

LLC 공진형 컨버터를 이용한 무정전전원장치 battery discharger 설계

유광민*, 김승주*, 김경동*, 박승희*, 변용섭**, 임승범**, 이윤하**, 이준영*
 명지대학교 전기공학과* (주)이온**

LLC Resonant Converter design for Uninterruptible Power Supply battery discharger

Kwang Min Yoo*, Seung Joo Kim*, Kyoung Dong Kim*, Seung Hee Park*, Yong Seop Byeon**, Seung Beom Lim**, Yun Ha Lee**, Jun Young Lee*
 Department of Electrical Engineering, Myongji University*, EON Co. Ltd.**,

ABSTRACT

무정전전원장치(UPS: Uninterruptible Power Supply)는 정전 등의 사고가 발생할 때 양질의 전원을 부하에 공급하는 장치이다. 무정전전원장치의 구성은 크게 역률개선회로, 인버터, battery charger, battery discharger부로 크게 4개로 나눌 수 있다. 그 중 정전 등의 사고발생 시 battery에 충전되었던 에너지를 인버터 부로 공급하여야하며 이를 담당하는 부분이 battery discharger부이다. battery의 전압은 비교적 낮은 전압이며 인버터의 입력에 필요한 전압은 비교적 큰 전압이기 때문에 승압형 컨버터가 필요하게 된다. 본 논문에서는 UPS battery discharger용 3KW급 LLC 공진형 컨버터를 설계하고 실험 검증하였다.

1. 서 론

무정전전원장치의 가장 큰 역할은 정전과 같은 사고 발생 시 battery전압을 이용하여 일정시간 동안 부하에 필요한 양질의 전압을 공급하는데 목적이 있다.^[1] 따라서 battery discharger의 역할이 매우 중요하다. 또한 최근 무정전전원장치에서 디지털 제어의 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 디지털 제어의 장점은 1 board화된 제어기로 여러 가지의 장치들을 제어할 수 있어 새로운 장치가 추가될 때 간단한 소스코드만으로도 제어가 가능하다는 점이다.^[2] 디지털 제어를 이용하여 UPS battery discharger용 LLC 공진형 컨버터를 제작하고 이에 대한 타당성을 실험 및 검증하였다.

2. 제안한 UPS Battery Discharger

제안한 단상 UPS는 크게 PFC(Power Factor Correction), 인버터, 배터리 충전기와 방전기로 구성되어진다. 이에 관한 회로 구성도는 그림 1에 나타내었다. 시스템의 정상동작시 PFC와 인버터가 동작을 하여 부하에 에너지를 공급하며 여분의 에너지는 Battery 충전기를 통하여 Battery에 에너지를 저장한다. 다음으로 정전 혹은 사고 발생 시 Battery의 충전된 에너지를 Battery Discharger를 통하여 인버터에 공급하게 되어 부하에 양질의 에너지를 공급하게 된다. 이때 Battery discharger는 빠른 응답 특성을 지녀야 하며 특히 정전 등의 사고 시 빠르게 반응하여 부하에 안정된 에너지를 공급하여야 한다.

