

## 오존 발생기의 실시간 성능 측정 시스템의 구현

최경업, 김용철, 김규식  
서울시립대학교 전자전기공학부

### Implementation of Real Time Performance Measurement System of an Ozone Generator

Kyeong-up Choi, Yong Cheol Kim, Kyu-sik Kim  
Department of Electric Engineering, University of Seoul

#### Abstract

오존은 다른 산화제에 비해 산화력이 훨씬 높아 수처리에 많이 쓰인다. 본 논문에서는 오존 발생량, 오존 농도와 관계가 있는 주요 파라미터들의 손쉬운 제어를 위해 그래픽 사용자 인터페이스 모니터링 시스템을 구현하였다. 이 시스템은 Windows 98 환경의 PC에서 Turbo C와 LabVIEW를 사용하여 프로그래밍하며, 이 모니터링 시스템은 인버터를 제어하는 80196 Microprocessor와 양방향으로 통신한다. 본 연구에서는 모니터링 시스템이 가져야 할 오존 발생기 개발 단계에서 각 파라미터들의 최적값 결정과 오존 발생기 제조 단계에서 파라미터들의 조정이라는 두 가지 목적에 적합하도록 그래픽 환경 사용자 인터페이스 구축에 그 초점을 맞추어 관리자가 효율적으로 오존 발생을 모니터링할 수 있게 한다.

#### 1. 서론

오존은 염소보다 수백배 강한 산화력을 가지고 있어 폐수나 상수의 살균, 탈색, 유기물 산화에 이용되고 있다. 그래서 지금까지 고농도의 오존발생과 그 유출량을 높이기 위한 많은 연구들이 있어왔다.

현재 사용되고 있는 오존 발생장치에는 여러 가지가 있다. 이 시스템들은 구동 전압과 주파수등의 구성방식이 각각 다르며 이러한 파라미터들의 결정은 대부분 제한된 환경에서의 실험적 결과에 의존해왔다. 그러나 최근 들어 고전력 반도체 소자와 고효율 방전관의 개발에 따라, 보다 다양한 환경에서 최적의 동작 조건을 결정할 수 있는 실험장치와 이 오존 발생장치의 동작을 효율적으로 관리할 수 있는 시스템이 필요하게 되었다. 이 시스템은 오존 발생시에 오존 발생기가 최적의 조건에서 동작을 할 수 있도록 하고, 양산시에는 오존 발생에 영향을 미치는 파라미터의 조정이라는 두 가지 목적을 가진다.

본 연구에서는 그래픽 환경에서 오존 발생기의 중

요한 파라미터들을 컴퓨터와 인터페이스하여 관찰하고 최적의 상태를 결정할 수 있는 모니터링 시스템을 구현하고자 한다. 고농도 오존을 발생시키기 위한 중주파수 (400~1,000Hz), 저전압 (10KV이하) 인가방식의 오존 발생기는 여러 가지 파라미터들에 의해 영향을 받는데, 그 중에서도 전압과 주파수가 가장 큰 영향을 미친다. 그래서 전압과 주파수의 제어가 필수적인데 이들의 값을 높이면 처음에는 오존 발생량이 증가하다가 높은 온도로 인해 급격히 줄어든다 [1]. 따라서 시스템 구현에 있어서 이러한 시스템의 안정성에 대해 고려를 해야한다.

본 논문의 본문에서는 오존 발생에 영향을 미치는 파라미터들에 대해 설명한 후, 그 신호들을 체계적으로 컴퓨터와 인터페이스하여 그래픽 환경에서 이 파라미터들의 모니터링에 대해 다루고, Appendix에서는 오존 발생에 영향을 미치는 파라미터들의 최적값 결정과 관련하여 설명하고 실제로 이 파라미터들을 조정하기 위한 Standard Test Procedure를 제시한다.

#### 2. 시스템 구성

본 연구에서 사용한 모니터링 시스템은 Pentium 133MHz PC에서 National Instrument社의 LabVIEW 5.0을 사용하였다.

온도센서와 DaqBoard 100A를 통해 온도를 모니터링하고 80196 Microprocessor와 Inverter에서 제어되는 전압과 주파수의 정보와 Ozone Analyzer에서 나타난 오존농도의 정보를 RS-232C를 통한 Serial Communication을 사용하여 인터페이스 한다.

