

# 다출력 구조의 풀 브릿지 컨버터

조정민\*, 류명효\*\*, 김종현\*\*, 백주원\*\*, 김흥근\*  
\* 경북대학교 전기전자컴퓨터공학부, \*\* 한국전기연구원 재료응용연구단

## Full Bridge Converter with Multiple Output

J. M. Cho\*, M. H. Ryu\*\*, J. H. Kim\*\*, J. W. Baek\*\*, H. G. Kim\*  
\* Kyungpook National Univ., \*\* Integrated power supply research group, KERI

### ABSTRACT

In this paper, an improved full bridge inverter is presented to get multiple output for UV lamp and barrier discharge. It has a structure of two equivalent half bridge inverters and one full bridge inverter. The outputs of the proposed circuit can be controlled using frequency and PWM independently. To verify the proposed circuit, theoretical analysis and experimental results has been done using a prototype power supply.

### 1. 서 론

다양한 산업 설비와 공해물질 배출 설비들로 인해 미세먼지, 휘발성 유기물질, 화석연료의 연소시 발생하는 NOx, SOx를 비롯한 다양한 과정에서 발생하는 악취 등이 나날이 증가하는 추세이다. 이러한 오염물질의 제거를 위한 청정설비 역시 많은 건물에서 설치 운용되고 있다. 여러 가지의 청정설비에서 대표적인 것 중의 하나는 광촉매의 활성화와 오존에 의해 유해 악취를 분해하는 공조 설비가 있다

광화학적 산화장치는 주로 대용량 설비에 이용되어 왔으며 연속적인 처리능력을 높이고 고농도에 대한 처리를 위해서는 종래의 자외선에 의한 촉매처리로는 한계가 있다. UV 램프를 이용하고 광화학적 산화장치의 성능 효율을 높이기 위해 오존발생을 위한 고압방전을 같이 도입하여 산화장치를 새로이 구성하는 것이 시도되고 있으며 이를 위한 전원장치 역시 필요하다. UV 램프는 산화반응을 위해 중요한 장치로 사용되며 이를 점등하기 위한 안정기는 일반적인 하프 브릿지 형태의 컨버터로 구성한다. 고압 인버터는 오존발생을 위해 연면방전을 유기하는 고압 교류전압 또는 기중방전을 유기하는 고압 직류전압 발생을 위해 필요하다.

일반적인 방식으로는 UV 램프 구동을 위한 안정기와 고압 인버터를 따로 구성하여 사용하는 것이 가능하다.<sup>[1]</sup> 그러나 이러한 방식은 부품수의 증가와 회로의 복잡도가 증가하여 신뢰성 역시 저하되는 단점이 있다. 그러므로 부가적인 인버터에 의한 회로와 소자의 수를 최소화시킬 기술이 필요하다.

본 논문에서는 광촉매를 활성화하기 위한 인버터로서 UV 램프를 점등하기 위한 안정기와 오존발생을 위한 고압 전원을 구성하는 데에 하나의 인버터로 구성하여 두 가지 종류의 출력 전원을 구성함으로써 장치를 단순화하고 신뢰성을 향상시키며 보

다 소형화된 구조의 전원을 제안한다.

고안한 방식은 광촉매 활성화용 UV램프의 안정기와 오존발생을 위한 고압 직류 또는 교류전원을 하나의 인버터에서 동시에 얻으며 각 출력은 주파수와 펄스폭제어에 의해 독립적으로 가능하므로 부가적인 제어소자와 전력소자가 최소화되며 장치가 간단해지고 저가인 장점이 있다.

### 2. 회로의 구성과 동작원리

#### 2.1 회로구성

그림 11의 전력회로는 직류전압과 풀 브릿지의 인버터 그리고 인덕터와 램프로 구성된 출력과 또 다른 공진회로와 고주파 변압기로 구성된 출력이 있다.

안정기 인버터는 하프 브릿지 회로 구조이며 주파수 제어를 통해 출력제어가 가능하다. 고압 인버터는 상기 하프 브릿지 인버터의 스위치들을 포함하여 추가된 한 쌍의 스위치를 이용하여 풀 브릿지 회로를 구성한다. 풀 브릿지 회로는 스위치 쌍들의 위상제어를 통해 펄스폭 제어를 하며 이를 통해 독자적으로 고압 출력을 제어한다. 기존 안정기회로와 제어기에 한 쌍의 스위치 그리고 지연 회로만을 추가하여 간단히 독립적인 고압용 인버터를 구성한다.

