

계통연계인버터와 2단 DC-DC 컨버터로 구성된 전기자동차용 10kW급 충전기

김경태, 정종규, 추경호, 박승희, 서안식, 이슬기, 이준영
명지대학교

10kW Charger consist of Grid-connected inverter and 2-stage DC-DC converter for EV

Kyeong Tae Kim, Jong Kyou Jeong, Kyeong Ho Chu, Seung Hui Park,
An Sik Seo, Seul Gi Lee, Jun Young Lee
MYONGJI UNIVERSITY

ABSTRACT

환경오염의 의한 지구온난화가 세계적 이슈가 되고 있으며 화석연료의 고갈 등으로 기존의 자동차들이 점점 설 자리를 잃어 가는 게 현재 상황이다. 따라서 화석연료 자동차를 대체해야 하는 많은 새로운 형태의 자동차가 제시 되고 있는데 그중에 현재 가장 경쟁력과 경제성을 가진 전기자동차가 대두되고 있는 시점에 이를 충전하기 위한 여러 장치들이 나오고 있다. 그중에 우리는 3상계통 인버터와 고효율 DC DC 컨버터로 구성된 충전기를 소개하고자한다.

1. 서 론

지구온난화로 인해 전 세계적으로 기상변이 빈번하게 발생하고 있는 상황에서 세계 주요국들은 기후변화 협약을 통해 CO2 배출 감축 목표를 설정하고 관련 규제를 강화하고 있다. 따라서 기존 내연기관의 자동차를 대체해야 하는 상황에 직면해 있다. 그중 전기자동차가 현재 가장 경제성을 갖춘 차량으로서 많은 세계기업들은 활발한 연구와 제품을 내놓고 있다. 비록 전기자동차가 최근 수송부문의 환경문제와 화석연료 고갈에 따른 유가상승에 대처하기 위한 유력한 대안으로 제시되고 있으나, 배터리 등 차량에 탑재하는 에너지 저장장치의 성능 및 가격으로 인한 제약에 기인하는 주행거리의 한계를 극복해야 하고 외부에서 차량에 전기에너지를 공급하기 위한 충전인프라 구축 등 해결해야 할 선결 과제가 산재해 있다. 충전기는 크게 두 개의 충전기로 나눌 수 있는데 ON BOARD 충전기와 별치형 급속 충전기로 나눌 수 있다. ON BOARD 충전기는 용량이 적어 충전하는데 많은 시간이 들지만 급속충전기는 고출력으로 30분 이내의 단시간에 충전이 가능하다. 본 논문에서는 급속충전기를 구성하였고 AC단은 3상 양방향 계통연계인버터, DC단은 LLC Half Bridge 공진 컨버터와 하이브리드 스위칭을 이용한 Buck 컨버터를 연계한 2단 구성방식의 양방향 DC DC 컨버터로 구성하였다.

2. 계통연계 충전시스템

2.1 계통연계 전압원 컨버터

그림 1은 전압원 컨버터가 한 쪽은 직류회로에, 다른 한 쪽은 교류회로에 연결되어 있는 일반적인 회로도를 나타낸 것이

다. 이 그림에서 직류 단에는 컨버터의 직류전압을 안정화하는 직류캐패시터 로 구성되어 있고 교류단은 3상 변압기와 3상 리액터로 구성 되어있다. 직류 단에 캐패시터와 교류단에 직렬로 결합된 리액터는 전압원 컨버터가 적절히 동작하는데 필수적인 요소이다.

