

전 영역 ZVS가 가능한 양방향 3상 절연형 인터리브드 DC-DC 컨버터의 제어방법

이일용*, 이병하**, 차한주*
 충남대학교 전기공학과*, 국방과학연구소**

Control Method of Bi-Directional ZVS Three-Phase Isolated Interleaved DC-DC Converter

Ilyong Lee*, Byungha Lee**, Hanju Cha*
 Department of Electrical Engineering, Chungnam National University*,
 Agency for Defense Development**

ABSTRACT

본 논문에서는 전 영역 ZVS가 가능한 양방향 3상 절연형 인터리브드 DC DC 컨버터의 제어방법에 대해 서술한다. 3상 절연형 인터리브드 DC DC 컨버터는 모든 스위치가 ZVS 동작을 하여 높은 효율을 갖고 3상 구조를 채택하여 전류경로의 분산을 통한 전력전달 능력의 증대 효과 및 입력전류 리플 크기를 줄여주는 인터리브드 효과를 갖는다. 승압/강압 능력이 있는 부스트/벅 컨버터의 구조는 낮은 권선비의 변압기로 높은 승압/강압 전력변환, 에너지원과 부하 사이에 절연이 가능한 구조이며, 인터리브 동작이 이루어짐에도 불구하고 3상을 각각 제어하지 않고 배터리의 전압전류와 출력전압만을 입력받아 벡 모드와 부스트 모드 모두 전압, 전류제어를 수행함으로써 시스템의 간략화가 가능하였다. 따라서 본 논문에서는 제안된 DC DC컨버터의 제어기를 구성하고 실험을 통해 확인하였다.

1. 서론

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. 광전패널(photoelectric panel)을 제외하면, 연료전지와 배터리를 충전하기 위한 에너지는 거의 전력계통과 같은 교류 전원으로부터 얻는다. 따라서 연료전지나 배터리를 충전하기 위해서는 교류전압을 직류전압으로 정류시킬 필요가 있다. 직류전압의 크기가 변화하여 연료전지나 배터리 전압보다 작아지면 충전이 되지 않으며, 맥동전압이 최대일 때 연료전지나 배터리가 손상될 수 있기 때문에 정류된 직류전압은 맥동(ripple)이 거의 없는 평활한 전압이 되어야한다. 또한, 대용량 에너지 저장시스템과 전기자동차에서는 높은 전압에서 큰 전류의 충 방전이 필요하므로 고에너지 밀도, 고효율의 전력변환장치가 요구된다. 안정성 확보를 위해서는 전력변환장치의 보호회로와 계통과 절연되어야하며 과 충전 및 과 방전은 에너지 저장장치의 수명을 단축시키고 사고를 유발하므로 안전운전영역에서 동작하도록 하는 제어알고리즘이 개발되어야한다. 따라서 이를 해결하기 위해서는 정밀하게 대

전력을 충/방전 할 수 있는 양방향 DC/DC 컨버터 시스템이 필요하다.[1]

2. 3상 인터리브드 DC-DC컨버터

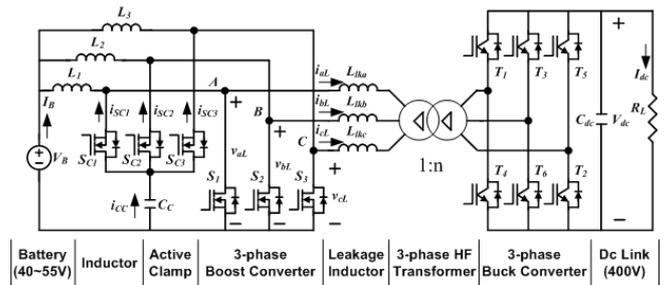


그림 1 3상 인터리브드 DC-DC컨버터

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 누설인덕턴스를 포함한 $\Delta \Delta$ 방식으로 결선된 3상 고주파변압기의 이상적인 등가모형을 포함하고 있다. 또한 컨버터 각 부의 파라미터를 표 1에 나타낸다.

표 1 3상 인터리브드 DC-DC컨버터의 파라미터

Circuit Element	Value
Boost Inductance L1 ~ L3	250 (uH)
Transformer Leakage Inductance Llk	13 (uH)
Transformer Turns Ratio n	3.8 (=N2/N1)
Switching Period TS	40 (us)
Input Voltage Vi	40 ~ 55 (V)
Output Voltage Vo	400 (V)
Output Power Po	3,000 (W)

2.1 부스트모드 제어

3상 인터리브드 DC DC컨버터의 2 가지 동작 모드 중 부스

트 모드는 배터리나 연료전지 등 저압의 전압 원을 고압으로 승압시키는 모드로서 220V 상용전원에 인버터를 연계할 경우 약 400V 이상의 DC Link 전압으로 승압이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 제안된 컨버터의 부스트모드 동작으로서 400V 영역으로의 전압제어와 배터리 전류제어를 수행하게 된다. 그림 2에 본 논문에서 사용된 부스트컨버터 모드 제어기의 블록도를 나타낸다. 부스트모드 제어기는 출력전압 제어를 위해 출력전압의 기준 값을 받아 출력전압과 비교하여 전압 PI제어를 수행하고 PI출력 값을 전류 기준 값으로 하여 배터리 전류와 비교하여 전류 PI제어를 수행하고 배터리 전압을 곱하고 DC Link 전압을 나누어 듀티 비를 산정한다.