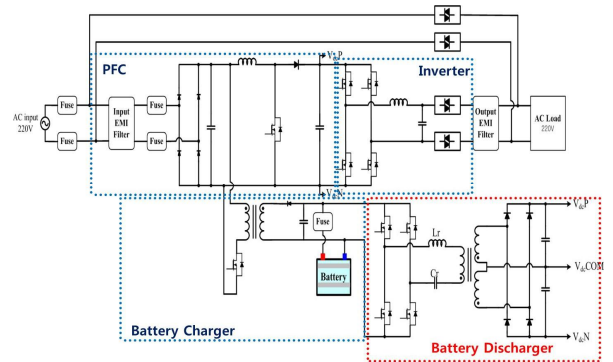
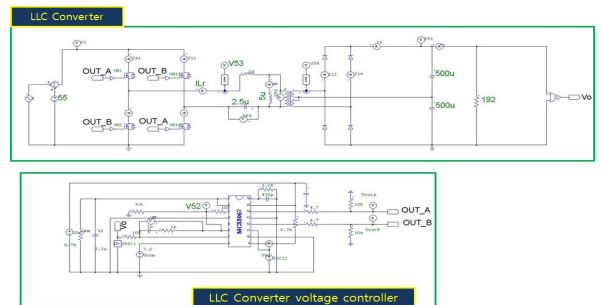
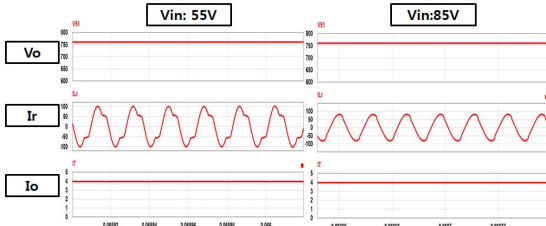


그림 1 제안한 UPS 회로구성도
 Fig. 1 Proposed UPS Circuit

본 논문에서는 UPS battery discharger용 컨버터로 LLC 공진형 컨버터를 제안한다. LLC 공진형 컨버터는 빠른 응답특성을 가지며 효율면에서 유리한 장점이 있다. 그리고 출력에 인덕터가 필요 없으며 스위치와 출력 정류기의 Turn off전압이 입력과 출력 캐패시터에 의해 Clamping이 되므로 EMI에 유리하다. 또한 간단한 주파수 제어 방식으로 Battery의 전압이 변동 될 때 빠른 응답특성으로 인버터의 입력전압인 760V_{dc}를 유지할 수 있다. 그림 2는 Battery 전압가변에 따른 출력 정전압 제어 시물레이션 회로도 및 파형이다. 시물레이션 조건은 입력 55V ~ 85V 출력 760V_{dc} 제어설정을 하였다. 이때 부하는 3KW이다. 입력전압 가변에 따른 출력전압은 760V_{dc}로 정전압 제어를 하고 있음을 알 수 있으며 출력전류 또한 일정한 부하를 담당하는 것을 확인 할 수 있다.



a) 시물레이션 회로도



b) 시뮬레이션 각 부 파형(Vin: 55V, 85V, Vo: 760V @ 3KW)
 그림 2 제안한 UPS battery Discharger 시뮬레이션
 Fig. 2 Simulation for proposed UPS battery Discharger

스위칭 주파수(F_s) 제어 범위는 50KHz~300KHz이며 공진주파수(F_R)는 70KHz이다. 이에 관한 게인 그래프는 그림3에 나타내었으며 입출력에 관한 게인 식은 식(1), 식(2)에 나타내었다. 부하에 따른 LLC 컨버터의 공진주파수 범위는 변압기의 자화 인덕턴스 L_M 과 누설인덕턴스 L_R 의 비인 K값과 부하와 공진회로의 임피던스 비와 관계있는 Q(Quality factor)에 의해 좌우된다. n 은 트랜스포머의 턴비, R_{ac} 는 부하저항의 ac모델, R_o 는 부하저항, F_R 은 LLC 공진형 컨버터의 공진주파수이다. 하드웨어의 시정수인 n , F_R , L_M , R_o , L_R 의 시정수 값은 전원장치 제작시 초기설정 고유의 값으로 정해지며 게인을 조정하기 위한 변수는 스위칭 주파수(F_s)이다. 따라서 원하는 출력전압을 제어하기 위해서는 LLC 공진형 컨버터의 스위칭주파수를 가변시켜야 한다.

$$G_{DC} = \frac{V_o}{V_s} = \frac{1}{n \sqrt{\left\{ 1 + \frac{1}{K} \left[1 - \left(\frac{F_R}{F_s} \right)^2 \right]^2 \right\} + \left\{ \left(\frac{F_s}{F_R} - \frac{F_R}{F_s} \right) Q \right\}^2}} \quad (1)$$

$$F_R = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_R C_R}} \quad R_{ac} = \frac{8n^2}{\pi} R_o \quad Q = \frac{1}{R_{ac}} \sqrt{\frac{L_R}{C_R}} \quad K = \frac{L_M}{L_R} \quad (2)$$