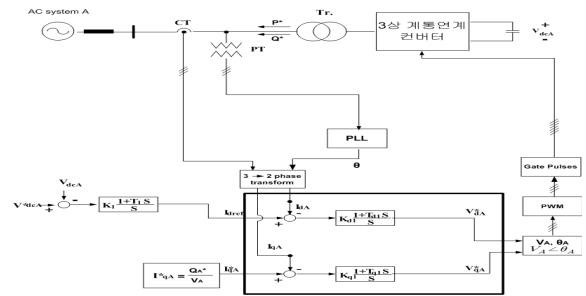


그림 1. 전압원 컨버터의 회로도와 제어 블럭도

충전기에서 3상 전압원 컨버터의 역할은 DC Link 일정전압 제어와 역률 제어이다. 따라서 3상전원에서 제어이므로 d q 변환과 역변환을 사용한다. 또한 3상전압에 동기화되어 제어가 이루어져야 하므로 PLL도 필요로 한다. DC Link 일정전압 제어는 만들고자하는 레퍼런스 와 실측 전압을 비교후 오차를 PI 제어기를 거치게 되어 레퍼런스를 따라가게 제어하였다. 역률 제어는 3상전력을 d q변환 하게되면 유효측과 무효측으로 나눌 수 있고 이를 독립적으로 제어 가능하기 때문에 역률을 제어할수있다. PWM은 THD가 적고 전압이용률이 넓은 SVPWM을 사용하였다.

2.2 2단구성 DC-DC 컨버터

배터리 충전기에 사용되는 DC DC 컨버터는 절연형 고주파 변압기를 통한 고효율 전력변환, 부하에 따르는 안정된 출력전달, 안정된 출력제어 등이 중요한 요소이다. 특히 컨버터의 크기를 줄이기 위해서는 고주파로 동작하는 변압기를 사용하여 전체적인 크기를 줄일 수 있지만 동작주파수가 올라갈수록 스위칭 손실의 증가로 효율이 감소되는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 해결하고 보다 높은 효율을 갖고 안정적인 출력전달을 위해서 첫째, 소프트 스위칭이 가능한 공진형 컨버터중에 LLC 컨버터를 사용하였다. LLC 컨버터는 공진을 이용하여 에

너지를 전달하기 때문에 ZVS와 ZCS동작이 가능하며 부하의 변동에도 동작주파수의 변동이 적기 때문에 고효율을 달성할 수 있는 장점이 있다. 두 번째로 간단한 출력제어, 회로 스트레스 최소, 하이브리드 스위칭을 이용한 Tail current를 방지하는 회로등 이를 만족시키기 위한 하이브리드 스위칭 Buck컨버터를 사용하였다.

그림 2는 2단 구성 DC DC 컨버터를 나타낸것이다.

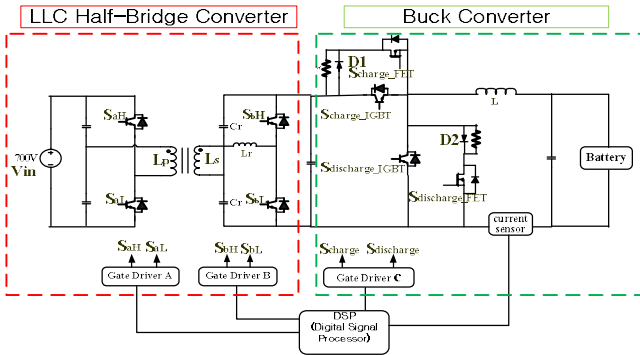


그림 2. LLC + 하이브리드 스위칭 벡 컨버터 회로도

각 부분의 제어는 LLC에서는 입력 700V 출력 490V로 고정되기 때문에 Duty와 주파수의 변동이 없는 고정 시비율로 동작하게 되고, 이에 따라 최적의 회로설계가 가능하며, 제어회로의 구조가 매우 간단해진다. Buck 컨버터에서는 하이브리드 스위칭을 사용하는 이유는 IGBT를 사용할 때 발생하는 Tail current 현상 때문이다. 이 현상은 효율저감 및 스위칭 소자의 전류 스트레스를 증가시킨다. 일반적으로 IGBT는 턴 온 특성과 도통특성이 우수하고, FET의 경우에는 턴 오프 특성이 우수하기 때문에 이를 이용하여 하이브리드 스위칭을 구현하였다.



