

Development of Intelligent Solenoid Valve Controller for Dust Collecting System

姜 文 盛 · 洪 性 勳**
(Sung-Hun Hong · Moon-Sung Kang)

Abstract - In this study, an intelligent solenoid valve controller has been developed for efficient maintaining of filters in a dust collecting system. This controller has automatic controllability of solenoid valves' ON/OFF time depending on the clogging status of filters, and then it can extend the filters' lifetimes, decrease the power consumption, and make effective operation of the system possible. This controllability has been executed by the fuzzy theory that utilizes the workers' experimental knowledges, the control expert's knowledges and the differential pressures between the inlets and outlets measured by the sensors.

The system's operation is under the continuous surveillance by using a current transformer, which warns the operators and lets them take necessary actions in case of abnormal operation.

Key Words :dust collecting system, solenoid valve controller, fuzzy

1. 서 론

산업이 발달하면서 발생하는 오염물질로 인해 대기환경문제가 날로 심각해지고 있다. 대기오염은 인체에 호흡기질환을 비롯한 여러가지 건강장해를 유발함은 물론 식물이나 재산 등에도 막대한 피해를 주며, 시정의 악화나 일사량의 감소와 같은 경제적 환산이 곤란한 악영향을 초래하고 있다[1][2].

대기 오염물질중에서 산업체에서 가장 많이 배출되는 것이 분진이다. 이러한 분진배출을 효과적으로 제어하기 위해서 발생하는 기체의 특성과 분진의 특성을 규명하여 이에 적합한 집진시설을 설치하여 운전해야할 뿐만 아니라 분진포집기구 및 성능을 정확히 이해한 후에 기존 집진 시설의 성능 및 공정을 개선시켜야 한다[1].

현재 광범위하게 사용되고 있는 집진기술로서는 세정식 집진기술, 전기식 집진기술 및 여과포 집진기술을 들 수 있는데, 본 논문에서는 집진성능이 우수하면서도 경제적으로 유리한 것으로 알려진 충격기류(pulse-jet)방식의 여과포 집진장치(dust collecting system with bag-filters)를 효과적으로 제어, 유지하기 위한 방안을 제시하고자 한다.

여과포 집진장치의 경우 오염물질이나 분진을 여과시키기 위해 여러 개의 필터를 사용하게 되는데, 여과과정에서 분진 등으로 인해 필터가 막히게 된다. 이 때 솔레노이드 밸브

를 이용해 강한 압력의 공기를 역방향으로 각각의 필터에 일정시간간격을 두고 순차적으로 불어줌으로써 필터에 쌓인 분진 등을 제거하고 있다.

그러나, 기존 방식에서는 필터의 막힘상태와 무관하게 일정시간간격으로 공기를 불어주는 동작을 반복하게 되어 에너지 낭비를 초래할 뿐 아니라 유지보수에 많은 문제를 야기하게 된다. 이에 현재에는 숙련된 작업자의 경우, 경험을 바탕으로 작업정도에 따라 솔레노이드 밸브의 ON/OFF 시간을 조정하고 있고, 또한 초보자인 경우에는 설치 및 보수 관리자에게 위탁해 수동으로 조정함으로써 필터의 유지보수가 원활하게 수행되지 못해 대기오염을 가중시키는 물론 필터의 수명단축 등의 문제점이 발생하고 있다. 또한 밸브 제어기의 구동장치부분인 TRIAC 또는 솔레노이드 밸브의 과손시 경고기능이 전혀 없어, 이로 인한 여러가지 부작용으로 시스템의 성능을 저하시킨다. 그리고 필터의 교체시기를 알 수 있도록 필터 전·후면의 압력차를 표시하는 마노메타도 밸브 제어기와는 별개로 분리되어 있는 아날로그 형식이며 기능적으로도 단순 표시장치에 불과할 뿐 아니라, 대부분 수입에 의존하기 때문에 가격도 비싸다.

본 논문에서는 이러한 문제점들을 갖는 기존 밸브 제어기의 성능을 개선하기 위해서 지능제어를 이용한 솔레노이드 밸브 제어기를 개발함으로써 집진장치의 효율적인 유지보수 및 운전이 가능하도록 한다. 제안된 솔레노이드 밸브 제어기의 제어알고리즘은 압력센서를 이용하여 필터의 막힘정도에 따른 필터 전후면의 압력차와 압력차 변화량을 측정하여 정량화하고, 숙련된 작업자의 경험적 지식과 제어전문가의 지식을 규칙 기반화하여 퍼지추론을 통해 최적성능을 유지하기 위한 ON/OFF시간을 결정하는 방식으로 구성되어 있다. 또한, 변류기를 사용하여 TRIAC이나 솔레노이드 밸브등 시스

