

전 부하 영역에서 고효율을 가지는 PFM 제어를 이용한 양방향 DC/DC 컨버터의 동작특성 분석

김지환*, 황선희*, 류동균*, 정두용*, 정용채**, 원충연*
 성균관대학교*, 남서울대학교**

Operating Characteristics Analysis Of Bi-Directional DC/DC Converter using PFM control with high efficiency at whole load range

Ji Hwan Kim*, Sun Hee Hwang*, Dong Gyun Ryu*, Doo Yong Jung*, Yong Chae Jung**,
 Chung Yuen Won*

SUNGKYUNKWAN UNIVERSITY*, NAMSEOUL UNIVERSITY**

ABSTRACT

In this paper, a performance of bi directional DC/DC converter using PFM control at whole load range is analyzed. A bi directional DC/DC converter using PFM control in this paper can be soft switching operation with LC series resonant circuit. It's difficult to expect a high efficiency at whole load range in general resonant converter because of limitation of soft switching area. Therefore converter used in this paper has a variable frequency PFM control to overcome a limitation of soft switching area and it makes a high efficiency at whole load range by implementing a soft switching at light load area of restricted soft switching. The high efficiency at whole load range is verified by simulation and experimental result.

1. 서론

최근 신재생에너지가 대두되면서 DC/DC 컨버터의 효율을 높이는 연구가 관심을 받고 있다. 특히 컨버터의 고효율화를 달성하기 위한 소프트 스위칭이 가능한 공진형 컨버터의 연구가 활발히 진행되고 있다.[1-4] 기존의 공진형 양방향 컨버터의 경우 소프트 스위칭 영역의 제한으로 인하여 전 부하영역에서 고효율을 기대하기가 어렵다. 하지만 PFM (Pulse frequency modulation) 제어를 이용한 양방향 DC/DC 공진형 컨버터는 일정한 스위치 OFF 시간을 가지고 제어하기 때문에 전 부하영역에서 소프트 스위칭이 가능하다.[5] 이에 따라 전 부하영역에서 고효율을 기대 할 수 있다.

본 논문에서는 [5]에서 제안된 PFM 제어를 이용한 양방향 공진형 컨버터의 강압 모드 및 승압 모드에서의 부하량에 따른 효율을 실험을 통해 분석하였다.

2. 본론

2.1 PFM 제어를 이용한 공진형 컨버터

그림 1은 LC 직렬 공진 회로를 이용한 양방향 DC/DC 컨버터이다. Soft Switching Cell 은 공진인덕터, 공진커패시터, 스너퍼 커패시터로 구성되어 있으며, 영전압/영전류 상태에서 스

위치가 턴 온 또는 턴 오프 할 수 있도록 한다.[5]

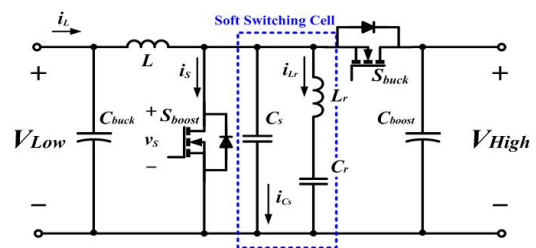


그림 1 LC 직렬 공진 회로를 이용한 양방향 DC/DC컨버터
 Fig. 1 Bi-directional DC/DC converter using a LC series resonant circuit

PFM(Pulse frequency modulation)제어는 턴 온 시 스위칭 양단 전압의 상태 및 부하량에 따라 스위칭 주파수를 가변시키고 시비율은 주어진 전압제어 지령치에 따라 제어된다. 그림 2 (a)는 승압 동작이고 그림 2 (b)는 강압 동작을 나타낸다.

