

인터리브드 기법을 적용한 양방향 DC-DC 컨버터 구현 및 실험

문병호, 박희성, 차한주
충남대학교 전기공학과

Implementation and Experiments of the Bidirectional Interleaved DC-DC converter

Byeongho Mun, Hee Sung Park, Hanju Cha
Chungnam national university

ABSTRACT

본 논문은 인터리브드 기법을 적용한 양방향 DC DC 컨버터의 구현 및 실험에 대해 서술하였으며 구현한 컨버터의 특성을 분석하였다. 구현한 컨버터는 변압기를 사용하여 절연효과를 가지고 있으며 벡/부스트 구조가 적용되어 비교적 낮은 권선비로도 높은 승압과 강압이 가능하다. 또한 인터리브드 기법을 적용하여 리플전류의 감소효과를 가지고 있다. 각 모드별로 컨버터의 특성을 분석하였으며 벡모드와 부스트모드에 대한 동작은 실험을 통하여 확인하였다.

1. 서론

최근 전력산업 분야에서는 전력수요의 증가와 화석연료 에너지 사용에 의한 환경문제를 해결하기 위한 신재생에너지에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 신재생에너지에는 태양광에너지, 풍력에너지, 연료전지가 있으며 이 중에서 풍력 발전은 에너지 변환 효율이 높고 발전단가가 싸다는 장점이 있다. 하지만 불규칙한 출력을 낸다는 단점을 가지고 있는데 이와 같은 단점을 극복하기 위한 방법으로 배터리 사용에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 배터리는 충·방전기와 함께 사용되며 충·방전기와 계통사이에는 높은 승압비와 강압비를 가지는 양방향 DC DC 컨버터가 요구된다. 본 논문에서는 인터리브드 기법을 적용한 양방향 DC DC 컨버터를 구현해 보았으며 각 모드별로 실험을 진행하여 그 특성을 확인하였다.

2. 양방향 DC-DC 컨버터

2.1 양방향 DC-DC 컨버터

그림 1은 양방향 DC DC 컨버터의 회로이다. 이 컨버터의 구조는 변압기의 왼쪽에서부터 DC 링크와 인터리브드 동작에 사용되는 3개의 인덕터, 주스위치로 사용되는 3개의 MOSFET, 보조스위치로 쓰이는 3개의 MOSFET과 클램프커패시터로 구성되어 있으며 회로의 변환이 없이 각 모드로 변환이 가능하다. 또한 능동클램프회로를 통해 서지전압을 억제 할 수 있다. 변압기의 오른쪽은 서로 상보동작을 하는 IGBT 스위치가 3쌍으로 구성되어 있다. 변압기를 사용하여 높은 비율로 승압과 강압이 가능하며, 각 회로사이에 절연효과도 가지고 있다.

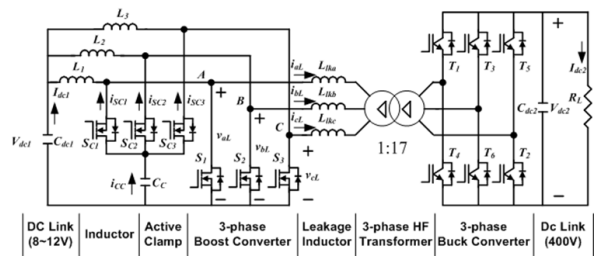


그림 1 양방향 DC-DC 컨버터
Fig. 1 Bi-directional DC-DC converter

2.2 부스트 모드(Boost mode)

부스트 모드의 등가회로는 그림 2와 같다. 스위칭 동작은 부스트 컨버터에서 하며 3개의 인덕터를 통해 인터리브드 동작을 하게 된다. 3상 인터리브드 동작을 통해 출력단의 리플 주파수를 3배로 높이고 리플 전류의 크기를 줄일 수 있다. 변압기 오른쪽에 위치하는 IGBT는 다이오드로 동작하여 풀브리지 정류회로를 구성하게 된다.

전압전달비는 부스트 컨버터가 이상적으로 동작 할 때 식 (1)과 같으며 부스트컨버터의 기본 전압전달비 식에 변압기 권선비 n을 곱한 것과 같다.

$$V_o = \frac{n V_i}{1 - D} \quad (1)$$

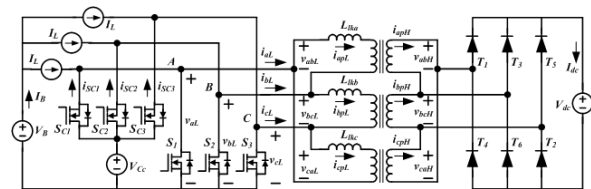


그림 2 3상 부스트 컨버터
Fig. 2 Three-phase boost converter

2.3 벡 모드(Buck mode)

벡 모드의 등가회로는 그림 3과 같다. MOSFET단의 회로의 변경 없이 동작 가능한 하이브리드 정류회로가 사용되며 IGBT 단에서 스위칭을 한다. 3개의 인덕터는 부스트와 동일하게 인터리브드 동작에 사용되며 리플의 크기를 감소시킨다.

