

광소결용 제논 램프 구동을 위한 파워 서플라이 시스템

조찬기¹, 송승호¹, 박수미¹, 박현일¹, 배정수², 장성록², 류홍제¹
 중앙대학교¹, 한국전기연구원²

The Power Supply System for Xenon Lamp Light Sintering

Chan Gi Cho¹, Seung Ho Song¹, Su Mi Park¹, Hyeon Il Park¹, Jung Soo Bae²,
 Sung Roc Jang², Hong Je Ryoo¹
 Chung-Ang University¹, Korea Electrotechnology Research Institute²

ABSTRACT

This paper presents the power supply system which is made of three units: the capacitor charging and main pulse unit, simmer power supply unit, and series trigger unit. The capacitor charging and main pulse unit charges the capacitor bank by using the series parallel resonant converter and the generated main pulses apply to the lamp. The series trigger unit ionize the xenon gas located in the lamp and the simmer power supply unit sustains the ionized condition. It means that the lamp lifetime and efficiency are advanced by reducing the number of triggering. Not only the operation of the proposed system but also the performance of each unit will be verified by the experimental results.

1. 서 론

제논 램프는 가스 방전 램프의 한 종류로 레이저 및 인쇄 전자 산업 등에서 사용되고 있으며, 순간적인 에너지 방출을 통해 기판 위의 전도성 잉크 재료를 고착시키는데 용이하다. 제논 램프로 광소결을 구현하기 위해서는 우선 제논 이온들을 이온화 시킬 수 있는 트리거 회로가 필요하고, 이 이온화 된 램프의 상태를 유지해주는 지머(Simmer) 파워 서플라이가 추가적으로 사용되기도 한다. 그리고 충전된 커패시터를 순간적으로 방전시켜 소결용 빛을 만들어내는 펄스 방전부가 필요하다.

본 논문에서는 앞서 언급한 트리거, 지머, 그리고 펄스 방전부로 구성되는 광소결 제논 램프 구동용 파워 서플라이들의 특징 및 성능을 설명하고, 램프 내부를 이온화시키는 트리거의 높은 점화전압을 추가적인 블로킹 다이오드 없이 극복할 수 있도록 직렬연결 트리거와 병렬연결 지머로 구성되는 파워 서플라이 시스템을 제안한다.

2. 본 론

2.1 회로 구성

그림 1은 제논 램프 구동을 위한 파워 서플라이 시스템의 전체 회로도이다. 직·병렬 공진 컨버터, 부스트 컨버터, 그리고 각 컨버터들을 하나의 시스템으로 구동하기 위한 추가적인 다

이오드와 커패시터들이 나타나있다.

2.2 직렬 트리거 구동부

트리거에서 제논 램프를 이온화시키는 고전압을 ‘점화전압 (Ignition Voltage)’이라 하고, 사용하는 램프에 따라 이온화에 필요한 점화전압이 다르다. 제안하는 시스템은 약 20 kV의 점화전압을 목표로, 그림 2와 같이 부스트 컨버터를 전압원으로 변압기를 이용해 고전압 출력을 달성한다.

트리거는 직렬 혹은 병렬로 램프에 연결하는데, 트리거를 램프와 병렬로 연결하게 되면 점화 시 발생하는 고전압이 램프 외에 지머와 펄스 방전부에도 인가되기 때문에, 스위치나 블로킹 다이오드와 같은 절연 방법들이 고려되어야 한다. 이와 반대로, 제안하는 회로는 트리거를 직렬 연결해 부수적인 절연 소자들이 필요치 않다. 이온화 전의 램프는 개방회로와 같이 높은 임피던스를 갖고 있어 직렬 회로에서는 생성된 점화전압이 대부분 램프에 인가되기 때문이다. 하지만, 소결을 위한 메인 펄스 전류가 변압기 2차 측에 직접 흐르므로 변압기의 크기는 병렬 연결한 트리거 보다 증가한다.