* 正 會 員 : 淸主大學 전자공學科 碩士課程

** 正 會 員 : 淸主大學 전자공學科 副教授 · 工博

接受日字 : 2004년 3월 26일

最終完了 : 2004년 4월 22일

템의 상태를 지속적으로 감시함으로써 이상발생시 작업자에게 경보로써 전달, 신속한 대처를 할 수 있게 하여 시스템의 수명연장 및 효율적인 운전이 가능하도록 한다. 그리고 기존의 아날로그형 마노메타 대신 압력센서를 이용하여 디지털 형식으로 압력차를 표시함으로써 쉽게 압력차를 파악할 수 있고 필터의 교체시기도 정확하게 알 수 있게 한다. 이러한 기능들을 부여하여 기존의 제품보다 우수하고 저렴하며, 사용이 편리한 집진장치용 필터 운영시스템을 개발하고자 한다. 그리고 본 논문에서 개발한 밸브 제어기를 실제 구현하고 기존 밸브 제어기와 비교하여 사용의 편리함, 필터의 수명연장, 에너지 절약등 성능의 우수함을 보이고자 한다.

2. 충격기류방식의 여과포 집진장치

우수한 집진성을 갖는 여과포 집진장치는 분진발생공정 및 연소설비등에 광범위하게 적용되어 운전되고 있다. 그러나 종래에는 배출기체에 습도가 다량 함유된 경우에는 여과포 집진장치의 적용이 어려운 것으로 알려져 있었지만, 포집 분진의 특성에 적합한 여과포의 개발과 탈진방식의 개선으로 인해 해결이 가능하게 되었다. 또한 여과포 집진장치는 다른 집진장치에 비해 넓은 여과포 면적의 필요에 따라 장치의 설치면적이 많이 소요된다는 단점이 있으나, 여과포를 원통으로 봉재하여 서로 접근시켜 많은 개수를 다단으로 배치하는 등의 방법으로 설치면적을 최소한으로 줄이려는 연구가 계속되고 있다. 대체적으로 여과포 집진기술의 압력손실은 약 100~200mmH₂O정도이고 포집효율은 거의 99.9%정도까지 달성할 수 있다[3][4][5].

여과포 집진기술을 이용한 집진장치설계에서 매우 중요한 변수의 하나는 압력손실이다. 여과포 집진기술에서 압력손실은 기체가 여과포와 분진층을 통과할 때 발생하는 저항을 말한다. 압력손실의 크기는 배출기체의 점도, 여과속도, 여과포의 두께, 공극율(void fraction), pore size, 분진층의 두께 및 특성에 좌우된다. 압력손실은 장치를 운전하기 위한 배출기체의 유입 또는 처리된 기체를 배출시키는데 필요한 송풍기의 용량을 결정하는데 중요한 요소이다.

한편 기체중에 함유된 분진을 여과포에 의해 포집하게 되면 여과포 표면에 분진층이 형성되는데 시간이 지나면서 분진층은 두꺼워져 압력손실이 점차적으로 높아지므로 정상적인 운전이 불가능하게 된다. 따라서 압력손실을 일정하게 유지하기 위해서는 여과포 표면에 어느 정도 분진층이 형성되면 물리적인 운동이나 에너지를 가하여 적절한 시간간격으로 퇴적된 분진층을 털어 내야 한다. 이와 같은 조작을 탈진이라고 하며 대표적인 탈진방식으로 충격기류 탈진방식(pulse-jet cleaning)[6]을 들 수 있다.

충격기류 탈진방식의 원리는 여과포의 외부표면에 부착된 분진층을 여과포의 상부에서 순간적으로 고압의 공기를 불어넣어 그 충격력과 역기류에 의해서 탈진하는 방식이다. 이 탈진방식은 탈진동작시 집진동작은 순간적으로 정지될 뿐으로 거의 연속적으로 집진동작이 가능하여 여러 개의 단위집진실이 필요없다. 또한 이 방식은 탈진강도가 강해 부직포 여과포에 유효하므로 이 탈진방식의 개발과 더불어 부직포 여과포가 보급되기 시작하였다.

충격기류 탈진방식의 장점으로는 부직포 여과포의 사용으

로 다른 탈진방식에 비해 단위 처리기체 용량당 설치면적이 적게 소요된다. 부직포 여과포의 적용으로 인해 전면여과가 가능하여 여과속도를 다른 직포 여과포에 비해 2-3배 정도 빠르게 할 수 있는 특징이 있다. 단점으로는 탈진강도가 강하므로 여과포의 강도가 저하되어 수명이 다른 탈진방식에 비해 짧다.

3. 퍼지제어 알고리즘

본 논문에서는 집진장치의 효율적인 운용을 위해 필터의 막힘정도에 따라 솔레노이드 밸브 제어기의 ON/OFF시간을 자동으로 조절할 수 있는 제어 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘에서는 퍼지이론[7]을 도입하여 숙련된 작업자의 경험과 제어전문가의 지식으로 만든 제어규칙을 바탕으로 입력변수에 따라 ON/OFF시간을 결정한다. 입력변수는 오차량(필터 전후면의 압력차와 기준압력차와의 오차)과 압력차변화량이며, 출력변수는 ON /OFF시간이다.

