

## 자동제어계측을 이용한 송풍기 성능시험

최영석\* · 김진권\*\*

### Fan Performance Test with Automatic Control and Measurement

Young-Seok Choi\*, Jin-Kwon Kim\*\*

*Key Words* : Fan Tester(송풍기 성능시험장치), Performance Test(성능시험), Automatic Control and Measurement(자동제어계측)

#### ABSTRACT

In this paper, build up of fan performance tester in KITECH was introduced. The fan tester was set up based on AMCA standards 210-99, ANSI/ASHRAE 51-1999 with maximum flowrate within 1000 m<sup>3</sup>/min. Both of inlet and outlet chamber setup with multiple nozzles described in AMCA 210 were established. The development of fully automatic control and measurement system are described. With this system, the accuracy of fan performance test can be maintained through the various flowrate and the uncertainty can be reduced.

#### 1. 서론

송풍기는 환기용, 공조용, 냉각용, 수송용, 연료용, 동력용 등으로 생활주변에, 또 산업체의 일반 제조공정, 발전설비, 제철설비, 보일러의 급배기, 광산 및 터널공사 급배기, 건물의 공기조화기, 공해 처리기 등에 사용되는 매우 중요한 공기기계이다. 또한 그 사용 용도가 다양하고 광범위하며 에너지 사용량이 매우 커서, 효율이 좋은 양질의 제품이 생산되면 에너지 절감효과를 확실히 기대할 수 있는 산업기계이기도 하다.

국내 주요 송풍기 업체는 소규모 업체를 포함하여 대략 200여 업체로 알려져 있으나 일정 수준의 설계, 제조능력을 갖추고 일부 수출하고 있는 송풍기 업체는 20여 개에 불과한 실정이다. 이 분야의 기술은 일본, 구미 등의 선진업체들이 상세 설계능력과 대량 생산능력을 갖추고 품질 뿐 만이 아니라 최근에는 가격 면에서조차 일부는 국산제품을 압도하고 있는 실정이다.

현재 많은 수의 송풍기 생산업체는 영세한 업체로서 기술수준이 낙후되어 있고 제품의 품질과 성능이

수준이하로 제작되고 있으며 시험 검사의 과정이 생략된 채 산업체에 납품되고 있어 에너지 낭비는 물론 한국 산업기계 제품의 품위를 손상시키는 사례가 많다.

고효율, 저소음화를 이루어 송풍기의 품질을 향상시키고 국제 경쟁력을 높이기 위해서는 설계기술, 해석기술, 제조설비기술 등에 대한 연구개발이 필수적이며, 이를 위해서는 송풍기의 종합적인 성능을 검사하여 설계의 문제점을 파악하고 해석기술에 기본 자료를 제공해 주는 과정을 반드시 거쳐야 한다.

한국생산기술연구원에서는 산업기술기반조성사업의 일환으로 2003년에 유량 1000m<sup>3</sup>/min 급 송풍기 성능시험장치를 구축 완성하였다<sup>(1)</sup>.

본 시험 설비를 통하여 영세한 송풍기 제작업체에는 자체로는 감당하기 힘든 성능시험의 기회를 제공하고 중견업체에는 성능시험평가를 통해 연구개발을 고취시켜 공정한 품질경쟁을 유도하며, 연구소나 학교에서는 보다 신빙성 있는 시험결과를 활용한 송풍기 개발연구를 수행할 수 있어 국가경쟁력을 향상시키는데 큰 이바지를 할 것으로 기대하고 있다.

본 란에서는 구축된 송풍기 성능시험장치를 소개하고 완전자동화 계측 방법을 이용한 송풍기 성능시험에

\* 한국생산기술연구원 청정설계기술팀

\*\* (주)터보헤드, TurboHead.com

E-mail : yschoi@kitech.re.kr

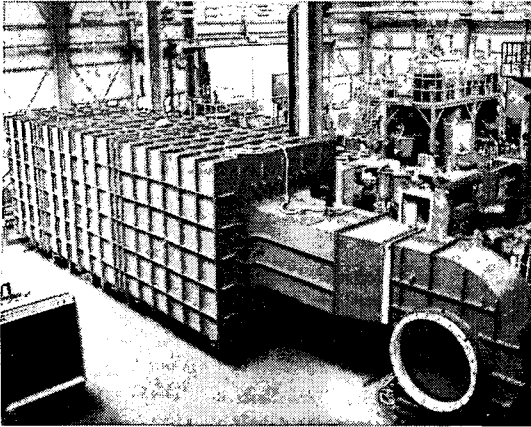


Fig. 1 Fan performance tester

대하여 논하고자 한다.