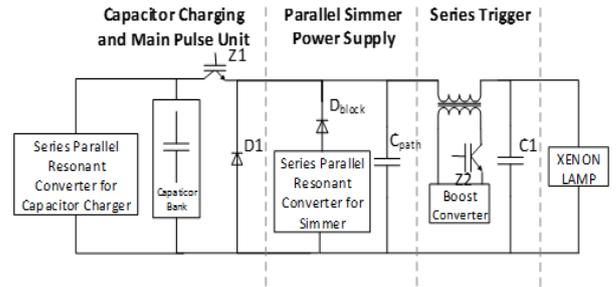


그림 1 제안하는 파워 서플라이 시스템의 전체 회로도
 Fig. 1 The entire schematic of the suggested power supply system

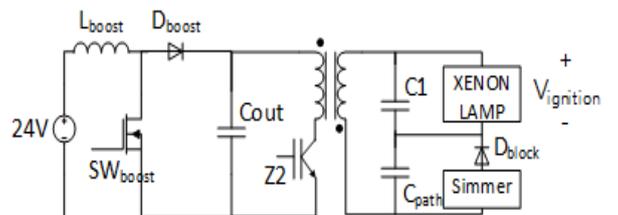


그림 2 상세한 직렬 트리거 회로도
 Fig. 2 The detailed series trigger circuit

2.3 지머(Simmer) 구동부

지머 파워 서플라이의 출력이 램프에 공급되는 동안에는, 한번의 점화전압만으로 이온화 된 램프의 상태를 유지할 수 있어 램프의 수명과 효율 향상에 도움을 준다.[1] 또한, 램프의 임피던스 변화에 따라 500 V, 5 A 정격인 풀브리지 직·병렬 공진 컨버터가 출력전압과 전류를 능동적으로 제어하여 램프의 이온화 상태를 유지한다.

제논 램프 구동을 위한 파워 서플라이 시스템을 구성함에 있어, 메인 펄스로부터 지머의 출력단을 보호하는 블로킹 다이오드(D_{block})와 트리거의 점화전압이 야기하는 전류가 흐를 수 있도록 추가적인 커패시터(C_{path})가 필요하다.

2.4 펄스 방전부

대용량 커패시터의 에너지가 스위치 Z1을 통해 1500 V, 1200 A 출력이 20 ms의 폭으로 1 Hz의 속도를 갖거나 1 ms의 폭으로 20 Hz의 속도를 갖는 펄스 형태로 램프 양단에 인가되어 소결을 위한 빛이 생성된다. 이 때 스위치 OFF 시 스위치 양단에 피크 전압이 발생하게 되는데, 제한한 시스템에서는 RCD 스너버 회로로 일반적인 스너버의 목적인 스위칭 에너지 감소를 위함이 아니라 전압 피크치를 줄였다. 스너버 커패시터의 값이 클수록 전압 피크치는 더욱 낮출 수 있지만, 스위치 ON 시 스너버 저항을 통해 방전하는 에너지가 증가하기 때문에 목표로 하는 스위치 양단전압과 방전 저항의 크기 관계를 고려해야한다. 방전 에너지는 아래의 식으로 계산된다.

$$P_{Rsn} = \left(\frac{CV^2}{2} \times f_{puls} \right) \times \frac{1}{3} \quad (1)$$

생성하는 펄스의 주파수(f_{puls})에 따라 스너버 저항에서 소비하는 에너지가 달라지며 약 3초에 한번씩 1 Hz나 20 Hz의 속도로 펄스를 생성하기 때문에 식 (1)에 반영하였다.

3. 실험 결과

시스템의 정상적 구동을 확인하기 위해서는 트리거와 지머의 출력이 어떻게 동작하는지와, 메인 펄스 방전 시에 각 파워 서플라이들의 출력이 설계한 목표치대로 동작하는지를 확인해야한다.