이때 제안된 밸브 제어기에 있어서 ON/OFF시간을 추론하기 위하여, 매 작업시작 초기에는 기존 밸브 제어기에서 일반적으로 사용되는 ON/OFF시간을 초기 ON/OFF 시간으로 설정한다. 그리고 설정된 초기 ON/OFF시간에 따라 밸브 제어기를 운전하여 첫번째 필터로 부터 마지막 필터에 이르기까지 한주기의 탈진작업을 수행하며, 이 과정에서 측정된 압력차로 오차량과 압력차변화량을 계산하여 다음 주기의 ON/OFF시간을 추론한다.

입력변수중 오차량을 계산하기 위해 필요한 기준압력차(목표압력차)는, 집진장치의 사용시간이 증대됨에 따라 탈진을 하여도 분진의 일부는 필터에 누적될 수 밖에 없기 때문에, 적절한 제어를 위해서는 초기 사용시점에서 부터 교체할 때까지 계속 증가시키는 것이 타당한 것으로 생각된다. 따라서 매작업이 시작되는 시점에서 측정된 초기압력차를 기준압력차로 설정하여 작업이 끝나고 시스템의 전원을 제거할 때까지 그 값을 유지한다. 단, 시스템에 전원이 인가된 초기에는 과도상태가 존재하여 정확한 압력차 측정이 불가능하므로 일정 시간(본 논문에서는 5초로 설정)후에 측정된 압력차를 기준압력차로 설정한다. 이렇게 필터의 압력차가 증가함에 따라 기준압력차를 변경함으로써 적절한 제어가 이루어질 수 있도록 한다. 또 다른 입력변수인 압력차변화량을 얻기 위해 기존 출력방식과는 다른 방법을 사용하였다. 즉 그림 1 (a)에서 보는 바와 같이 기존 방식의 경우 솔레노이드 밸브를 이용하여 여러개의 필터를 한번에 수개씩 일정시간 간격을 두고 순차적으로 탈진하는데, 이때 OFF시간의 범위가 5~60초이기 때문에 30초미만의 짧은 OFF시

간일 경우는 압력차 변화량이 너무 작아 측정이 어렵다. 그래서 본 논문에서는 그림 1 (b)와 같은 방법을 제안하였다. 제안한 출력방식은 다음 (1)식과 같다.

ON 출력 : 2초 간격으로 첫번째 밸브부터 마지막 밸브에 이르기까지 순차적으로 추론된 ON시간을 출력.

OFF 출력 : 마지막 밸브의 ON시간이 끝난 후 OFF시간을 출력.

제안된 방식의 OFF시간은,

$$\text{OFF시간} = (\text{추론된 OFF시간} - 2 \text{ 초}) \times \text{밸브수} \quad (1)$$

즉, 제안된 방식에서는 그림 1에서 보는 바와 같이 모든 밸브를 순차적으로 ON/OFF 동작을 반복시키는 기존의 방식과 달리 각각의 밸브를 2초의 지연시간을 갖고 순차적으로 정해진 시간만큼 ON시킨 후, 각 밸브의 OFF시간을 모두 합한 시간동안 OFF동작을 하도록 되어 있다. 그러나 그림 1(b)에서와 같이 OFF시간중에 30초 간격(분진종류 및 발생속도에 따라 변경가능)으로 압력차를 반복 측정하고 만약 기준 압력차를 일정치이상 초과하면 그 시점에서 ON/OFF시간을 추론하여 다시 탈진작업을 이행한다. 또한 일정치 이하인 경우에는 전 주기에서 정해진 OFF시간동안 탈진작업을 멈추고 최종 측정된 압력차와 이 시점으로부터 30초전에 측정된 압력차를 이용하여 다음 주기의 ON/OFF시간을 결정하도록 한다. 그런데, 여기서 기준압력차를 일정치이상 초과하는 경우에만 탈진작업을 하는 이유는 솔레노이드 밸브의 빈번한 운전을 방지하기 위함이다.

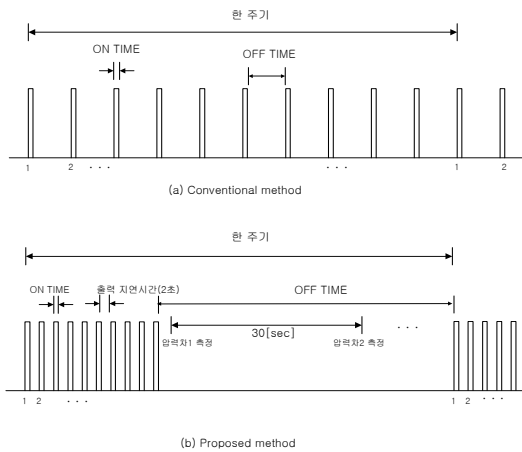


그림 1 밸브 제어기의 ON/OFF시간 결정방법
Fig. 1 The decision methods of ON/OFF times in valve controller

3.1 입·출력변수 및 소속함수

제어알고리즘에 사용할 입·출력변수는 오차량과 압력차 변화량, ON시간, OFF시간이다. 입·출력변수에 대해 정의된 소속함수와 제어규칙을 이용하여 퍼지추론을 하고 새로운 출력값을 얻게 된다.