## 2. 송풍기 성능시험 장치

### 2.1. 송풍기 성능시험 장치 개요

제작된 송풍기 성능시험장치는 ANSI/AMCA 210-99, ANSI/ASHRAE 51-1999, 송풍기 성능시험규격<sup>(2)</sup>에 따라서 설계된 챔버형 송풍기 성능시험장치이다.

송풍기 성능시험장치는 크게 시험용 풍동, 유량제어용 보조송풍기와 컨트롤러, 댐퍼와 컨트롤러, 각종 센서류 및 유량제어 및 계측시스템으로 구성된다. 풍동은 흡입 및 토출 시험을 할 수 있도록 보조송풍기의 설치를 양쪽에 할 수 있도록 구성되어 있다. 풍동 내부의 유동을 균일하게 하기 위하여 풍동내부에 1개의 배플과 2개의 메쉬스크린으로 구성된 정류자가 2 세트 설치된다.

유량측정은 풍동내부에 설치된 다수의 유량측정용 노즐에 의해서 이루어지며, 유량제어는 보조송풍기 컨트롤러와 댐퍼에 의해서 이루어진다. 유량제어 및 계측시스템은 주어진 송풍기 사양에 따라서 자동 혹은 수동으로 유량측정점을 설정하여 보조송풍기 컨트롤러와 댐퍼 컨트롤러를 자동으로 제어하여 유량을 설정하고, 최고의 정밀도로 유량 및 압력측정이 가능하도록 공압 피스톤에 의해서 자동으로 노즐 들을 개폐한다.

유량의 정확한 측정을 위하여 대기압, 온도, 습도를 측정하여 사이키메트릭차트를 이용하여 공기의 밀도를 정확하게 계산하고, 시험용 송풍기의 회전수를 측정하면서, 유량측정용 노즐의 차압에 의해서 유량을 측정하고, 챔버의 압력을 측정하여 송풍기 성능을 측정하

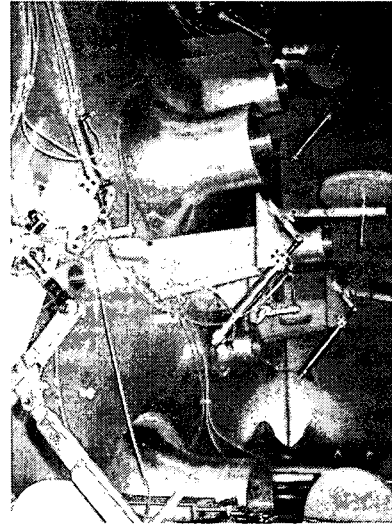


Fig. 2 Multiple nozzles for airflow measurement

며, 송풍기 입력전력 및 송풍기 축동력을 측정하여 효율을 계산한다.

유량제어 및 데이터계측, 처리 시스템은 측정된 송풍기의 성능을 표준상태 및 다른 상태로 환산하여 시험이 이루어지는 동안 그래프를 실시간으로 보여주고, 그래프 및 성적서를 출력한다.

