

피크전류 저감을 위한 DAB의 새로운 스위칭 함수 구현

송광석¹, 권준형², 강박인², 박성미³, 박성준²
 (주)LTOP¹, 전남대학교², 한국승강기대학교³

Implementation of New Switching Functions in DAB for Reduce Peak Current

Kwang-Seok Song¹, Jun-Hyeong Kwon², Boren Jiang², Seong-Mi Park³, Sung-Jun Park^{*2}
 LTOP¹, Chonnam National University², Korea Lift College³

ABSTRACT

최근 ESS의 활용이 급속히 증가함에 따라 승강압 기능이 가능한 절연형 양방향 DAB에 대한 관심이 급증하고 있다. 위상 변위 방식의 DAB 스위칭 방식은 입출력 전압에 따라 평탄한 전류를 형성하기 위한 위상각은 매우 복잡한 수식에 의해 구현될 수 있어, 실제 사용에는 그 한계가 있다. 따라서 본 논문에서는 양방향 DAB 컨버터에서 피크 전류를 저감 할 수 있는 간단한 알고리즘을 제안한다. 제안된 방식은 시뮬레이션 및 실험 결과를 통하여 타당성을 검증하였다.

1. 서론

절연형 양방향 DC/DC 컨버터는 넓은 전압 범위와 다양한 전력 스케일 시스템에 유연하게 사용되고 있다. 절연형 DC/DC 컨버터에는 대표적으로 DAB(Dual Active Bridge) 컨버터, 공진 컨버터 등이 연구되고 있으며[1], 특히 DAB 컨버터는 단순한 구조로 ZVS가 가능하여 고효율, 높은 전력 밀도, 그리고 넓은 전압 범위 등의 장점을 가지고 있다. DAB 컨버터를 고효율로 동작하기 위해서는 피크 전류를 감소시키는 연구가 활발히 이루어지고 있다. 그러나 피크 전류를 저감시키기 위해서는 제어 변수가 많기 때문에 부하마다 매우 복잡한 제어를 요구한다. 또한 수학적 모델링에 따른 제어 방식을 사용하지만 이는 실제 회로 정수를 완벽하게 반영하기가 어렵다. 따라서 본 논문에서는 고효율 및 스위칭 피크 전류 저감의 이점을 가질 수 있으면서도 기존의 제어 방식에 비해 단순한 제어로서 모든 부하에서 전류 피크를 줄일 수 있고 넓은 전압 범위가 가능한 구조의 제어기법을 제안한다.

2. 발전기의 무효전력 보상장치와 UPS

그림 1과 같은 DAB 컨버터를 구동하는 일반적인 방법은 PSM(Phase Shift Modulation) 방식으로, 1차 측 및 2차 측 브리지 전압을 구형파로 구동한 후 두 전압 파형의 위상차를 이용하여 제어한다.

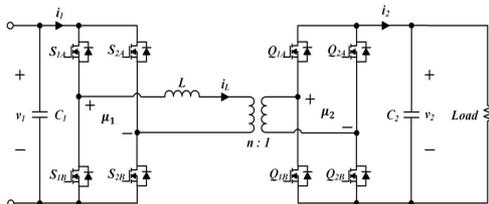


그림 1. DAB DC/DC 컨버터 회로도
 Fig 1. DAB DC/DC converter schematic

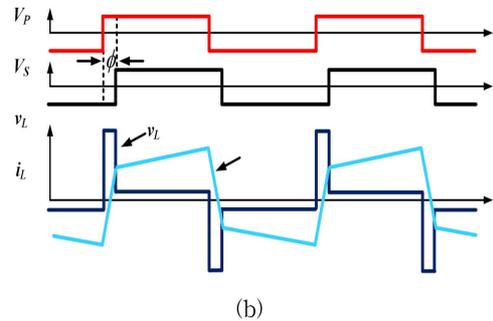
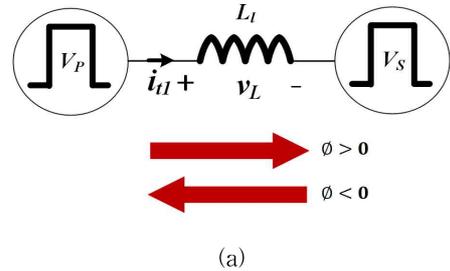