이 알고리즘에서는 그림 1 (b)에서 보는 바와 같이 압력차를 반복 측정하여 입력변수인 오차량과 압력차변화량을 계산한다. 여기서 마지막 밸브의 ON동작이 끝난 뒤 2초후에 압력차를 측정하여 압력차1로 하고, 그후 30초 간격으로 측정된 압력차를 압력차2, ..., 압력차n으로 하였다. 그리고 n은 OFF시간중 측정할 수 있는 최대회수를 나타낸다. 압력차1은 필터 전·후면의 현재 압력차를 표시하기 위해 디스플레이 장치로 출력되고, 필터의 교체시기를 결정하는 값으로 사용된다. 입력변수로 사용되는 오차량은 압력차n과 기준압력차와의 오차이다. 압력차변화량은 압력차n과 압력차n-1의 차이이고,

OFF시간중 30초동안에 변화한 압력차로, 유입되는 분진량의 많고 적음을 나타낸다. 이 두변수를 다시 쓰면 다음식 (2), (3)과 같다.

$$\text{오차량(err)} = \text{압력차n} - \text{기준압력차} \quad (2)$$

$$\text{압력차변화량(cdp)} = \text{압력차n} - \text{압력차n-1} \quad (3)$$

출력변수는 ON/OFF시간이고, 입력변수에 따라 퍼지추론으로 각각의 값이 결정된다. 이 두 값은 입력변수에 대해 서로 반비례적으로 증감한다. ON시간은 분진의 양이 많아지면 증가하고 OFF시간은 더 자주 탈진하기 위해 줄어든다. 예를 들어, 오차량이 크고 압력차변화량도 크다면 ON시간은 증가하고 OFF시간은 감소할 것이다. 단, 퍼지추론결과 OFF시간이 30[초]미만이면 30[초]로 간주한다.

소속함수의 형태는 가장 많이 쓰이고 있는 삼각형 형태이고, 각변수에 따라 독립적으로 정의되어 진다. 입력변수인 오차량(err, 필터 전후면의 압력차와 기준압력차와의 오차)과 압력차 변화량(cdp) 또한, 출력변수인 ON TIME과 OFF TIME에 대한 소속함수를 그림 2에 나타내었으며, 각변수의 정의범위는 다음과 같다.

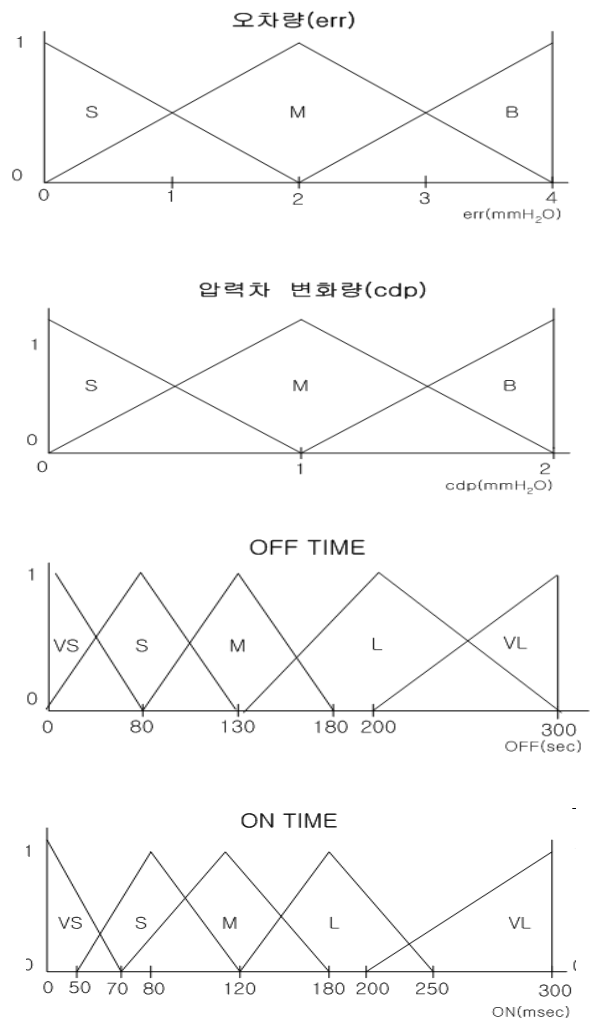


그림 2 소속함수
Fig. 2 Membership functions

오차량(err) : $0.0 \leq err \leq 4.0$ [mmH₂O],
 $err > 4.0$ 이면 $err = 4.0$
 압력차변화량(cdp) : $0.0 \leq cdp \leq 2.0$ [mmH₂O],
 $cdp > 2.0$ 이면 $cdp = 2.0$
 ON 시간(ON) : $ON \leq 300$ [msec]
 OFF 시간(OFF) : $OFF \leq 300$ [sec]

3.2 제어규칙

다음 표 1에서 보는 바와 같이 제어규칙은 ON시간, OFF 시간 각각 9개씩이다. 여기서, S=Small, M=Medium, B=Big, VS=Very Short, S=Short, L=Long, VL=Very Long을 의미한다.