그림 3. 하이브리드 스위칭 gate pulse

그림 3은 Buck컨버터의 하이브리드 스위칭 게이팅 신호를 나타낸 것이다. FET는 턴 오프만을 담당하기 때문에 2us이내의 짧은 gating을 하도록 설계하였기 때문에 정격의 3~4배 이상의 전류를 도통할 수 있다.

3. 하드웨어 실험결과

8kW급으로 3상 380V 계통전압을 입력으로 실험하였다

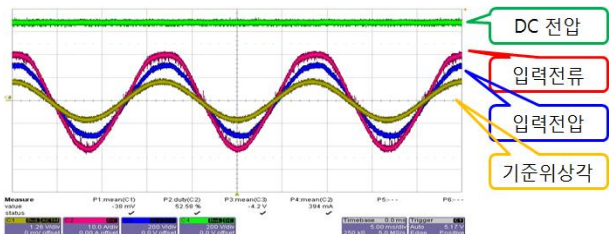


그림 4. 계통연계 인버터 동작파형

그림 4는 계통 A상의 전압과 전류, DC Link 전압을 보여준다. 역률제어와 PLL이 잘되고있는 것을 볼수있다. 또한 DC Link 전압이 잘 제어 되는것을 볼수있다.

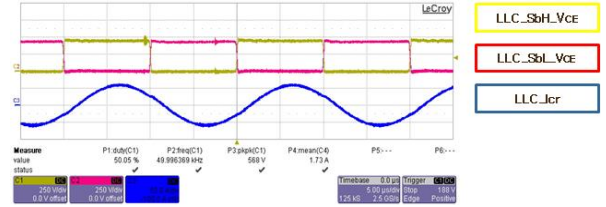


그림 5. LLC 공진컨버터 동작파형과 공진전류

그림 5는 LLC 동작파형으로서 약 50kHz의 스위칭 주파수를 가지고 동작하고 있으며, 스위칭 순간 심한 노이즈와 링잉이 없이 소프트 스위칭하는 것을 확인할 수 있다.

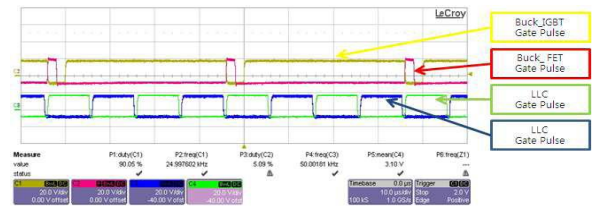


그림 6. 하이브리드 스위칭 gate pulse

그림 6는 하이브리드 스위칭 Buck컨버터의 동작파형으로서 스위치 동작시 IGBT와 FET의 게이팅신호가 잘 동작되는것을 볼 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 계통연계 인버터와 2단DC DC 컨버터로 구성된 양방향 충전기를 제안하였다. 기존의 DC DC 컨버터들이 갖는 공통적인 단점인 스위칭 손실을 개선과 고주파 스위칭을 이용과 공진을 이용한 LLC공진 컨버터를 설계 하여 스위칭의 ZVS동작과 자화소자 사이즈감소를 하였고, 양방향 Buck 컨버터에 사용한 IGBT의 Tail Current 현상을 제거하기 위해 IGBT와 FET를 연계하여 하이브리드 스위칭을 구현하여 스위칭 속도를 올렸다. 양방향 동작이 가능한 컨버터 구조로 계통연계형 배터리 충전기 등의 다양한 어플리케이션에 적용할 수 있음을 실험을 통하여 확인하였다.

이 논문 또는 저서는 2010년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (R1A5A003 2010 0026283)

참고 문헌

[1] Y. Yee, "An ASIC to control the paralleling of an IGBT with a MOSFET IGBT MOSFET pair," 1997.
 [2] Robert L. Steigerwald, " A Comparison of Half Bridge Resonant Converter Topologies" IEEE Trans. on power electronics, vol 3, No2 pp.174 182, 1988.