### 2.2. 송풍기 성능시험 장치 사양

#### 2.2.1. 일반 사양

- 유량 범위 : ~ 1000m<sup>3</sup>/min
- 정압 범위 : ~ 1000 mmAq
- 동력 범위 : ~ 150 kw
- 크기 : 3100(W) × 3550(D) × 13,500(L) mm
- 기기의 구성
  - 유량측정 챔버
  - 보조 송풍기 및 댐퍼
  - 제어 판넬
  - 측정시스템(DAQ system)

#### 2.2.2. 세부 사양

- 유량측정 챔버 (Fig. 1)
  - AMCA 규격에 준하여 흡입, 토출시험 가능
  - 내부크기 : 2900(W) x 2900(D) x 8500(L)mm
  - 멀티 노즐 타입 (φ62 ~ φ230 13개의 조합, Fig. 2)

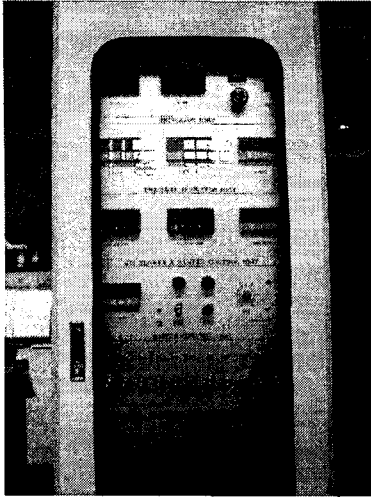


Fig. 3 Control panel

- 노즐 전 후단에 메쉬 및 타공판 장착
- 공압 노즐 마개
- 보조 송풍기
  - Type : Turbo Fan (380V, 3 $\phi$ , 60Hz, 45Kw)
  - Flow Rate : 1000m<sup>3</sup>/min
  - Static pressure : 150mmAq
  - Control : Inverter control 방식
- 제어 판넬 (Fig. 3)
  - Volt meter
  - Ampere meter
  - Emergency Switch
  - Main Power switch
  - Sub Blower speed control Volume
  - Sub Blower RUN/STOP switch
  - Nozzle select control
  - Damper OPEN/CLOSE switch
  - Auto manual select switch
  - Sub Blower Revolution
  - 각종 indicator
- 계측기기
  - 온습도계
    - Temp. range : -10 ~ 60 $^{\circ}$ C ( $\pm$  0.5 $^{\circ}$ C)
    - Humidity range : 20 ~ 95% RH ( $\pm$  3%RH)
  - 노즐차압센서
    - Range : 0 ~ 10mmHg
    - Resolution : 0.01% of F.S.
    - Accuracy :  $\pm$  0.15%

- 챔버 정압센서
  - Range : 0 ~ 100mmHg
  - Resolution : 0.01% of F.S.
  - Accuracy :  $\pm$  0.15%
- DAQ 보드
  - Bus : PCI
  - Analog Inputs : 16 SE/8DI
  - Resolution : 12 bits
  - Sampling Rate : 200 kS/s
  - Analog Outputs : 2
  - Output Rate : 10 kS/s
  - Output Range :  $\pm$  10V
  - Digital I/O : 32
- 대기압계
  - Range : 800 ~ 1150mbar
  - Accuracy :  $\pm$  0.15%
- 토크미터
  - 정격용량 : 0 ~ 20kgf · m
  - 허용과부하 : 120% R.C
  - 한계과부하 : 200% R.C
  - 정격출력 : 1.3mV/V  $\pm$  0.26mV/V
  - 검출정도 :  $\pm$  0.5% R.O
  - 허용온도범위 : 2VAC
  - 최고회전수 : Max. 10,000rpm
  - 회전변동률 : 0.5% R.O
- 회전수측정
  - 검출소자 : 자기저항소자
  - 측정범위 : 0 ~ 2KHz

### 3. 자동제어계측 송풍기 성능시험 소프트웨어

#### 3.1. 개요 및 특징

(주)터보헤드에서 개발한 송풍기 성능시험 자동화 소프트웨어 TH-FTSW-FS 는 AMCA 210-99 에 규정된 정밀도를 유지하도록 고려하면서, 송풍기 성능시험을 완전 자동으로 수행한다. 시험자가 정밀한 송풍기 성능시험을 위하여 필요하지만 번거로운 유량에 따른 노즐선택과 노즐개폐, 유량 설정을 위한 보조송풍기 및 댐퍼 반복제어 등을 소프트웨어가 자동으로 처리함으로써, 사용자의 편리함과 실험의 신속함 뿐만 아니라, 대량 시험시 시험의 정밀도를 유지시켜주는데 필수적이다.

