

고역률 오존발생기 전원공급장치 연구

안현성 · 신창훈 · 차한주
충남대학교 전기공학과

Ozone Generating Power Supply with High Power Factor

Hyunsung An · Changhoon Shin · Hanju Cha
Department of Electrical Engineering, Chungnam National University

ABSTRACT

본 논문에서는 높은 역률을 가지는 PFC(Power Factor Correction) 컨버터와 높은 고주파 전압을 발생시키는 단상 하프브리지 인버터를 채용한 오존발생기를 소개한다. PFC 컨버터를 채용하여 기존의 오존발생기용 전원장치에 비해 입력 역률, 전원공급체계와 보호 장치를 개선하였으며, 3kW급의 프로토타입을 구현하고 시뮬레이션 및 실험을 통하여 전원장치의 안정성 및 입력에 대한 높은 역률(0.99이상)을 확인하였다.

1. 서론

화석연료의 연소시 발생되는 여러 오염 물질을 정화하기 위해 강한 산화력 특성을 가진 오존(O₃)을 활용한 오존발생기에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이에 따라 오존발생기의 방전유전체에 높은 고주파 교류(AC)전압을 공급하는 전원공급장치의 중요성 또한 부각되어 나타나고 있다. 전원공급장치는 크게 인버터와 인버터에 높은 DC전압 공급을 위한 전력변환장치로 구성된다. 기존에는 풀브리지 다이오드 정류기를 통해 DC전압을 공급하였으나, AC입력전압의 최대치 이상의 DC전압을 출력할 수 없으며, 정류기 고유의 비선형 동작으로 인해 입력역률(PF : Power Factor)이 떨어지는 단점을 가진다. 인버터는 단상인버터를 채용하여 많이 사용하며, 단상인버터에는 풀브리지 인버터, 하프브리지 인버터가 있으나, 스위치 소자의 최소화에 따른 손실 감소와 시스템 크기의 소형화 및 제어의 편리성 등의 이유로 하프브리지 인버터를 주로 사용한다^{[1][2]}. 본 논문에서는 PFC(Power Factor Correction)를 적용한 DC DC 부스트 컨버터와 단상 하프브리지를 이용한 오존발생기용 전원공급장치를 소개하고 시스템에 대한 동작원리를 서술한다. 또한, 전원공급장치에 대한 시뮬레이션을 통해 제어의 성능을 확인하며, 3kW급 프로토타입을 구현하여 실험을 통해 시스템에 대한 안정성 및 제어 성능을 확인한다.

2. 오존발생기용 전원공급장치의 동작원리

그림 1은 오존발생기용 전원공급장치의 구성을 보여준다. PFC DC DC 부스트 컨버터, 고주파 AC전압 인가용 단상 하프브리지 인버터로 나뉘며, 방전유전체에 고전압 인가에 필요한 높은 권선비를 가지는 승압형 절연 변압기로 구성된다. 또한, 부스트 컨버터와 인버터를 제어하기 위한 제어부가 추가로

구성된다.

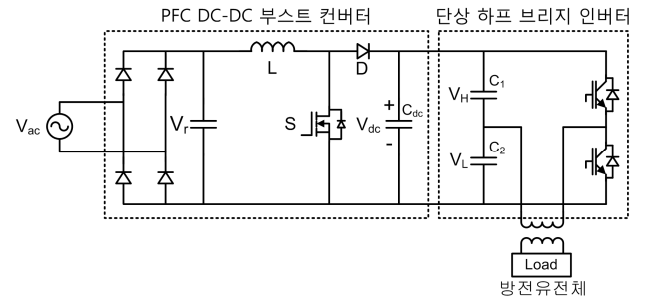


그림 1 오존발생기용 전원장치 구성

Fig. 1 Configuration of ozone generating power supply

2.1 PFC DC-DC 부스트 컨버터

그림 2는 부스트 컨버터의 구조와 동작 모드를 보여준다. 모드 1은 실선과 같은 전류 흐름을 가지며, 인덕터에 흐르는 전류는 양의 기울기를 가지고 식(1)과 같이 0A에서 선형적으로 증가한다. 모드 2는 점선과 같은 전류 흐름을 가지고 식(2)와 같이 0A까지 선형적으로 감소한다. PFC DC DC 부스트 컨버터에 경계전도모드(Boundary Conduction Mode) 제어기법을 적용하였으며, BCM은 그림 3과 같이 인덕터 전류가 0이면 스위치가 턴온이 되며, 인덕터 전류가 경계치에 도달하면 스위치를 턴오프하여 시스템을 제어하게 된다.

