

LCC 컨버터 기반의 제논 플래시 램프 구동장치를 위한 시머회로 설계

송승호, 조찬기, 박수미, 박현일, 배정수¹, 장성록², 류홍제
중앙대학교, ¹ 과학기술연합대학원, ² 한국전기연구원

Design of a Simmer Circuit for Xenon Flash Lamp Driver Based on a LCC Converter

Seung Ho Song, Chan Gi Cho, Su Mi Park, Hyun Il Park,
Jung - Su Bae¹, Sung-Roc Jang², Hong-Je Ryoo
Chung-Ang University, ¹ University of Science & Technology, ² KERI

ABSTRACT

This paper describes the design and implementation of a 2.5kW (500V, 5A) simmer circuit that maintains the ionization of xenon gas inside the lamp. The design is based on a LCC resonant converter in continuous conduction mode (CCM) with above resonant frequency to take advantage of high power density from using parasitic elements such as the leakage inductance in a power transformer. In addition, since the converter has current source output characteristics, it is suitable for maintaining ionization of the lamp having the negative resistance load characteristic. To verify this converter design, PSpice modeling was performed. Finally, the developed simmer circuit is verified by a resistive load of rated performance and the Ionization maintenance operation of the xenon flash lamp.

1. 서 론

공진주파수 이상의 영역에서 구동되는 LLC 공진형 컨버터는 무손실 스너버를 이용한 소프트 스위칭 동작으로 고주파 스위칭이 가능하여 내부 소자 및 필터를 소형화 시킬 수 있어 높은 전력밀도를 달성할 수 있으며, 효율이 높은 장점이 있다. 특히, 전류원 특성으로 인해 고효율 커패시터 충전기 및 고압 DC전원장치에 널리 사용되고 있다.^[1]

본 논문에서는 LLC 공진형 컨버터를 사용하여 인쇄전자의 광소결 시스템에 사용되는 제논 플래시 램프가 고압 펄스에 의해 점등 된 후 효율을 증가 시키면서 점등을 유지하기 위한 시머 회로의 설계에 대해 다룬다.^[2] 이를 위해, 시머 회로는 2.5 kW(500 V, 5 A) 사양으로 설계 되었으며, Si C소자를 이용한 고주파 스위칭 동작으로 출력 리플의 저감 및 변압기 컴포넌트의 기생 성분 사용을 통해 출력 밀도를 향상 시켰다. 설계된 시머 회로는 정격용량의 저항 부하 및 제논 플래시 램프 점등 유지 동작실험을 통해 검증하였다.

2. LCC 컨버터 설계

2.1 LCC 컨버터 회로 구성

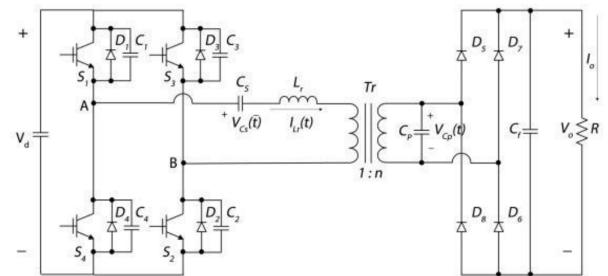


그림 1 설계된 LCC 공진형 컨버터 회로
Fig. 1 Designed LCC resonant converter circuit

그림 1.은 설계된 LCC 컨버터의 회로를 나타낸다. 단상 220V 정류기를 통하여 입력전원이 공급되며, 연속 도전모드로 동작하는 풀브리지 직렬 부하 공진형 컨버터를 기반으로 LCC 공진형 컨버터를 구성하였다.

2.2 LCC 컨버터 시뮬레이션

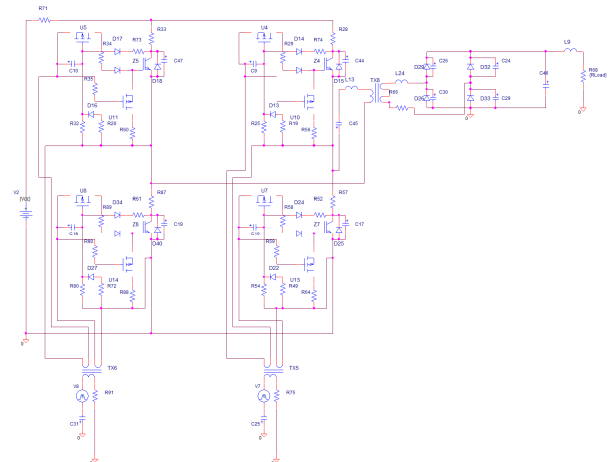


그림 2 설계된 컨버터의 PSpice 시뮬레이션 모델
Fig. 2 Simulation model of designed converter

그림 2는 설계된 LCC 공진형 컨버터의 PSpice 시뮬레이션 모델이며, 정격출력(500V, 5A)상태의 시뮬레이션 결과는 그림3에 나타내었으며, 이때의 스위칭 주파수는 135 kHz, 공진전류의 실효치는 12.4 A로 측정되었다.

