

전기자동차 긴급구난용 이동식 충전시스템의 양방향 DC-DC 컨버터

백운길, 이원혁, 조춘호, 김태웅, 김성곤*
경상대학교, 전북자동차기술원*

Bidirectional DC-DC Converter for Electric Vehicle Emergency Rescue Mobile Chaging System

Woon Gil BAEK, Won Hyeok LEE, Choon Ho CHO, Tae Woong KIM, Sung Gon KIM
Gyeongsang National University, Jeonbuk Institute of Automotive Technology*

ABSTRACT

본 논문에서는 전기자동차 긴급구난용 이동식 충전시스템에 절연형 양방향 DC DC 컨버터인 DAB(Dual Active Bridge) 컨버터를 적용하여 시스템 안정성 향상과 함께 출력주파수를 높임으로서 수동소자의 용량을 줄일 수 있고 고효율성을 확보할 수 있으며, 이에 대한 유효성을 시뮬레이션 해석을 통해 검증한다.

1. 서론

세계적으로 CO₂ 저감 및 환경규제, 유가상승 등에 따라 자동차산업의 큰 흐름이 내연기관에서 전기자동차로 변화하고 있으며 국가적으로 HEV, EV, FCV 등으로 발전하고 있다. 국내 전기자동차는 승용차에서부터 중소형전기버스 등 상용차량까지 전략적으로 개발 중이다. 현재 충전인프라가 부족하여 보완책 마련이 시급하며, 전기자동차의 경우 배터리 충전상태가 최하점으로 떨어져 운행이 어려운 경우 이동식 급속충전 시스템이 필요하다.

본 논문에서는 전기자동차 긴급구난용 이동식 충전시스템에 절연형 양방향 DC DC 컨버터인 DAB 컨버터를 적용하여 시스템 안정성 향상과 함께 출력주파수를 높임으로써 수동소자 L, C의 용량을 줄일 수 있고 고효율성을 확보할 수 있으며, 이에 대한 유효성을 시뮬레이션 해석을 통해 검증한다.

2. DAB 컨버터 회로 및 정상상태

2.1 DAB 컨버터 회로

DAB 컨버터는 고전력으로 절연 DC DC 변환에 적합한 회로이다. 이 컨버터는 그림 1과 같이 2개의 풀 브릿지와 HF 변압기 그리고 인덕터로 구성된다. 변압기를 중심으로 대칭되는 구조를 가지며 변압기에 직렬로 연결된 인덕터로 인하여 DAB 컨버터는 변압기의 부유 인덕턴스를 직접 활용 가능하다. 이 때문에 DAB 컨버터는 양방향 전력 전달이 가능하게 된다.

다른 DC DC 컨버터와 달리 고전력, 양방향 전력 전달, 대칭구조, 간단한 제어 등 많은 장점을 가지고 있으며^[1] L, C와 같은 수동소자를 최소화 할 수 있으며 또한 용량도 줄일 수 있다.^[2]

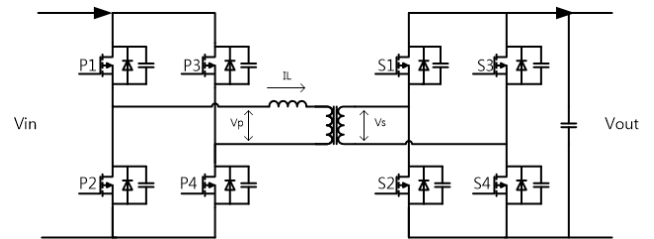


그림 1 Dual Active Bridge Converter

2.2 정상상태 전력흐름

이 컨버터에서는 크게 3가지를 제어가능하다. 첫 번째로는 두 풀 브릿지 간의 위상차, 두 번째로는 듀티비, 마지막으로 스위칭 주파수를 제어가능하다.^[3] 위상차 및 듀티비를 제어함으로써 시스템의 전류를 조절이 가능하다.

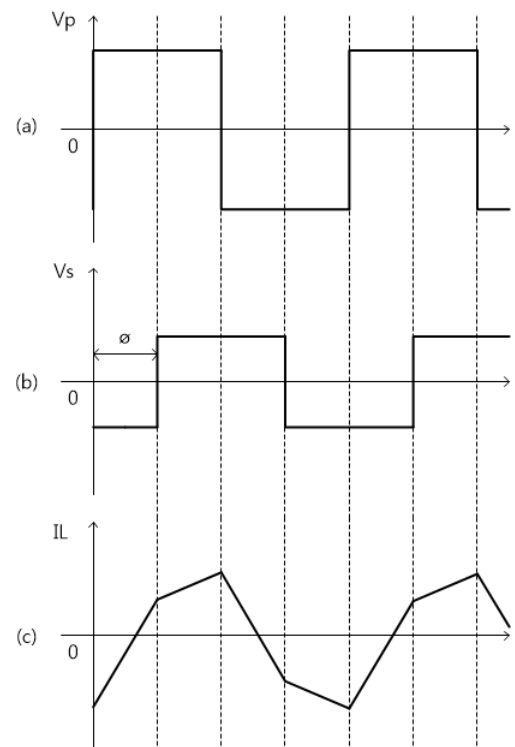


그림 2 DAB 컨버터 출력파형

위의 그림 2에서 (a)는 1차 측 전압파형, (b)는 2차 측 전압 파형, (c)는 인덕터 전류파형이다. DAB 컨버터에서 전류파형은 1차 측 전압과 2차 측 전압의 차이로 크기가 결정된다.

