

공기조화기의 IAQ 댐퍼 유닛 소개

■ 김 두 성 / 한미설비(주), hanmi@hanmitab.co.kr

실내공간의 필터로도 제거되지 않는 미세한 오염물질 때문에 적절한 외기 도입은 필수적이다. 이에 한미설비(주)에서는 소비자들의 욕구에 합당하는 실내환경을 유지하기 위한 장치의 하나인 IAQ 댐퍼 유닛을 개발하였고 이를 소개하고자 한다.

머리말

최근 건물이 대형화되고 생활수준이 향상되어 거주 환경의 쾌적성을 추구함으로 인해 건물 내부의 쾌적한 위생환경의 유지는 현대 건물에 있어서 가장 중요한 요소의 하나로 대두되고 있다. 또한 에너지절감을 목적으로 건물의 밀폐성은 증가하게 되었으며 생활의 대부분을 실내에서 지내는 재실자에게 실내 공기질(Indoor Air Quality)은 건강에 직접적인 영향을 주게 된다. 따라서 실내 공기질을 개선하기 위해서는 밀폐된 공간에서 발생하는 오염물질을 끊임없이 배출하여야 하며, 또한 적절한 외기의 도입이 이루어져야 할 것이다.

실내공기가 성능이 좋은 냉난방 장치에 의해 최적의 실내 온·습도 조건을 유지한다고 하여도 오염물질이 제거되지 않아 청정하지 않으면 이상적인 공기조화 시스템이라 할 수 없을 것이다. 공기조화 시스템에 적절한 외기 도입장치를 갖추지 않거나 외기 도입량이 조절되지 않는다면 쾌적한 실내 공기질을 유지하기가 곤란할 것이다. 또한 외기 공급량이 필요이상으로 과다하다면 냉난방 부하의 상승으로 인하여 건물의 유지관리 비용의 상승을 초래하기도 한다.

먼지 등의 실내 오염물질 중 어느 정도의 크기를 갖는 입자는 고성능 필터로써 제거되어 실내 공기질을 개선할 수 있으나 필터로도 제거되지 않는 오염물질이 실내공간에 상당수 포함되어 있으므로

적절한 외기 도입은 필수적이라 할 수 있다. 이에 본사에서는 이러한 소비자들의 욕구에 합당하는 실내환경을 유지하기 위한 장치의 하나인 IAQ 댐퍼 유닛을 개발하였고 본고에서는 기존 외기 도입 방법의 문제점과 IAQ 댐퍼 유닛의 원리 및 적용방법을 소개하고자 한다.

기존시스템에서의 외기 도입 문제

ANSI/ASHRAE Standard 62-1989 에는 각 건물별 또는 실용도별로 필요한 적정 외기량이 규정되어 있어 특별한 경우를 제외하고는 이 규정에 따라야 한다. 또한 ANSI/ASHRAE 규격에는 외기 도입량을 알 수 있는 풍량측정 장치가 필히 구비되어야 한다고 명기되어 있다.

국내의 경우 건축물 신축당시 시험, 조정, 평가(TAB : Testing Adjusting and Balancing)가 일반화되어 준공 초기에는 어느 정도의 외기량 확보를 기대할 수 있다. 그러나 시간이 경과함에 따라 관리자들의 운영 미숙과 필터 오염 등의 시스템 운전 조건변화로 인하여 적정외기량 확보가 곤란해지는 경우가 있다. 이것은 시스템 운영자들이 공조기가동시 외기 도입량을 확인하기가 곤란하기 때문이다. 이러한 외기 도입 문제를 개선하기 위한 방안으로 최근에는 CO₂(이산화탄소)감지에 의한 외기량제어 방법이 실제 상당수의 신축건물에 적용되는 추세이다. 그러나 CO₂감지에 의한 외기량제어의 경우에 실내 공기 질에 대한 이해부족으로 인하여 잘못된 제어를 하고 있는 경우가 다수 현장에서 나타나고 있다.