표 1 퍼지 제어규칙

Table 1 Fuzzy control rules

err \ cdp	S	M	B
S	VS	S	M
M	S	M	L
B	M	L	VL

(a) ON TIME

err \ cdp	S	M	B
S	VL	L	M
M	L	M	S
B	M	S	VS

(b) OFF TIME

3.3 퍼지추론 및 비퍼지화

추론방법으로는 Max-Min법을, 비퍼지화 기법으로는 무게 중심법(Center of Gravity Method)을 사용한다[7].

4. 솔레노이드 밸브 제어기의 제작과 실험

4.1 하드웨어 설계 및 제작

본 논문에서는 제안된 제어알고리즘을 갖는 솔레노이드 밸브 제어기를 제작하였다. 시스템의 전체구성을 그림 3에 나타내었고, 그림 4에 실제 제작한 솔레노이드 밸브 제어기를 나타내었다.

가. 입력부 및 증폭부

입력부는 필터의 전·후면 압력차를 측정하기 위한 부분으로 차압센서를 사용하였다. 센서로 부터의 출력신호를 A/D변환부의 기준압력값과 측정하고자 하는 압력값 범위에 맞추기 위해 op-amp를 사용하여 증폭하였다. 일반적으로 집진장치의 필터 전·후면 압력차의 범위는 0 ~ 300[mmH₂O](약 0.5 PSI)이다.

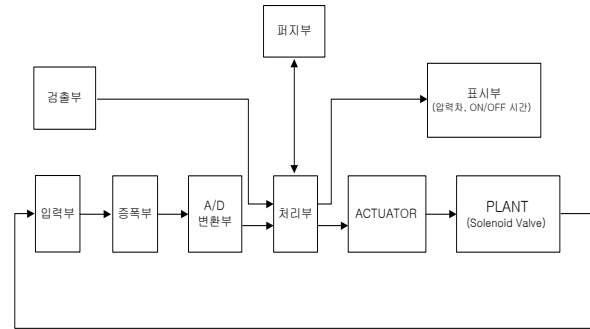


그림 3 시스템 구성

Fig. 3 System configuration

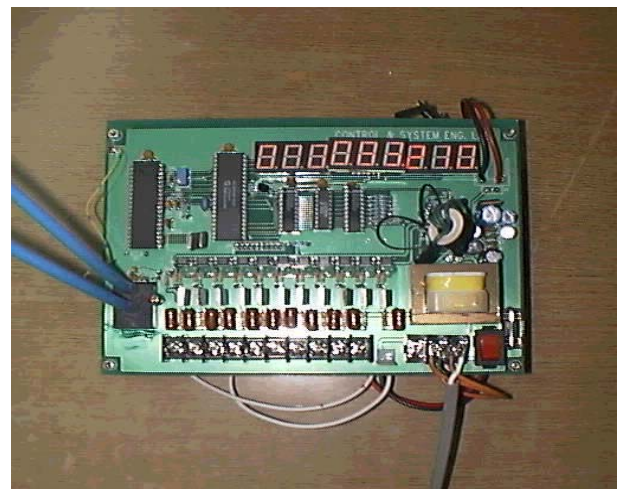


그림 4 개발한 밸브 제어기

Fig. 4 Developed valve controller

가. 입력부 및 증폭부

입력부는 필터의 전·후면 압력차를 측정하기 위한 부분으로 차압센서를 사용하였다. 센서로 부터의 출력신호를 A/D변환부의 기준압력값과 측정하고자 하는 압력값 범위에 맞추기 위해 op-amp를 사용하여 증폭하였다. 일반적으로 집진장치의 필터 전·후면 압력차의 범위는 0 ~ 300[mmH₂O](약 0.5 PSI)이다.

나. A/D 변환부

12bit의 분해능을 가진 ICL7109를 사용하며, 압력차를 1 scale당 0.1[mmH₂O]로 하였다.

다. 검출부

제작한 밸브 제어기의 경우 솔레노이드 밸브를 ON/OFF 제어하기 위해 TRIAC을 사용하였다. ON/OFF 동작시 외부의 영향(과전압 등)이나 부품의 노화로 TRIAC이나 솔레노이드 밸브가 파손되는데 이로 인하여 ON 출력시 OFF 출력이 되거나, OFF 출력시 계속 ON 출력이 나가는 경우가 발생하게 된다. 이러한 경우를 방지하기 위하여 변류기를 이용하여 ON 출력시 2차측에 유도되는 전류를 측정하여 파손여부를 판단하게 된다.

