

기류형성을 위한 고전압 이온풍 발생장치와 코로나 제어기술에 관한 기초적 연구

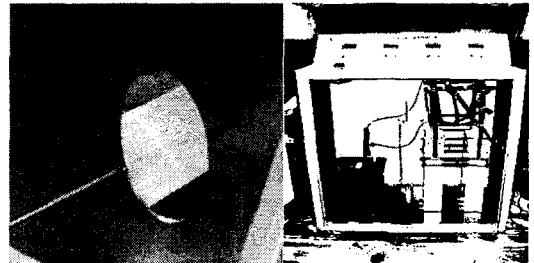
이복희, 엄주홍, 강성만, 장근철, 안창현\*  
 인하대, \*한국전력공사

Investigation of the HV Ionic Wind Generator and the Control of Corona Discharge for Air-flow Formation

B.H. Lee, J.H. Eom, S.M. Kang, K.C. Chang, C.H. Ahn\*  
 Inha Univ., \*KEPCO.

**Abstract** - Ionic wind may be produced by DC corona discharges. In this work, the electrical effect has studied to evaluate applicability in fields of electrostatic cooling, ozone generation, electrostatic precipitation, heat transfer, air flow modification, and etc. The ionic wind velocity was measured as a function of the distance of pin to plate and the diameter of punched hole. The pin to punched-plate electrode generates airflow from pin to plate and the flow direction is controlled by the hole size of punched-plate, input voltage and distance between two electrodes. As a consequence, the ionic wind velocity is nearly proportional to the applied voltages and ranges from 1 to 3 m/sec.

극은 단일 침전극과 동일하며 직경 40(mm)인 원주상에 균등간격으로 8개의 침전극을 배치한 형태이다. 이온풍의 풍속을 측정하는 풍속계는 온도보상회로가 내장되어 있는 저항체구조의 풍속계를 적용하여 미소한 기류의 흐름에서 오차를 줄였다.

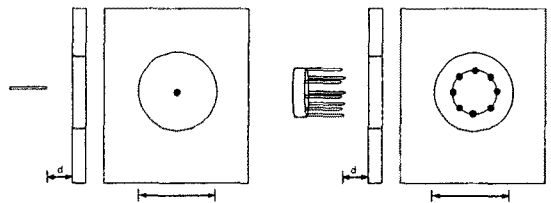


(a) 침대 중공평판 전극계와 (b) 직류 고전압 전원장치

1. 서 론

직류 고전압이 침대 평판전극에 인가된 불평등전계 중에서 정(+)코로나방전이 발생하게 되면 양이온들이 침전극에서 평판전극으로 이동한다. 이러한 이온들의 이동에 의하여 생성되는 기류를 이온풍(ionic wind)이라고 한다[1][2]. 전계중에서 하전입자들이 힘을 받아 이동하는 전기적 현상들은 코로나 방전을 이용한 오존발생장치, 정전대전현상을 이용한 집진장치 등에 응용되어 큰 효과를 나타내고 있다. 또한 코로나 방전이 발생하는 영역에서 전극사이에 발생하는 기류의 흐름은 열전달장치, 공기순환장치 등에 이용되기도 한다[3]. 본 논문에서는 침대 중공평판 전극에 직류고전압을 인가하였을 때 발생하는 이온풍을 공기역학적인 측면인 기류제어에 이용할 수 있는 기초 데이터를 얻고 물리적 특성을 분석할 목적으로 중공의 크기, 전극간 거리, 인가전압 등 실험조건에 따른 풍속의 변화를 측정하였으며, 이에 대한 결과를 기술하였다.

그림 1. 침대 중공평판 전극계와 고전압 전원장치의 사진  
 Fig. 1. Photo. of the pin to punched-plate electrode systems and HVDC power supply



(a) 단일 침전극과 중공평판 (b) 8극 침전극과 중공평판

그림 2. 코로나방전을 위한 전극의 구성  
 Fig. 2. Configuration of electrode system for corona discharges