##### 2.1 오존발생기의 그래픽 인터페이스

###### 2.1.1 Key Parameters

그림 1은 일반적인 오존 발생기와 주변 여러 가지 장비들의 블럭다이어그램이다. 이러한 여러 파라미터 중에서도 오존 발생량에 영향을 미치는 파라미터들에

는 전압, 주파수, 유입공기의 종류, 온도, 습도 등 여러 가지가 있다. 이러한 오존 발생기들은 주파수값을 변화시켜가면서 전압을 증가시킬 때 처음에는 오존 농도와 오존 발생량이 증가하지만 점점 오존 발생기 내부에서 발생하는 열에 의해 온도가 높아지고 그것이 어느 이상이 되면 오존 발생기의 성능은 오히려 급격히 저하된다 [1].

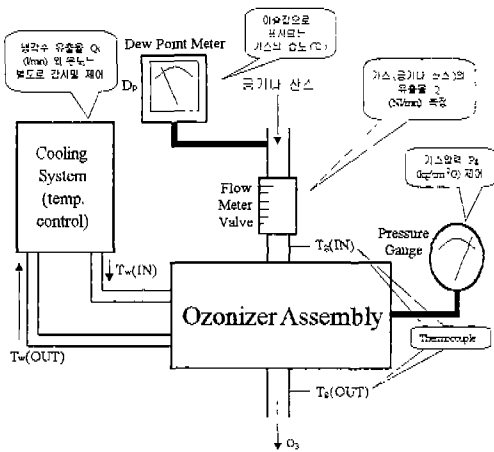


그림 1. 오존 발생기와 주변장치

본 연구에서는 이 모니터링 시스템으로써 오존 발생에 영향을 미치는 파라미터들을 효율적으로 모니터링하고, 오존 발생을 보다 최적화할 수 있는 값들을 결정할 수 있게 한다. 그림 2는 현재 개발중인 오존 발생기의 주요 파라미터들을 컴퓨터와 인터페이스하는 방법을 나타내고 있다.

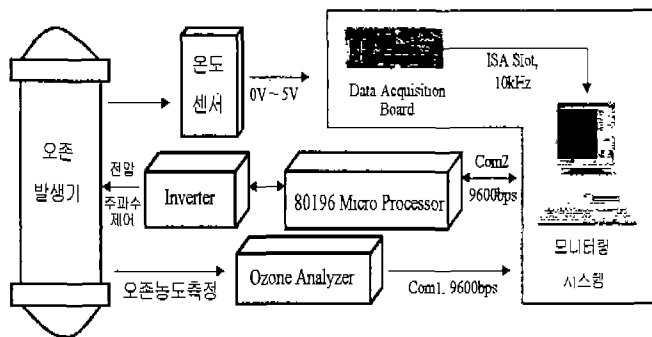


그림 2. 모니터링 시스템과 오존발생기의 인터페이스

## 2.2. 그래픽 환경 사용자 인터페이스 구축

### 2.2.1 그래픽 환경 프로그램

RS-232C를 통해 들어온 전압과 주파수 그리고 오존 농도의 정보를 모니터링하고, 온도센서로부터 출력된 아날로그 신호를 A/D Conversion한 정보를 모니터링하는 프로그램을 LabVIEW를 이용하여 작성하고 이를 실험하였다.

특히 전압과 주파수는 중주파수, 저전압 인가방식의 오존 발생기에서 실제적으로 오존 발생량에 가장

큰 영향을 미치는 파라미터이므로 오존 발생의 최적 조건을 결정하기 위해 사용자가 임의로 전압과 주파수값을 지정하고 또, 지정된 값으로 80196 Microprocessor와 Inverter가 오존 발생기를 바르게 제어하고 있는지의 여부를 확인할 필요가 있다.

이를 목적으로 LabVIEW 환경의 모니터링 시스템과 Turbo C 환경의 80196 Microprocessor 사이의 양방향 통신을 하기 위한 새로운 Command Set를 만들었다.

### 2.2.2 인터페이스 방법

그림 3은 모니터링 프로그램을 실행하였을 때의 초기화면이다. 온도, 전압과 주파수 그리고 오존농도 전체를 모니터링하고 그림 4와 같이 각각의 파라미터를 확대 버튼을 이용하여 개별적으로 모니터링하였으며 이 그림에서는 그 예로 전압을 모니터링하고 있다.

