 전력변환기에 관한 연구

우동영¹, 이상훈², 박성미³, 박성준*¹
 전남대¹, 동의과학대², 한국승강기대³

A Study on Power Converter for High Efficiency 1.2 [kW] Fuel Cell

Dong-Young Woo¹, Sang-Hun Lee², Seong-Mi-Park³, Sung - Jun Park*¹
 Chonnam National University¹, Dong-Eui Institute of Technology², Korea Lift College³

ABSTRACT

본 논문에서는 연료전지용 전력변환 장치에서 높은 승압비를 구현하기 위하여 절연형 풀브릿지 컨버터의 고주파 변압기 2차측을 직렬로 연결한 새로운 DC/DC 컨버터와 이에 적합한 가변 위상변위 스위칭 방식을 제안하였다. 제안된 컨버터는 기존 방식에 비해 정류부와 필터부의 일원화가 가능한 구조로 출력레벨의 증가를 위해 컨버터의 수를 증가 하더라도, 수동소자의 수를 대폭 줄일 수 있다. 제안된 직렬 방식의 컨버터의 출력전압은 기존의 일정위상변위 스위칭 방식으로는 극성이 반대로 되는 구간이 발생하므로, 제안된 전력변환기에 적합한 간단한 가변 위상 변위 스위칭 방식을 적용함으로써, 출력전압의 감소문제를 해결하였으며, 시뮬레이션과 실험을 통하여 제안된 방식의 타당성을 검증하였다.

1. 서론

연료전지는 미래에 대부분의 가정과 교통수단의 동력원으로 활용될 것으로 전망된다. 그러나 상용화를 위해 넘어야 할 기술 장벽으로는 경제성 확보와 연료전지 스택과 전력변환시스템의 효율 개선이 선결과제라 하겠다. 연료전지 에너지의 실용화를 위한 전력변환 기술에서 연료전지용 DC/DC 컨버터는 낮은 전압의 가변 직류전원으로부터 높은 직류전압을 출력할 수 있는 형태를 요구하고 있다. 이러한 낮은 전압의 가변 직류전원으로부터 높은 직류전압을 출력할 수 있는 DC/DC 컨버터에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 전압형 PWM DC/DC 컨버터는 전력변환기의 효율과 경제성 측면에서 산업계에서 널리 이용되고 있으며, 능동 및 수동 소자의 저감을 구현함과 동시에 효율 및 성능 개선에 대한 다양한 토폴로지가 제안되고 있다^{[1][2]}.

본 논문에서는 높은 승압비를 갖는 DC/DC 컨버터를 구성함에 있어 기존의 멀티 컨버터방식에서 다이오드, 콘덴서 및 리액터를 줄이고, 2차측 변압기 출력을 직렬 연결한 새로운 멀티 DC/DC 컨버터의 구조를 제안하고, 제안된 전력변환기 구조에서 출력전압의 리플을 줄일 수 있는 새로운 스위칭 방식을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 직렬형 DC/DC 컨버터는 고주파 변압기 2차측을 직렬로 구성하여 높은 승압비를 구현하고 있으며, 기존의 컨버터와 달리 정류부와 필터부를 하나로 사용함으로써, 컨버터에 적용되는 소자의 수를 감소시킬 수 있다.

제안된 컨버터의 구성에 대하여 1.2[kW]급 프로토타입 컨버터를 제작하여 실험을 통해 그 타당성을 검증하였다. 본 논문에서 제안한 컨버터는 넓은 영역의 출력 전압이 요구되는 부하

에 매우 유용할 것으로 사료된다.