그림 2. PSM방식의 DAB 컨버터의 동작원리
 Fig 2. Operation principle of PSM dAB converter

그림 2에서 위상각 ϕ 에 따른 전력은 식 1과 같이 주어지며, 그림 3은 ϕ 가 $-\pi$ 에서 π 로 변화할 때까지 계산된 전력을 보여준다. 전력 변화를 효율적으로 나타내기 위해 전력의 크기를 식 1의 표준 전력 P_0 로 정규화 하였다.

$$P_1 = P_2 = \frac{n V_P V_S}{L f_s} \cdot \frac{\Phi}{2\pi} \left(1 - \frac{|\Phi|}{\pi}\right) \quad (1)$$

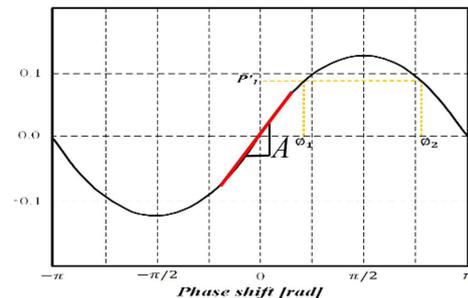


그림 3. PSM 방식의 DAB 컨버터의 전달 전력
 Fig 3. Transmission power of PSM DAB converter

그림 3에서 위상 차이가 적은 경우, ϕ 는 선형적이며 간략화는 식 2와 같이 표현할 수 있다.

$$\Phi = \frac{I}{V_{dc}A} \quad (2)$$

따라서 식 2에서 전류 항을 전류 지령치로 대치하고 Dead-Time 등의 영향으로 불감영역을 해결하기 위해 식 3과 같이 전류 지령치 I^* 를 사용하여 DAB의 위상제어를 행한다.

$$\Phi = \frac{I^*}{V_{dc}A} + \Phi_{set} \quad (3)$$

3. 시뮬레이션 결과

그림 3은 제안된 방식의 타당성을 검증하기 위한 시뮬레이션 회로도들을 나타내고 있다.