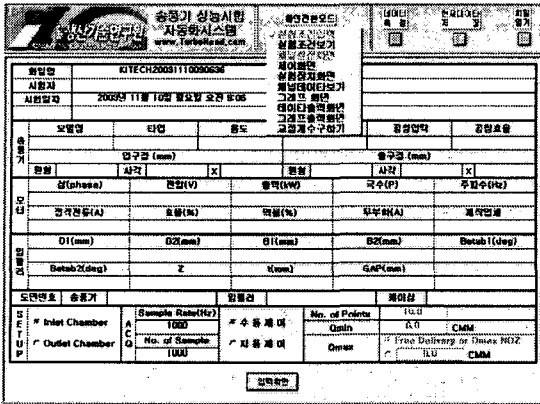


Fig. 4 Configuration Window of Automatic Fan Performance Test Software, TH-FTSW-FS

또, 이 소프트웨어는 정밀도 유지를 위하여 공기의 물성을 정확히 측정, 계산하여 기후 및 일기 변화에 따른 오차를 줄인다. 저자의 다년간의 송풍기 시험 경험에 따르면, 국내의 경우에 여름과 겨울, 대기압과 저기압, 건기와 습기에 따른 공기 밀도 변화는 최대 5% 까지 발생한다. 정밀한 송풍기 성능시험을 위해서는 기후와 일기에 따른 공기의 물성변화를 정확히 계산하는 것이 필수적이다. TH-FTSW-FS는 대기압과 건습구 온도 혹은 온도와 상대습도를 자동으로 측정하고, 측정값으로부터 공기의 밀도를 정확히 계산하여, 계절적 기후변화와 일기변화에 의한 성능의 오차를 제거한다.

사용자는 Fig.4 에 나타난 것과 같은 시험조건 설정 화면에서 시험에 관련된 사항을 입력하고, 수동제어를 적용할 것인지, 자동제어를 적용할 것인지를 선택한다. 자동제어를 선택하면 시험할 유량 범위를 최소유량과 최대유량 혹은 자유송출유량을 선택하여 입력할 수 있고, 이 유량범위사이에서 측정할 유량점의 개수를 입력한다. 소프트웨어는 자동으로 멀티노즐개폐와 보조송풍기 회전수 및 댐퍼를 제어하면서, 최대유량점 혹은 자유송출유량을 설정하여 유량을 측정한 후에, 측정범위를 등간격으로 나누어서 시험을 수행한다. 이 과정에서 사용자는 각 멀티노즐개폐, 보조송풍기 회전수 및 댐퍼개폐정도 등의 제어기기의 상태와 측정이 진행되는 성능곡선을 실시간으로 확인할 수 있다. 자동제어에 의한 시험을 마친 후에는, 사용자가 선택적으로 원하는 유량점들에 대한 추가시험을 할 수 있도록 수동제어로 넘어간다.

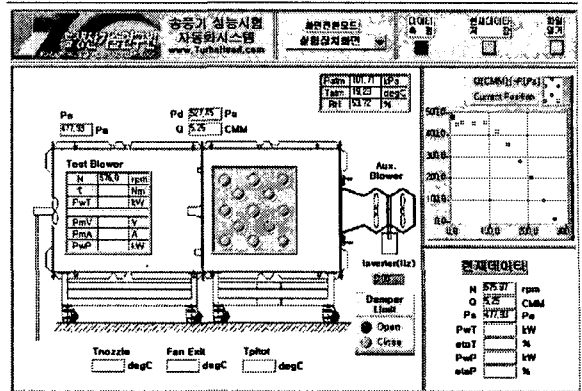


Fig. 5 Control & Measurement Window of Automatic Fan Performance Test Software

수동제어에서는 사용자는 Fig.5 와 같은 제어 및 측정화면을 통하여, 제어상태 및 측정중인 성능곡선을 실시간으로 보면서 다중노즐개폐, 보조송풍기 회전수 및 댐퍼 등의 제어기기를 제어하면서, 성능곡선상의 원하는 유량점을 설정하여 성능시험을 할 수 있다.