표 1에 ANSI/ASHRAE 규격에 나타난 실내오염의 정도를 판단하기 위한 오염물질의 허용농도를 나타내었다. 표에서 알 수 있듯이 실내오염의 정도를 판단하기 위한 오염물질은 CO₂, 프롬알데히드,



휘발성 유기화합물, 라돈 및 오존 등이 있어 CO₂의 잔류농도만으로 실내오염 도를 판단한다는 것은 문제가 될 수 있다.

VAV(Variable Air Volume)시스템의 경우는 또 다른 외기 도입의 문제가 생기게 된다. VAV시스템의 제어목적은 온도 유지를 위한 제어가 주된 목표이기 때문에 실내공기 오염도는 제어범위를 벗어나게 된다. 만일 실내 재실 인원 등 오염물질 발생원의 배려 없이 단순히 냉·난방부하의 감소만 생기게 된다면 VAV유닛은 최소풍량으로 유지될 것이다. 이때 실내로 공급되는 급기풍량도 감소하게 되는데 외기량 확보와는 상관없이 감소하게 된다. 따라서 외기 도입량이 감소하게 되므로 실내 오염도는 증가하게 될 것이다. 이러한 외기 도입 문제를 해결하기 위하여 급기 및 환기 팬의 제어방법이 중요하며 업계의 논쟁거리가 되었다. 외기량유지 및 실내 가압력 유지를 위한 제어방법으로는 급기 및 환기덕트에 풍량측정장치(Flow Measurement Stationary ; FMS)를 설치하고 급기 및 환기풍량을 측정하여 환기팬을 제어하는 방법(Air Monitor Tracking)이 보편화된 방법으로 알려져 있다.

그러나 Air Monitor Tracking방법은 급기풍량과 환기풍량을 매개변수로 설정하여 환기팬의 풍량을 조절하도록 가정하는데 문제가 있다. 그 이유는 첫째, 외기 프레넘과 배기 프레넘의 압력을 Fan Tracking방법으로는 제어하지 못하기 때문에 외기 루버 또는 배기루버를 통한 공기량의 변동을 가져와 일정한 외기량을 확보하지 못하는데 있다. 둘째, 풍량측정장치의 정확도 문제이다. 풍량측정장치는 제작사가 제공하는 자료와 실제 현장에서 조사한 결과와는 약 20% 이상의 차이가 있어 풍량측정장치를 이용하여 Fan Tracking을 하기에는 부정확한 것으로 판명되었다. 따라서 Air Monitor

Tracking 방법은 VAV 시스템의 외기량 확보에서 적절한 방법이 될 수 없다.

외기량 확보는 외기 도입의 문제뿐만 아니라 실내내부에 작용하는 압력에도 영향을 주게 된다. 만일 외기량이 부족하여 실내에 음압이 형성되면 문틈이나 방문 틈으로 공조되지 않은 외부공기가 침입하게 되어 공조효과를 반감시키게 되며 에너지 낭비를 초래할 수도 있을 것이다.

IAQ DAMPER UNIT

IAQ DAMPER UNIT의 원리

덕트내의 압력강하는 덕트표면의 조건, 유동구간의 덕트형상 그리고 유동의 세기를 나타내는 레이놀즈수에 의해 조정된다. 또한 덕트내의 압력강하는 층류유동일 때 속도에 비례하고 난류유동이나 박리유동을 동반할 때 속도의 제곱에 비례한다. 댐퍼가 존재하는 덕트에서의 압력강하는 댐퍼 베인 각도 조정에 따라 각기 특유한 특성을 갖는다.

환기시스템에서의 유동은 대개 난류이므로 덕트내에 흐르는 유량과 압력강하 사이의 관계는 다음과 같다.

$$\Delta P = K \cdot Q^2 \tag{1}$$

상기 식 (1)에서 ΔP , Q 및 K 는 각각 압력강하량, 유량 및 댐퍼 저항계수이다.