2. 실험장치 및 방법

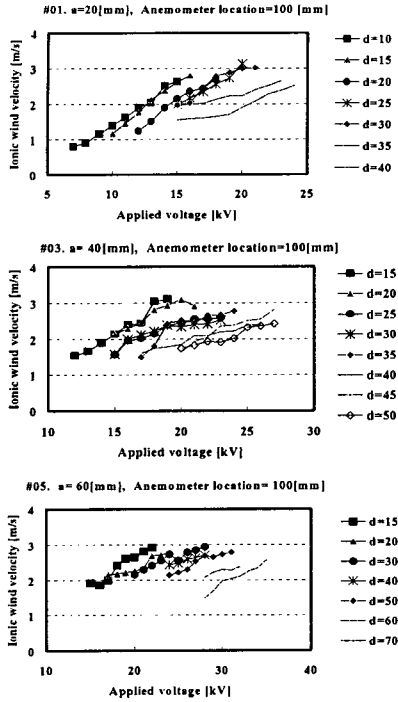
그림 1(a)에 나타난 침대 중공평판 전극에서 중공의 지름을 20~120(mm), 평판과 침전극의 거리는 10~100(mm)의 범위에서 직류고전압을 인가하여 실험하였다. 그림 1(b)와 같은 고전압직류 전원장치를 이용하여 인가전압을 7~55(kV)의 범위에서 변화시키면서 최대풍속이 발생하는 조건을 결정하기 위한 실험을 하였다. 중공의 지름과 전극거리를 일정하게 한 후 절연 파괴전압까지 인가전압을 증가시키면서 풍속의 변화를 측정하였으며, 측정위치는 중공평판 후면으로부터 100(mm), 200(mm)의 두 지점으로 하였다. 침전극은 중공의 직경에 따라 그림 2(a)와 같은 단일침전극과 그림 2(b)와 같은 8개의 침으로 이루어진 8극 침전극을 사용하였다. 침전극의 굵기는 직경 2(mm)의 연철심을 사용하였으며, 8개의 경우에도 각각의 침전

3. 결과 및 검토

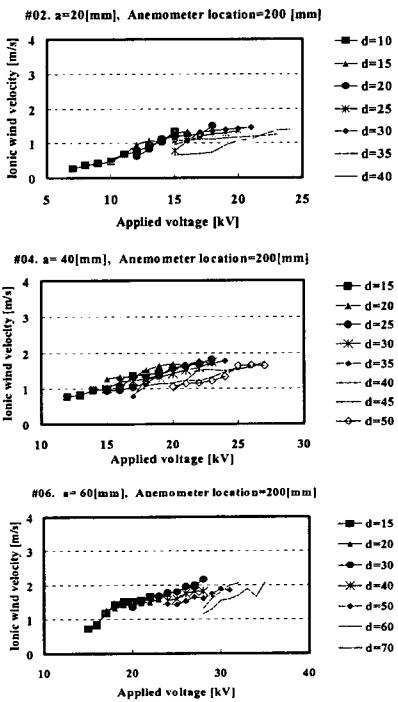
3.1 단일 침전극과 중공평판에서 발생하는 이온풍

평판전극 중공의 직경 20(mm), 40(mm), 60(mm)에서는 단일 침전극을 사용하였으며, 그림 3과 같이 중공의 크기에 따라서 단일 침전극과 중공평판 사이의 거리를 파라미터로 하여 인가전압과 풍속을 나타내었다. 각각의 중공직경에 대하여 그림 3(a)에 나타난 이온풍 풍속은 중공평판 전극의 후면으로부터 100(mm)지점에, 그림 3(b)에 나타난 이온풍 풍속은 200(mm)의 지점에 풍속계를 설치하고 측정된 5초간의 평균풍속이다. 중공의 지름이 20(mm)일 때 중공

평판 후면으로부터 100[mm]지점에서 측정된 풍속의 최대값은 3.2[m/s]이었으며, 200[mm]지점에서는 약 1.5 [m/s]로 측정되었다. 측정지점이 200[mm]로 증가함에 따라 풍속은 약 50[%]정도로 급격히 감소하였다.



(a) 100[mm]에서 측정된 풍속



(b) 200[mm]에서의 풍속

그림 3. 단일 침전극과 중공평판에서 중공크기에 따른 풍속의 변동특성

Fig. 3. Variation characteristics of ionic wind velocity versus applied voltage according to the punched hole size at the back side of the pin to punched-plate system

중공의 지름이 40[mm]인 경우 중공평판 후방 100[mm]에서 측정된 이온풍의 풍속은 지름 20[mm]인 경우보다 대체로 높게 나타났다. 중공평판 후방 200[mm]에서 측정된 풍속도 증가하였으므로 풍량의 증가와 더불어 기류의 저항성이 향상되었다. 전극간 거리 d가 25~35[mm]에서 인가전압이 17~23 [kV]인 경우 가장 안정적인 이온풍이 발생되었다. 지름 60[mm]인 중공에서는 이온풍의 풍속이 다른 두 가지 경우에 비하여 가장 크게 측정되었다. 전극간 거리 d가 30~50[mm]에서 인가전압이 25~30[kV]인 경우 가장 안정적인 이온풍이 발생되었다.