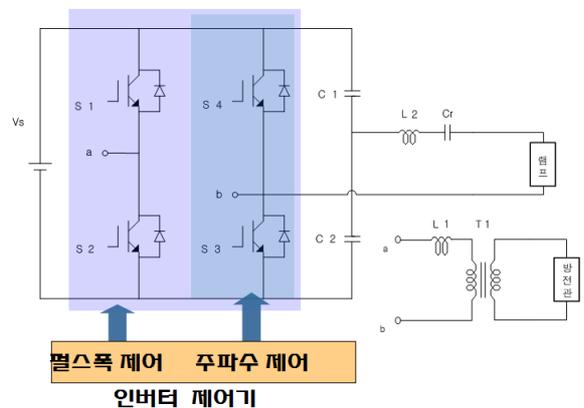


그림 1 제안하는 회로  
Fig. 1 the proposed circuit

#### 2.2 동작원리

그림 2에서는 회로의 등가적인 동작모드를 나타내었다. 동작모드는 모두 6개로 나누었으며 이후의 모드는 대칭적으로 반복

된다. 모드 1은 스위치 S1과 S3가 켜져 있는 상태이다. C1과 C2에 전압은 입력전압의 절반이 충전되어 있다. 스위치 S1이 턴 온 되어 있으므로 램프에는 C1의 전압 즉,  $V_s/2$ 가 인가된다. 그리고 고압부하로는 변압기 일차로 환산하여 고려할 때 S1과 S3가 켜져 있으므로 입력전압  $V_s$ 가 인가된다. 모드 2에서는 스위치 S1이 턴 오프한다. 그러므로 램프와 고압 부하로 흐르는 전류에 의해 스위치 S2의 역병렬 다이오드가 턴 온한다. 따라서 스위치 S2는 영전압인 상태에서 턴 온이 가능해진다. 데드타임이 후에 S2는 턴온하게 된다.

모드 3는 스위치 S2가 턴 온한 상태이며 고압 부하는 스위치 S2와 S3가 켜지므로 인가되는 전압이 영인 상태이다. 램프는 S2가 턴 온되어 있으므로 C2에 충전된 전압  $V_s/2$ 가 인가된다. 그러므로 램프측으로 보면 정역의  $V_s/2$  전압이 교류로 인가되게 된다.

모드 4는 스위치 S3가 턴 오프하는 상태이다. 고압부하로 흐르는 전류가 화살표와 같이 정방향이면 스위치 S4의 역병렬 다이오드를 역시 턴 온 시킨다. 다이오드의 턴 온으로 스위치 S4의 영전압 스위칭이 가능해진다. 램프는 계속 C2의 전압이 인가된다.

모드 5는 S4의 역병렬 다이오드의 턴 온 상태에서 스위치가 영전압 턴 온을 하는 구간이다.

모드 6은 S2와 S4의 턴 온으로 인해  $V_s$  전압이 역으로 고압 부하에 인가되는 것을 나타낸다. 따라서 스위칭 주파수의 교류전압이 고압부하에 인가된다. 램프는 역시 C2전압이 인가된다. 이후의 동작모드는 동일한 원리로 S2 턴 오프 - S1 턴 온 - S4 턴 오프 - S3 턴 온 동작이 일어나며 이후에는 반복 된다.

그림 3에 나타낸 바와 같이 스위치의 구동파형은 S1과 S2 그리고 S3와 S4는 180도 반전된 파형이며 S1과 S2 스위치쌍과 S3와 S4의 스위치쌍 간의 위상차에 폴 브릿지 인버터 펄스폭이 결정된다. 스위치 한 쌍의 출력을 램프에 인가할 수 있으며 이의 출력제어는 주파수 변조를 통해 가능해진다.

그러므로 고안한 회로는 하프 브릿지 출력 2종류와 풀 브릿지 출력 한 종류를 동시에 얻을 수 있다.

그림 4는 주파수와 위상제어를 위한 제어기의 개략적인 실시 예이다. 안정기의 L6569 전용제어기를 구성하여 주파수제어를 하며 램프를 점등하기 위한 스위치 S1과 S2의 구동 파형이 먼저 만들어진다. 만들어진 두 개의 구동파형에서 지연회로와 버퍼를 이용하여 필요한 위상지연을 만들고 이 위상차에 의해 풀 브릿지 회로의 출력 펄스폭이 결정된다. 출력 피드백제어를 위해서는 출력 오차신호에 비례하는 위상지연 동작이 이뤄지도록 구성하여야 한다.<sup>[2]</sup>

### 2.3 회로 설계 및 보호

연면 방전을 위한 출력의 공진회로는 증가적으로 병렬 공진 회로이며 방전관의 등가 커패시턴스를 고려하고 스위칭 주파수에 대해 공진 주파수를 결정하여야 한다.