라. 퍼지부

퍼지부는 처리부와 함께 제작한 솔레노이드 밸브 제어기의 가장 중요한 부분이다. 마이크로 프로세서의 처리속도가 느리기 때문에 실시간으로 퍼지연산을 하기는 어렵다. 그래서 PC에서 C-언어를 사용하여 퍼지제어 알고리즘을 수행하여 얻은 데이터를 loop-up table[8]로 만들어 마이크로 프로세서에 이식하였다.

마. 처리부

A/D 변환부와 검출부로 부터의 신호에 따라 8bit 마이크로 프로세서(PIC16C74A)에서 연산하여 구동장치와 디스플레이 장치, 경보장치로 출력을 내보낸다. A/D 변환부로 부터 입력받은 압력차를 가지고 오차량과 압력차변화량을 계산하고 퍼지부의 loop-up table을 이용하여 출력신호를 결정하여 구동장치부분인 TRIAC으로 보내는 기능을 하며, 또한 검출부로 부터의 입력을 판단하여 부품이 파손된 경우에는 경보장치인 buzzer를 작동시킨다. 그리고 현재 압력차와 ON시간, OFF시간을 디스플레이장치인 FND에 표시하도록 한다.

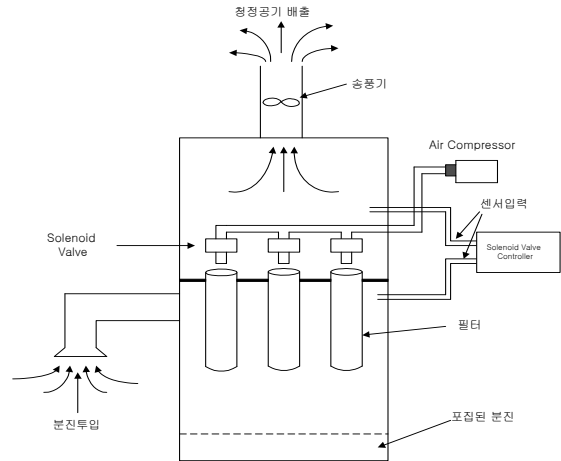


그림 5 집진장치의 구성
Fig. 5 Configuration of dust collecting system

4.2 실험

제안한 퍼지제어 알고리즘을 사용한 솔레노이드 밸브 제어기의 성능을 평가하기 위하여 기존 제품과 비교실험을 하였다. 실험에 사용된 분진은 쌀겨이고 1시간동안에 같은 양의 분진을 투입하여 압력차와 ON/OFF시간을 측정하였다. 기존 밸브 제어기의 ON/OFF시간은 각각 150[msec], 15[sec]로 설정하였다.

4.2.1. 실험장치의 구성

실험장치는 그림 5 및 그림 6과 같이 구성하였다. 실험에 사용된 솔레노이드 밸브 제어기는 그림 4에서 보는 바와 같이 본 연구에서 제작한 것과 기존의 제품이고, 집진장치는 현재 시중에 나와있는 제품이며 충격기류 탈진방식이다. 크기는 65cm×67cm×188cm이고, 솔레노이드 밸브는 3개, 필터는 6개가 부착되어 있어 하나의 밸브로 두 개의 필터를 동시에 탈진한다. 필터에 쌓인 분진을 탈진하기 위한 압축공기를 만들어 내기 위하여 용량이 10kg/cm²인 공기 압축기를 사용하였으며 탈진 압력을 5kg/cm²로 하였다. 송풍기는 3마력의 AC 3상 모터이고, 집진장치의 배출구에서 장치내부의 공기를 빨아들여 밖으로 배출한다.

4.2.2 실험결과 및 고찰

표 2에 실험결과를 나타내었으며, 초기압력차와 평균압력차와의 사이에 약간의 차가 있지만 계측오차 및 측정시점의 차이(제한한 방법의 경우, 전원인가하고 5초후에 초기압력차 측정)를 감안하면 거의 같은 성능임을 알 수 있다. ON시간도 마찬가지로 평균값으로 비교했을 때 큰 차이가 없었다. OFF시간의 경우는 두 밸브 제어기의 출력방식이 틀리기 때문에 기존 밸브 제어기의 OFF시간을 제작한 밸브 제어기에서 사용한 방법에 맞게 변환하면 (4)식과 같다.