성능시험이 완료되면 사용자는 성능곡선을 표준상태 혹은 시험상태로 변환할 수 있고, 성적서 및 성능곡선화면을 A4 지에 맞게 출력하거나, 결과파일을 더블클릭함으로써 MS-Excel 에서 바로 열수 있으므로, 사용자가 원하는 데이터 처리 소프트웨어, 문서작성 소프트웨어, 그래프작성 소프트웨어 등으로 옮겨서 처리할 수 있다.

### 3.2. 송풍기 성능시험 정밀도를 위한 다중노즐 제어

송풍기 성능시험 규격으로는 세계적으로 ANSI/AMCA 210-99 (ANSI/ASHRAE 51-1999) 와 ISO 5801:1997 등이 많이 사용되고 있고, 이들은 대체로 상통한다. 한국 표준 규격으로는 KS B 6311 : 1997 가 사용되고 있고, 이는 AMCA 와 ISO를 기본으로, 또는 이들을 기본으로한 일본규격 JIS B 8330을 기본으로 작성된 것이다.

송풍기 성능시험장치를 수입하던 20-30 여년전과 달리, 현재에는 국내에서도 많은 송풍기 성능시험장치 제작자들이 송풍기 성능시험장치를 제작하고, 또 많은 송풍기 제작자 및 사용자들이 이 규격들에 따른 장비와 방법으로 송풍기 성능시험을 수행한다고 한다. 그러나, AMCA 210-99 는 약 70 페이지, ISO 5801:1997 는 약 240 페이지에 달하고, 규정된 정밀도를 유지하

기 위하여 많은 도면 뿐만 아니라 수많은 전문용어와 수식들로 구성되어 있어, 비전문가들이 이들 규격을 전체적으로 이해하기는 쉽지 않다. 저자들이 조사한 많은 팬, 송풍기 제작사와 학교, 연구소 등에 설치되어 있는 시험장치들이 외형은 비슷하게 만들어 졌으나, 세세하지만 정밀도를 위해서 중요한 부분들에서 규격을 따르지 않고 있으며, 제대로 제작된 장비를 갖춘 몇몇 곳에서도 규정된 정밀도를 낼 수 없는 시험방법을 사용하고 있다.

여기서는 많은 국내 송풍기 시험방법에서 오류를 범하고 있는 다중 노즐 사용시 정밀도 문제에 대하여 검토한다. 송풍기 성능시험에서 유량은 정밀하게 가공된 다중노즐을 통한 차압을 측정함으로써 계산하는데, 노즐차압과 유량은 노즐송출계수에 의해서 상호영향을 미치므로 반복계산을 하여 수렴시켜야할 뿐만아니라, 온도, 압력, 습도 등의 물성이 밀도, 점도 등에 영향을 미쳐서 노즐송출계수에 영향을 미친다. 노즐송출계수의 오차가 가장 큰 유량측정오차의 원인 중의 하나이므로, TH-FTSW-FS 에서와 같이 이들 물성을 정확히 반영하여 측정해야한다.

또한, 노즐차압 측정에서의 정밀도가 유지되어야 유량 측정의 정밀도가 유지된다. 많은 시험방법에서 시험송풍기의 용량에 의해 다중노즐 조합을 하나 선택하고, 자유송출유량에서 차단점까지 동일한 노즐조합을 사용하여 시험을 한다. 보통 차압계의 정밀도가 1% 내외, 고급 차압계의 정밀도가 0.1% 내외임을 고려할 때, 이와 같은 방법은 대부분의 경우에 저유량 측정점에서 유량측정 오차를 크게 만든다. TH-FTSW-FS 에서는 이를 방지하기 위하여, 전체 유량측정오차를 0.5% 이내로 유지하도록 측정점에서의 노즐차압을 차압계의 정밀도에 의해서 정해진 하한가 이상으로 유지시키는 노즐조합을 자동으로 선택하여 시험한다. 이를 위하여는 다중노즐의 설계도 이와 같은 개념을 고려하여 이루어져야 하나, 많은 경우에 이를 무시하고 설계가 되어 지고 있는 실정이다.

