

3상 양방향 절연형 인터리브드 DC-DC 컨버터의 병렬 제어기법

조현식, 박상은, 차한주
충남대학교

Parallel Control Method of Three-Phase Bi-Directional Isolated Interleaved DC-DC Converters

HyunSik Jo, Sangeun Park, Hanju Cha
Chungnam National University

ABSTRACT

본 논문에서는 3상 양방향 절연형 인터리브드 DC DC 컨버터의 병렬 제어기법에 대해 기술한다. 대전력 적용 시, DC DC 컨버터를 단독으로 운전하는 것이 아닌 병렬로 연결하여 운전을 하게 되는데 이때 발생하는 전류의 불평형을 해결하기 위하여 부스트 모드와 벡 모드에서 저전압측의 전압을 제어하는 전압제어기에 각 컨버터의 전류차를 보상하는 전류제어기를 제안하였으며 각 모드에서 전류의 불평형이 보상되는 것을 실험을 통해 검증하였다.

1. 서 론

최근 온실가스를 감소시키기 위해 친환경적인 에너지원과 발전방식에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이 가운데 태양광, 풍력, 연료 전지 등을 에너지원으로 하는 신재생 에너지에 대한 관심이 높아지고 있다. 특히, 배터리는 신재생에너지 시스템, 전기자동차 등에서 핵심부품으로 최근에 중요성이 더욱 강조되고 있으며 세계 각국에서는 기술을 선점하기 위해 연구와 투자가 활발히 진행되고 있다. 대용량 에너지 저장시스템과 전기자동차에서는 높은 전압에서 큰 전류의 충방전이 필요하므로 고에너지 밀도, 고효율의 전력변환장치가 요구된다. 안정성 확보를 위해서는 전력변환장치의 보호회로와 계통과 절연되어야 하며 과충전 및 과방전은 에너지 저장장치의 수명을 단축시키고 사고를 유발하므로 안전운전영역에서 동작하도록 하는 제어알고리즘이 개발되어야 한다. 따라서 이를 해결하기 위해서는 정밀하게 대전력을 충/방전 할 수 있는 양방향 DC/DC 컨버터 시스템이 필요하다.[1]

2. 3상 인터리브드 DC-DC 컨버터

2.1 3상 인터리브드 DC-DC 컨버터 구조

본 논문에서 사용한 3상 인터리브드 DC DC컨버터는 양 방향 전력변환이 가능한 컨버터로 벡모드와 부스트모드의 두 가지 모드로 동작 가능하다. 그림 1에 본 논문에서 사용한 컨버터를 나타내며 $\Delta \Delta$ 방식으로 결선된 3상 고주파변압기의 이상적인 등가모델을 포함하고 있다. 또한 컨버터 각 부의 파라미터를 표 1에 나타낸다.

2.2 제안된 병렬 제어기

본 논문에서 사용한 3상 인터리브드 DC DC 컨버터의 병렬 제어에는 기본적으로 저압의 전압원을 제어하는 전압제어기가 사

용된다. 부스트 모드는 배터리나 연료전지 등 저압의 전압 원을 고압으로 승압시키는 모드로 220V 사용전원에 인버터를 연계할 경우 약 400V 이상의 DC Link 전압으로 승압이 필요하다. 벡 모드는 배터리 등의 충전에 활용되는 모드로서 인버터의 DC Link 전압 혹은 높은 DC 전압을 입력받아 낮은 전압으로 강압하는 컨버터로서 본 논문에서는 8V~12V의 레벨로 강압을 하게 된다. 높은 전력에 적용을 할 때에는 이러한 DC DC 컨버터를 단독으로 운전하는 것이 아닌 병렬로 연결하여 운전을 하게 된다. 하지만 각각의 컨버터들의 하드웨어 파라미터 값이 정확하게 일치하지 않기 때문에 각 컨버터간의 전류가 불평형이 일어나는 것이 불가피하다. 이러한 전류의 불평형을 해결하기 위하여 기존의 전압제어기에 전류제어기를 더하여 각 컨버터의 전류의 평형을 유지할 수 있게 하였다.

