

풍량 측정 장치(FMS)에 관한 질문과 답변

1. 풍량 측정 장치(FMS)란 무엇인가 ?

풍량 측정 장치란 HVAC 시스템에서 덕트를 통해 단위 시간당 흐르는 공기의 양을 측정하는 장치입니다. 가변 풍량 조절 시스템(Variable Air Volume System)에서는, 부하가 변함에 따라 Air Flow가 변하고 따라서 Supply 및 Return Duct System 둘 모두에서의 정압도 변하게 됩니다. 그러므로 VAV 시스템에서의 가장 중요한 제어 대상은 정압과 풍량입니다. Duct System 내의 정압과 풍량을 측정하여 풍량 제어에 이용하기 위해서는 정압 센서와 FMS라 일컬어지는 풍량 측정 장치가 필수적입니다. VAV System의 부하 변화로 인한 정압의 변화를 정압 센서로 감지하여 Supply Fan을 제어하고, 동시에 Supply Fan과 Return Fan의 풍량을 풍량 측정 장치(FMS)로 측정하여 Supply Fan의 풍량을 감시하고 시스템의 공간 부하 수요에 알맞게 Return Fan을 제어하는데 적용되며, 또한 Supply Fan 풍량의 변화에 관계 없이 일정한 최소량으로 유지시키기 위해 외기 덕트에 풍량 측정 장치를 설치하여 Outside air quantities(외기량)를 감시하는데 적용됩니다. 왜 풍량 측정 장치를 적용시켜야만 하는지에 대해서는 아래의 기술 자료를 참조하시기 바랍니다.

* 기술 자료 : - Why FMS Be Used ?

2. HVAC 시스템에서 풍량 측정에 적용되고 있는 기준은 ?

현재 일반적으로 적용되고 있는 풍량 측정 기준은 ASHRAE(American Society of Heating, Refrigeration and Air-conditioning Engineers)에서 권장하는 기준을 적용하고 있습니다. 그 외에 경우에 따라서는 AMCA(Air Movement and Control Association, International) 기준이나 ISO 기준을 적용할 수도 있습니다.

3. 풍량을 나타내는 단위는 ?

풍량이란 단위 시간당 단위 면적을 통해 흐르는 공기의 양을 말하며, HVAC 시스템에서 풍량을 나타내는 단위로는 일반적으로 CMM(Cubic Meter per Minute), CMH(Cubic Meter per Hour), CFM(Cubic Feet per Minute) 등을 사용하고 있습니다.

4. 풍량을 계산 하는 방법은 ?

풍량을 계산하기 위해서는 우선 먼저 평균 풍속을 알아야만 합니다. 평균 풍속을 측정하기 위해서는 풍량 측정 장치를 사용하여 평균 차압을 측정하여, 여기에서 측정된

평균 차압을 수학적으로 계산하여 평균 풍속을 구합니다. 그 수식으로는

$$\star \text{ 풍속(Velocity, m/s)} = 20.34 \times \Delta P^{0.5} \times K$$

m/s = Meter per Second

ΔP = Differential Pressure (inch W.C.)

K = Pitot Coefficient

$$\star \text{ 풍속(Velocity, fpm)} = 4005 \times \Delta P^{0.5} \times K$$

fpm = Feet per Minute

ΔP = Differential Pressure (inch W.C.)

K = Pitot Coefficient

이렇게 구해진 풍속을 가지고 단위 면적과 단위 시간을 곱하여 풍량을 구하며 수식은 아래와 같습니다.

$$\star \text{ 풍량(CMM)} = \text{풍속(m/s)} \times \text{단위면적(m}^2\text{)} \times \text{단위시간(60 seconds)}$$

$$\star \text{ 풍량(CMH)} = \text{풍속(m/s)} \times \text{단위면적(m}^2\text{)} \times \text{단위시간(3600 seconds)}$$

$$\star \text{ 풍량(CFM)} = \text{풍속(fpm)} \times \text{단위면적(ft}^2\text{)} \times \text{단위시간(60 seconds)}$$

5. 풍량 측정에 있어 가장 보편적으로 사용되고 있는 방식은 ?