2. DC/DC 컨버터의 승압비

2.1 높은 승압비를 갖는 DC/DC 컨버터

그림 1은 높은 승압비를 갖는 대표적인 멀티 DC/DC 컨버터의 구조를 나타내고 있다. 그림에서 보는 바와 기존의 절연형 풀브릿지 타입의 DC/DC 컨버터를 사용하여 출력 직류 측을 직렬로 연결하는 구조를 취함으로써 높은 승압비를 구성하게 하였다. 이러한 구성은 각 컨버터는 독립적인 필터회로를 가져야 하며, 이로 인한 필터회로에 필요로 하는 소자의 개수는 컨버터 수에 비례하여 증가하게 된다. 이러한 컨버터에서 각 컨버터의 출력전압은 스위칭 소자의 변조비(Modulation index)에 의해서 제어되며 필터단 입력전압은 식 (1)과 같다.

$$V_{dc} = m a V_{dc} + a \frac{2V_{dc}}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k} \sin(k\pi m) e^{j(2\pi f_s k)t} \quad (1)$$

단, m : 변조비, a : 변압기 권수비,
 fs : 스위칭 주파수

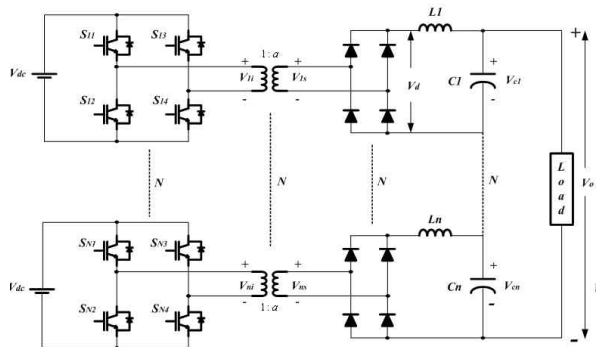


그림 1 기존의 멀티 DC/DC 컨버터의 구조
 Fig. 1 Structure of a conventional multi-DC / DC converter

제안된 컨버터의 타당성을 검증하기 위해 2레벨 컨버터를 그림 2와 같이 구성하였다. 이러한 2레벨 컨버터에서 컨버터의 출력을 최대한으로 사용하기 위해서는 본 컨버터의 구성과 적합한 스위칭 신호 발생이 필수적이다.

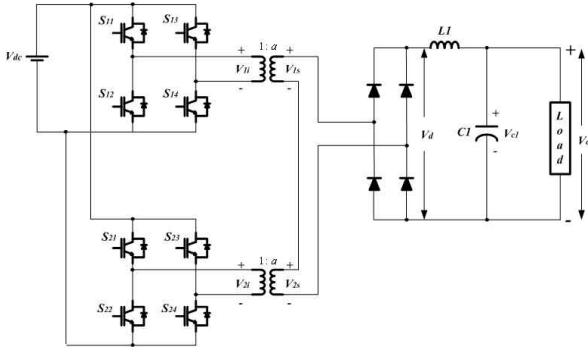


그림 2 제안된 2-레벨 DC/DC 컨버터
Fig. 2 The proposed two-level DC / DC converter

본 논문에서는 그림 3과 같은 가변 위상 변위형 스위칭 신호 방식을 제안한다. 이 때 위상변위는 아래와 같은 식에 의해 결정된다.

$$\phi = (1 - m) \frac{\pi}{2} \quad (2)$$

만일 N개의 컨버터를 사용할 경우 각 컨버터의 위상변위는 아래식과 같다.

$$\phi_n = \frac{(n + 1)}{N} (1 - m) \frac{\pi}{2} \quad (3)$$

단 n : 1,2,3--N-1

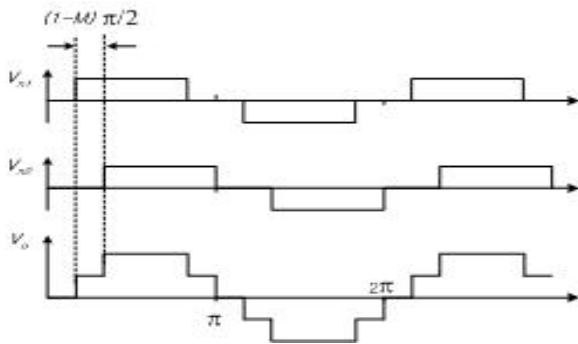


그림 3 제안된 위상변위 가변형 스위칭 방식
Fig. 3 Proposed phase shift variable type switching scheme