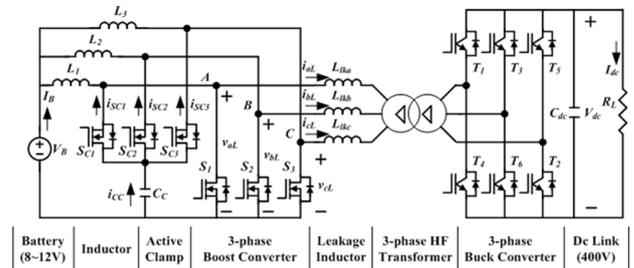


그림 1 3상 인터리브드 DC-DC컨버터

표 1 3상 인터리브드 DC-DC컨버터의 파라미터

Circuit Element	Value
Boost Inductance $L1 \sim L3$	35 (uH)
Transformer Leakage Inductance Llk	25 (uH)
Transformer Turns Ratio n	15 ($=N2/N1$)
Switching Period TS	40 (us)
Input Voltage Vi	8~12 (V)
Output Voltage Vo	400 (V)
Output Power Po	2500 (W)

2.2.1 부스트 모드 제어

부스트 모드 제어기는 출력전압 제어를 위해 출력전압의 기준 값을 받아 피드백되고 있는 현재값과 비교하여 PI제어를 수

행하여 듀티를 제어하는 구조이며 전압 제어기와 전류의 편차를 제어해 주는 전류제어기를 포함한 구조도를 그림 2에 나타내었다. 병렬로 이루어진 두 개의 컨버터에 흐르는 전류를 센싱하고 이 값들을 평균을 낸 값이 전류제어기의 기준 값이 된다. 전류제어기의 출력은 전압제어기의 출력과 더해져 각 컨버터의 듀티로 출력이 된다.

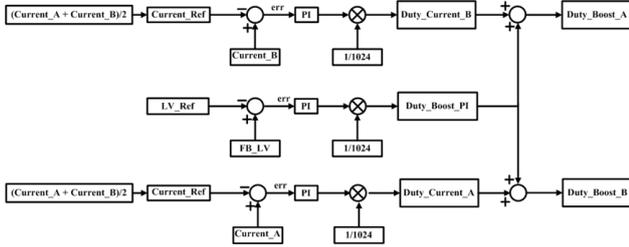


그림 2 부스트 모드 제어기의 구조도

2.2.2 벅 모드 제어

본 논문에서 사용하는 전압 제어기는 부스트 모드와 벅 모드 모두 저전압 측의 전압을 제어하기 때문에 부스트모드 제어기와 벅모드 제어기의 구조는 같으며 벅모드 제어기의 구조도를 그림 3에 나타내었다.

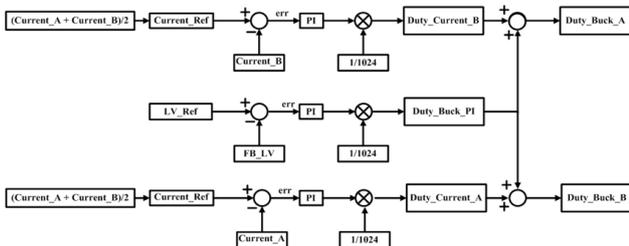


그림 3 벅 모드 제어기의 구조도

2.3 실험 결과

병렬 제어기의 성능을 검증하기 위하여 2.5kW급 양방향 3상 절연형 인터리브드 DC DC 컨버터의 시작품을 제작하여 이를 병렬운전 하였다. 그림 4는 병렬 제어기를 적용하기 전의 부스트 컨버터의 MOSFET 스위치의 듀티와 각 컨버터의 전류를 나타낸다. 전압제어기에 의하여 동일하게 듀티가 출력이 되고 있지만 각 컨버터의 파라미터가 같을 수 없기 때문에 전류 차이가 발생하는 것을 확인할 수 있다. 그림 5는 병렬 제어기를 적용한 후의 부스트 모드에 대한 파형을 나타내며 병렬 제어가 정상적으로 동작하여 컨버터 전류간의 불평형이 보상이 된 것을 확인할 수 있다. 그림 6은 벅 모드에서 병렬제어기를 적용하기 전의 파형을 나타내며 부스트 모드와 마찬가지로 전류의 불평형이 일어난 것을 확인할 수 있다. 그림 7은 벅 모드에서 병렬제어기를 적용하여 전류의 불평형이 보상이 된 것을 확인할 수 있다.

