

이중 갭형 오존발생기의 온도특성

이 상근★, 전 병준, 송 현직, 박 원주, 이 광식
영남대학교 전기전자공학부

A Temperature Characteristics of Double gap type Ozonizer

Sang-Keun Lee★, Byung-Joon Chun, Hyun-Jig Song, Won-Zoo Park, Kwang-Sik Lee
School of Electrical and Electronic Engineering of Yeungnam University.

1. 서 론

최근 대기 및 환경오염의 원인이 되는 오염 물질의 제거나 발생저감을 위한 대책의 하나로 오존화가스 이용이 제시된 이래, 전기적 방전을 이용한 오존발생기(Ozonizer)의 성능개선을 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.^{[1][2][3]}

1857년 Werner Von Siemens 에 의하여 강력한 산화력을 가지며 2차 공해가 없는 오존을 발생시키는 오존발생기가 최초로 고안된 이래, 정수처리, NOx · SOx 제거 및 살균 뿐만 아니라, 최근 대단위 아파트 단지 등의 식생활 및 냉난방 실비로 이용되고 있는 LNG plant 와 생활 오·폐수의 처리, 소독 및 악취제거와 같은 생활환경개선통용의 오존발생기를 연계하여 사용할 때 LNG 의 기화시에 발생하는 잠열을 오존발생기의 원료가스 및 전극의 냉각설비에 활용함으로써 저비용·고효율의 생활환경개선통용의 오존발생기를 개발할 수 있을 것이라 생각된다.^{[4][5][6][7]}

그러나, 상업용 오존발생기로 주로 사용되고 있는 무성방전형 오존발생기는 원료가스의 온도변화에 따라 방전 및 오존생성특성에 많은 영향을 끼치는 것으로 나타나고 있다.^{[8][9]}

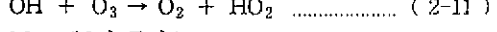
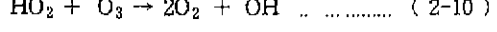
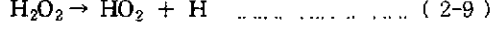
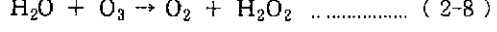
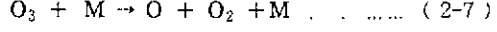
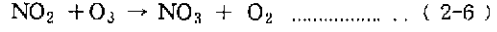
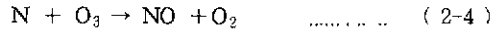
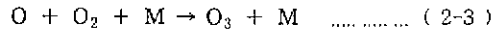
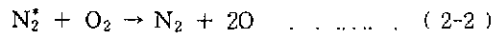
따라서 본 연구에서는 무성방전형 오존발생기의 성능을 개선할 목적으로 double gap 을 장착함으로써 각 gap 에서 형성되는 무성방전의 중첩에 의한 새로운 형태의 오존발생기를 설계·제작한 후, 원료가스 냉각장치 및 제습장치를 장착하여 대기공기 원료가스의 온도변화에 따른 방전특성 및 오존생성특성을 연구·검토하였다.

2. 무성방전과 중첩방전형 오존발생기

산소를 포함하고 있는 기체를 1개 이상의 glass나 ceramic 등의 유전체를 끼워놓은 전극을 대향시켜 1~3[mm] 정도의 gap 을 갖도록 설치한 후, 교류고전압을 인가하면 기체방전에 의하여 원료가스중에 포함된 산소의 일부가 무성방전(Silent discharge)에 의한 화학작용으로 오존을 생성하게 된다.

이때, 무성방전은 미세한 pulse 적인 방전의 집합체로 전자가 전극면상의 다수점으로부터 발생되므로 전자와 원료가스내 산소분자의 충돌에 의해 생성되는 오존의 화학작용으로써 유용한 방전이라 할 수 있다.

원료가스가 대기공기인 경우, 무성방전형 오존발생기의 주된 오존생성 및 분해 반응은 다음과 같다.



M : 제3의 물질(O, O₂, N₂)

오존생성에 관여하는 주요한 반응은 식 (2-1) ~ 식 (2-3)과 같고 오존의 분해에 관여하는 주요한 반응은 식 (2-4) ~ 식 (2-7)로 나타낼 수 있다. 식 (2-8) ~ 식 (2-11)은 수분에 의한 오존의 분해반응을 나타내고 있다.