전압전달비는 벽 컨버터가 이상적으로 동작할 때 식 (2)와 같으며 벽 컨버터의 기본 전압전달비 식에 변압기 권선비 n 을 나누는 것과 같다.

$$V_o = \frac{DV_i}{n} \quad (2)$$

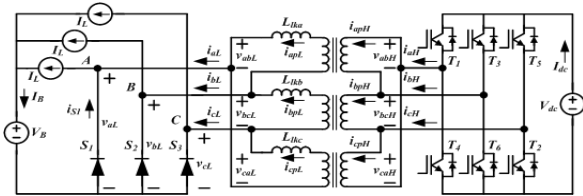


그림 3 3상 벽 컨버터
Fig. 3. Three-phase buck converter

2.4 제어기법

제어기는 그림 4와 같으며 저전압측의 DC링크 전압을 제어한다. 전압 기준치와 실제 전압의 차이를 PI제어기를 통해 기준치 전압을 추종한다.

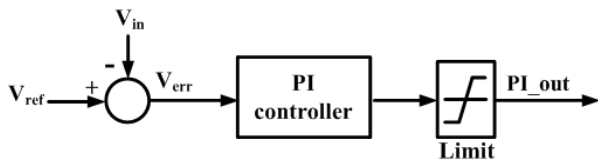


그림 4 PI 제어기
Fig. 4 PI controller

3. 실험 결과

저전압측은 배터리 충전기용으로 사용되는 DC DC 컨버터를 고전압측은 계통연계형 DC AC 인버터를 사용하여 각 모드에 따라 실험을 진행하였다 그림 5는 인터리브드 동작을 확인할 수 있는 파형으로 인덕터의 전류가 120도 위상차를 가지고 출력되는 것을 확인할 수 있다. 이 전류가 합쳐져서 리플 주파수가 3배 증가하고 리플전류의 크기가 줄어든 것을 알 수 있다. 그림 6은 부스트 컨버터의 파형으로 변압기 양단에 걸리는 전압과 흐르는 전류를 확인할 수 있다. 그림 7은 벽 컨버터의 파형으로 스위칭 상태에 따라 전압과 전류의 변화를 볼 수 있으며 두개의 전류를 통해 평형상태로 동작하는 것을 확인할 수 있다.

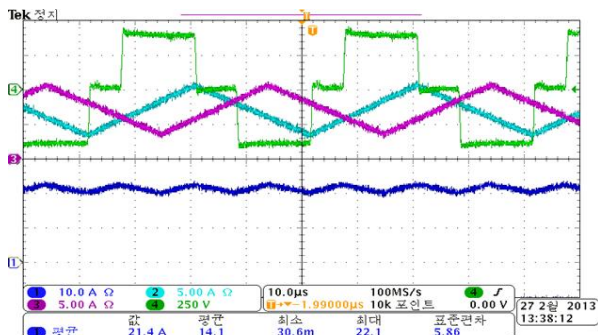


그림 5 인터리브드 파형
Fig. 5 Interleaved waveform

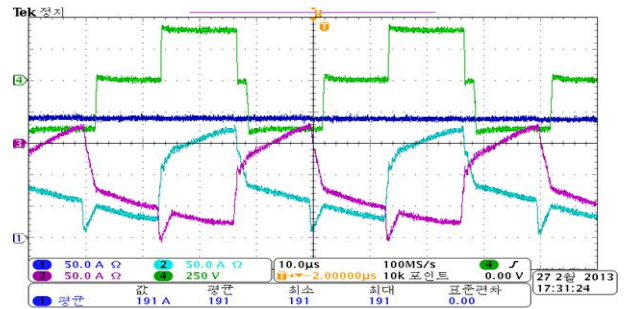


그림 6 부스트 컨버터 정상상태 파형
Fig. 6 Boost converter steady-state waveform

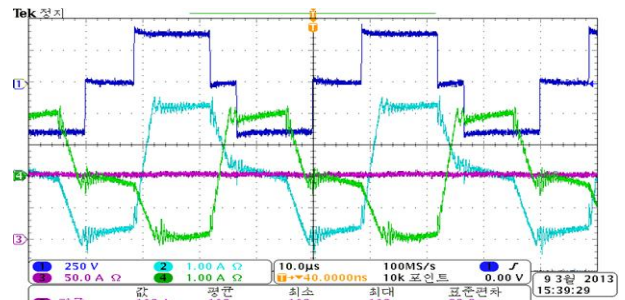


그림 7 벽 컨버터 정상상태 파형
Fig. 7 Buck converter steady-state waveform

4. 결론

본 논문에서는 인터리브드 기법이 적용된 2.5kW 양방향 DC DC 컨버터를 구현해 보았으며 실험을 통해 각 모드가 정상적으로 동작하는 것을 확인해 볼 수 있었다. 본 논문에서 제작된 컨버터는 각 모드에 따라서 회로의 변화가 없다는 장점을 가지고 있으며 능동클램프회로를 적용하여 서지전압을 감소시켰다. 인터리브드 기법을 적용하여 전류 리플의 크기를 감소시켰으며 주파수는 3배로 증가시켰다.

참고 문헌

- [1] Hanju Cha, Jungwan Choi, Woojung Kim, Blasko, V., "A New Bi directional Three phase Interleaved Isolated Converter with Active Clamp", Applied Power Electronics Conference and Exposition, 2009. APEC 2009. Twenty Fourth Annual IEEE, Publication Year: 2009, Page(s): 1766 1772
- [2] Gui Jia Su, Lixin Tang, "A Three Phase Bidirectional DC DC Converter for Automotive Applications", Industry Applications Society Annual Meeting, 2008. IAS '08. IEEE pp. 1 7, 2008.
- [3] Tan, N.M.L., Abe, T., Akagi, H, "A 6 kW, 2 kWh Lithium Ion battery energy storage system using a bidirectional isolated DC DC converter" Power Electronics Conference (IPEC), pp. 46 52, 2010