HVAC 시스템에서 가장 보편적으로 사용되고 있는 풍량 측정 방식으로는 측정에 사용되는 센서에 따라 크게 차압 측정 방식(Differential Pressure Measurement Type)과 열저항체 방식(Thermistor Type) 및 Vortex Shedding Type 등 3가지로 나눌 수 있으며 이 중 차압 측정 방식이 가장 널리 사용되고 있습니다. 차압 측정 방식은 다시 Probe Insertion Type과 Honeycomb Station Type으로 나눌 수가 있습니다.

각 Type별 특징 및 장, 단점에 대해서는 아래의 기술 자료를 참조하시기 바랍니다.

★ 기술 자료 : - FMS 비교표 요약

- FMS 비교표(D/P Measurement Type vs. Thermistor Type)

- FMS 비교표(Pitot Traverse Probe Type vs. Vortex Shedding Type)

- FMS 비교표(Probe Insertion Type vs. Honeycomb Station Type)

6. 차압 측정 방식의 풍량 측정 장치중 Probe Insertion Type과 Honeycomb Station Type의 차이점은 ?

결론적으로 말씀드리면 차압 측정 방식이라는 점은 동일하나 Honeycomb Station

Type은 신형의 Probe Insertion Type이 개발되기 전인 1980년대 중반 이전에 주로 사용되던 구형 모델로 신형의 Probe Insertion Type이 개발되어 공급되기 시작한 1980년대 중반 이후부터는 단종되는 모델입니다. 자세한 내용은 아래의 기술 자료를 참조하시기 바랍니다.

- * 기술 자료 : - FMS 비교표 요약
- FMS 비교표(Probe Insertion Type vs. Honeycomb Station Type)

7. 난류 상태의 공기 흐름에서는 Probe Insertion Type보다 Honeycomb Station Type이 더 정확하게 측정할 수가 있다 ?

Absolutely No. 절대로 그렇지 않습니다. 객관적인 시험 데이터에 따르면 Honeycomb Station Type 보다 Probe Insertion Type의 측정 정확도가 훨씬 더 우수한 것으로 나타나고 있습니다. 난류 상태의 유체가 벌집 모양의 Honeycomb을 통과하면 난류가 층류로 정류되어 정확한 측정이 가능할 것으로 생각되지만 단지 난류 Band의 크기와 폭만 작아질 뿐 유체가 난류 상태에서 완전 층류로는 정류되지가 않아 Honeycomb 바로 뒤에 위치한 측정 포인트에서는 정확한 측정이 어렵습니다. 난류를 완전 층류로 정류시키기 위해서는 센서의 전단에 5D 이상의 직관부를 확보한 위치에 Honeycomb을 설치하여야 만이 측정 지점에서 비교적 일정한 층류 상태의 유체가 유지되어 정확한 측정값을 얻을 수가 있습니다. 또한 벌집 모양의 Honeycomb으로 인해 유체의 공기 저항이 증가되며 Honeycomb에는 시간이 경과함에 따라 응축 먼지 등이 쌓이게 되는데, 이럴 경우 정확한 풍량 측정은 불가능합니다. 유지/보수시에도 Honeycomb Station Type은 공조기 가동을 중단하고 Station을 덕트에서 분리하여 유지/보수를 하여야 하나 이는 사실상 불가능합니다.

이러한 Honeycomb Station Type 풍량 측정 장치의 모든 단점을 보완, 개선하여 난류 상태에서도 Honeycomb Station Type 풍량 측정 장치보다 정확하게 풍량을 측정할 수 있도록 개발, 발전된 것이 Probe Insertion Type의 풍량 측정 장치입니다. 진성 계전의 Probe Insertion Type 풍량 측정 장치는 $\pm 20^\circ$ 까지의 Yaw Angle에서도 동일한 정확도로 정확하게 측정이 가능한 최신형 풍량 측정 장치입니다.

8. 차압 측정 방식 풍량 측정 장치의 발달 과정은 ?

