

외기전담시스템 (Dedicated Outdoor Air System)에 관하여

실내의 냉난방부하와 필요환기량을 동시에 처리하던 기존의 전공기 공조시스템과 달리 냉난방과 환기를 분리하여 개별적으로 담당하는 외기전담시스템에 관하여 소개한다.

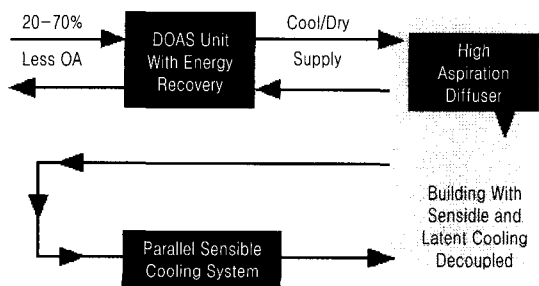
한 화택

국민대학교 기계공학과 (hhan@kookmin.ac.kr)

틀어가며

본고는 외기전담시스템에 관한 것으로 최근 미국 에너지성에서 제시한 일련의 새로운 에너지 절약기술에 관한 보고서를 일부 인용한 것이다. 전체 보고서는 에너지성 홈페이지(<http://www.eren.doe.gov>)에 들어가면 볼 수 있다. 상용건물에서 외부의 보급공기(outdoor makeup air)를 환기(return air)와 혼합하여 공기조화기를 통과시키면서 필요한 만큼 가열 또는 냉각하여 원하는 온습도 조건으로 만들어서 실내로 공급하는 방식이 실제로 많이 이용되고 있다. 이 경우 준별 온도제어를 하는 경우와 그렇지 않은 경우가 있다.

외기전담시스템(DOAS: dedicated outdoor air system)은 그림 1과 같이 외부로부터의 보급공기를 실내로부터 환기된 공기와 분리하여 독립적으로 처리한다. 변풍량(VAV)방식에서 환기성능을 좋게 하기 어려운 이유는 개별 존의 열부하가 실내의 환기요구량과 반드시 일치하는 것은 아니기 때문이다¹⁻⁴⁾. 따라서 모든 운전조건에 대하여 충분한 준별 환기를 확보하기 위해서는 총 환기량을 과다하게 증가시켜



[그림 1] 외기전담시스템의 개략도

야 하는 경우가 있다.

DOAS는 외기의 일정량을 실내로 직접 공급함으로써 이러한 문제를 극복할 수 있다. 외기시스템은 ANSI/ASHRAE Standard 62 등에서 규정된 필요 환기량을 만족시킬 수 있는 정도의 크기만을 요구한다. 전체 환기율을 일정하게 유지할 수도 있고 또는 건물의 운전/점유 스케줄에 따라서 변화시킬 수도 있다. 또는 실제 점유율에 따라서 실시간으로 요구제어 환기(DCV)를 할 수도 있다.

DOAS는 습도제어성능을 향상시킬 수 있다. 대부분의 상용건물에서 외기로부터 들어오는 습기부하는 대부분의 기후조건에서 특히 여름조건에서 지배적인 것이다. 따라서 보급공기를 개별적으로 도입함으로써 건물 전체의 습기부하를 효과적으로 처리할 수 있다. 그렇게 함으로써 습도가 높은 기후에서도 (건물

<표 1> 외기전담시스템의 특성

특 성	결 과	비 고
기술적 성숙도	현재	
기술의 영향을 받는 시스템	모든 HVAC기기	난방, 냉방, 환기 시스템.
기존 건물/설비에 적용가능성	상황에 따라서	DOAS는 더 많은 덕트 연결을 요구함.
관련된 에너지 소비량	4.0 quads	모든 비개별적인 냉방 환기시스템. 외기 난방에너지.
기술적 에너지절약 가능성	0.4-5.0 quads	난방 10% 감소. 냉방 17% 감소. 환기에너지는 순수 영향 없음.
대략적인 이득회수 기간	즉각	초기비(신축, 재건축)를 낮출 수 있음. 추가적인 임대공간 확보.
에너지 외적인 이득	습도제어성 개선과 재실자 쾌적도 향상	준별로 적절한 공조제공과 준별 제어로 온도변동폭을 줄임. 재실자 쾌적도 향상과 생산성 향상. 실내 습도부하가 작고 침기가 적을 때, DOAS를 사용함으로써 현열과 잠열을 분리하여 외기에 의한 습기유입을 따로 제어가능.
기술 개발자/제작자	수개	Penn State Univ., EPRI, McClure Eng.
피크 요구량 감축	가능	피크 기간중 재실공간이 공조된다고 하면, DOAS는 외기냉방부하를 줄임으로써 피크부하를 더 줄일 수 있음.
가장 기대되는 적용분야	사무실, 병원, 학교와 같은 재실밀도가 가변적인 건물.	DOAS는 외기부하의 부담이 큰 곳에서 유리.
차세대 기술	에너지 절약의 검증, 우수한 습도제어, 설계소프트웨어.	