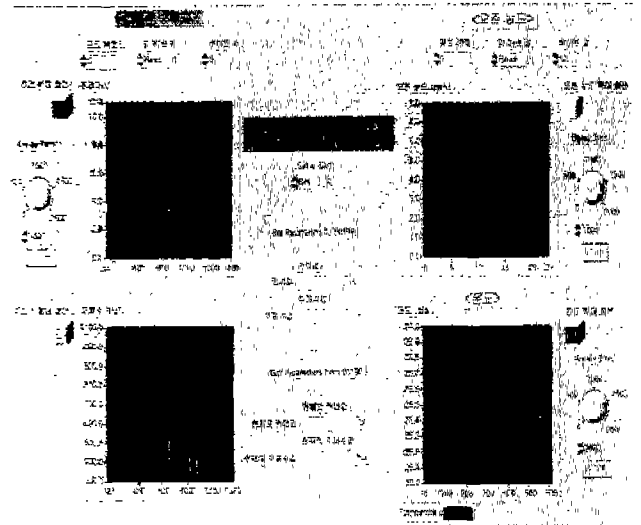


그림 3. LabVIEW를 이용한 모니터링 프로그램

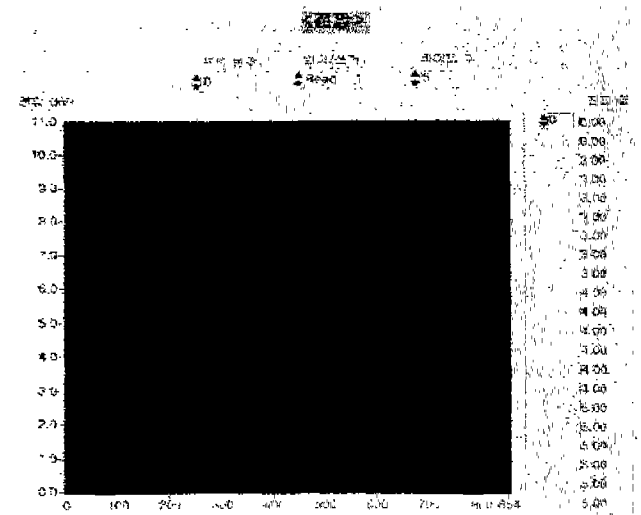


그림 4. 확대버튼을 이용한 전압 모니터링

그림 5는 모니터링 프로그램에 대한 개요도로서 각 파라미터들의 모니터링 형식과 방법이 나타나 있다.

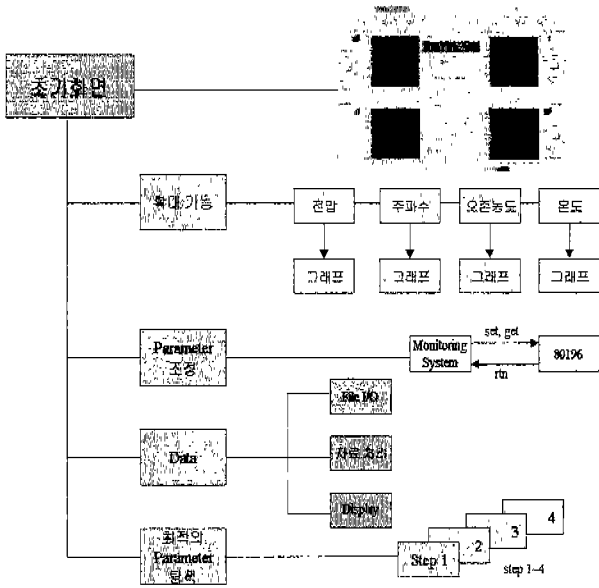


그림 5. 모니터링 프로그램의 개요도

### 2.2.3. 그래픽 프로그램

#### ① 온도 모니터링

오존 발생기의 방전관으로부터 방출되는 열을 온도 센서를 통해 0~5V전압으로 변환시키고 이를 다시 DaqBoard로 A/D Conversion한 후에 모니터링한다.

#### ② 전압, 주파수 모니터링

80196 Microprocessor와 Inverter가 오존 발생기의 전압과 주파수를 제어하게 되고 그 정보를 RS-232C를 통해 80196 Microprocessor가 모니터링 시스템에 전달하면 그 정보를 모니터링하게 된다. 이 때 사용자는 80196 Microprocessor와 양방향 통신을 통해 임의의 전압과 주파수값을 지정할 수 있는데 그 때의 Command Set 내용을 표 1에 나타내었다.