차압 측정 방식의 풍량 측정 장치는 구형인 Honeycomb Station Type 풍량 측정 장치에서 신형의 Probe Insertion Type의 풍량 측정 장치로 발전되어 왔으며, Probe Insertion Type의 풍량 측정 장치는 제 1 세대인 원형(Round shape), 제 2 세대인 사각형(Square Shape), 그리고 최신형인 제 3 세대 타원형(Ellipse Shape)으로 개발, 발전되어 왔습니다. 자세한 내용은 아래의 기술 자료를 참조하시기 바랍니다.

- * 기술 자료 : - Evolution of the Pitot Tube Sensor
- Ellipse Outperforms Them All

9. Probe Insertion Type 풍량 측정 장치중 성능이 가장 우수한 측정 장치는 ?

Probe Insertion Type의 풍량 측정 장치는 크게 제 1 세대인 원형, 제 2 세대인 사각형, 제 3 세대인 타원형으로 그 발전 과정에 따라 구분됩니다. 제 1 세대인 원형 형상의 Probe Insertion Type 풍량 측정 장치는 구형인 Honeycomb Station Type 풍량 측정 장치의 단점을 보완하여 개발된 초기의 Probe Insertion Type 풍량 측정 장치입니다. 이어 원형 형상의 Probe Insertion Type 풍량 측정 장치의 문제점을 개선하여 개발된 것이 제 2 세대인 사각형 Probe Insertion Type 풍량 측정 장치입니다. 그 후 제 1 세대인 원형의 Probe Insertion Type 풍량 측정 장치와 제 2 세대인 사각형 Probe Insertion Type 풍량 측정 장치의 모든 문제점과 단점들을 해결, 개선하여 개발된 제품이 제 3 세대 최신형인 타원형 Probe Insertion Type 풍량 측정 장치입니다. 이와 같이 Probe Insertion Type의 풍량 측정 장치도 각 제조 업체마다 Probe(또는 Tube)의 형상과 설치되는 Probe의 갯수, 차압 변환기의 사양(Specification) 등이 크게 차이가 나므로 풍량 측정 장치를 선정할 때 세심하고 신중하게 검토하여야만 합니다. 형상별 자세한 특성에 대해서는 아래의 기술 자료 및 비교표를 참조하시기 바랍니다.

- ★ 기술 자료 : - Evolution of the Pitot Tube Sensor
 - Ellipse Outperforms Them All
 - 일체형 Probe Insertion Type FMS 비교표

10. 현재 세계적으로 HVAC 시스템에서 어떠한 방식의 풍량 측정 장치가 주로 사용되고 있습니까 ?

Probe Insertion Type의 풍량 측정 장치가 개발되기 전에는 주로 Honeycomb Station Type의 풍량 측정 장치가 널리 사용되었습니다. 그러나 Honeycomb Station Type의 풍량 측정 장치는 측정의 부정확성, 유지/보수의 불편함, 높은 공기 저항 등과 같은 여러 가지 문제점들이 나타나 1980년대 중반부터는 Probe Insertion Type의 풍량 측정 장치가 개발되어 HVAC 자동 제어에 널리 사용되기 시작했습니다. 또한 Thermistor Type의 풍량 측정 장치들도 Probe Insertion Type으로 변형시켜 사용되고 있습니다. 오늘날에는 대부분의 주요 풍량 측정 장치(FMS) 제조 업체들은 Probe Insertion Type의 풍량 측정 장치만을 제조,공급하며 Honeycomb Station Type의 풍량 측정 장치는 단종시키고 있습니다.

- ★ 기술 자료 : - FMS 비교표 요약
 - FMS 비교표(Probe Insertion Type vs. Honeycomb Station Type)

11. 풍량 측정 장치에 있어 차압 변환기의 역할은 ?

풍량 측정 및 풍속 측정에 있어서 차압 변환기(Differential Pressure Transducer)의 기능은 Pitot Probe 등과 같은 덕트내의 차압 측정용 감지기에서 감지된 유체 압력 신호, 즉 ΔP 를 아날로그나 또는 디지털 제어 루프에서 이용할 수 있는 전자 신호(mADC, VDC)로 변환시켜주는 역할을 합니다.

* 기술 자료 : - 차압 변환기

12. 차압 변환기의 사양 검토 및 선정시 고려해야 할 사항은 ?

