

레이저 혼탁도 모니터링을 통한 공기청정 특성에 관한 연구

김수원, 박종웅, 정종한, 정현주, 이유수, 전진안, 김희재
부산대학교 전기공학과

A study on characteristic of the smoke removal of an air cleaner
by monitoring of turbidity with laser

Su-Weon Kim, Jong-Woong Park, Jong-Han Joung, Hyun-Ju Chung, Yu-Soo Lee, Jin-An Jeon, Hee-Je Kim
Dept. of Electrical Engineering PNU

Abstract - The electrostatic precipitator(ESP) is a device for removing particulate pollutants in the form of either a solid (dust or fumes) or a liquid (mist) from a gas using an electrostatic force, Electrostatic precipitation has been widely used for cleaning gas from almost all industrial processes with a medium to large gas volume(>2,000 m³/min), including utility boilers, blast furnaces, and cement kilns. ESP is also in wide use for air cleaning in living environments (home, offices, hospitals, etc.) ESP has large advantages over other particulate control device : a low operating cost, a high collection performance, and ease of maintenance.

The purpose of this study is to investigate the characteristics of the smoke removal of an air cleaner by adjusting variable frequency and monitoring of turbidity. three results of this research are as follows ;the first is the best efficient switching frequency which is 60Hz, the second is the smoke removal time which is obtained to 9 seconds. third is that the best efficient firing angle is 90° As a result, the switching trigger frequency and SCR gate firing angle is very important factor to predict the best collection efficiency.

압기, 고압 다이오드 정류기를 거쳐 직류 전압을 얻어 집진기에 공급하며, 공급되는 직류전압의 크기는 싸이리스터의 위상제어를 통하여 조절한다. 이방식의 경우 고압 다이오드, 고압 커패시터 등의 고가의 장비가 사용되어 제작비용이 많이 드는 단점이 있다.

본 연구에서는 이런 단점들을 보완하기 위해 SCR과 AC 정현파의 영전압을 검출하기 위한 ZCS(Zero Crossing Switch)회로와 SCR 트리거 신호를 원하는 주파수에 맞도록 정밀하게 제어하기 위한 PIC one-chip 마이크로프로세서 제어부로 구성되는 펄스형 공기 청정 장치를 고안하였다. 누설변압기의 1차측에서 PIC one-chip 마이크로프로세서를 이용하여 상용주파 AC(60Hz)의 전파 정류된 펄스를 정밀하게 스위칭함으로써, 2차측의 방전 전극에 고압의 펄스를 인가하는 방식을 개발하였다. 이 장치를 이용해 혼탁도를 상시 모니터링 하면서 펄스 반복율의 변화와 점호각 가변에 따른 분진 및 매연 등의 제연 특성을 연구함으로써 집진 효율을 파악함과 동시에 전기 집진기의 집진특성에 대한 기본 파라메타를 최적화하고자 한다.

2. 본 론

2.1 시스템 구성도

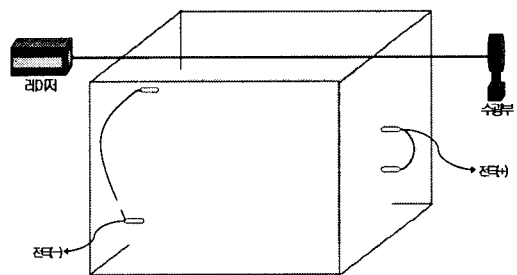


그림 1 전극 개략도
fig 1 Schematic diagram of discharge electrode

1. 서 론

전 세계적으로 첨예화된 환경오염 문제 가운데에서 대기오염 문제는 지구전체 인류의 생존에 직결되는 매우 긴박한 문제이므로 대기오염 제어기술에 대한 연구개발 및 투자가 전 세계적으로 가속화 되고 있다. 따라서 대기오염 문제가 국가적인 사회문제로 대두되면서 대기오염 방지장치의 수요가 급증하고, 점차 강화되는 환경오염 규제로 인하여 고효율의 오염방지장치의 설치가 요구되고 있다.^{[3][4]} 대기오염 방지장치에서 대표적인 집진장치 기술은 대기 및 실내오염 제어뿐만 아니라, 고정도의 첨단 clean-room 수요의 증가 등으로 인하여 산업체의 각 분야에서 필수적인 기술이다. 특히 대기 및 실내오염 중에서 우리 주위 환경개선과 밀접한 관계를 갖는 요소들은 분진 및 매연 등을 들 수 있다.