이때, 무성방전에 의한 오존의 농도가 높아질수록 오존의 분해 반응도 활발해 지므로 설계·제작된 중첩방전형 오존발생기는 3개의 전극과 2개의 gap이 존재하는 방전공간에 180[°]의 위상차를 가진 교류고전압을 각 gap 에 동시에 인가하면서 원료가스의 온도를 제어하여 오존의 분해반응을 감소시켜 오존생성수율을 향상시킬 수 있는 구조이다.

3 실험장치 및 방법

3.1 실험장치

그림 1은 무성방전형 오존발생기와 냉각 및 재습장치를 장착한 오존발생장치에서의 방전특성 및 오존생성특성을 연구하기 위한 실험장치의 배치도를 나타낸 것이다. 그림에서 실선은 방전특성을 조사하기 위한 전원장치와 계측장치들을 연결한 회로이며, 점선은 오존생성특성을 연구하기 위한 가스 흐름선도로서 대기공기 공급장치 및 계측장치들을 흐르는 오존화 가스의 흐름을 나타내고 있다. 또한, 원료가스의 냉각을 위하여 냉각용 트랩을 제작하여 사용하였다.

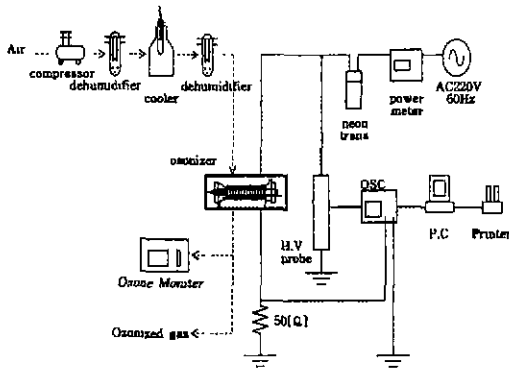


그림 1. 오존발생장치의 배치도

3.2 실험방법

방전특성을 연구하고자 대기공기의 유량(Q : 4, 8, 12, 16[ℓ /min]) 및 오존발생기 입력전압(V_2)의 변화에 따른 방전전압(V_d), 방전전류(I_d) 및 방전전력(W_d)을 측정하였다. 또한 Q , T 및 W_d 의 변화에 따른 오존생성농도(O_{3con}), 오존발생량(O_{3g}) 및 오존생성수율(O_{3Y})을 측정 및 계산하였다. 원료가스의 냉각은 액체질소(LN_2)에 냉각용트랩을 접촉하여 액체질소의 기화열에 의해 온도(T)를 조절하였다.

4. 실험결과 및 검토

4.1 방전특성

그림 2는 T 및 V_2 의 변화에 따른 V_d 및 I_d 특성을 나타낸 것이다. 여기서 T 가 감소함에 따라서 방전공간내의 소호능력이 증대하여 V_d 는 상승하고, I_d 는 감소하였다. I_d 의 감소에 의해 방전공간내에서 산소분자와 전자와의 충돌에 의한 전리확률은 낮아지게 된다.

그림 3은 $T = -40[^\circ C]$ 일 때, V_d (15.0[kV]) 및 I_d (2.6[μA])의 측정파형으로 전압이 최대치에 이를때까지 전류파형이 나타나다가 전압이 강하함에 따라서 전류가 소멸되는 방전휴지 구간이 나타났다.

그림 4는 V_d 를 매개변수로 한 $T-W_d$ 의 특성을 나타낸 것으로 T 의 감소에 따라서 V_d 의 상승과, I_d 의 감소로 인해 W_d 는 큰 변화를 보이지 않았다.

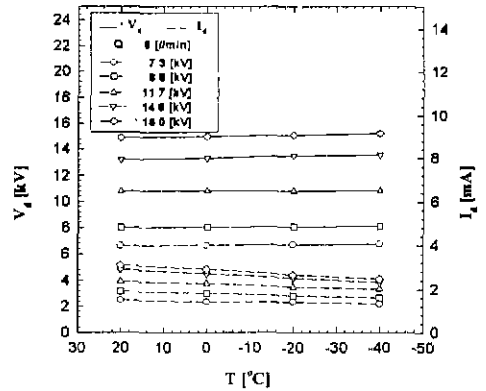
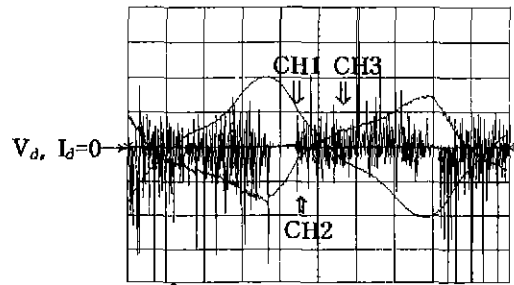