DAB 컨버터에서 전력 계산식은 다음 식(1)과 같다.

$$P = \frac{V_{in} \times (V_{out}/n)}{2\pi fL} \phi(1 - \frac{\phi}{\pi}) \quad (1)$$

여기서 n은 변압기의 권선비를 뜻하며, ϕ 는 두 풀브릿지 간의 위상차를 뜻한다.^[4]

3. 시뮬레이션 해석

본 논문에서 DAB Converter의 5kW급으로 설계하여 위상 변화에 따른 출력전압, 전력을 확인하고 이에 따른 효율성을 시뮬레이션으로 확인하였다. Unipolar와 1, 2차 측에서의 위상차를 각각 'Theta1'과 'Theta2'로 칭하며, 상세한 시스템 파라미터는 표1에 정리하였다.

표 1 전력변환 회로 설계 사양

파라미터	값(단위)
입력전압	400Vrms
Inductor	25uH
Capcitor	47uF
스위칭 주파수	40kHz
변압기 턴비	15 : 15

밑의 그림 2, 3, 4는 위상차에 따른 출력전압과 출력전력, 효율을 3D로 표현하였다.

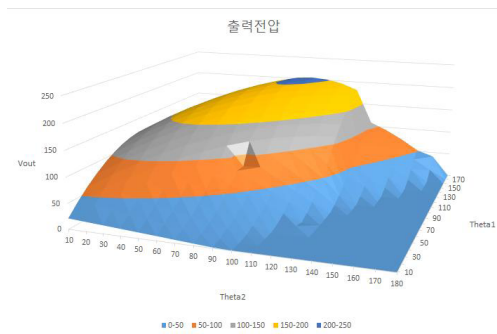


그림 3 위상차에 따른 출력전압

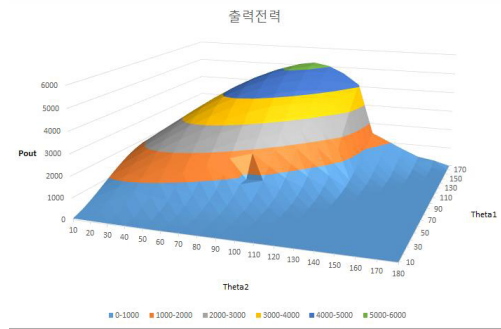


그림 4 위상차에 따른 출력전력

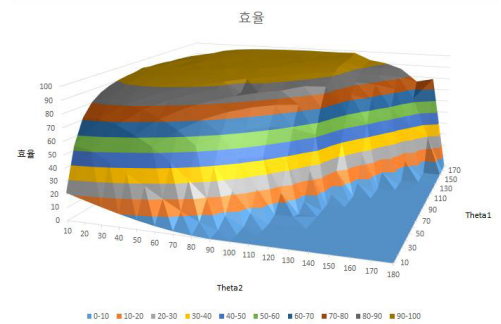


그림 5 위상차에 따른 효율

시뮬레이션 결과를 통하여 Theta1이 180° 및 Theta2가 90° 일 때 출력전압 및 출력전력 그리고 효율이 각각 204Vrms, 5.1kW, 98%로 가장 높은 것으로 확인되었다.

4. 결론

본 논문에서는 DAB 컨버터의 유효성을 확인하였다. 일단 변압기가 1차 측과 2차측의 전기적으로 절연하여 안정하며 시뮬레이션 결과 높은 효율(98% 이상)을 가지는 것을 확인하였다. 추후 제어를 설계하여 실험 해석을 할 예정이다.

이 논문은 호남광역경제권 선도산업 육성사업의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다.

참고 문헌

- [1] A.K. Jain, "PWM Control of Dual Active Bridge : Comprehensive Analysis and Experimental Verification", Proceedings of IEEE, vol.26, no4, pp.1215-1227, 2011.
- [2] F. Krismer, "A Comparative Evaluation of Isolated Bi-directional DC/DC Converter with Wide Input and Output Voltage Range", Proceedings of Industry Applications Conference, vol.1, pp.599-606, 2005.
- [3] Qin Hengsi, "Generalized Average Modeling of Dual Active Bridge DC DC Converter", Proceedings of IEEE, vol.27, no.4, pp.2078-2084, 2012.
- [4] G. Guidi, "Efficiency Optimization of High Power Density Dual Active Bridge DC DC Converter", IPEC, pp. 981-986, 2010.