### 3.3. 자동제어계측을 이용한 송풍기 성능시험 결과

TH-FTSW-FS 에 의해서 송풍기 성능시험한 결과를 Fig. 6 에 나타내었다. 소프트웨어는 자동으로 다중노즐, 보조송풍기 회전수를 제어하면서 자유송출유량 270 CMM을 찾아서 측정하고, 차단점 유량 0 CMM과의 사이를 10등분하여 240, 210, .. 60, 30, 0 CMM

의 작동점에서 성능시험을 하여 점을 기록한 후, 사용자의 추가 측정점 선택을 위해서 수동제어로 넘어간다. 사용자는 30 CMM 이하의 차단점에서 급격한 정압상승을 이상히 여겨서 성능곡선의 변화과정을 더 자세히 보고자 20 CMM 과 10 CMM 의 두점을 더 측정하였다.

이 때, 노즐 차압의 변화를 Fig. 7 에 나타내었는데, 모든 노즐차압은 200 Pa 와 1100 Pa 사이에 존재함을 알 수 있다. 즉, 유량이 감소해도 노즐 차압은 항상 200 Pa 이상을 유지함으로써 저유량에서의 노즐차압계의 오차범위가 유량측정 오차에 미치는 영향을 제거한다. 또, 유량이 증가해도 노즐차압이 항상 1100 Pa 이하를 유지함으로써, 압력트랜스듀서가 신호영역을 벗어나거나, 차압계에 과부하가 걸림으로써 차압계가 손상을 입는 경우를 방지하고 있다.

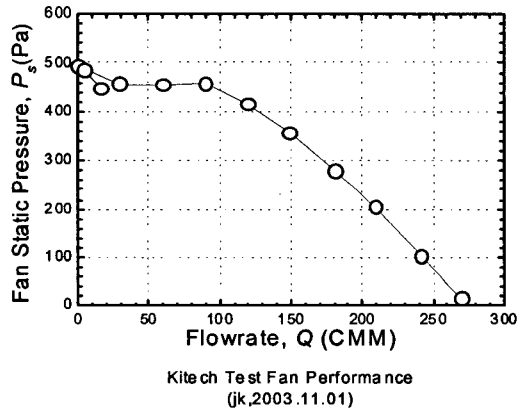


Fig. 6 Fan Performance Test Result by Automatic Control and Manual Control in Sequence

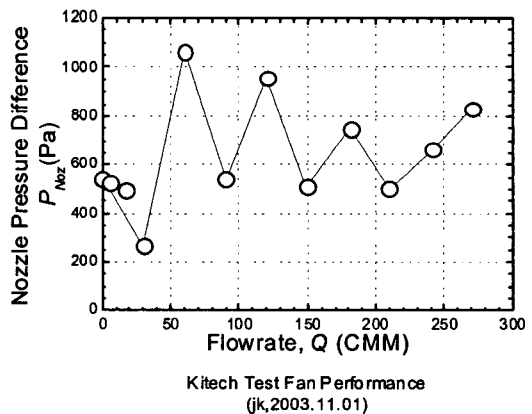


Fig. 7 Flow Measurement Accuracy Control by Selection of Multi-Nozzle Setup to Keep Multi-Nozzle Pressure Difference High.

#### 4. 결 론

산업기술기반조성사업의 일환으로 한국생산기술연구원에 구축된 송풍기 성능시험장치를 소개하였으며, 이 송풍기 성능시험장치에 적용된 완전자동화 계측 방법을 설명하였다. 본 자동제어 계측 방법을 사용하면, 송풍기 성능시험의 모든 과정이 PC에서 제어되며, 비숙련자도 간단한 조작으로 신빙성있는 성능시험 결과를 얻을 수 있다. 특히 모든 유량범위에서 유량측정의 정밀도를 보장하면서 손쉽게 계측이 가능한 것이 장점이다.

#### 참고문헌

- (1) 산업기술기반조성사업 중간보고서, 2003, “냉동공조 기기 부품 시스템 공동연구 및 성능인증을 위한 기반구축사업”
- (2) ANSI/AMCA 210-99, ANSI/ASHRAE 51-1999, 1999, Laboratory Methods of Testing Fans for Aerodynamic Performance Rating, AMCA, ASHRAE