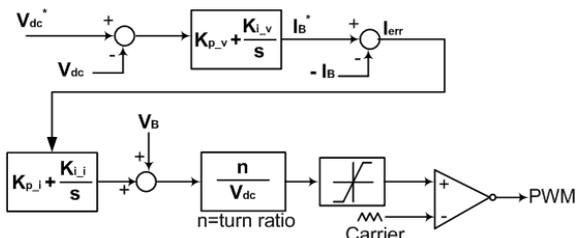


그림 2 부스트 모드 제어기

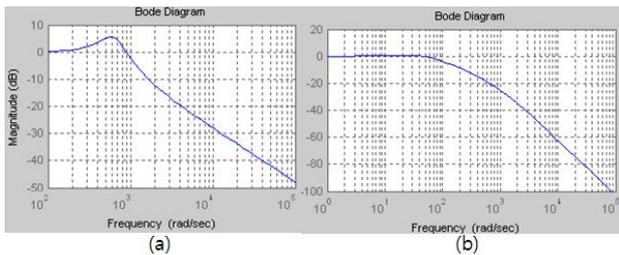


그림 3 제어기의 보드선도 (a) 전류제어기 (b) 전압제어기

그림 3은 앞서 언급한 전류제어기와 전압제어기의 제어 특성에 대한 보드선도를 나타낸다. 그림4에 배터리 LONGEST 12125 (125AH)4개 1조로 결선하여 저압 측을 구성하고 인버터의 DC Link로 전류제어를 수행한 파형을 나타낸다. 전류는 0.1C(12.5A)에서 0.2C(25A)로 스텝입력을 주었을 시 안정적인 지령값을 추종하는 것을 볼 수 있다.

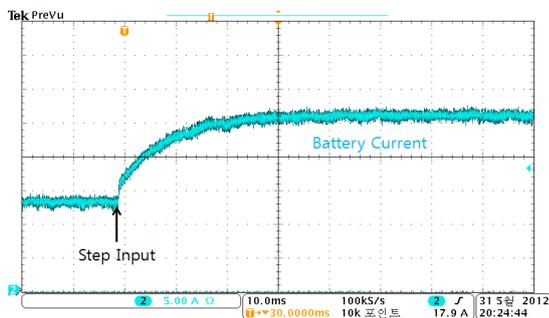


그림 4 전류제어 출력파형

2.2 벽모드 제어

벽 모드는 배터리등의 충전에 활용되는 모드로서 인버터의 DC Link 전압 혹은 높은 DC 전압을 입력받아 낮은 전압으로 강압하는 컨버터로서 본 논문에서는 입력 전원 배터리를 12V 납축전지 (LONGEST 12125 125AH) 4개 1조를 활용하여 약

40~55V의 전압범위를 가지는 벽 컨버터의 제어기를 설계하였다. 벽 모드의 제어는 CC(Constant Current)모드와 CV(Constant Voltage)모드가 안정적으로 변화하며 배터리의 스트레스 부담을 덜기 위해 오버슈트가 없어야 한다. 그림4에 벽 모드 제어기의 블록도를 나타낸다. 벽 모드 제어기는 배터리전압 제어를 위해 배터리전압을 피드백 받아 배터리 전압 기준 값과 비교하여 전압 PI제어를 수행하고 이때 출력되는 전류 기준 값을 제한하여 CC모드로 제어하게 된다. 이 전류기준 값을 다시 전류 PI제어를 수행하여 배터리전압을 곱하고 DC링크 전압을 나누어 PWM신호를 내보내게 된다.

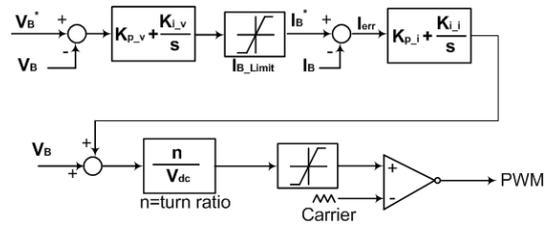


그림 5 벽 모드 제어기

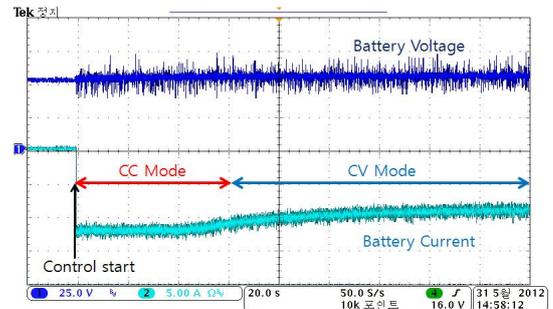


그림 6 벽 모드에서의 전압 전류제어 출력파형

그림 5는 앞서 언급한 벽 모드 제어기의 제어 특성을 보여주는 파형이다. 배터리의 충전조건은 0.1C(12.5A) 55V의 배터리전압으로 초기 CC모드로 배터리를 충전하다 CV모드로 동작하면서 배터리의 전압과 전류제어가 잘 이루어지는 것을 확인할 수 있다.

3. 결론

본 논문에서는 양방향 3상 절연형 인터리브드 DC DC컨버터의 제어기를 구성하였다. 부스트모드에서는 과도응답특성이 우수하며 안정적인 DC Link 전압과 배터리 전류제어가 가능하며 벽 모드에서는 배터리의 보호를 위해 CC모드와 CV모드를 안정적으로 변환되었다. 따라서 각 제어모드의 특성을 실험을 통해 검증하였다.

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