다음 식은 1차측 인덕터의 설계식이다.

$$L > \frac{1}{4\pi^2 f_{sw}^2 C_d} \quad (1)$$

여기서,  $f_{sw}$ 는 스위칭 주파수,  $C_d$ 는 방전관 커패시턴스이다. 안정기의 설계는 기존의 안정기 설계 방법과 동일하다. 다만, 각 스위치 레그마다 램프가 각각 연결되므

로 한쪽 레그에서 전혀 부하가 없을때는 하드 스위칭으로 인한 스위치 스트레스가 증가할 수 있다. 이를 막기 위해 한 쪽 스위치 레그에 램프가 모두 점등되지 않을때는 전체 동작이 보호되도록 제어로직을 구성하였다.

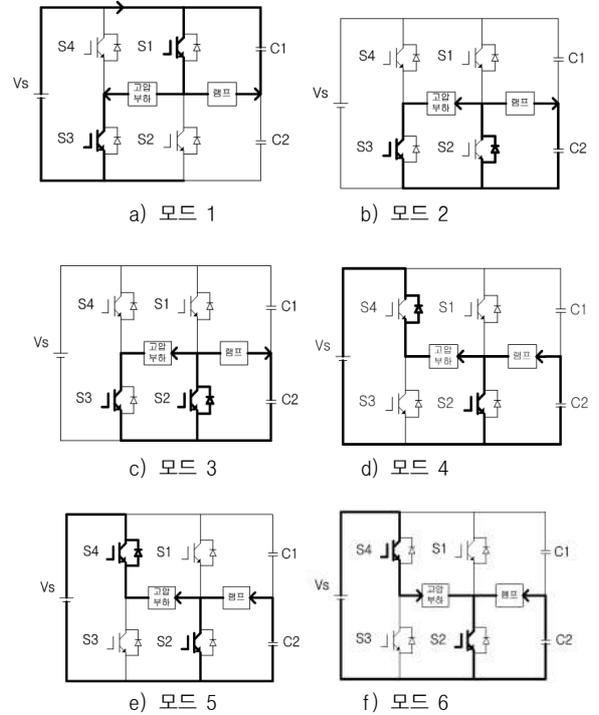


그림 2 동작모드  
Fig. 2 Operational modes

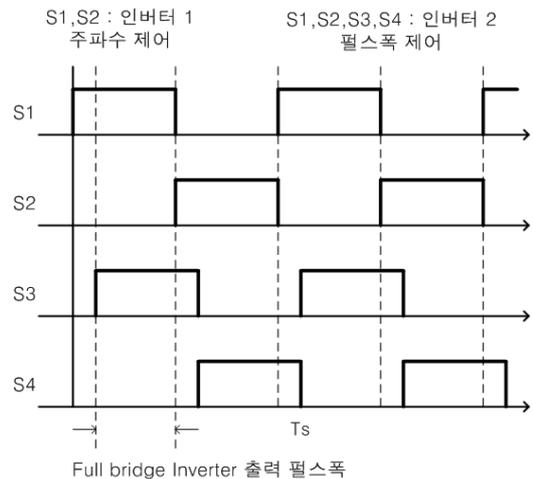


그림 3 게이트 구동파형  
Fig. 3 Waveform of the gate driver

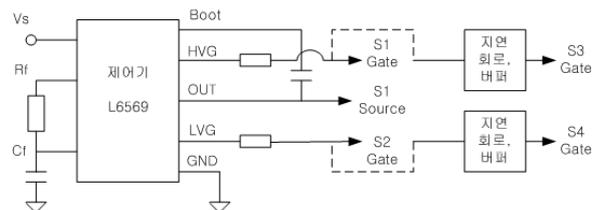


그림 4 L6569를 이용한 제어기 개요도  
Fig. 4 Controller schematic using L6569

### 3. 실험결과

제안한 회로의 동작을 검증하기 위해 300W급 풀 브릿지 인버터를 구성하고 이를 이용하여 6등의 램프를 구동 출력과 동시에 고주파 고압 전원 출력을 얻었다. 실험에 사용한 회로는 다음 그림과 같다. 실제 사용한 기타 회로 값은 표 1에서 나타내었다.

그림 5는 안정기로 동작하는 하프 브릿지 컨버터의 출력 파형을 나타내었다. 초기 기동 주파수에서 정상상태로 주파수가 변화되면서 출력이 달라지는 것을 알 수 있다. 실험 회로에서 나타낸 바와 같이 3등이 하나의 하프 브릿지 출력마다 연결되어 있다. 그림 6은 풀 브릿지 출력전압과 전류 그리고 고압 교류 출력을 나타내 것이다. 위상 전이 제어를 통해 출력전압제어가 가능하며 역시 ZVS 동작에 의해 스위칭 손실을 최소화할 수 있다.

