

PWM 공진형 컨버터를 이용한 양방향 충전기

이병권*, 김삼균**, 김석준**, 김종필**, 이준영*
명지대학교 전기공학과* (주)현대엔지니어링**

Bi-directional Charger using PWM Resonant Converter

Byung Kwon Lee*, Sam Gyun Kim**, Seok Joon Kim**, Jong Pil Kim**, Jun Young Lee*
Department of Electrical Engineering, Myongji University*, HYUNDAI NGV Co. Ltd**

ABSTRACT

최근 전 세계적으로 강화되고 있는 환경규제와 고유가 문제에 대응 하기 위해 자동차 산업은 내연기관에서 전기시스템으로 기술적 패러다임이 변하고 있다. 본 논문에서는 인버터와 SRT방식의 양방향 DC/DC컨버터를 이용한 V2G를 위한 새로운 양방향 OBC Topology를 제안한다. 분산전력망 사업 상용화시 적시 적용 가능한 높은 효율의 양방향 OBC Topology를 개발하고 배터리 전력을 입력원으로 분산형 전력공급 장치에서 요구하는 품질을 만족하는 전력 생산을 위한 단상 인버터 제어 기술을 제안한다. 또 한 디지털제어기를 통해 주파수 제어 및 정 전류, 정 전압 제어 기법을 사용하여 양방향 전력전송을 제어하며 역방향 전송시 Voltage doubler형태로 변경하여 역방향 동작을 가능케 하는 방식을 제안한다.

1. 서 론

최근 에너지 고갈과 환경문제로 인하여 에너지를 효율적으로 활용하기 위하여 전기동력 시스템에 대한 관심과 요구가 높아지고 있으며 세계적으로 연비규제 강화 및 전기기기 기반 동력 시스템으로의 전환 과정에서 다양한 종류의 HEV/PHEV가 개발 되고 있으며 향후에는 전기동력을 기반으로 하는 자동차가 주류를 이룰 것으로 예측이 되고 있다. 이 분야의 기술선진을 위한 경쟁도 치열해 질 것으로 예측되어 에너지 소비효율 향상, 환경개선 등 관련기술의 개발 또 한 시급해 질 것으로 예상된다. 전기동력을 사용하는 많은 전력변환장치 중 전기모터와 연결되어있는 대용량 전력변환기와 인버터가 가장 중요한 구동용 전력변환기이고 시스템 내부 효율중 가장 중요한 요소를 차지하고 있다. 특히 V2G(Vehicle to grid) 시스템을 통하여 충전되어 있는 여분의 전기를 다시 전력망을 통해 송전할 수 있는 시스템을 채택하여 자동차가 운행되지 않을 때 전력망을 위한 에너지 저장원으로 사용하는 방법을 사용 전력 분산의 효율 상상을 기대 할 수 있다. 본 논문에서는 V2G를 위한 양방향 OBC 개발을 목적으로 단상입력을 이용 양방향 인버터와 기생성분에대한 영향이 작고 제어가 용이하며 방향에 따른 Buck/Boost동작이 가능한 SRT방식의 양방향 DC/DC 컨버터를 제안한다.

2. 제안된 Topology 분석

양방향 OBC는 양방향 전력흐름을 가지고 있으므로 다이오드 사용이 어려운 구조이다. 특히 인버터 사용의 경우 스위치 바디다이오드로 인한 손실증가와 스위칭 주파수의 저하와 효율 저하의 개선이 중요하다. AC/DC부의 경우 스위치의 Anti parallel 다이오드의 역회복 특성으로 인한 스위칭 손실증대와 스위칭 손실 증가로 인해 고주파 동작이 어려움으로 스위치 구조 및 주파수의 최적화가 필요하다. DC/DC부의 경우 스위치 기생 캐패시턴스 영향 증가로 인한 스위칭 손실증가와 배터리전압이 가변을 위해 Buck과 Boost 동작이 필요하므로 기생성분에 대한 영향이 작고 제어가 용이한 구조를 설계 하여야 한다. 그림 1은 단상 인버터의 회로도와 제어 블록도 이다. AC로부터 인버터가 역률을 유지하며 실시간 제어 및 단상PLL을 통해 역률을 보상 하게 된다. 또한 3상 인버터와 동일하게 동작 할 수 있도록 D Q변환에서 Q성분을 가상으로 생성하여 제어 한다. 단상 PLL을 통한 위상정보로 전류 제어 및 DC전압 제어를 수행 할 수 있다.