표 1. 양방향 통신시 모니터링 시스템과 80196 사이의 Command set

Command	내용
set volt = x set freq = y	모니터링 시스템에서 80196에게 현재의 전압값을 x로, 주파수값을 y로 제어하라는 command
get volt get freq	모니터링 시스템에서 80196에게 현재 제어되고 있는 전압과 주파수값을 전송해달라는 command
rtn volt = x rtn freq = y	80196에서 모니터링 시스템으로 현재의 전압과 주파수값을 전송할 때의 command

그림 6은 80196 Microprocessor 제어부 플랜트에 대한 블럭다이어그램이며, 그림 7과 그림 8은 각각 양방향 통신시의 모니터링 시스템과 80196 Microprocessor의 상태를 나타내고 있다.

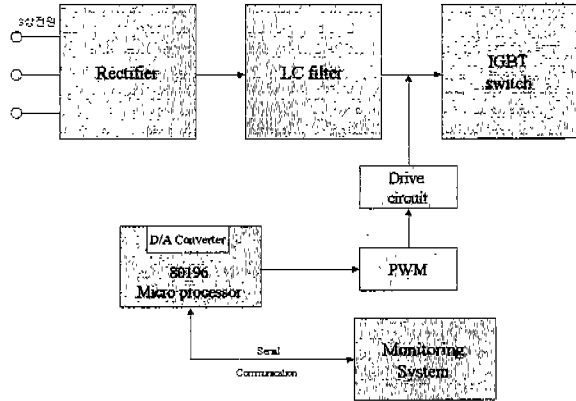


그림 6. 80196 Microprocessor 제어부 플랜트

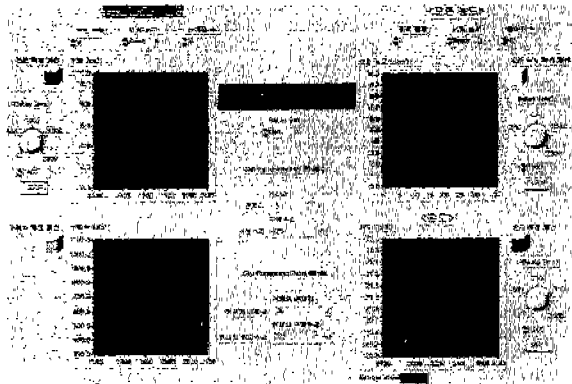


그림 7. 양방향 통신시의 모니터링 시스템

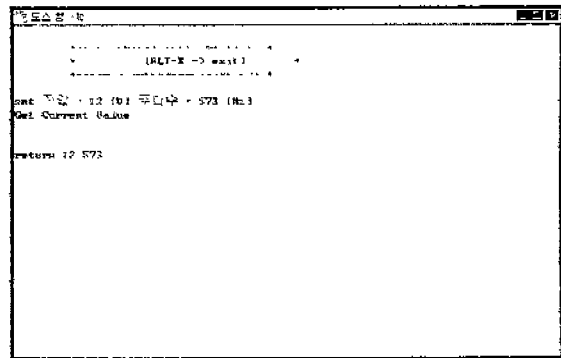


그림 8. 양방향 통신시의 80196 Microprocessor

#### ③ 오존농도 모니터링

Ozone Analyzer에서 측정된 오존 농도의 정보를 RS-232C를 통해 Acquisition하여 모니터링한다.

### 2.3. 최적의 파라미터값 탐색

오존 발생시에 최적의 고농도 오존을 발생시키기 위한 파라미터값의 탐색, 안정성 그리고 시스템 구현에 대해서도 고려해야한다. 이러한 최적의 파라미터값을 본 논문의 Appendix에서 제시한 Standard Test Procedure를 사용하여 80196 Microprocessor와 의 양방향 통신으로 이 값들을 탐색한다.

## 3. 결론

오존발생기를 생산할 때 최적의 오존발생을 위해 파라미터들을 관찰하고 조정하는 모니터링 시스템을 개발하였다. 지금까지는 오존농도를 측정하는 수준에만 그쳤지만 대부분의 파라미터들이 오존농도에 영향을 미치는 현실에서 이들을 컴퓨터와 인터페이스하여, 그래픽 환경에서 관리자가 효율적으로 고농도 오존 발생을 모니터링할 수 있도록 하는 시스템은 필수적이다. 본 논문에서의 모니터링 시스템은 그래픽 사용자 인터페이스를 위해서 LabVIEW를 이용하여 온도, 전압과 주파수 그리고 오존 농도를 모니터링하는 프로그램을 작성하였다. 특히 80916 Microprocessor와 의 양방향 통신을 위한 Command Set를 통해 사용자가 전압과 주파수값에 대한 임의의 지정을 가능하게 하였다.