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{V_r}{L} \quad (1)$$

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{V_r - V_O}{L} \quad (2)$$

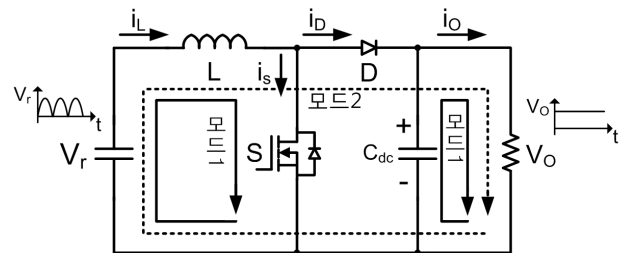


그림 2 PFC DC-DC 부스트 컨버터 구조 및 동작모드

Fig. 2 Structure and operating mode of PFC DC-DC boost converter

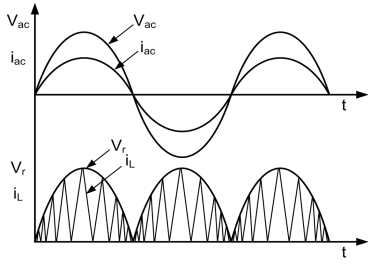


그림 3 경계전도모드 동작원리
Fig. 3 Operating principle of boundary conduction mode

2.2 단상 하프브리지 인버터

단상 하프브리지 인버터는 2개의 직류(DC)전압으로 교류(AC)전압을 만들어준다. 그림 4는 단상 하프브리지 인버터의 구조와 동작모드를 보여준다. 4개의 동작모드를 가지고 있으며, 모드1과 모드3은 전력공급모드로 동작하며, 모드2와 모드4는 다이오드를 통해 회생하는 회생모드로 동작한다.

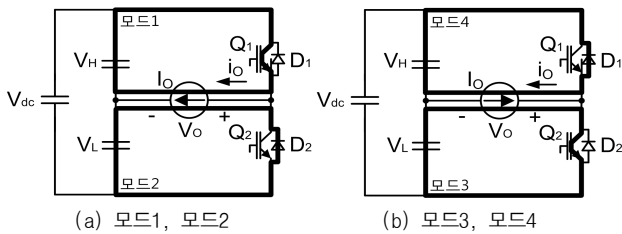


그림 4 단상 하프브리지 인버터 동작모드
Fig. 4 Operating mode of single-phase half bridge inverter

3. 시뮬레이션 및 실험결과

오존발생기용 전원공급장치에 대한 안정성 및 제어 성능을 시뮬레이션을 통해 확인하였다. 그림 5는 PFC DC DC 부스트 컨버터에 대한 시뮬레이션 결과를 보여준다. AC입력전압 60Hz 단상 220V이며, 경계전도모드를 통해 스위칭을 제어하였다. 시뮬레이션을 통해 각 정류기 및 인덕터 전류가 올바르게 나타나는 것을 볼 수 있으며, 입력전압과 입력전류가 동상으로 나타나는 것을 통해 단위역률(PF=1) 제어가 되는 것을 볼 수 있다.

