

## 잉여 전력 회생 기능을 가진 중첩형 오존 발생기

이 홍 희, 김 형 준

울산대학교 전기전자 및 정보시스템 공학부

### The Superposed Discharge Type Ozonizer with Power Recovery Circuits

Hong-Hee Lee, Hyung-Jun Kim

School of Electrical Eng & Information System Univ. of Ulsan

#### ABSTRACT

본 논문은 새로운 타입의 중첩형 오존발생기를 제안하였다. 방전시 방전실 내의 과도한 방전전력은 온도상승을 가져온다. 이러한 열로 인해 오존분해반응이 생성되어 오존생성수율이 나빠진다. 제안한 전원장치는 잉여 전력을 재충전하여 열의 발생을 억제하고 오존분해반응을 줄일 수 있음을 실험으로 검증하였다.

#### 1. 서 론

오존은 천연 물질로서는 불소 다음으로 강한 산화력을 가지므로 그 산화력을 이용해 오수·상수·폐수의 탈색, 탈취, BOD, COD제거, PHENOL, CN분해 등과 같은 산업용에서 가정용에 이르기까지 다양한 분야에 응용되어지고 있다.<sup>[1]-[3]</sup> 기체 방전의 원리를 이용한 무성방전형 오존 발생기가 요즘 널리 이용되어지고 있다. 오존방전관에서는 오존의 생성반응과 동시에 오존분해반응이 일어난다. 오존분해반응의 주요 원인으로 전자충돌과 방전실 내의 온도상승을 들 수 있다. 높은 오존생성수율이 이 오존분해반응을 줄이는데 있다.<sup>[2]</sup>

본 연구에서 상용된 오존발생기는 새로운 형태의 중첩방전형 오존발생기로서 오존생성수율이 높으며 방전실내의 전력 조절이 용이하고 넓은 동작 영역을 가지는 고효율의 오존발생 전원 장치이다. 앞에서 언급했듯이 오존분해반응은 방전실내의 온도에 비례하여 증가한다.<sup>[4]</sup> 온도의 변화는 방전실내의 여러 가지 요인에 의해 발생되는데 주 요인으로는 방전관 용량에 초과하는 잉여전력을 공급하였을 때 온도의 상승으로 이어진다.<sup>[5]</sup> 따라서 본 연구에서는 이 잉여전력을 재충전함으로써 발생효율과 산소나 건조 공기의 유입 변동에 따른 방전관의 특성변화에도 안정된 오존발생수율을 가진 전원장치를 제안하였다.

제안된 오존발생장치를 사용해 오존생성특성, 오존생성농도 [ppm], 오존발생량 [g/hr], 그리고 오존생성수율 [g/kWh]등을 실험적으로 분석 및 검토해 보았다.

#### 2. 오존발생원리

산소가 방전관에 유입될 경우, 무성방전형 오존발생기의 오존생성기구는 전자충돌에 의한 산소 활성화종의 생성, 오존생성반응 및 오존분해반응에 의하여 이루어진다. 이때, 주된 반응식은 식 (1)~(4)와 같다.<sup>[8]</sup>

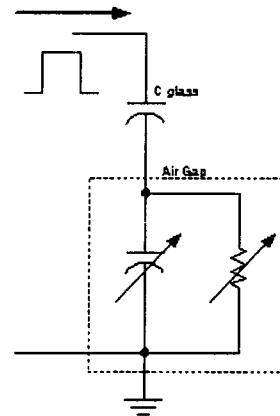
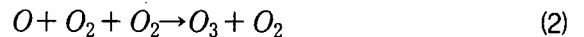


그림 1 방전실의 등가회로.

Fig. 1 Equivalent circuit of discharge room

본 연구에 사용된 방전실은 3개의 극을 가지고 180° 위상차를 가지고 교류전압을 각각 인가하여 오존의 발생효율을 높이는 모델이다. 오존 생성수율은 방전실에 과도한 잉여 전력의 공급은 열로 손실된다. 결과적으로 온도가 높아져 식 (3)과 식 (4)와 같은 오존분해 반응에 의해 오존생성수율이 떨어지게 된다.<sup>[6]</sup> 이러한 열로인한 오존분해반응을 줄일 수 있는 방법은 방전실을 수냉으로

강제 냉각을 하는 방법이 있다. 여기서의 실험은 수냉이 아닌 공냉으로 강제냉각 없이 실험을 하였다.

그림 1은 방전실의 등가회로로서 공기의 유입량, 공극, 방전실의 형태, 유전체의 종류, 유입하는 공기의 종류, 그리고 방전실의 압력등에 등가회로상의 정수값이 결정된다.<sup>[7]</sup> 발생량의 증감을 위해서 가변 할 수 변수로는 유입되는 공기의 종류, 유입량, 그리고 방전실의 기압 등이다. 이때 변하는 방전실의 특성에 대하여 고정된 공급 전력은 손실로 이어진다. 본 논문에서는 그림 2와 같은 잉여 전력을 다이오드를 통해 재충전하여 사용하였고 쉽게 가변 할 수 있는 회로를 제안하였다.