첫 번째로 그림 3은 트리거와 지머의 출력 특성 결과를 나타낸다. 램프 이온화 전에는 지머 출력 전압이 500 V로 유지되지만, 트리거의 점화전압 인가 후에는 약 1 us의 짧은 시간에 60 A의 피크 전류가 램프를 이온화시키고 임피던스를 낮춘다. 램프가 이온화되는 과정에서 지머 출력 전압과 전류가 잠시 상승하는데 트리거가 실패하면 출력전압이 다시 500 V로 돌아가게 되고, 반대로 트리거가 성공하면 출력 전압이 200 V로 유지된다. 따라서 200 V 출력전압으로부터 트리거를 이용한 램프의 이온화 여부와 지머의 출력으로 램프 내 이온화 상태가 유지되는지를 확인할 수 있다.

두 번째로 메인 펄스 방전에 따른 파워 서플라이들의 특성을 나타내는 실험 결과는 그림 4와 같다. 메인 펄스 인가 전, 200 V의 지머 전압으로 이온화된 램프의 내부가 유지되고 있으며, 이 후 1000 V 10 ms의 고전압 펄스가 광소결을 위해 인가되었다. 1000 V가 인가되는 동안에는, 지머 파워 서플라이의 전압 제어로 지머의 출력전압이 500 V까지 상승하지만, 10 ms의 메인 펄스 인가시간이 지나면 다시 200 V 출력으로 조절되어 램프의 이온화 상태를 유지한다.

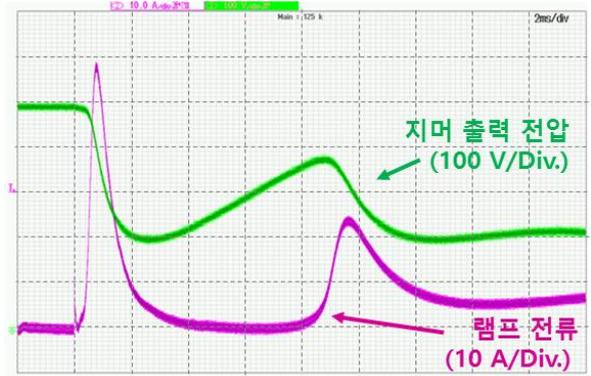


그림 3 트리거 점화 된 램프 파형
Fig. 3 Experimental waveform of the lamp which ignited by the trigger

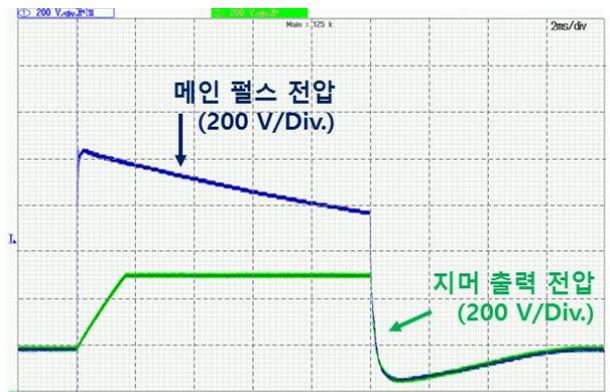


그림 4 메인 펄스가 인가 시 램프 양단 전압
Fig. 4 Experimental waveform of the main pulse applied lamp voltage

4. 결론

제안하는 광소결용 제논 램프 구동을 위한 파워 서플라이 시스템은 트리거, 지머, 그리고 메인 펄스 부로 구성된다. 출력 용량이 다양한 컨버터들로 시스템이 이루어졌기 때문에, 컨버터의 설계만이 아니라 절연과 같은 각 파워 서플라이들의 출력 관계도 고려해야 한다. 따라서 이 논문에서는 사용한 파워 서플라이들의 성능과 시스템 회로 구성을 위한 요구사항들을 확인하였고, 직렬 트리거와 병렬 지머로 구성된 시스템을 통해 절연 및 각 파워 서플라이들의 성능과 제논 램프의 동작을 검증하였다.

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

참고 문헌

- [1] F.Almabouada and D.Louhibi, "A Simmer Circuit for Flash lamp Pumping of Solid state Lasers", in Proc. IEEE PPC, 2013, June.