일반적으로 차압 변환기는 ΔP 를 아날로그 신호(mADC, VDC)로 변환시켜주는 단순한 역할을 하는 것으로 생각하고 있습니다. 그리하여 일부 업체에서는 가격만을 맞추기 위해 낮은 사양의 차압 변환기를 풍량 측정 장치에 사용하고 있기도 합니다. 또한 차압 변환기의 사양 검토시 정확도(Accuracy)만을 단순 비교하고 있습니다. 그러나 이는 매우 잘못된 생각으로 차압 변환기의 사양 및 측정 성능에 크게 영향을 미치는 것으로는 정확도 뿐만 아니라 온도 영향, 자동 영점 보정 기능의 유무, 동작 범위 등이 있습니다. 따라서 풍량 측정 용도에 적합한 차압 변환기를 선정하기 위해서는 4가지 주요 고려 사항, 즉 정확도(Accuracy), 온도 영향(Thermal Effect) 그리고 자동 영점 보정 기능(Auto Zeroing)의 유무, 동작 범위(Operating Span)를 신중하게 검토한 후 선정해야 합니다. 보다 상세한 내용은 아래의 기술 자료를 참고하시기 바랍니다.

* 기술 자료 : - 정확도, 동작 범위, 온도 영향이 미차압 변환기의 성능에 미치는 영향
- 미차압 변환기에 있어서 AUTO ZEROING 기능의 중요성

13. 차압 변환기의 정확도가 $\pm 0.5\%$, $\pm 1.0\%$, $\pm 1.3\%$, $\pm 2.0\%$ 등이 있는데 커다란 차이점이 없는 것 아닌가 ?

단순히 수치상으로는 별다른 차이점이 없을 것 같으나 기술적으로 검토해 보면 커다란 차이가 납니다. 특히 풍량 측정과 같은 용도에서 풍속은 차압의 제곱에 비례하므로 차압 변환기의 정확도에 따른 측정 오차는 훨씬 더 커지게 됩니다. 따라서 변환기에서 무엇보다도 가장 중요한 것이 변환기의 정확도입니다. 특히 단순 감시용이 아닌 제어를 위해 사용되는 변환기에 있어서 변환기의 정확도는 제어 시스템을 효과적이고 성공적으로 운영하는데 있어 결정적인 요소로 작용합니다. 간단히 말해서 차압 변환기는 입력 신호를 변환시킴에 있어 최초로 감지된 입력 신호보다 더 좋게 변환시켜 출력하지는 못하며, 변환기의 비직선성(non-linearity), 히스테리시스(hysteresis), 무효지대(deadband), 및 비반복성(non-repeatability)

등을 포함한 정확도가 높은 수준을 유지하지 않으면 입력된 신호의 변환값에 심한 오차가 발생하므로 제어 시스템에서의 이용시 정확한 제어가 불가능하여 제어 시스템의 효율 가치를 저하시킬 수도 있을 뿐만 아니라 시스템 제어 기능을 무력화 시킬 수도 있으므로 차압 변환기의 선정시 정확도야말로 가장 먼저 가장 중요하게 고려해야 할 사항입니다. 자세한 내용에 대해서는 아래의 기술 자료를 참조하시기 바랍니다.

* 기술 자료 : - 정확도, 동작 범위, 온도 영향이 미차압 변환기의 성능에 미치는 영향

14. 차압 변환기의 기능 중 자동 영점 보정(Auto Zeroing) 기능이란 무엇입니까 ?