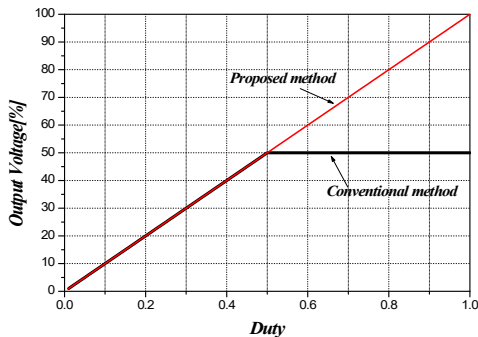


그림 4 두 스위칭 신호에 따른 출력전압
Fig. 4 Output voltage according to two switching signals

그림 4는 제안된 컨버터의 구조에 기존의 일정 위상변위형 스위칭 신호를 인가한 경우와 제안된 가변 위상 변위형 스위칭 신호를 인가한 경우에 대하여 변조비에 따른 출력전압을 나타낸 것이다.

3. 시뮬레이션 결과

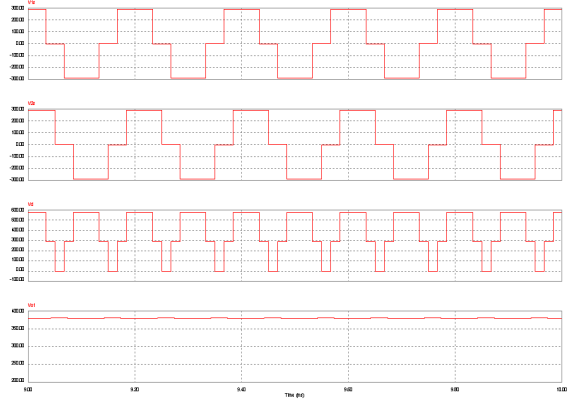


그림 5 시뮬레이션 결과
Fig. 5 Result of simulation

그림 5는 변조지수를 2/3으로 설정한 경우의 제안된 컨버터에 서 일정 위상 변위신호를 사용한 경우와 가변 위상변위 신호를 사용한 경우에 대한 시뮬레이션 결과이다.

4. 결론

본 논문에서는 절연형 풀브릿지 컨버터에서 고주파 변압기의 2차측을 직렬로 연결할 경우, 구조적으로는 후단의 다이오드 부와 필터 부를 하나로 사용이 가능하나, 그 동작에 있어 기존의 스위칭 방식으로는 멀티 DC/DC컨버터의 기능 중 가장 중요한 부분인 높은 승압비를 이룰 수 없는 단점을 극복하기 위해 제안된 멀티 DC/DC 컨버터 전용 상 스위칭 신호를 제안하였다. 제안된 전력변환기의 구조에 적합한 상 스위칭 신호방식은 변조지수에 따른 가변 위상변위 신호를 제안함으로써 기존의 멀티 DC/DC컨버터의 높은 승압비를 해결하였다.

본 연구는 한국전력공사의 2018년 착수 에너지 거점대학 클러스터 사업에 의해 지원되었음 (과제번호:R18XA04)

참고 문헌

[1] Mousavi. A, Das. P, Moschopoulos. G, "A ZCS-PWM Full-Bridge Boost Converter for Fuel-Cell Applications", Applied Power Electronics Conference and Exposition, 2009. APEC 2009. Twenty-Fourth Annual IEEE 15-19 pp. 459-464, 2009

[2] Hanju Cha, Jungwan Choi, Byung-moon Han , "A new three-phase interleaved isolated boost converter with active clamp for fuel cells",Power Electronics Specialists Conference, 2008. PESC 2008. IEEE 15-19,pp. 1271-1276, 2008