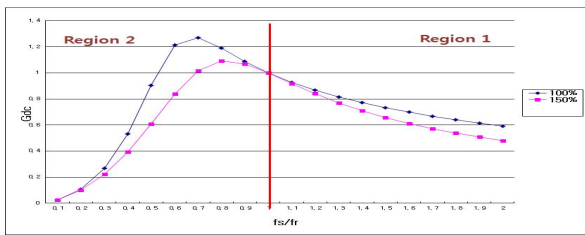


그림 3 제안한 LLC 컨버터 입출력 특성
 Fig. 3 Input/output characteristics of LLC converter

3. 실험 결과

표 1 UPS battery discharger LLC 컨버터 주요소자
 Table 1 Key devices of UPS battery discharger

UPS Battery Discharger	
Vin	55~85V _{dc}
Po	760V _{dc} /3.94A (3KW)
LLC switching frequency	50KHz~300KHz
LLC resonant frequency	70KHz
MCU(dspIC)	TMS320F28335

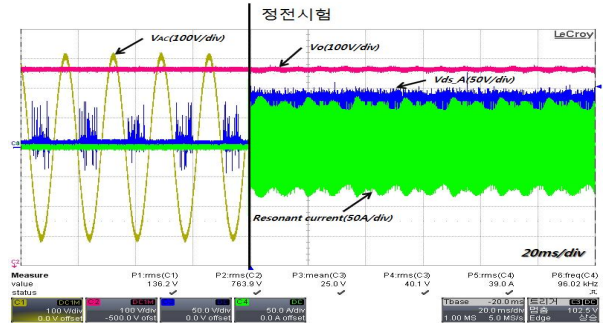


그림 4 정전 테스트 실험 파형
 Fig. 4 Experimental Results of Black-Out test

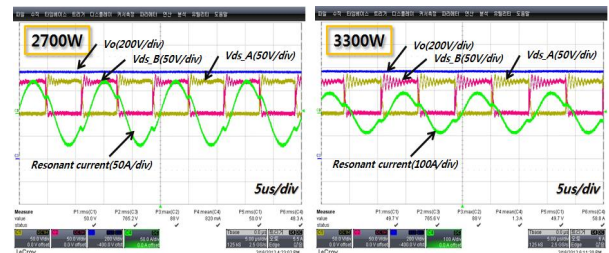


그림 5 UPS battery Discharger 각 부 파형
 Fig. 5 Waveform of UPS battery Discharger

그림 4는 정전테스트를 실험한 파형이다. 정전시 Battery discharger가 빠르게 동작하여 부하에 안정적인 에너지를 공급하는 것을 확인할 수 있으며 그림 5는 부하별 battery discharger의 각 부 파형을 나타내었다.

4. 결론

본 논문에서는 UPS battery discharger용 3KW급 LLC 공진형 컨버터를 설계하고 실험 검증하였다. 효율은 50%부하에서 최대효율 96.5%이다. 정전시의 빠른 응답특성으로 안정적인 에너지를 공급함을 확인함으로써 UPS battery discharger로서의 유용성을 확인 하였다.

이 논문은 (주)이온의 연구비 지원에 의하여 수행된 연구임

본 연구는 2011년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20114010203030)

참고 문헌

[1] D. U. Kim, H. J. Shin, S. P. Ryu, B. G. Min., "DSP를 이용한 무정전전원장치 개발", 전력전자학회, 전력전자학회 2001년 학술대회논문집 2001.7, page(s): 292 295

[2] Seung Beom Lim, Yun Ha Lee, Jun Keun Ji, Soon Chan Hong. "염가형 고성능 단상 UPS개발", 전력전자학회, 전력전자학회 2011년도 추계학술대회 논문집 2011.11, page(s): 199 200