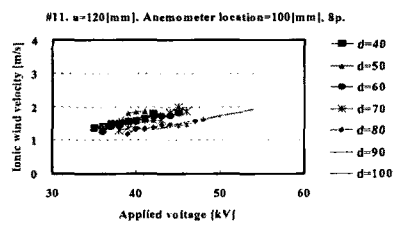
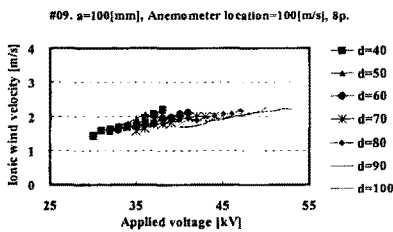
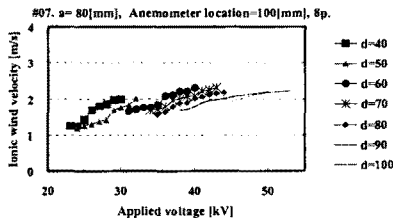
세 가지 중공의 크기를 가지는 전극구성에서 공통적으로 나타나는 현상인 거리에 따른 급격한 풍속의 감소는 풍량과도 밀접한 관계를 가진다. 풍량이 적은 경우 바람은 저항성을 먼 거리까지 유지하지 못하여 전체적인 기류형성에도 큰 영향을 주기 어렵다. 일반적으로 단위시간당 중공을 통과하는 풍량은 풍속과 중공 단면적의 곱으로 나타낼 수 있다[4].

측정된 풍속은 대체적으로 인가전압이 상승함에 따라 증가하는 양상을 보였다. 전극간 거리를 파라미터로 하여 측정하였으며 전극간 거리가 증가함에 따라 동일한 풍속을 위해서는 보다 높은 전압을 필요로 하였다. 하지만 침전극과 중공평판의 거리가 증가하더라도 최대풍속에는 큰 변화가 없었다. 중공의 직경이 증가함에 따른 풍속의 변화는 크지 않았지만 전반적으로 조금 증가하는 양상을 보였다. 중공평판으로부터 200[mm]에서 측정된 이온풍의 풍속에서는 중공의 직경이 증가함에 따라 최대 약 1.3[m/s]에서 약 2[m/s]로 증가하였음을 알 수 있다. 직경의 크기가 60[mm]를 넘는 경우는 단일침전극을 사용할 경우 직경에 비하여 발생하는 풍량이 작아서 주로 중공의 가장자리에서는 기류의 흐름이 미약하였으며, 중심부에서 풍속이 크게 나타났다. 측정된 이온풍의 풍속이 크게 변동하였기 때문에 직경 80[mm]이상의 중공평판에서는 8극침전극과 중공평판에서 발생하는 이온풍속을 측정하였다.

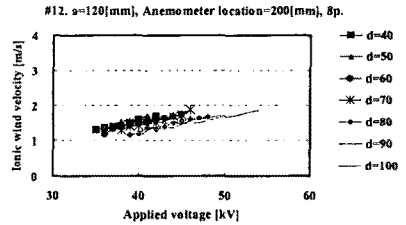
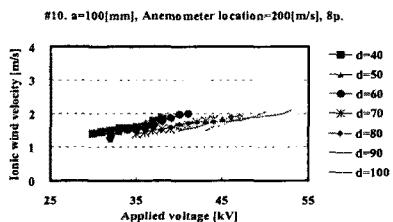
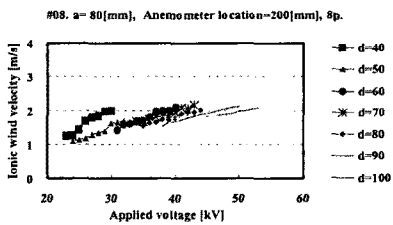
### 3.2 8극 침전극과 중공평판에서 발생하는 이온풍