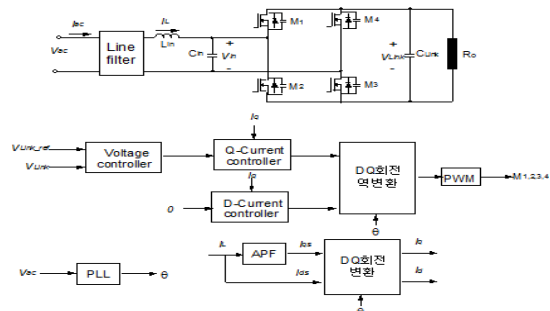


그림 1 인버터 타입 PFC
Fig. 1 Inverter Type PFC

그림 2는 제안된 SRT(Secondary resonant tabk) 컨버터이다. 본 회로의 특성으로는 정방향, 역방향 모든 스위치의 ZVS가 가능하며 자화인덕턴스로 ZVS 동작을 하므로 LLC방식 보다 순환전류가 작다. 또 한 단일전력단으로 양방향 제어가 가능하며 충전 동작시 DC/DC부 단방향 SRT의 고 효율 특성을 유지하며 역방향 시 1차측 구조를 Volatage doubler로 동작시켜 유효 이득을 2배로 증가 단일 전력단으로 역방향 전송이 가능하도록 동작한다. 변압기의 권선비를 배터리 최대 충전전압보다 크게 설계하여 출력전압에 대응 하였다

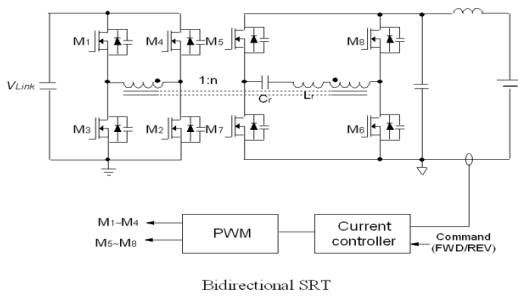


그림 2 SRT PWM 컨버터
Fig. 2 SRT(Secondary resonant tank)PWM converter

3. 실험 및 결과 검토

그림 3과 그림 4는 각각 단상 인버터의 계통전압 AC 220V, 링컨전압 DC 400V의 6.6kW 정방향 및 역방향 실험 파형을 도시한다. A상의 전압과 전류, DC Link 전압을 보면 역플레어와 PLL이 잘 제어 되고 있는 것을 확인 할 수 있다.

그림 5와 그림 6은 각각 입출력 조건이 400V/400V기준의 6.6kW DC/DC 컨버터의 양방향 동작을 각각 나타낸 파형이다. 정방향 동작시에는 기존의 SRT 형식의 실험과 동인 한 파형을 볼 수 있으며 자화전류를 통해 각각 ZVS를 하는것과 역방향 모드 실험시에서는 1차측의 Voltage Doubler 동작을 통해 역전송을 하는 것을 파형을 통해 볼 수 있다.