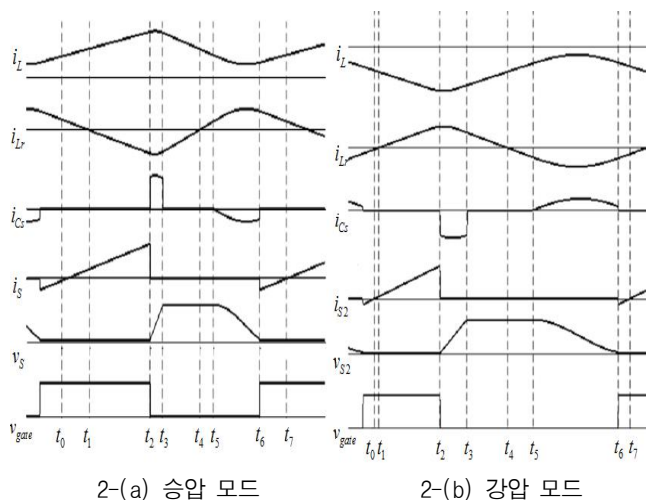


그림 2 양방향 컨버터 동작모드에 따른 주요 파형
 Fig. 2 Key waveforms in a Bi-directional converter according to a operation mode

그림 3은 부하량에 따른 스위칭 주파수를 나타낸 그래프이

다. 부하량이 커지면 스위칭 주파수는 전반적으로 감소하며 부하량에 따라 강압모드에서는 스위칭 주파수가 33kHz에서 15kHz 까지 변화하고 승압모드에서는 40kHz에서 15kHz 까지 변화한다. 그림 4는 부하량에 따른 시비율을 나타낸 그래프이다. 부하량이 커지면 시비율은 스위칭 주파수와 다르게 전반적으로 증가하며 최소 시비율은 0.2653, 최대 시비율은 0.4382이다.

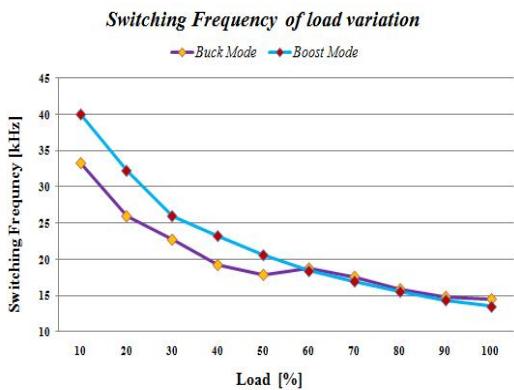


그림 3 부하량에 따른 스위칭 주파수 그래프
Fig. 3 Switching frequency graph according at load variation