그림 2. T 및 V_2 의 변화에 따른 V_d 및 I_d 특성



CH1:10[kV/div], CH2:4[kV/div],
CH3:20[μA /div]

CH1, CH2, CH3:5[ms/div]

그림 3. $T = -40[^\circ C]$ 일 때, V_d (15.0[kV]) 및 I_d (2.6[μA]) 측정파형

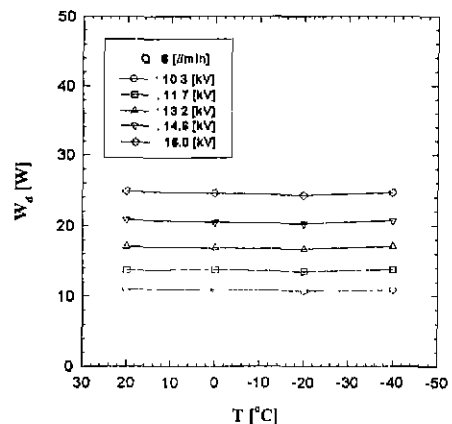
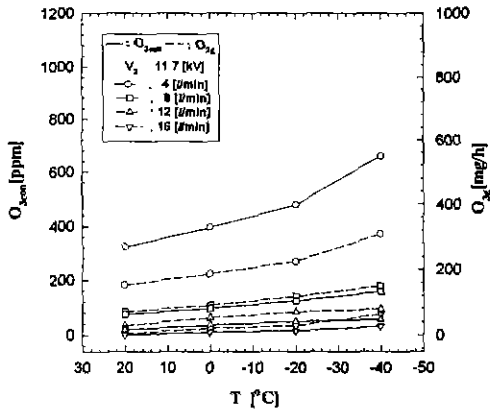


그림 4. V_d 를 매개변수로한 $T-W_d$ 특성

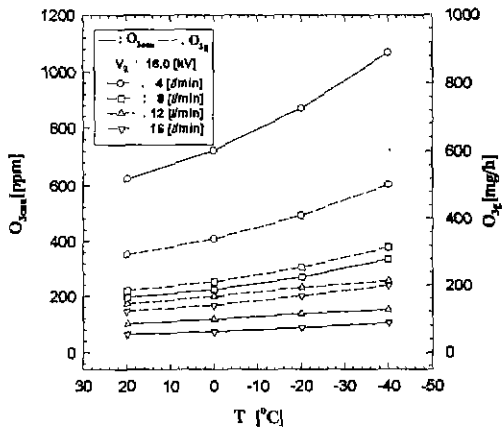
4.2 오존발생기의 오존생성특성

4.2.1 온도-오존생성농도·발생량특성

그림 5의 (a) 및 (b)는 오존발생기의 V_2 가 각각 11.7 및 16.0[kV]일 때, Q의 변화에 따른 $T-O_{3con}$ 및 $T-O_{3g}$ 특성을 측정된 것이다.



(a) $V_2 = 11.7$ [kV]



(b) $V_2 = 16.0$ [kV]

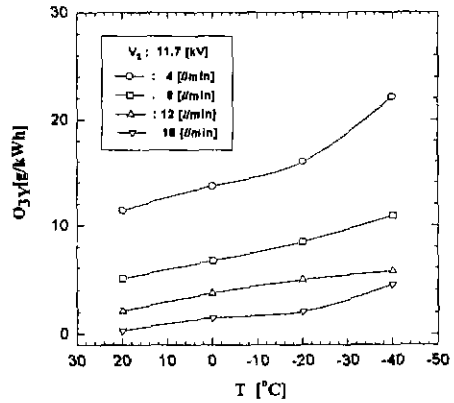
그림 5. $V_2 = 11.7$ 및 16.0 [kV]일 때, Q의 변화에 따른 $T-O_{3con}$ 및 $T-O_{3g}$ 특성

각 그림에서 동일한 전압에 대해서 T가 감소할수록 O_{3con} 및 O_{3g} 가 증가하는 것으로 나타났다.