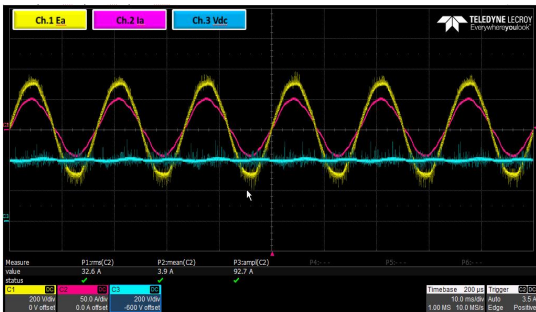


그림 3 정방향 인버터 파형
Fig. 3 Forward Inverter Waveform

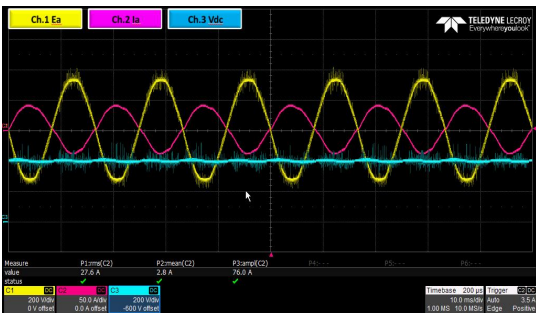


그림 4 역방향 인버터 파형
Fig. 4 Reverse Inverter Waveform

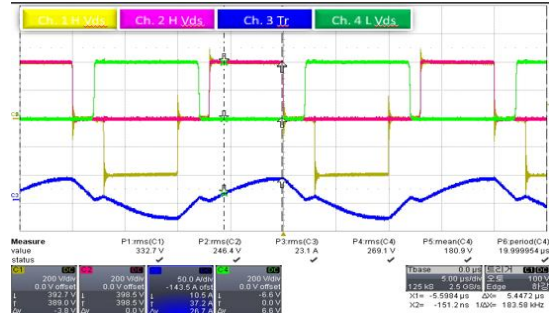


그림 5 DC/DC 정방향 모드 실험 파형
Fig. 5 DC/DC Forward Waveform

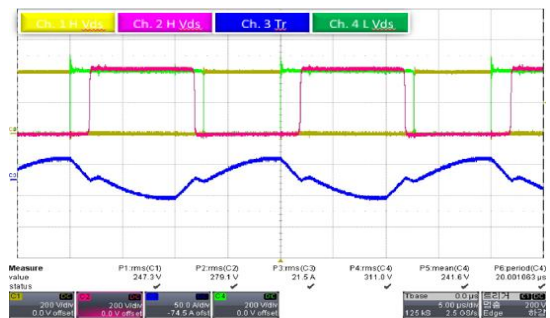


그림 6 DC/DC 역방향 모드 실험 파형
Fig. 6 DC/DC Reverse Waveform

4. 결론

본 논문에서는 계통연계를 통한 단상 인버터와, SRT DC/DC 컨버터의 동작을 확인 해 보았다. 단상 인버터는 스위치 소자의 Reverse recovery 손실을 최소화 하는 소자 채택 후 실험을 진행 하여 손실을 최소화 하였으며 주파수 최적 설정 등을 통해 손실을 최소화 하였다. 단상PLL을 통해 역플어를 보상을 하는 것 과 3상 인버터와 동일하게 동작 할 수 있도록 D Q변환에서 Q성분을 가상으로 생성하여 제어 하였으며 단상 PLL을 통한 위상정보로 전류 제어 및 DC전압제어도 확인 할 수 있다. 또 한 DC/DC 컨버터 에서는 충전 동작 시 기존 SRT의 특성을 이용해 효율을 증대 시켰으며 역방향 동작 시 1차 측 Voltage Doubler을 통해 유효이득을 증대 시켰다. 또한 소자의 내압을 650V 이하로 제한 하였다. 본 논문에 명시 하지 않았지만 디지털 제어를 통해 각 출력의 정전압 및 정전류 제어, 배터리 출력 특성에 따른 출력전압 가변 실험 등을 진행 하여 배터리 환경에 대응 하였다. 향 후 인버터와 DC/DC의 연계 과정에 앞서 각각의 단독 양방향 실험을 통해 기존 충전기 능만 담당하는 충전기에서 계통 연계형 양방향으로 변형하여 V2G 기술 등 의 어플리케이션에 적용 할 수 있음을 확인 하였다.

이 논문은 (주) 현대엔지비(HYUNDAI NGV)의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

참고 문헌

[1] N.G. Hingorani, "Power Electronics in Electric Utilities : Role of Power Electronics in Future Power System", Proceedings of the IEEE, Vol. 76, No. 4, pp. 481-482,