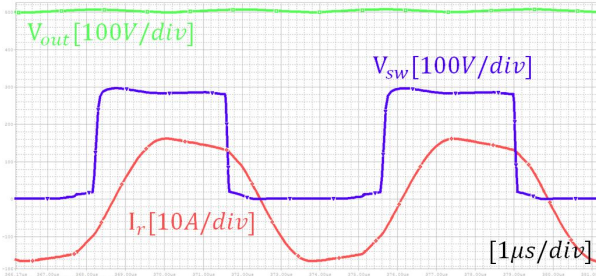


그림 3 정격구동 시뮬레이션 파형
Fig. 3 Simulation waveforms at rated operation

2.3 LCC 공진형 컨버터 파라미터

LCC 공진형 컨버터의 설계 변수는 기본설계 후 PSpice 시뮬레이션과 실험을 통하여 보완 및 수정 되었으며, 정격조건인 전압과 전류를 발생시키기 위해 설계된 LCC 공진형 컨버터의 설계 변수를 표1에 정리 하였다.

3. 실험 결과

시머 회로의 실험은 정격조건인 저항부하 조건에서 스위칭 주파수를 변경하며 수행하였다. 그림 4는 정격조건인 저항부하를 이용한 실험 파형을 보여준다. 이때의 스위칭 주파수는 133 kHz 이며, 공진전류의 실효치는 11.2 A로 측정되었다. 그림 5는 제논 플래시 램프 점등장치와 함께 램프의 점등유지동작 실험을 수행한 파형이다. 고압 펄스로 인해 램프가 이온화 되며 낮은 전류와 전압(195 V, 1 A)으로 점등유지 동작하는 것을 확인할 수 있다. 이를 통해 전류원 특성을 갖는 LCC 공진형 컨버터 기반의 시머 회로의 효과적인 동작을 실험적으로 확인되었다.

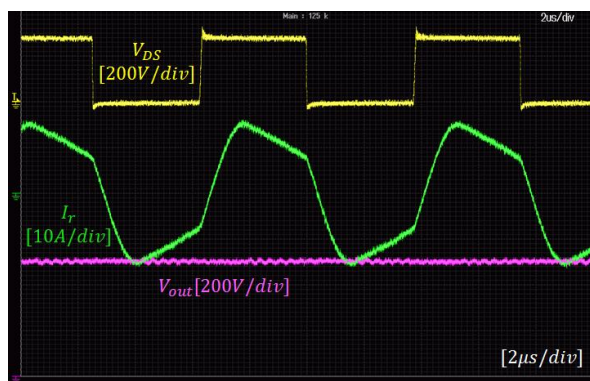


그림 4 100Ω 저항부하 정격구동(500V, 2.5kW) 실험파형
Fig. 4 Experiment waveforms at rated operation(500V, 2.5kW) with 100Ω resistor

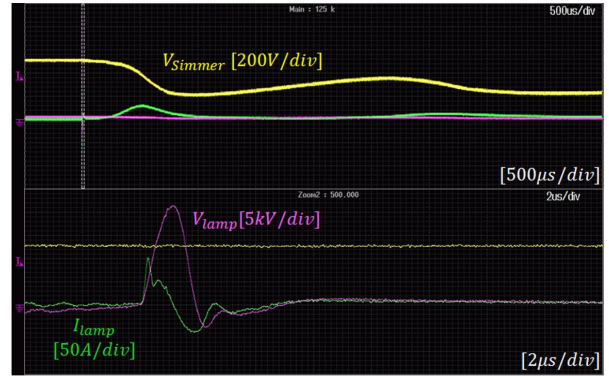


그림 5 제논 램프부하 점등 및 점등유지동작 실험파형
Fig. 5 Experiment waveforms at ignition and simmer operation with Xenon flash lamp

표 1 설계된 LCC 공진형 컨버터 회로 파라미터
Table 1 parameters of designed LCC converter

V_{in}	311V±10%	P_{rated}	2.5 kW
V_{out}	~500 V	I_{out}	~5 A
f_{sw}	130~720kHz	$N_1 : N_2$	18 : 24
L_r	33 μH	C_s	1 μF
C_p	10 nF	C_{sn}	1 nF

4. 결론

본 논문은 제논 플래시 램프의 점등유지동작을 수행하기 위한 LCC컨버터 기반의 시머 회로의 설계 및 실험을 수행하였다. 요구되는 사양에 따라 LCC 공진형 컨버터 기반의 파워스플라이가 설계 되었으며, Si C소자의 사용을 통한 높은 스위칭 주파수의 사용으로 스너버 커패시터의 크기를 줄였고 별도의 인덕터를 사용하지 않고 변압기의 기생성분으로 공진탱크를 구현하여 전력밀도를 증가 시켰다. 설계된 컨버터는 램프의 초기 점등을 위한 트리거 회로와 함께 제논 플래시 램프 구동장치를 구성하여 수행한 램프 점등실험을 통해 효과를 검증하였다.

이 논문은 2017년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF 2017R1A2B3004855)

참고 문헌

- [1] S.H. Ann, "The Design and Applications of LCC Resonant Converter", The Transactions of the Korean Institute of Power Electronic, Vol. 20, No. 6, pp. 566-572, 2015, December.
- [2] Arya, R, "Effects of simmer current on flashlamp impedance and their combined influence on the output of a quasi CW Nd: YAG laser.", IEEE journal of quantum electronics, Vol. 36, No. 7, pp. 872-878, 2000, July.