$$15[\text{sec}] \times 3(\text{솔레노이드 밸브의 개수}) = 45[\text{sec}] \quad (4)$$



그림 6 실험장치의 실제 모습
Fig. 6 Figure of experimental setup

이것을 제작한 밸브 제어기와 비교하면 기존 밸브 제어기에 비해 두 배이상 길어졌음을 알 수 있다. 이와 같이 OFF시간이 늘어났음에도 불구하고 압력차가 거의 동일하며 필터의 탈진횟수도 크게 줄어들었으므로 필터의 수명이 연장될 수 있음을 알 수 있다. 또 압축공기를 불어넣기 위해 사용하는 공기 압축기의 경우 기존 밸브 제어기에서 처럼 고정된 OFF시간으로 탈진동작을 했을 경우 실험하는 동안 계속해서 작동을 하였지만, 제작한 밸브 제어기의 경우는 look-up table의 최소 OFF시간이 길 뿐만 아니라 탈진횟수도 작기 때문에 탈진압력을 충분히 유지할 수 있고, OFF시간동안 압력이 다 차면 작동이 멈추기 때문에 오랜 시간 사용했을 경우 사용전력량에서도 많은 차이가 있음을 알 수 있었다. 그림 7은 기존의 밸브 제어기에 의한 압력차 변화를 나타내며, 그림 8과 그림 9는 본 연구에서 개발한 밸브 제어기에 의한 결과를 나타냈다. 실험결과에서 보는 바와 같이 압력차는 거의 같았지만, 탈진횟수에서 많은 차이가 났다.

그리고, FND에 표시되는 압력차의 정확성을 확인하기 위해 상용 디지털 압력계측기중에서 압력범위가 0~3PSI이고 ±0.1% FS의 정밀도를 가진 Druck社의 DPI 705에 의한 측정값과 비교한 결과 측정된 압력차의 표시값이 서로 일치하였고, 압력차 외에 ON/OFF시간도 함께 표시함으로써 시스템의 동작상황을 한눈에 볼 수 있었다. 또한, 변류기를 이용한 이상 검출부의 성능을 평가하기 위해 솔레노이드 밸브의 출력단자를 개방시킨 후 ON출력신호를 내보내는 시험과 OFF출력시 솔레노이드 밸브에 전압을 인위적으로 인가해 전류를 흐르게 하는 시험을 해 본 결과 두 경우 모두 이상 발생 경보를 울렸으며, 이로부터 이상검출 기능도 대단히 우수함을 확인할 수 있었다.

표 2 실험결과

Table 2 Experimental results

	기존 밸브 제어기	제작한 밸브 제어기
초기압력차 [mmH ₂ O]	16	15
최종압력차 [mmH ₂ O]	16	16
평균압력차 [mmH ₂ O]	15.62	15.45
평균 ON시간 [msec]	150	148.94
평균 OFF시간 [sec]	15*	118.77
탈진횟수	247	93

* 이 값을 제안된 밸브 제어기의 OFF시간과 비교하기 위해 변환하면, 15초 × 3 (솔레노이드 밸브 개수) = 45초이다.

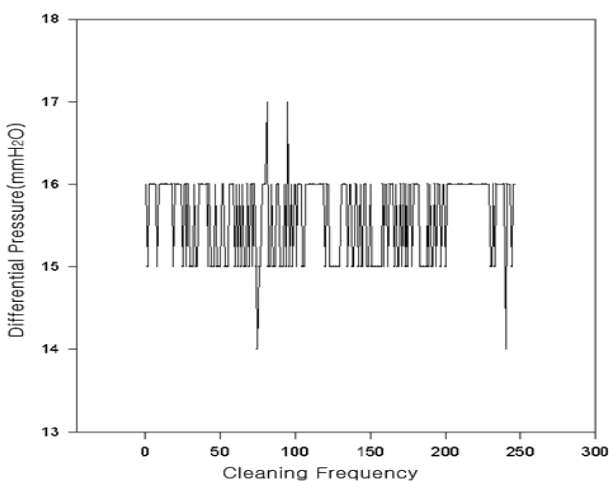


그림 7 기존 밸브 제어기에 의한 압력차
Fig. 7 Differential pressures by conventional valve controller

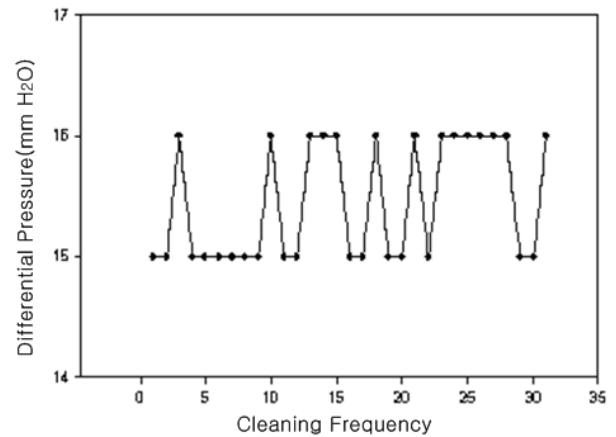


그림 8 개발한 밸브 제어기에 의한 압력차
Fig. 8 Differential pressures by developed valve controller

