

DC 마이크로그리드용 저전압 배터리 시스템을 위한 Dual Active Bridge 컨버터의 돌입전류 감소 기술

곽봉우^{*,**}, 김종훈^{**}, 김명복^{*}

^{*}한국생산기술연구원 EV부품소재그룹

^{**}충남대학교 전기공학과

Inrush Current Reduction Technology of Dual Active Bridge Converter for Low Voltage Battery System for DC Micro Grid

Bongwoo Kwak^{*,**}, Jonghoon Kim^{**} and Myungbok Kim^{*}

EV Components & Materials Group, Korea Institute of Industrial Technology^{*}

Electrical Engineering, Chungnal National University^{**}

ABSTRACT

본 논문은 DC마이크로그리드에서 저전압 배터리 에너지 저장 시스템과 DC 버스 연결을 위한 Dual Active Bridge(DAB) 컨버터의 제어 방법에 대한 연구이다. DC 마이크로그리드에서 전력을 효율적으로 사용하기 위해 양방향 전력전달이 쉬운 DAB 컨버터는 많이 사용되고 있다. 다만, 낮은 배터리 저장 시스템을 사용하는 경우 과도상태에서 DC 버스 측 커패시터를 충전하기 위해 높은 돌입전류가 발생하게 된다. 이러한, 높은 돌입전류는 시스템의 전력반도체 소자를 파손시키는 문제를 가져온다. 따라서, 초기 돌입전류를 저감시킬 수 있는 소프트 스타트 알고리즘이 필요하다. 본 논문에서는 돌입전류 저감을 위한 소프트 스타트 알고리즘을 제안하고, 3kW급 DAB 컨버터의 실험 결과를 바탕으로 제안된 알고리즘을 검증하였다.

1. 서론

최근 신재생 에너지에 대한 수요가 증가함에 따라 전력장비의 부담을 줄일 수 있는 분산 전원 시스템에 관심이 높아지고 있다. 분산전원과 에너지 저장 시스템을 이용한 마이크로그리드에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 특히, 전력변환 단계 감소 및 높은 전력 전송 효율을 갖는 직류 배전에 대한 관심이 증가함에 따라 DC 마이크로 그리드 시스템이 주목받고 있다^[1].

DC마이크로 그리드에서 에너지 저장시스템과 양방향 전력 전송을 위해 사용되는 컨버터는 Dual Active Bridge (DAB) 컨버터가 널리 사용되고 있다. DAB 컨버터의 경우 그림 1과 같이 1차측과 2차측이 풀 브릿지로 구성되어 있으며, 1차측과 2차측의 위상 차이를 통해 양방향으로 전력을 전달한다^[2].

일반적으로 3~7kWh 정도의 낮은 에너지 용량을 갖는 DC 마이크로 그리드 망에서는 배터리 에너지 저장 시스템의 전압이 낮게 설계된다. 배터리 시스템에서 DC 버스단으로 전력 공급시 높은 승압비 및 커패시터 충전을 위한 높은 돌입전류가 발생하게 된다. 이러한 높은 전류는 전력반도체 소자를 파손시키는 문제를 발생시킨다.

본 논문에서는 과도한 돌입 전류를 방지하기 위해 위상 전이 기법을 적용한 소프트 스타트 알고리즘을 제안하며, 3kW급 DAB 컨버터의 시제품 제작 및 실험을 통해서 제안하는 소

프트 스타트 알고리즘을 검증하였다.

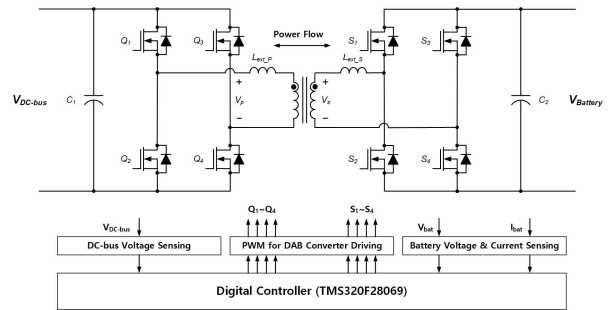


그림 1 DAB 컨버터 회로

Fig. 1 Schematic of the DAB Converter

2. 소프트 스타트 알고리즘

초기 스타트 상태에서 높은 돌입전류 문제를 해결하기 위해 3단계로 구성된 소프트 스타트 알고리즘을 제안한다. 그림 2와 같이 1차측 풀 브릿지의 위상 변이에 의한 컨버터의 유효 듀티를 점진적으로 증가 후 2차측의 전력반도체 소자를 동 위상으로 구동한다. 이 후 원하는 전압 지령에 맞게 일반적인 PI 제어를 통해 출력 전압을 제어하는 단계로 구성된다.

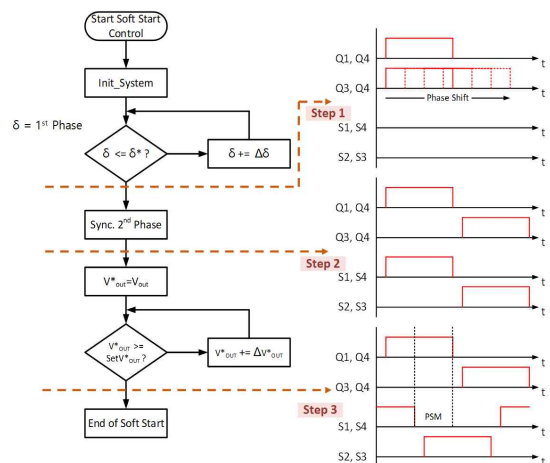


그림 2 제안하는 소프트 스타트 알고리즘

Fig. 2 Proposed soft start algorithm

3. 실험 결과 및 분석

제안하는 알고리즘 검증을 위해 3kW급 DAB 컨버터 시제품을 제작하였다.