### 3. 오존발생장치의 구성

그림 3은 오존의 발생특성을 연구하기 위한 실험 장치의 배치도이다. 오존의 생성을 위한 전원장치와 소비되는 전력을 계산하기 위한 전력계와 오존 측정장치로 이루어져 있다.

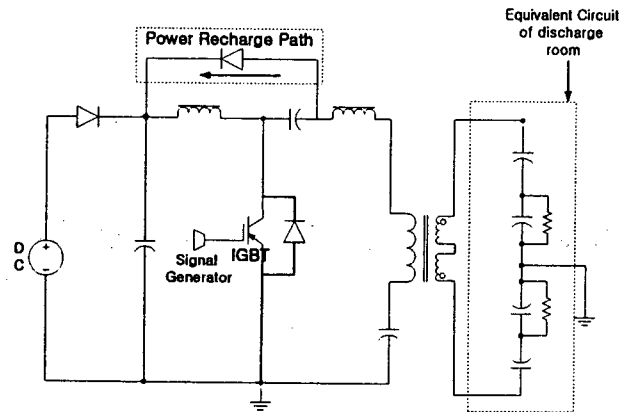


그림 2 오존발생기 전원 장치 등가회로.  
Fig. 2 Equivalent Circuit of Ozonizer Power Supply.

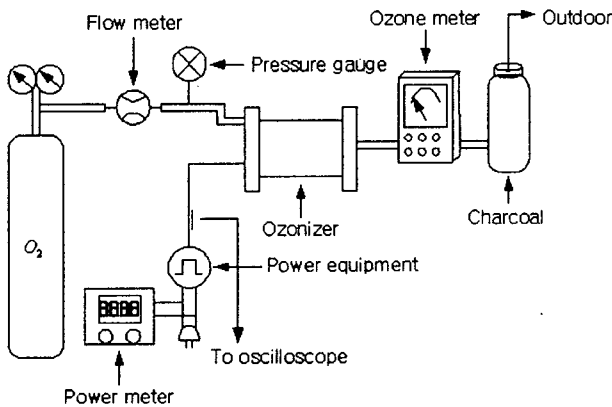


그림 3 오존발생장치 실험 장치 구성.  
Fig. 3 Experimental set-up for generation of ozone.

### 4. 실험결과 및 검토

방전특성을 연구하기 위해 원료가스는 건조 공기와 산업용 산소 두 가지를 사용하였다. 방전관의 유량이 일정할 때 공급전력의 변화에 대한 오존 생성수율의 변화와 입력전력이 일정한 경우 유량변화에 대한 오존생성수율의 변화를 실험하였다.

#### 4.1 방전특성

그림 4는 방전관에 공급되는 전압 및 전류를 나타내었다. 펄스의 수로 방전관에 공급되는 전력을 쉽게 조절할 수 있다.

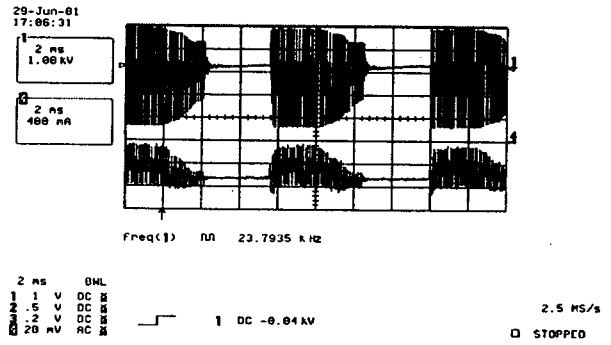
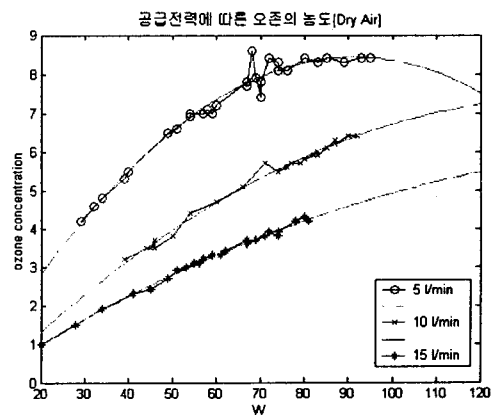


그림 4 방전관에 공급되는 전압, 전류 파형  
Fig. 4 Typical waveforms of voltage and current in discharge room