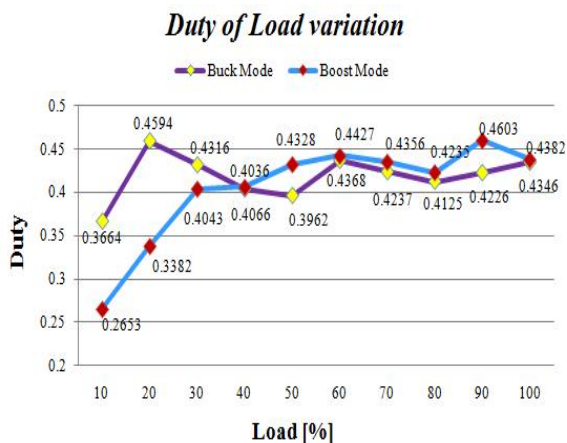


그림 4 부하량에 따른 시비율 그래프
Fig. 4 Duty rate graph according at load variation

2.2 효율

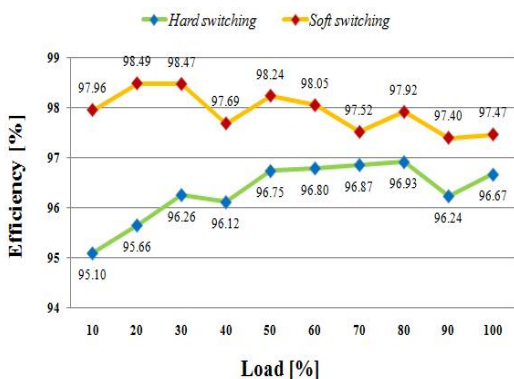


그림 5 강압모드에서의 효율 그래프
Fig. 5 Efficiency in buck mode graph

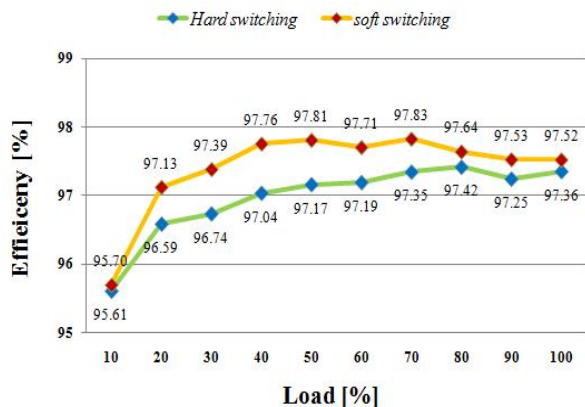


그림 6 승압모드에서의 효율 그래프
Fig. 6 Efficiency in boost mode graph

그림 5, 그림 6은 승·강압 모드시 PWM 제어 방식과 PFM 제어 방식으로 소프트 스위칭하는 경우의 효율을 비교한 것이다.

기존의 공진형 컨버터의 경우 경부하에서 소프트 스위칭 영역이 제한되기 때문에 고효율을 기대하기 힘들지만 PFM 제어를 통해 경부하 영역에서도 소프트 스위칭 영역을 확보하여 효율이 높아진 것을 확인할 수 있다.

3. 결론

본 논문에서는 PFM 제어를 이용한 양방향 DC/DC 공진형 컨버터의 효율을 분석하였다. LC 직렬 공진회로를 구성하고 소프트 스위칭방식으로 부하량을 10%~100%까지 바꾸어가며 효율을 측정하였다. 그 결과 기존의 양방향 컨버터보다 전체적으로 효율이 상승하였고 경부하에서도 높은 효율을 달성하였다. 이에 따라 전체 부하량에서 전반적으로 평평한 효율 곡선이 나타났다. 부하량 변화에 따른 효율 분석을 토대로 중부하 뿐만 아니라 경부하에서도 고효율을 기대할 수 있음을 확인할 수 있었다. 향후 공진소자 최적화 설계를 통한 100% 부하 영역에서의 스위칭 주파수 향상을 진행 할 것이며, 배터리 저장장치를 가진 하이브리드 PCS에 응용이 가능할 것으로 사료된다.

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2012 0005371)

참고 문헌

- [1] Jovanovic M.M., Yungtaek Jang, "A new, soft switched boost converter with isolated active snubber", Industry Applications, *IEEE Transactions on* Vol. 35, no. 2, pp. 496-502, 1999.
- [2] Huang Jen Chiu, Li Wei Lin, "A bidirectional DC DC converter for fuel cell electric vehicle driving system," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol.21, no.4, pp.950-958, July.2006.
- [3] Liu, D., Hui Li, "A ZVS Bi Directional DC DC Converter for Multiple Energy Storage Elements," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol.21, no.5, pp. 1513-1517, Sept.2006.
- [4] Peng, F.Z., Hui Li, Gui Jia Su, Lawler, J.S, "A New ZVS Bidirectional DC DC Converter for Fuel Cell and Battery Application," *IEEE Trans Power Electron.*, vol.19.no.1, pp.54-65, Jan.2004.
- [5] 박건욱, 정두용, 송인범, 이수원, 정용채, 원충연, "LC 직렬 공진을 이용한 양방향 DC/DC 컨버터", *전력전자학회*, 2010년도 추계학술대회 논문집, pp. 198-199.