단일 침전극의 경우 중공의 크기가 80[mm]이상 증가함에 따라 이온풍의 풍속은 큰 편차를 보이며 전반적으로 직경 60[mm]인 경우 보다 오히려 감소하는 경향성을 보이기 때문에 침전극의 개수를 8개로 증가시켜 실험하였다. 8극 침전극을 사용하는 경우 전극간 거리를 파라미터로 하여 인가전압과 풍속의 관계를 그림 4에 나타내었다. 중공평판의 중공직경은 80[mm], 100[mm], 120[mm]로 하였으며, 풍속의 측정위치는 단일침전극과 동일하게 중공평판 전극 후면으로부터 100[mm], 200[mm]로 하였다. 풍속은 중공직경 80[mm], 전극간 거리 70[mm], 인가전압이 43[kV]인 경우에 중공평판 후방 100[mm]에서 측정하였을 때 최대 2.3[m/s]로 나타났다. 하지만 동일한 직경에서 중공평판 후방 200[mm]에서 측정된 최대풍속은 2.2[m/s]로 약 4[%]가 감소되었다. 8극 침전극의 경우가 단일 침전극의 경우보다 중공평판 후방 100[mm]에서 측정된 최대풍속에서 더 낮은 값을 가지는 것으로 나타나고 있으나 그래프에서 알 수 있듯이 인가전압의 변동에 따라 보다 안정된 경향성을 보이고 있다. 또한 그림 4(b)에 나타난 바와 같이 중공평판 전극 후면으로부터 200[mm]의 위치에서 측정된

풍속도 거의 감소되지 않은 값으로 나타났다. 즉, 8극 침전극을 사용하는 경우 최대풍속은 전반적으로 약 2[m/s]정도로 감소하였지만 중공의 크기가 단일침전극에 비하여 크더라도 이온풍이 지향성을 가지고 멀리까지 진행하는 것으로 분석되었다. 이러한 결과는 중공을 통과하는 기류가 중공의 중심부분에 집중되는 것이 아니라 중공 전반에 걸쳐 나타나기 때문이며, 결과적으로 중공을 통과하는 풍량이 많아지게 된다. 따라서 기류조성능력이 단일침전극인 경우보다 월등하며 일정한 방향을 가지도록 가속시키는 데에도 유리하게 작용한다.



(a) 100mm에서 측정된 풍속



(b) 200mm에서의 풍속

그림 4. 8극 침전극과 중공평판에서 중공크기에 따른 풍속의 변동특성

Fig. 4. Variation characteristics of ionic wind velocity versus applied voltage according to the punched hole size at the back side of the 8 pins to punched-plate system

#### 4. 결 론

본 연구에서는 침대 중공평판전극을 사용하여 직류정(+)코로나 방전영역에서 발생하는 이온풍의 풍속을 측정·분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- (1) 안정적인 코로나 방전을 위하여 최대 100[kV]의 고전압직류 전원장치를 제작하여 적용하였다.
- (2) 단일 침대평판전극에서 이온풍의 풍속은 인가전압에 따라 증가하여 최대 3.2[m/s]로 측정되었으며, 풍속계의 위치가 중공평판으로부터 2배 증가할 때 50[%]수준으로 감소하였다.
- (3) 8극 침전극과 중공평판을 이용한 전극의 구성을 통하여 중공평판으로부터 200[mm]위치에서 약 2[m/s]의 풍속을 가지는 이온풍이 발생되었으며, 풍속계의 위치가 중공평판으로부터 2배 증가하여도 약 96[%]의 풍속을 유지하는 특성을 나타내었다.

본 연구는 2001년 부천시 산·학·관 공동기술개발사업의 연구비 지원으로 수행되었음.

#### [참 고 문 헌]

- [1] G. A. Kallio and D. E. Stock "Flow visualization inside a wire-plate electrostatic precipitator" IEEE Trans. on Ind. Appl. Vol. 26, NO. 3, pp.503~513, 1990
- [2] Y. Kagiwada, T. Hirata, T. Nakane, T. Otsuka and K. Seya, "Behavior of ionic wind of corona discharge in ultrasonic field", IEEE 1991 Ultrasonic Sym. pp.1015~1018, 1991
- [3] R. Honma and R. Ohyama, "Experimental study on ionic wind measurement of an electrohydrodynamically induced gas-liquid two-phase flow field by particle image velocimetry", 2000 Conf. on Elec. Insulation and Dielec. Phen. pp.81~84
- [4] L. Leger, E. Moreau, G. Touchard, "Control of Low Velocity Airflow along a Flat Plate with a DC electrical discharge", pp.1536~1542, 2001, IEEE