덕트에 설치된 댐퍼의 베인 각도가 서로 다른 위치에 있을 때 공기유량, 압력강하 관계를 알아보기 위해 세 가지 댐퍼 베인 위치에서의 유량, 압력강하 관계를 그림 1에 나타내었다.

그림에서 점[1]은 덕트 내에 공기유량 Q_{nom} 이 흐르는 경우에 댐퍼 전후에서의 압력손실 ΔP_{nom} 이

<표 1> ANSI/ASHRAE 실내 오염물질 허용 정도

오염물질	허용 농도	ppm	노출 시간	비고
이산화탄소	1.8 g/m ³	1000	상시	
클로르덴	5 µg/m ³	0.0003	상시	
오존	100 µg/m ³	0.05	상시	
라돈 가스	4pCi/L (29,32)		연 평균	

발생하는 경우의 예이다. 이러한 유동조건에 K는 식 (1)을 이용하여 구해질 수 있다. 만약 댐퍼 베인 위치가 불변이면 유량과 압력강하는 점 [1]을 통과하는 2차 함수에 의하여 표현될 수 있다. 비록 적정 유량과 동떨어진 유량이 공급되고 있더라도 여러 가지 댐퍼 베인 각도에 따른 압력강하 선도가 이미 조사되어 있다면 PC(Personal Computer) 응용에 의하여 덕트 내에 적정 유량이 통과될 수 있도록 댐퍼의 베인 각도를 정확하게 조정할 수 있다.

이러한 방법은 이중압력측정방법(Dual Pressure Measurement Method, 이하 DPM이라 칭함)이라 알려져 있으며, 간단히 말하여 “적정한 압력강하 특성을 가지도록 댐퍼 베인 각도를 조절하는 방법” 혹은 “적정한 유량과 동떨어진 유량이 공급되는 경우에 타당한 K값을 가지도록 하는 방법”이라 할 수 있다.

DPM을 이용하여 덕트에 설치된 댐퍼의 압력강하 특성을 구하기 위해 그림 2와 같이 PC에 연결된 A/D Converter에 연결된 두 개의 압력 감지기를 이용한다. 이 그림에서 ΔP_1 은 유량측정 장치에서 측정되는 전압과 정압의 차이이며 압력차 ΔP_1 을

이용하여 아래와 같이 덕트 내에 흐르는 유량 Q에 대한 관계식을 얻을 수 있다.

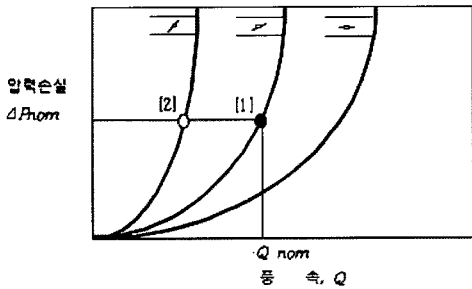
$$Q = A \cdot \sqrt{\frac{2\Delta P_1}{\rho}} \quad (2)$$

상기 식에서 A, ρ 는 각각 덕트의 단면적 및 공기의 밀도이다. 그림에서 ΔP_2 는 댐퍼 전후에서의 압력강하량(정압 차)을 뜻한다. 또한 댐퍼 베인 각도의 정의는 그림 2에 나타난 바와 같다. 상기 식 (2)에서 구한 유량 Q와 댐퍼 전후의 압력강하량 ΔP_2 를 식 (1)에 대입하면 댐퍼 저항 계수 K를 구할 수 있다.

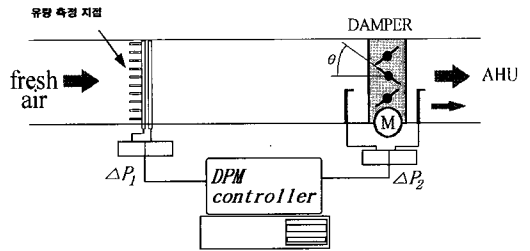
IAQ 댐퍼 유닛의 구성 및 기능

IAQ 댐퍼 유닛은 그림 3에 나타난 바와 같이 풍량을 조절할 수 있는 댐퍼, 댐퍼를 자동으로 동작시켜주는 댐퍼구동기, 댐퍼 전후의 차압을 측정하기 위한 차압감지기와 DPM원리를 이용한 제어 프로그램이 내장된 제어장치로 구성되어 있다.