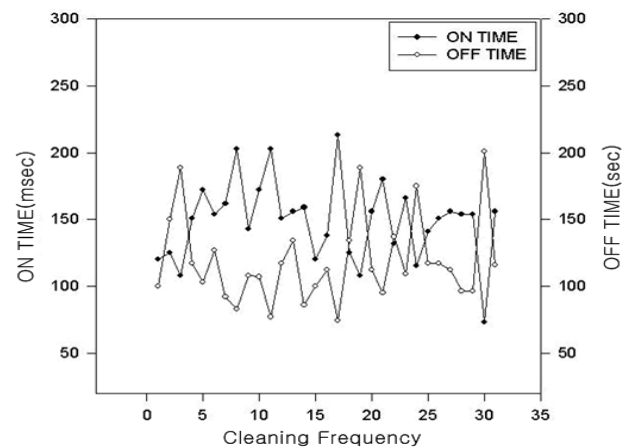


그림 9 개발한 밸브 제어기에 의한 ON/OFF시간
Fig. 9 ON/OFF times by developed valve controller

5. 결 론

본 논문에서는 현재 산업현장 대부분에서 대기오염방지를 위해 사용되고 있는 집진장치중에서 충격기류방식의 여과포 집진장치를 효과적으로 제어, 유지하기 위한 제어알고리즘을 제안하였고, 실제 시스템을 제작하여 기존 밸브 제어기와 비교·실험하여 성능을 평가하였다.

개발한 밸브 제어기는 필터의 막힘 정도에 따라 ON/OFF 시간을 자동으로 조절함으로써, 기존 밸브 제어기에 비해 사용이 편리하고 필터의 수명을 연장시킬 수 있으며 에너지 절약에도 큰 효과가 있다. 또한, 변류기를 사용하여 시스템 상태를 지속적으로 감시함으로써 이상발생시 사용자에게 전달, 신속한 대처를 할 수 있게 하여 시스템의 수명연장 및 효율적인 운전이 가능하도록 하였다.

실험결과로 부터 개발한 밸브 제어기는 기존 제품에 비해 같은 시간동안의 탈진횟수와 공기 압축기의 동작시간이 훨씬 적어 필터의 수명을 연장시키고, 전력소비도 줄일 수 있을 뿐만 아니라 자동으로 ON/OFF시간을 조정하며, 이상 발

생에 대한 경보기능이 있어 시스템 운용이 대단히 용이함을 확인할 수 있었다. 또한, 마노메타를 대신하여 디지털 형식으로 압력차와 ON/OFF시간을 표시하여 시스템의 상태와 필터 교체시기를 쉽게 알 수 있다.

개발한 밸브 제어기는 집진장치용 필터의 유지보수성능 향상과 사용의 편리함뿐 만 아니라 기존 설비의 변형없이 바로 장착할 수 있고 저렴한 가격으로 앞으로 상품화가 가능할 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부·한국과학재단 지정 청주대학교 정보통신연구센터의 지원에 의한 것입니다.

참 고 문 헌

- [1] 孫宰翼, “大氣汚染防止를 위한 粉塵制御技術 (I),” 韓國에너지技術研究所, pp. 52-108, 1992.
- [2] WHO/UENP, Global Pollution and Health, University of Yale Press, London, pp. 5-10, 1987.
- [3] 井伊谷綱一 外, BAG FILTER HANDBOOK, 日本粉體工業協會編, p. 511, 1977.
- [4] R. P. Donovan, Fabric Filtration for Combustion Sources, Marcel Dekker, Inc., p. 628, 1985.
- [5] R. Dennies, Handbook on Aerosols, GCA/Technology Division, GCA Corporation, Bedford, MA, p. 142, 1976.
- [6] 박영옥 외, “Pulse-Jet식 여과포집진장치의 여과포 성능시험 연구(I),” 과학기술처, 1989.
- [7] CHIN-TENG LIN, C.S. GEORGE LEE, NEURAL FUZZY SYSTEMS, Prentice Hall, pp. 142-166, 1996.
- [8] 강문성 외, “지능제어를 이용한 집진장치용 필터 유지보수 자동화시스템 개발,” 1999년도 대한전기학회 하계학술대회, pp. 715-717, 7, 1999.

저 자 소 개



홍성훈 (洪性勳)

1967년 9월 14일생. 1992년 청주물리광학과 졸업. 1997년 청주대 대학원 전자공학과 졸업(석사). 현재 동 대학원 전자공학과 박사과정.

Tel : 043-229-8455

Fax : 043-215-3157

HP : 011-498-3159

E-mail : hsh0914@korea.com



강문성 (姜文盛)

1954년 12월 2일생. 1978년 한양대 전기공학과 졸업. 1980년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1991년 일본 교토대 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 1979년~1991년 한국전력공사 선임연구원. 1991년~현재 청주대 전자공학과 부교수.

Tel : 043)229-8455

E-mail : kanms@cju.ac.kr