밀폐도가 높고 실내습기발생이 그리 많지 않다면) 복사천정 냉각과 같은 현열만을 이용한 냉방방식을 고려할 수 있을 것이다. 이러한 장점은 단일 존이나 멀티존 HVAC시스템 모두에서 실현될 수 있다. 표 1은 외기전담시스템의 특성을 요약해 보여주고 있다.

에너지절약 가능성

DOAS시스템은 현열만을 이용한 변풍량 냉방시스템과 조합함으로써 적어도 다음과 같은 네가지 측면에서 에너지를 절약할 수 있다.

첫째, DOAS시스템은 ASHRAE 62의 필요환기량을 확보하기 위하여 요구되는 총 환기량의 공급에너지를 절감할 수 있다. 이것은 DOAS가 대생적으로 건물내의 개별 존이나 통합존에 대하여 정확하게 필요환기량을 공급할 수 있기 때문이다.

둘째, 총환기량을 감소시킴으로써 냉방철 또는 난방철에 외기를 공조하는데 소요되는 에너지를 줄일 수 있다. TIAX에 의하여 수행된 단순 해석에 의하면 DOAS가 총 난방에너지 소비량의 10%정도를 감소시키는 것으로 나타났다. 표 2는 기존의 VAV시스템에 대한 DOAS의 에너지 절약결과를 보이고 있다.

셋째, 실내에서 발생한 부하와 독립적으로 외기가 전체 습기부하와 함께 처리되므로 재순환 공조시스템은 온도제어에만 이용될 수 있다. 이렇게 함으로써 내부 현열부하를 위한 냉수온도를 높일 수 있게 한다. (증발온도가 4~7℃에서 약 13℃로 증가) 따라서 냉동기의 COP를 향상시킬 수 있다.

넷째, 온도와 습도제어가 분리됨으로써 변풍량방식을 위한 이상적인 조건이 형성된다. 즉 공조된 풍량은 순수 냉방 또는 난방부하에 비례하게 된다. 이것은 일년 중 대부분을 차지하는 냉방이나 난방 부분부하인 기간동안의 송풍전력을 확실하게 감소시킨다.

〈표 2〉 기존의 VAV시스템에 대한 DOAS의 에너지 절약 결과

분 류	에너지절약 %	비 고
공간냉방	8-12%	외기 난방부하 50%까지 감소 외기 20% 감소
공간냉방	15-20%	외기 냉방부하 25%까지 감소 외기 20% 감소 내부부하에 대하여 COP가 20%까지 상승 (약 6℃ 상승)
환기동력	0%	외기유닛의 정풍량기능에 의한 과도 환기량 오프셋을 줄임. 두 개의 독립된 덕트시스템

이것은 냉수시스템과 DX시스템 모두에 적용된다.

실내습도레벨을 효과적으로 조절함으로써 DOAS는 공기 대신 물을 냉열로 공급하는 매체로 사용하는 에너지 절약적인 복사천정 냉방시스템과 같은 시스템의 적용을 가능하게 한다. DOAS 구조는 열교환기를 이용한 폐열 회수를 전체로 하기 때문에 최대부하와 계절별 냉난방 부하를 줄일 수 있다.

시장 요인

단일 목적의 시스템을 나란한 두개의 시스템으로 교체하는 것에 대하여 일반적으로 거부감이 있다. 즉 외기전담시스템과 현열부하담당 시스템을 분리하여 두개로 하려면 추가적인 장비 설치에 따른 설치비가 증가할 것이라는 우려가 존재한다. 그러나 신축이나 대대적인 리모델링에서 반드시 그런 것은 아니다. Mumma⁵⁾는 9가지의 건축기계시스템에 있어서 개별 DOAS에 의하여 전체적인 건물 코스트가 감소하는 것을 나열해 보여주었다.

1. 냉동기(또는 DX시스템) 부하 감소
2. 냉동기 용량 감소
3. 응축수 펌프용량 감소
4. 덕트크기와 단면적 감소
5. 공기분배 플레넘과 터미널 박스의 크기 감소
6. 공기조화기 크기 감소
7. 피크 부하의 감소에 따른 냉동기, 송풍기, 펌프 용 전력공급선의 용량 감소
8. 기계장치를 위해 필요한 설치공간의 감소
9. 층고의 감소

사실, DOAS는 초기비 증가가 거의 없으며 에너지 비용을 절감할 수 있다. 또한 습도제어를 획기적으로 개선하며 재실자의 생산성을 증가시킴으로써 즉각적인 이득과 지속적인 절약의 가능성이 있다.

그럼에도 불구하고 비용문제에 접하게 되면 DOAS에 근거한 HVAC 시스템이 기존의 시스템 보다 초기비가 높을 것이라고 인식되고 있다. 이러한 인식은 상대적으로 최근에 소개된 DOAS에 대하여 HVAC 설계자나 계약자들이 제대로 파악하지 못한 때문인 것으로 판단된다. 일반적으로 DOAS는 현재의 HVAC 시스템의 문제점을 해결하기 위한 방안이다.