## Appendix

오존발생기를 생산할 때 최적의 오존발생을 위해 파라미터들을 조정하는 과정, 오존발생기를 개발할 때 성능평가를 위해서 모니터링 시스템이 사용되어진다. 본 연구에서는 오존 발생기 생산시 최적의 파라미터를 찾기 위한 Search 방법을 살펴본다.

본 논문에서의 Standard test procedure는 다음과 같다.

· Step 1 : 먼저 일반적으로 최적의 오존발생이 이루어지는 Operating point들을 여러 번의 실험을 통해서 구하고, 그 점에서 부터 이웃하는 다른 점으로 오존 농도가 증가하는 방향으로 그림 9와 같이 Search 한다. 이 때 Neighbor의 간격은 충주파수, 저전압 인가방식의 경우 주파수는 400~1.000Hz이고 전압은 10kV이하임을 감안하여 10Hz, 100V로 설정하였다.

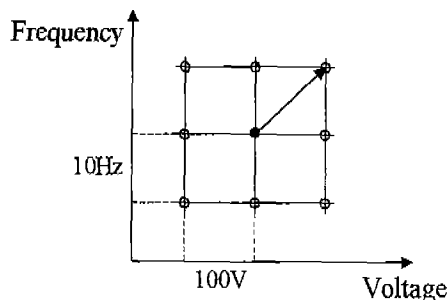


그림 9. Operating point에서 Neighbor로의 Search

· Step 2 : 그림 10에서와 같이 각각의 Operating point에서 모두 같은 방법으로 오존 발생량이 더 이상 증가하지 않을 때까지

Search 한다. 이 때, Neighbor와의 간격이 충분히 작아 실제 최적해와 큰 차이 없이 해를 찾을 수 있을 것으로 예상되므로 Neighbor와의 간격은 조정하지 않고, Search해 나가는 도중에 다른 Operating point와 만나는 점은 더 이상 Search하지 않는다.

· Step 3 : 이렇게 찾아진 최적해들의 감도 (Sensitivity)를 고려하여 민감하게 변화하는 값들은 배제한다. 전압 V의 변화에 의한 오존농도의 감도를  $C_V$ , 주파수 f의 변화에 의한 오존농도의 감도를  $C_f$ 라 할 때, 고려하고자 하는 전체 감도  $C_{Total}$ 은 식 (1)과 같다. 단,  $\alpha$ 와  $\beta$ 는 오존 발생기 시스템에 따라 조정할 수 있는 가중치 (Weighting) 값이다.

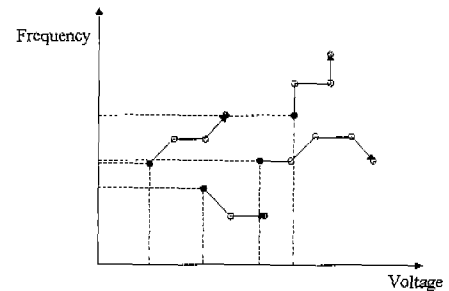


그림 10. 여러 개의 Operating point에서의 Search

· Step 4 : 전력을 고려하여 오존 농도와 전력의 비가 가장 큰 점을 최종해로 결정한다.

$$C_{Total} = \alpha C_V + \beta C_f$$

$$C_V = \frac{V}{C} \frac{dC}{dV} \quad (1)$$

$$C_f = \frac{f}{C} \frac{dC}{df}$$

## 4. 참고문헌

- [1] S. Masuda, K. Akutsu, M. Kuroda, Y. Awatsu, and Y. Shibuya, "A ceramic-based ozonizer using high frequency discharge", IEEE Trans. on Industrial Applications, Vol. IA-24, pp.223-231, 1988.
- [2] S. Masuda, M. Sato and T. Seki, "High-efficiency ozonizer using traveling wave pulse voltage", IEEE Trans. on Industrial Applications, Vol. IA-22, pp.886-891, 1986.
- [3] 이취재, 최재욱, 김규식, 김용철, "오존발생시스템과 오존수 제조에 관한 연구", 산업기술연구소 논문집, 제 5집, pp. 119-123, 1997.
- [4] 최성주, "Graphical programming LabVIEW 입문", 동일출판사, 1998.
- [5] Gary W. Johnson, "LabVIEW graphical programming", Mcgraw-Hill, 1997.