공기청정기는 공기를 거르는 방식에 따라 전기집진식과 필터 식으로 구분 된다. 전기 집진기는 초기 투자비가 높은 반면 유지 관리비가 적고, 여과 집진기는 초기 투자비는 작지만 여과포의 주기적인 교체와 운전비가 큰 특징이 있다. 또한 전기 집진기는 집진극의 일부가 훼손되더라도 약간 낮은 효율로 운전이 가능하지만 여과 집진기는 하나의 여과포만 손상되어도 전체 집진기 운전이 곤란한 특징이 있다. 따라서 전기 집진기의 사용이 점차적으로 증대하리라 예상 된다.

일반적으로 전원으로는 직류 하전방식을 쓰고 있는데, 단상교류 전원에서부터 싸이리스터(Thyristor), 고압 변

본 연구에서는 인가 주파수의 가변과 점호각에 따른 집진 효율 변화를 파악할 목적으로 집진극의 형태, 집진극의 간격 등을 일정하게 하기 위해 그림 1 과 같이 다공식 집진 전극 및 방전 전극을 제작하였다.

전극의 재질은 스테인리스 스틸이며 전극의 구조는 판전극에 삼각형모양의 편침을 함으로서 불평등 전극을 구현하고자 하였다. 먼지제거 효율을 높이기 위해서 전극 구조를 이중으로 구성하였고 이 방전 전극 사이에 고전압 펄스를 인가, 코로나 방전을 유도하여 먼지 및 매연을 제거할 수 있도록 구성하였다.

실험에 사용된 매연의 소스가 된 모기향에서 발생된 매연의 흐름을 관찰하기 위해 케이싱의 재질을 투명 아크릴로 제작하였으며, 전극의 크기는 140mm×110mm이며 삼각형 모양의 편칭이 한 전극당 20개가 되도록 구성하였다. 전극 간격은 30mm로 유지하였다.

2.1.1 전원 장치

전원장치는 펄스반복율을 10 ~ 60 Hz까지 가변 할 수 있도록 설계하였고 전원에서 얻을 수 있는 최대 펄스 전압은 약 31 kV이었다. 코로나 방전을 유지시키기 위한 펄스 전원장치의 주요부는 그림 2와 같이 제로 전압 검출부(ZCS), PIC one-chip 마이크로프로세서를 이용한 제어부와 SCR 트리거부, SCR과 고압 누설변압기를 이용한 전원 회로로 구성되어 있다.

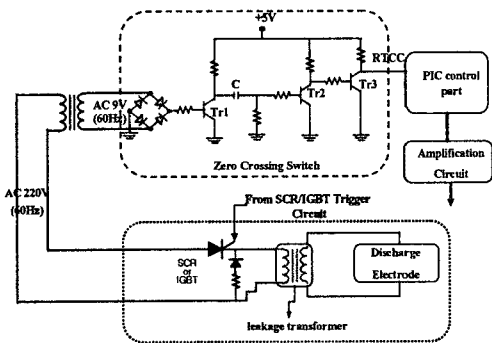


그림 2 누설변압기 1차측을 스위칭한 전원 공급 장치 제어부와 전원부

Fig. 2 Control circuit and power supply by switching of leakage transformer primary

2.1.2 제로 전압 검출부(ZCS)

스위칭부에 인가되는 전압과 동위상의 AC 전압(220V)을 소형 변압기를 통해 9V로 감압시킨 후 전파 정류시킨다. 그림 3과 같이 전파 정류된 정현파는 트랜지스터, Tr1의 베이스에 인가된다. Tr1의 베이스에 인가되는 정

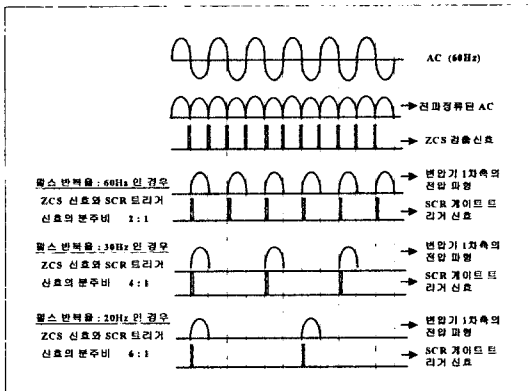


그림 3 동작 주파수에 따른 ZCS의 입출력 신호와 SCR 트리거 신호의 파형

Fig. 3 The waveform of ZCS input output signal and SCR trigger signal as working frequency

현파 펄스의 전압이 0으로 되는 지점에서 미분기와 증폭

기를 거친 신호는 트랜지스터 Tr3의 컬렉터에서 펄스 폭 약 200 μ s 정도의 5V구형파 펄스를 발생시킨다.