#### 4.2 오존생성특성

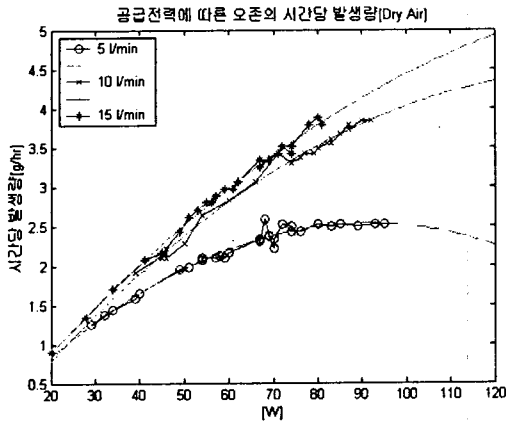
공급하는 방전전력에 따른 각각의 공기 유입량을 주었을 때 오존의 생성 특성을 나타낸 것이다.

##### 4.2.1 건조 공기일때의 오존생성특성

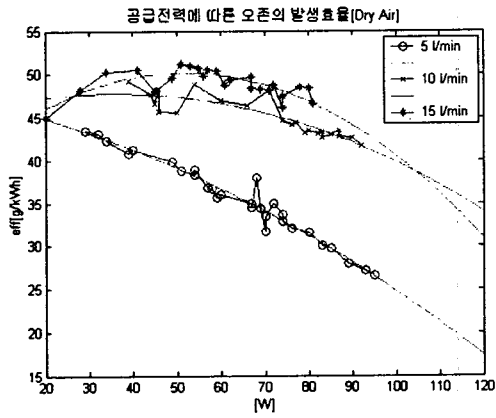


(a)

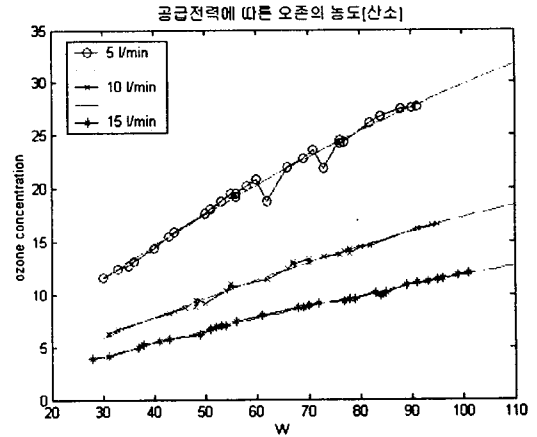
## 4.2.2 산소일때의 오존생성특성



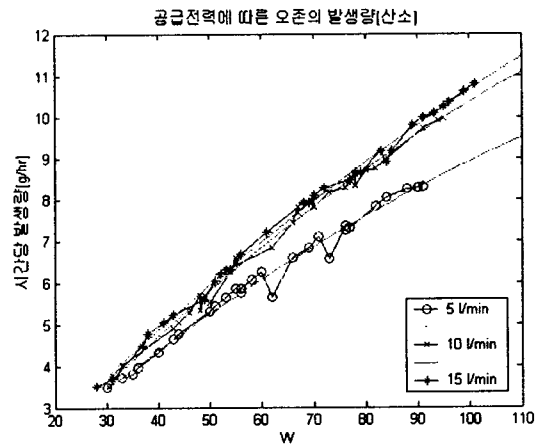
(b)



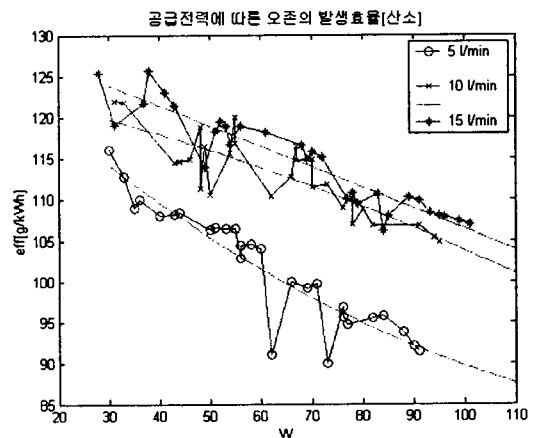
(c)



(a)



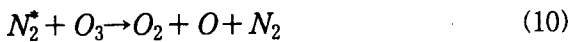
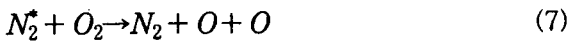
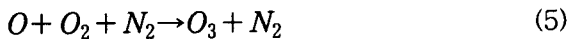
(b)



(c)

그림 5 공급공기를 건조공기로 하였을 때 방전전력에 따른 발생농도(a), 발생량(b), 생성수율변화(c).

Fig. 5 Production of ozone as a variable discharge power for dry air.