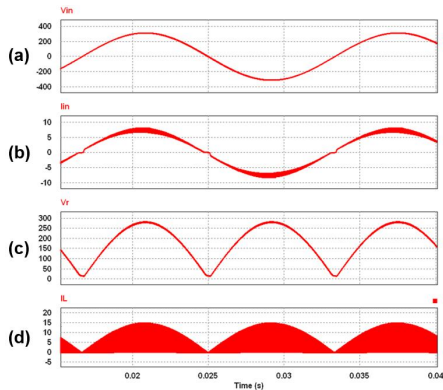


그림 5 PFC DC-DC 부스트 컨버터 시뮬레이션 (a) AC입력전압 (220V_{ac}) (b) AC입력전류 (c) 정류기출력전압(V_r) (d) 인덕터 전류(i_L)
Fig. 5 Simulation of PFC DC-DC boost converter (a) AC input voltage(220V_{ac}) (b) AC input current (c) rectifier voltage(V_r) (d) Inductor current(i_L)

부스트 컨버터 독립운전 시와 시스템 전체 연계 실험을 통

해 시스템의 제어 성능을 확인하였다. 표 1은 전원공급장치의 파라미터를 보여준다. 그림 6은 컨버터의 동작을 보여주고 있으며, (a)를 통해 정류기 출력 및 인덕터 전류가 올바른 동작을 하고 있음을 볼 수 있다. (b)는 컨버터의 입력전압과 전류가 동상인 것을 볼 수 있으며, 실험을 통해 입력에 대한 역률이 0.99이상의 고역율임을 검증하였다. 그림 7은 단상 인버터에 대한 실험결과로서 인버터 출력의 전압과 전류를 보여주며, 인버터 출력전압이 스위칭 온/오프에 따라 +V_{dc}/2, V_{dc}/2로 나타나는 것과 전압의 극성에 따라 전류가 흐르는 것을 볼 수 있다. 실험을 통해 컨버터 및 인버터에 대한 안정성 및 제어 성능을 확인하였다.

표 1 오존발생기용 전원공급장치 파라미터
Table 1 Ozone generating power supply parameter

정격용량(W)	3000W
컨버터 입력전압(V _{ac})	단상 220V
컨버터 출력전압(V _{dc})	400V
컨버터 최소 스위칭 주파수(f _b)	15kHz
인버터 스위칭 주파수(f _i)	1.33kHz

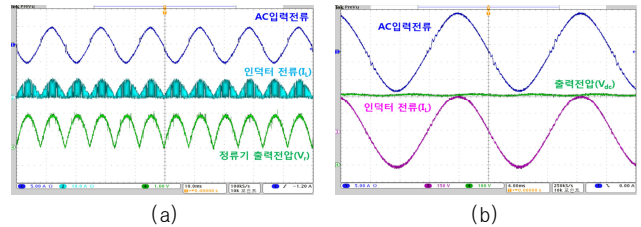
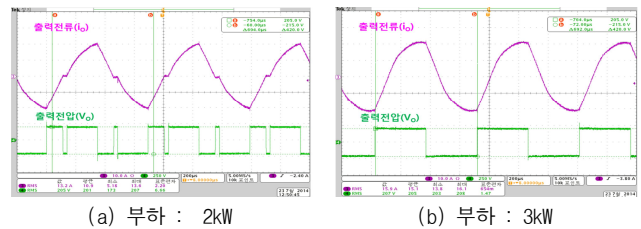


그림 6 PFC DC-DC 부스트 컨버터 실험파형
Fig. 6 Experiment wave of PFC DC-DC boost converter



(a) 부하 : 2kW (b) 부하 : 3kW
그림 7 단상 하프브리지 인버터 출력전압/전류
Fig. 7 Output voltage/current of single-phase half bridge inverter

4. 결론

본 논문에서는 PFC(Power Factor Correction) 컨버터와 단상 하프브리지 인버터를 채용한 오존발생기용 전원공급장치를 소개하였다. PFC 컨버터를 채용하여 입력전원의 고역률, 전원공급체계와 보호 장치를 개선하였으며, 시뮬레이션을 통해 시스템에 대한 안정성 및 제어 성능을 1차적으로 확인하였다. 또한, 3kW급의 프로토타입을 구현하고 실험하여 전원장치의 안정성 및 입력에 대한 높은 역률(0.99이상)을 확인하였다.

참고 문헌

- [1] 유두희, 정강률, "PFC 부스트 컨버터와 단상 하프브리지 인버터 구조를 이용한 새로운 오존발생 전원공급장치", Journal of KIIT, Vol. 11, No. 7, pp. 19-30, 2013, July.
- [2] Ned Mohan, "Power electronics" John Wiley & Sons, Inc, 2003