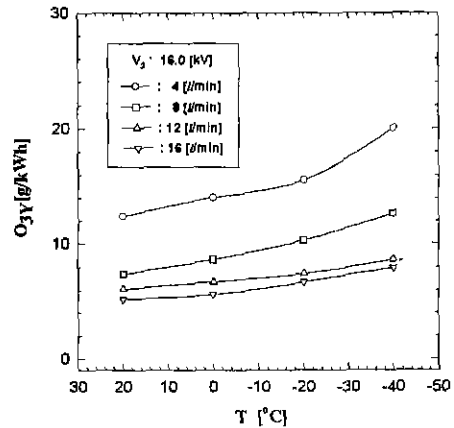
이것은 온도의 감소에 따라 오존의 열분해반응이 급격히 감소하므로 상대적으로 O_{3con} 및 O_{3g} 가 상승하게 된다.

4.2.2 온도-오존생성수율특성

그림 6의 (a) 및 (b)는 오존발생기의 V_2 가 각각 11.7 및 16.0[kV]일 때, Q의 변화에 따른 $T-O_{3Y}$ 특성을 나타낸 것이다. O_{3Y} 역시 온도의 감소에 따라 오존의 열분해반응이 급격히 감소하므로 상대적으로 O_{3Y} 가 상승하게 된다.



(a) $V_2 = 11.7$ [kV]



(b) $V_2 = 16.0$ [kV]

그림 6. $V_2 = 11.7$ 및 16.0 [kV]일 때, Q의 변화에 따른 $T-O_{3Y}$ 특성

5. 결 론

무성방전의 중첩을 이용하여 설계제작된 중첩방전형 오존발생기에 대해 대기공기 원료가스의 온도변화에 따른 방전특성과 오존생성특성을 연구검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다. (1) 방전전압, 방전전류는 전원장치의 출력전압과 함께 증가하였고, 대기공기의 온도가 낮아질수록 방전전압은 상승하고, 방전전류는 감소하였다. (2) 오존생성농도는 방전전력에 비례하고, 유량 및 원료가스 온도가 낮을수록 상승한 결과, 최대 1068[ppm]을 얻을

수 있었다. (3) 오존발생량 및 오존생성수율은 원료가스의 온도 및 유량이 낮아질수록 상승한 결과, 각각 최대 502[mg/h] 및 22.6[g/kwh]를 얻을 수 있었다. (4) 온도의 감소에 따라서 오존생성특성이 증대된 결과 20 [°C]를 기준으로 -40[°C]일 때, 오존발생량은 최대 82%, 오존생성수율은 83%의 증가효과를 얻을 수 있었다. 이상과 같은 결과로 LNG plant와 오존발생 plant를 연계설계하여 가동하므로써 LNG의 기화시에 발생하는 잠열을 오존발생기의 원료가스 및 전국의 냉각설비에 활용함으로써 저비용·고효율의 환경개선용의 오존발생 plant를 건설할 수 있을 것이다.

(참 고 문 헌)

[1] 李 廣植, 李 東仁, “氣體放電에 의한 오존생성과 그 應用”, 大韓電氣學會 放電·高電壓(研), 學術發表會論文集, pp.32 ~ 35, 1992
 [2] 宋 炫直, “중침방전형 오존발생기의 특성과 환경 개선에 관한 연구”, 博士學位論文, 1997
 [3] 李 相根, “중침방전형 오존발생장치의 온도의존 특성”, 碩士學位論文, 1998
 [4] R. Peyrous, “The Effect Of Relative Humidity On Ozone Production By Corona Discharge In Oxygen Or Air”, Ozone Science and Engineering, Vol.12, pp 19 ~ 64, 1990
 [5] Moo Been Chang, “Experimental Study on Ozone Synthesis via Dielectric Barrier Discharges”, Ozone Science and Engineering, Vol.19, pp.241 ~ 254, 1997
 [6] 井關昇, “オゾンナイザのオゾン收率におよぼす原料ガス中水分の影響”, ED-86-86, pp.9 ~ 15, 1986
 [7] 山部長兵衛, “沿面放電型オゾンナイザの放電およびオゾン生成特性”, ED-94-14, pp.63 ~ 69, 平成6年