자동 영점 보정 기능이란 차압 변환기가 자동적으로 일정 주기마다 Zero Point(영점)를 스스로 보정해주는 기능을 말합니다. 모든 변환기는 시간이 지남에 따라 영점(Zero)이 이동(Drift) 합니다. Drift의 원인으로는 온도 영향, 기계적 영향, 전자적 영향 등에 의해 유발되는 Drift등 여러 가지가 있습니다. 특히 Zero에 가까운 매우 낮은 차압을 감지하고 측정하는 미차압 변환기에 있어서는 이러한 요인들로 인한 Drift가 확연히 나타납니다. 현재 빌딩 공조용에 일반적으로 적용되고 있는 차압 변환기에 있어서는 위에 언급한 온도, 전기적 및 기계적 요인들로 인한 Drift가 눈에 보일 정도로 확연히 나타나며 또한 사용중에 Zero Point(영점)가 이동함으로써 정확한 차압 측정이 불가능하고 주기적으로 재교정을 하지 않으면 적용된 시스템내에서 관련 제어 기기(인버터, 댐퍼등)들을 효과적으로 제어할 수가 없으므로 일정 기간 사용후에는 반드시 재교정을 해주어야만 입력값에 비례하는 비교적 정확한 출력값을 얻을 수가 있습니다. 그러나 아무리 빈번하게 재교정을 해주어도 여러 가지 요인들로 인한 드리프트와 사용중 영점이 이동하는 문제점을 근본적으로 해결하지 못하면 3.8m/s(750FPM, 0.035 in.W.C.) 이하의 풍량 측정에는 사용이 불가능하며 3.8m/s 이상에서도 그 측정값의 정확도에 커다란 오차가 발생할 수도 있습니다. 따라서 0.01 in.W.C(2.5 Pa, 0.254mmH₂O)와 같이 Zero에 가까운 매우 낮은 미차압도 정확하게 측정해야만 하는 저차압 변환기에 있어서 그러한 문제점을 근본적으로 배제시키기 위해서는 여러 가지 요인으로 인한 드리프트를 보정해주고 설치 후에도 유지, 보수가 필요 없도록 차압 변환기가 자동적으로 일정 주기마다 Zero Point(영점)를 스스로 보정해주는 Auto Zeroing 기능을 가진 차압 변환기를 사용하여야 만이 영점이 흔들리지 않아 변환기의 수명 내내 지속적으로 정확도를 유지하며 Zero에 가까운 미차압도 측정할 수 있게 되어 적용된 시스템 내에서 관련 기기의 제어에 효과적으로 이용될 수가 있으므로 차압 변환기 선정시 중요하게 고려해야만 합니다. 차압 변환기에 있어 자동 영점 보정 기능의 유무에 따른 측정 오차에 대해서는 아래의 기술 자료를 참조하시기 바랍니다.

- * 기술 자료 : - 미차압 변환기에 있어서 AUTO ZEROING 기능의 중요성
- 차압 변환기

15. 우리 나라와 같이 4계절이 뚜렷하고 동/하절기간의 온도 편차가 심할 경우 온도 변화가 차압 변환기에 미치는 영향은 ?

온도 영향이 변환기의 출력에 미치는 영향은 측정의 정확성에 결정적인 요소로 작용하기 때문에 변환기의 선정시 상당히 중요하게 고려해야 할 요인중 하나입니다. 특히 우리 나라와 같이 4계절이 뚜렷하고 계절간의 온도 편차가 심할 경우 특히 그러합니다. Thermal Effect란 차압 변환기에 사용된 부품 재질의 서로 다른 팽창 계수가 주된 원인으로, 차압 변환기 주변 공기의 순환 온도의 변화로 인해 차압 변환기에 더해지는 오차값입니다. 이러한 동작 부정확성(“ Thermal Effect”로 카타로그에 표시되어 있는)은 표시된 변환기의 Accuracy 에는 포함되어 있지 않다는 것을 명심해야 합니다. 더욱이 thermal effect는 항상 %F.S.(percentage of full span) 또는 %F.S.O.(percentage of full scale output)으로 표시되며, 따라서 주어진 Operating Span에 대한 정확성을 계산함에 있어 필요한 계산 공식을 사용하여 표시된 온도 영향 값도 반영하여 정확성을 계산하여야 합니다. 특히 우리나라는 동절기와 하절기간의 최대 온도 차이가 섭씨 40도 이상이나 나기 때문에 변환기의 온도 영향을 상당히 중요하게 고려해야 합니다. 각 변환기의 사양별 온도 영향에 따른 측정 오차에 대해서는 아래의 기술 자료를 참조하시기 바랍니다.

- * 기술 자료 : - 정확도, 동작 범위, 온도 영향이 미차압 변환기의 성능에 미치는 영향