3. 결론

본 논문에서는 3상 양방향 절연형 인터리브드 DC DC 컨버터의 병렬 제어기법에 대하여 서술하였다. 부스트 모드와 벅 모드에서 저전압측의 전압을 제어하는 전압제어기에 각 컨버터의 전류의 차를 보상하는 전류제어기를 도입하여 각 모드에서 전류의 불평형이 보상이 되는 것을 실험을 통해 검증하였다.

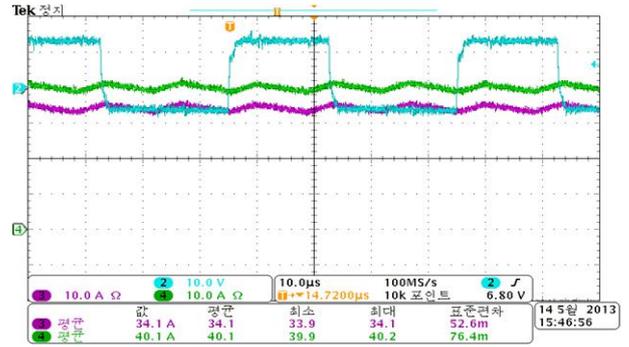


그림 4 병렬제어기 적용 전 부스트 모드 파형

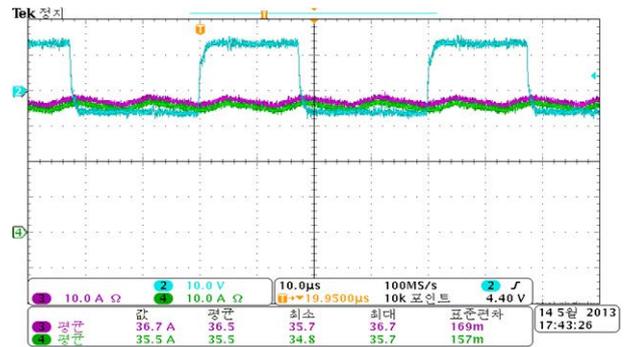


그림 5 병렬제어기 적용 후 부스트 모드 파형

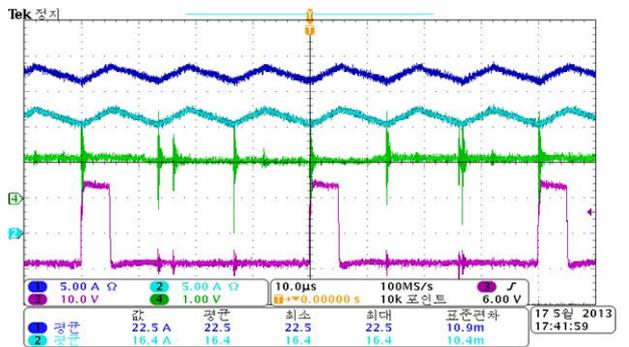


그림 6 병렬제어기 적용 전 벅 모드 파형

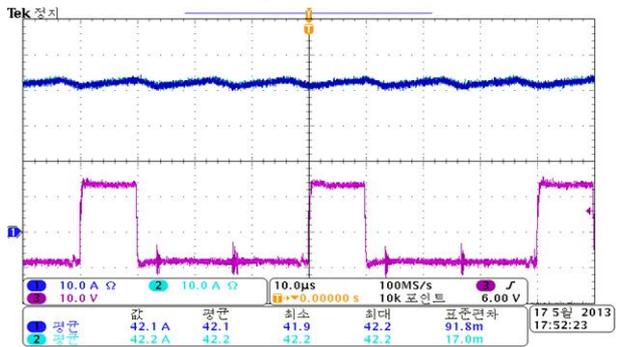


그림 7 병렬제어기 적용 후 벅 모드 파형

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