2.1.3 마이크로프로세서를 이용한 제어부

SCR을 원하는 주파수에 맞게 턴-온시키기 위한 제어부에는 PIC one-chip 마이크로프로세서를 사용하였다. 제어부의 동작 순서는 다음과 같다.

① 제로 전압 검출부(ZCS)로부터의 상용주파 AC의 제로 전압신호를 그림 2와 같이 PIC의 RTCC(Real Time Clock Count)에서 받아들인다. 즉, 1초에 120개의 영전압 검출 신호가 RTCC에 인가된다.

② 마이크로프로세서 내부에서는 RTCC에서 받아들인 초당 120개의 영전압 검출 신호를 원하는 주파수에 맞게 표 1과 같이 분주하여 SCR 트리거 회로에 신호를 인가한다. 펄스 반복율은 표 1의 주파수와 같이 자유자재로 조절할 수 있게 하였다.

③ PIC로부터의 신호는 전류와 전압이 작아서 바로 SCR을 트리거 시키기가 힘들다. 따라서 SCR 트리거 회로는 안정되게 SCR을 turn-on 시키기 위해 PIC로부터 출력되는 신호의 전압과 전류를 증폭시키는 역할을 한다. SCR의 트리거 신호는 AC line의 영전압(Zero Voltage)에서 원하는 펄스 반복율에 맞추어 SCR 게이트에 인가된다.

표 1 각 주파수에 따른 PIC의 입 출력 신호 분주비
Table 1 The ratio of PIC input output signal as the change of each frequency

주파수	ZCS로부터의 PIC에 인가되는 펄스 수	PIC로부터의 SCR 트리거부에 인가되는 펄스 수
5Hz	24	1
10Hz	12	1
20Hz	6	1
30Hz	4	1
40Hz	3	1
60Hz	2	1

2.2 분진의 제거 과정

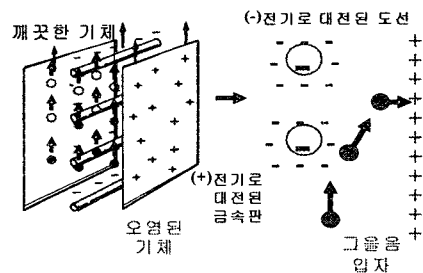


그림 4 집진 원리
fig 4 The principle of dust collecting

전기 집진기의 분진 제거 원리는 다음과 같다. 방전극과 집진극 사이에 고전압이 인가되면 불평등 전계가 형성된다. 전극에 가해진 전압이 코로나 개시 전압을

넘어서면 전극 주변에 있는 가스 분자의 전기적 파괴를 수반하여 코로나를 발생시킨다. 이때 방전극 주변에 전하가 생성되고 주변의 분진 입자들을 하전 시킨다. 하전된 입자는 반대 극성의 집진극으로 끌려가 포집된다.

2.3 실험 방법

본 실험은 집진 효율 특성에 관한 연구 이므로 동일한 실험 환경에서 일정량의 매연(모기향)을 투입하고 주파수와 SCR 점호각만을 가변 하여 코로나 임계 전압 및 체연 시간을 측정하여 주파수와 점호각에 따른 집진 효율을 조사하였다. 이때 실험 챔버 속의 혼탁도의 증감에 따른 He-Ne 레이저광의 광량의 변화를 CDS센서를 통해 감지하여 혼탁도를 모니터링한다.

광량에 따른 CDS센서의 저항 변화에 의한 전압 변화를 비교기(u741) 비반전 단자 3번으로 입력하고 기준 전압은 정밀 가변 저항을 통해 가변 시킬 수 있도록 하고, 이 양단자의 입력 전압을 비교하여 PIC가 SCR게이트 신호를 제어 하도록 설계 하였다.

2.4 실험 결과 및 고찰

2.4.1 실험 결과

주파수 가변에 따른 집진 효율 특성은 그림 5와 같이 전극간격 30mm에서, 펄스 반복율 60Hz, SCR점호각 90°에서 코로나 임계 전압이 가장 낮고 체연 시간 역시 가장 적었다..

2.4.2 고찰

본 실험에서는 동일 조건 하에서의 주파수 가변에 따른 집진 효율 성능을 검토하였다.