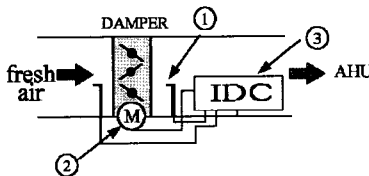
① 압력측정 부분 : 댐퍼 전후의 차압



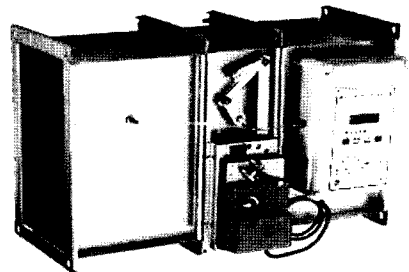
[그림 1] 댐퍼 베인 각도에 따른 압력 손실 특성



[그림 2] 이중압력측정 원리



[그림 3] IAQ 댐퍼 유닛



[그림 4] IAQ 댐퍼 유닛 실물 사진



- ② 댐퍼 및 댐퍼 구동 부분 : Actuator
- ③ 외기량 제어부 및 모니터링 부분 :
외기량 설정/차압, 개도, 풍량 모니터링, 설정 외기량을 만족 시키도록 제어로직에 의해 댐퍼 개도를 비례적분제어(BAS/DDC 에 연결가능, 자동제어 시스템에서 모니터링 가능)

IAQ 댐퍼 유닛의 기능은 다음과 같으며, 실물 모습은 그림 4와 같다.

- ① 외기량 측정 : 내장되어 있는 차압 감지기에 의해 댐퍼의 차압과 개도를 직접측정하여 댐퍼저항계수(K)를 이용하여 댐퍼를 통과하는 풍량을 산정한다.
- ② 외기량 설정 및 제어 : 풍량은 주어진 풍량 설정치와 비교되며, 콘트롤 로직에 의해 댐퍼 개도가 비례제어 되면서 풍량이 유지된다.
- ③ 중앙 감시반과의 통합 : RS485를 통해 중앙 감시반, Gateway 또는 상위 DDC Controller와의 통합이 가능하여 외기풍량을 설정할 수 있으며 외기풍량을 확인할 수 있다.

IAQ 댐퍼 유닛의 효과

외기 도입은 실내 공기질 향상 및 에너지 절감측

면에서 아주 중요한 사항으로서 적절한 외기 도입량의 제어는 필수적이라 하겠다. 그러나 관리자등의 입장에서는 외기 도입량을 적절히 유지하기란 쉬운 일만은 아닐 것이다. 이는 시스템에서 도입되는 외기량을 직관적으로 판단할 수 있는 장치가 없어 경험에 의한 제어가 되기 때문이며 일반적으로 댐퍼개도로써 외기 도입량을 판단하게 되는데 이 경우 큰 문제를 야기하기도 한다.

IAQ 댐퍼유닛의 설치에 이러한 문제를 해결할 수 있다. IAQ 댐퍼 유닛은 상위 DDC와 통합되어 실내로 공급되는 외기량을 확인할 수 있고 설정된 외기량을 유지할 수 있으므로 적합한 외기 공급을 유지할 수 있을 것이다.

맺음말

공조시스템에서의 외기 도입은 제어방법과 유지관리 방법에 의해서 원활한 제어 또는 부적절한 제어가 될 수 있을 것이다. 따라서 IAQ 댐퍼 유닛의 적용은 적절한 외기 공급과 에너지 절감에 한 차원 높은 효과를 얻는데 도움될 것으로 판단된다. (❊)