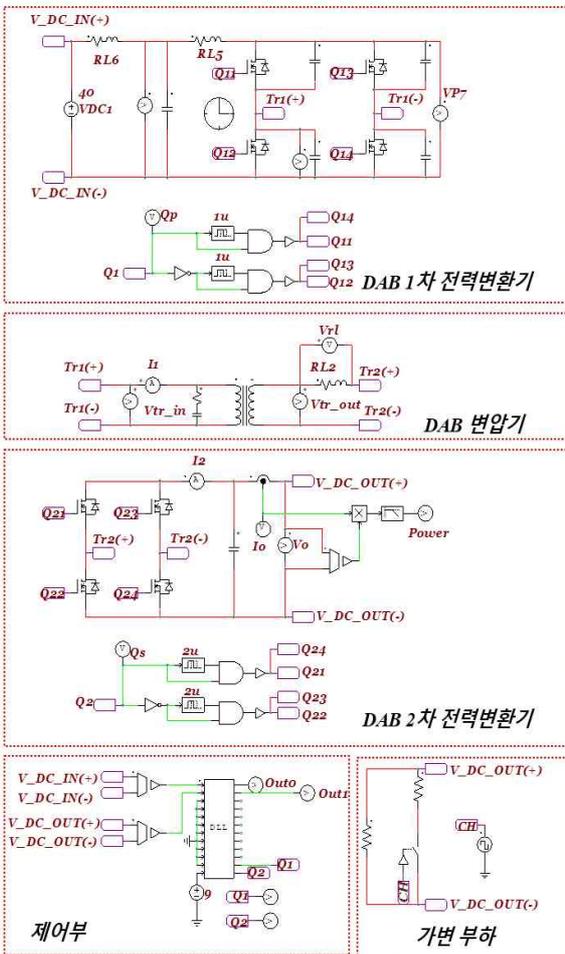


그림 3 시뮬레이션 회로도
Fig. 3 Simulation circuit diagram

시뮬레이션은 가정용 ESS용 DAB 컨버터를 7[kW]급 입력 48[V], 출력 360[V]를 대상으로 시뮬레이션을 진행하였다. 그림 4는 시뮬레이션 결과로 부하를 약 3[kW]에서 6[kW]로 가변한 경우로 DAB 전류는 오버슈트 없이 안정되게 동작함을 알 수 있다. 각 부하의 정상상태 전류를 확대한 과형으로부터 DAB 1차 전류는 부하에 관계없이 평활하게 동작함을 알 수 있다.

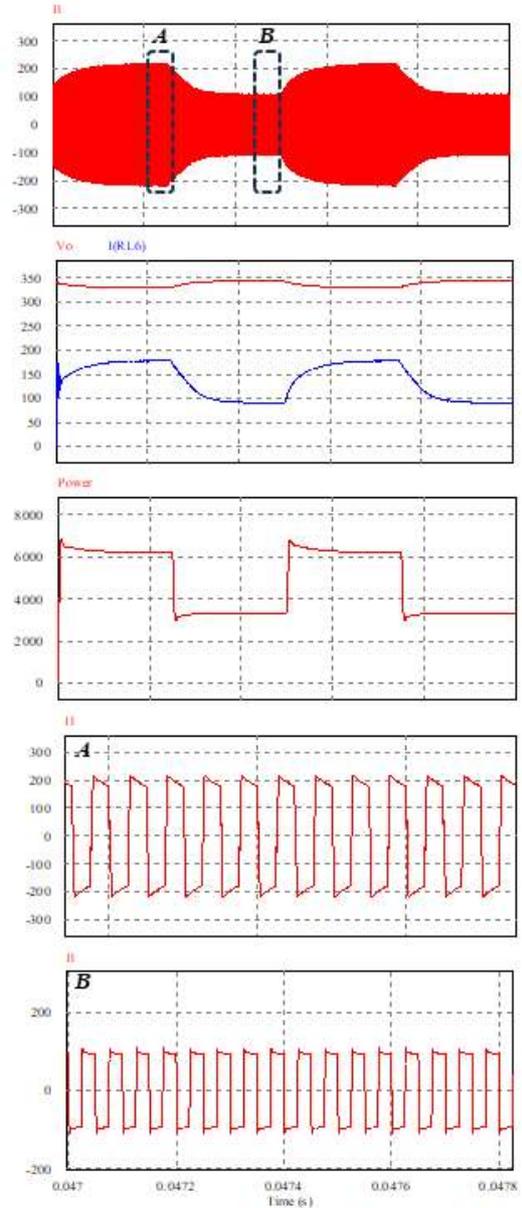


그림 4. 시뮬레이션 결과
Fig. 4. Simulation result

4. 결론

본 논문에서는 DAB 컨버터에서 스위칭 피크 전류저감을 위한 간단한 PSM 위상각 설정 알고리즘을 제안하고, Psim 시뮬레이션을 통하여 그 타당성을 검증하였다.

본 연구는 2024년도 중소벤처기업부의 재원으로 중소기업 기술정보진흥원의 지원을 받아 수행한 연구 과제임 [S3400600]

참고 문헌

- [1] A. Jafari, M. S. Nikoo, F. Karakaya and E. Matioli, "Enhanced DAB for Efficiency Preservation Using Adjustable-Tap High-Frequency Transformer," in IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 35, no. 7, pp. 6673-6677, July 2020