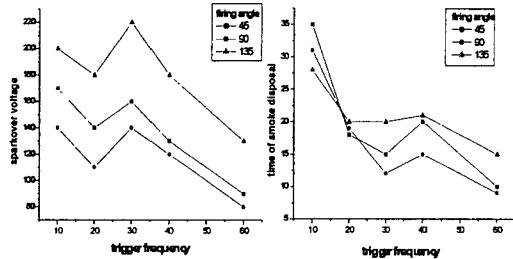


fig 5 The voltage of corona discharge and time of smoke disposal by adjusting variable frequency

그림 5는 동일한 매연광과 전극 간격에서 펄스 반복율과 트리거 점호각에 따른 공기 청정기 체연 특성을 나타내고 있다. 각 실험 데이터는 다섯 번 실험한 결과의 평균치를 표시하고 있다. 10Hz에서 60Hz까지 주파수를 가변 시킨 결과 연기 제거 시간이 60Hz, 점호각 90°에서 가장 낮게 나타났다. 코로나 임계전압 역시 펄스 반복율 60Hz, 점호각 90°에서 가장 낮게 나타났다.

펄스 반복율 20Hz와 40Hz에서는 거의 같은 결과를 얻었는데 그 원인은 20Hz에서는 ZCS에서 PIC로 인가되는 펄스가 6개 일때 40Hz에서는 3개 일때 트리거 신호가 한번 나오지만 40Hz에서는 두 번중 한번은 입력전압이 음의 반주기 일때 트리거 신호가 나오기 때문에 결국 20Hz와 같은 결과가 나오기 때문이다.

3 결론

본 연구에서는 PIC 원칩 마이크로프로세서를 활용한 펄스형 전원 장치를 구성하고, 고압 네온 트랜스의 1차 측을 제어하여 펄스 반복율을 조절하였으며 그에 따른 코로나 방전 특성 및 체연 특성을 연구한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 전극 간격을 30mm로 일정하게 유지하면서 펄스반복율에 따른 코로나 임계전압 특성을 검토한 결과, 펄스 반복율 60Hz, SCR점호각 90°에서 80V로 최소를 나타내었다.

(2) 체연시간은 펄스 반복율 60Hz, SCR점호각 90°에서 9초로 가장 짧게 나타 났다.

(3) (1),(2)의 결과를 종합해 봤을 때 펄스 반복율 60Hz, SCR점호각 90°에서 본 시스템의 공기 청정 특성이 가장 우수함을 알 수 있었다.

[참 고 문 헌]

- [1] 이동훈 외 4인, "상용주파수 교류방전 CO₂ 레이저의 동작 특성", 대한전기학회, 48C, pp587-590, 1999
- [2] Jeong Joo Lee, Jong Ho Kim, Experimental electrostatic precipitator design studies : Effects of the discharge electrode shapes on the collection efficiency" Bull Nat Sci,Yongin Univ. 2. No. 2. SEP 1997
- [3] Robinson ,M,1971,"Electrostatic precipitation" in .W. Straussed Air Pollution Control, parel wiley-interscience, New York
- [4] Miyake, M.; Takahashi, H.; Yasuoka, K.; Ishii, S. "The generation and application of micro discharge plasmas" Plasma Science, 1999. ICOPS '99. IEEE Conference Record - Abstracts. 1999 IEEE International Conference on , 1999
- [5]J.H. Joung, "The EMTP Analysis and Characteristics of Load Impedance on Various Electrode length, Pulse Repetition in Pulse Corona Discharging", presented at the KIEE, vol. 51C, No. 4, pp. 158-164, APR. 2002.
- [6] J. S. Chang and S. Masuda, "Nechanism of pulse corona induced plasma chemical process for the removal of NOx, SOx from combustion gases", presented at the IEEE Ind. Applicat. Soc. Annu. Conf., 1988.
- [7] E. M. van Veldhuizen, Y. L. M. Creyghton, and W. R. Rutgers, "High resolution schlieren study of pulsed corona", presented at the 4th Int. Conf. On ESP, Beijing, China, 1990.
- [8] H. J. Hall. "History of pulse energization in electrostatic precipitation", J. electrostatics. vol. 25, pp. 1-22, 1992
- [9] Hlina, J.; Nenicka, V. "Arc discharge rotation in external magnetic field-nonuniformities and formation of a nonlinear dynamic system " Plasma Science, IEEE Transactions on , Volume: 25 Issue: 5 , Oct. 1997