그림 3는 과도상태에서의 1차측 인덕터 전류 및 출력 전압 파형을 보여준다. 실험 조건은 20V 입력, 100V 출력으로 실험을 수행하였다. 제안하는 소프트 스타트 알고리즘을 적용하였을 때 약 35%정도 돌입전류가 감소하는 것을 확인하였다.

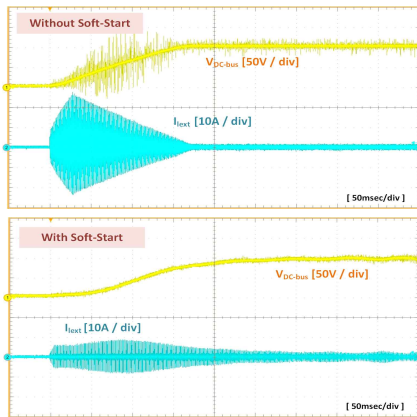


그림 3 스타트업 파형 비교
Fig. 3 Comparison of start-up waveform

그림 4는 정격전압 사양에서 과도상태 특성을 보여준다. 입력 전압 80V, 출력전압 400V 조건에서 스타트업 전류는 약 25A로 소프트 스타트가 없는 조건과 비슷한 수준으로 돌입전류가 크게 감소하는 것을 확인하였다.

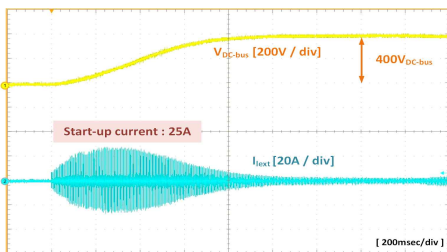


그림 4 소프트 스타트 특성 - 입력 80V
Fig. 4 Characteristic of soft start - 80V input

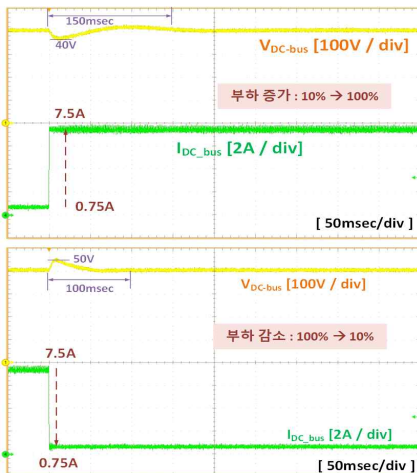


그림 5 부하 과도 응답 실험 결과
Fig. 5 Experimental results of load transient response

그림 5는 스텝 부하에 따른 제어기의 응답 특성을 보여준다. 부하가 스텝으로 증가 및 감소할 때 출력 전압의 오버슈트는 50V 미만이며, 정상상태로 도달 시간은 약 150msec 미만인 것을 확인하였다.

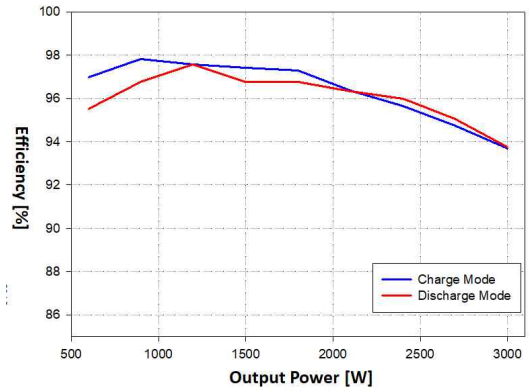


그림 6 DAB 컨버터의 효율 비교
Fig. 6 Comparison of bidirectional efficiency of DAB converter

배터리 시스템을 충/방전을 고려하여 양방향 전력변환효율을 분석하였다. 그림 6은 DAB 컨버터의 양방향 전력변환 효율을 보여준다. 최대 효율은 1.2kW 조건에서 97.56%이며 과부하 조건에서는 도통 손실 증가로 인해 효율이 감소하며, 정격 출력 조건에서의 효율은 약 93.7%로 확인하였다.

4. 결론

본 연구에서는 DC 마이크로 그리드에서 DC 버스와 저전압 배터리 에너지 저장 시스템과의 안정적인 전력전달을 위한 DAB 컨버터의 소프트 스타트 방법을 제안하였다. 저전압 배터리 시스템에 적용할 수 있는 3kW급 DAB 컨버터 및 디지털 제어기를 설계하였으며, 실험을 통하여 효율성을 검증하였다.

이 논문은 한국생산기술연구원의 「펄스형 총방전 기술 등을 활용한 리튬 계열 배터리의 수명연장 기술 개발 (JA190027)」 연구과제 연구비 지원에 의하여 연구되었음

참고 문헌

- [1] Lotfi H., Khodaei A., "AC Versus DC Microgrid Planning", IEEE Trans. on Smart Grid, Vol. 8, No. 1, pp. 296-304, 2017
- [2] H. J. Choi, J. H. Jung, "Practical Design of Dual Active Bridge Converter as Isolated Bi-directional Power Interface for Solid State Transformer Applications", J Electr Eng Technol, Vol.11, No5, pp. 1265-1273, 2016