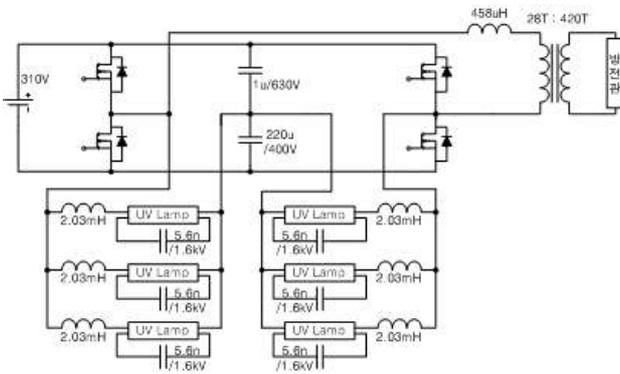
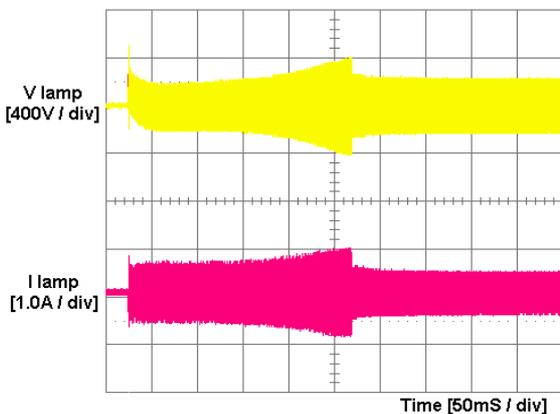


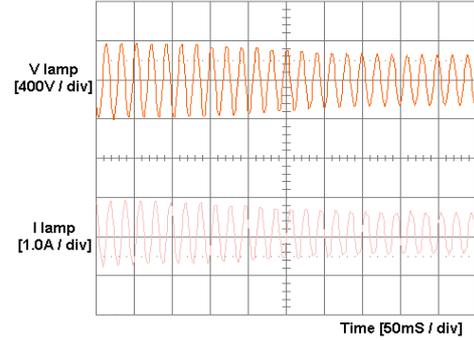
그림 4 실험에 사용한 회로  
Fig. 4 Experimental Circuit

표 1 실험에 사용된 값  
Table 1 Experimental values

입력전압	220Vac	고압 변압기 턴 수	28 : 420
초기 동작 주파수	70kHz	정상상태 동작 주파수	40kHz
고압 교류출력전압	3kV(peak)	교류 방전관 등가 커패시턴스	400pF
램프 용량	30W(6등)	방전용량	40W



(a)



(b)

그림 5 안정기 동작 파형

Fig. 5 Operational Waveform of Ballast

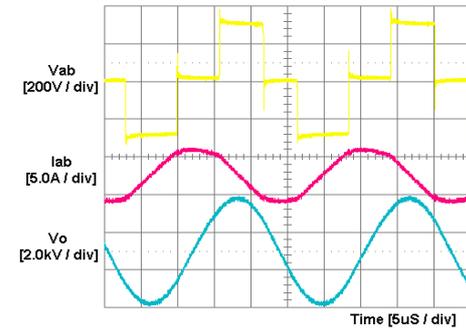


그림 6 풀 브릿지 컨버터의 출력전압 및 전류 및 고압 출력  
Fig. 6 Output voltage, current, and high voltage output of full bridge converter

### 4. 결론

본 논문에서는 하나의 풀 브릿지 컨버터를 이용하여 안정기와 고압 교류 출력을 동시에 얻었다. 안정기는 기존의 회로와 동일한 구성과 동작이 가능하도록 풀 브릿지 컨버터의 내부 스위치 쌍과 입력 커패시터를 이용하여 등가인 하프 브릿지 인버터로 구성하였으며 고압은 풀 브릿지 회로로 구성하였다. 이러한 구조를 통해 각각의 컨버터는 주파수 제어와 펄스폭제어를 개별적으로 하여 독립제어가 가능하였다. 제안한 회로의 검증을 위해 300W급의 전원장치를 제작하고 실험하였다.

제안한 회로는 하나의 컨버터를 이용한 다 출력의 독립적인 제어가 가능함을 실험을 통해 알 수 있었다. 이러한 전원방식은 다수의 램프 출력과 독립적인 고압 전원이 필요한 청정설비용 전원으로 향후 폭 넓게 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

### 참고 문헌

- [1] C. M. Wang, "A Novel Single-Stage High-Power-Factor Electronic Ballast With Symmetrical Half-Bridge Topology", IEEE Transactions on industrial electronics vol. 55, No. 2, February 2008.
- [2] J. G. Cho, J. W. Baek, C. Y. Jeong, and D. W. Yoo, "Novel Zero-Voltage and Zero-Current-Switching Full-Bridge PWM Converter Using transformer Auxiliary winding", IEEE Trans. on Power electronics. Vol. 15, No 2, pp250-257, March, 2000.