건조공기의 경우, 식 (5)~(10)과 같은 부과적인 반응이 있다. 오존생성수율이 10~15[l/min]의 경우 오존생성수율은 45~50[g/kWh]정도로 산소에 비하여 떨어지는 것을 볼 수 있다. 오존발생량은 방전전력에 비례하여 선형적으로 증가하는 것을 볼 수 있다.

그림 6 공급공기를 산소로 하였을 때 방전전력에 따른 발생농도(a), 발생량(b), 생성수율변화(c).

Fig. 6 Production of ozone as a variable discharge power for Oxygen.

발생량이 방전전력에 따라 선형적으로 증가한다. 오존생성수율은 10~15[l/min]에 경우 방전전력이 30~110[W]로 가변 시켰을 경우 발생량은 3~11[g/hr]로 변하지만 오존생성수율은 약 10[g/kWh] 정도 떨어진다.

#### 4.2.3 유입량변화에 따른 오존생성특성

그림 7의 실험 조건은 공기의 유입량이 없을 때 소비전력이 108[W]인 경우이다. 실험결과에 의하면 공기의 유입량이 5~20[l/min] 변화했을 때 오존발생수율의 변화는 건조공기인 경우, 34~47[g/kWh]가 변화하였다. 산소인 경우, 오존발생량은 104~117[g/kWh]으로 변동량이 적은 것을 볼 수 있다.

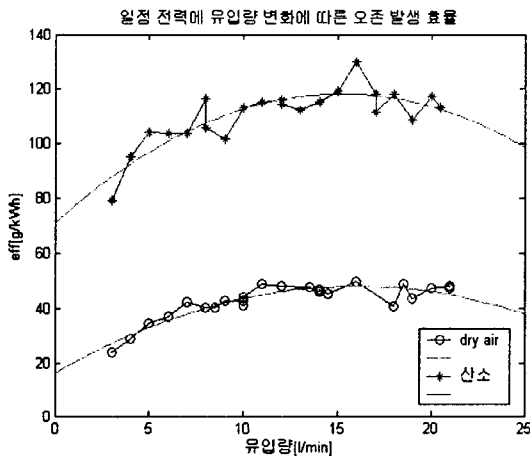


그림 7 공급전력은 일정하게 하였을 때 유입량의 변화에 따른 오존생성수율 특성

Fig. 7 Efficiency(g/kWh) of Production ozone for different flow rate(l/min).  
Condition : Unit discharge Power.

## 5. 결 론

본 연구에서는 무성방전의 중첩을 이용해 잉여 전력을 재충전하여 쓸 수 있는 오존발생기를 연구하였다. 방전관에 인가되는 펄스의 수로 공급전력을 조절할 수 있고 방전관의 잉여 전력이 재충전하여 사용되어지는 회로로서 효율이 좋고 그림 4~5와 같이 방전관에 인가되는 방전전력에 무관하게 오존생성수율이 거의 일정하여 전체 오존 발생량이 공급전력에 비례하여 선형적으로 조절이 가능하다. 유량의 변화에 대해서도 오존생성수율의 변화가 거의 없어 기존의 오존발생전원장치에 비하여 효율적으로 오존 발생량의 조절이 가능하다.

## 참 고 문 헌

- [1] R. Ouellet, M. Barbier, and P. Cheremisinoff, "Low Temperature Plasma Technology Applications." Ann Arbor, Mi : Ann Arbor Science Publ., 1980.
- [2] U. Kogelschatz, "Industrial Ozone Production", Proc. of Int. Ozone Symp., Basel, Switzerland, pp. 253~265. 1999.
- [3] K. V. Kozlov "Physical models of the micro-discharge in an ozonizer : classification, analysis, and comparison with the reality" 15-06-2000 (in Russia)
- [4] J. Olof Nilsson, "Numerical Modeling of Ozone Production in a Pulsed Homogeneous Discharge : A Parameter Study" IEEE Transactions on plasma science, Vol. 25. NO. 1. 1997. February.
- [5] C. Gutierrez-Tapia, "Perturbative Method for Ozone Synthesis From Oxygen in a Single Discharge" *Proceedings of the IEEE*, Vol. 22, No. 5, pp. 979~985, 1994, October.
- [6] B. Eliasson, "Nonequilibrium Volume Plasma Chemical Processing" IEEE Transaction on Plasma science, Vol 19, NO 6, December 1991.
- [7] L.M.L.F Hosselet, Ozonbildung mittels elektrischer Entladungen, TH-Report 71-E-19, TH Eindhoven. 1971.
- [8] P. Pignolet, S. Hadj-Ziane, B. Held, J. Benas, and C. Coste, "Ozone generation by point to plane corona discharge," J.Phys. D: Appl. Phys., vol. 23, pp. 1069~1072, 1990.