외기전담시스템 (Dedicated Outdoor Air System)에 관하여

DOAS를 조닝된 VAV나 DCV 시스템의 공조 및 환기 성능을 향상시키는 방안으로 고려한다면, 기존 시스템에 대한 상대적인 초기비 문제는 검토해 볼 만 할 것이다.

외기전담시스템의 적용에

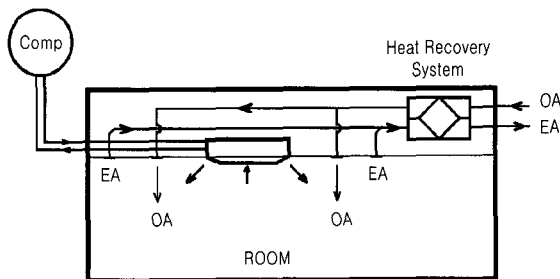
기존의 실내 냉난방기에 외기전담시스템을 추가설치한 경우

소형 사무실 건물이나 학교, 병원 등과 같은 곳에 덕트시스템이 설치되어 있지 않고 개별적인 냉난방기만 설치되어 있는 경우가 많다. 최근 에어컨 설치가 많아지고 건물의 밀폐도가 높아지면서 실내환기량이 급격히 줄어들고 있다. 이러한 경우 실내의 온습도는 조절이 되지만, 불충분한 외기도입으로 인하여 특히 재질밀도가 높은 경우 실내공기질이 크게 악화될 수 있다.

외기도입의 필요성이 높아지면서 예를 들면 그림 2와 같이 기존의 천장 카세트형 히트펌프에 추가하여 외기를 전담하는 소형 덕트시스템을 추가적으로 설치하는 경우를 생각할 수 있다. 냉난방기와 외기전담시스템의 적절한 배치와 적절한 제어를 통해서 에너지 절약적이며 쾌적한 실내공간을 제공할 수 있을 것이다.

수배관에 의한 냉난방과 외기전담시스템을 조합한 경우

기존의 전공기시스템은 냉난방 부하를 담당할 풍량을 공급하기 위하여 덕트사이즈가 과다해지고 막대한 송풍동력을 필요로 한다. 냉난방과 외기를 구분하여 냉난방부하처리는 냉온수를 이용하여 처리하고, 외기는 소형 덕트를 이용하여 필요환기량만을 유입



[그림 2] 천장 카세트형 히트펌프를 이용한 외기전담시스템

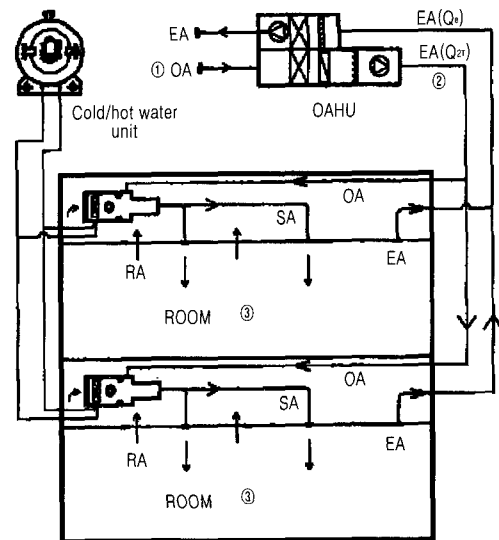
한다. 덕트 단면적이 줄어들면서 층고도 줄일 수 있다. 또한 막대한 송풍동력에 비하여 냉온수의 공급동력은 그리 크지 않으므로 반송동력을 크게 줄일 수 있다.

그림 3은 실내로부터 단순 재순환시키는 공기와 외기전담시스템으로 도입된 외기를 혼합하여 냉난방기 코일을 통과시키는 시스템을 보인다. 천장에 설치된 공조기는 실내의 공기를 재순환시키는 과정에서 약간의 유인기류를 형성하여 외기도입을 유도하는 형식을 취하는 경우도 있다.

냉난방전담 덕트와 외기전담 덕트 등 두 개의 덕트시스템으로 분리한 경우

기존의 변풍량방식은 냉난방부하 변동에 따라서 풍량이 변화하므로, 이에 따라서 외기도입량도 변화한다. 또한 냉난방에너지의 절감을 위하여 외기덤퍼를 아예 닫아두는 경우가 많다. 따라서 실내에 과도한 외기가 도입되거나 또는 충분한 외기도입이 확보되지 않는 경우가 많아 실내공기질이 악화되거나 에너지손실을 초래하게 된다.

덕트시스템을 두 개로 분리하여 냉난방과 외기를 각각 전담하게 함으로써 냉난방부하변동에 무관하게 필요외기량을 확보할 수 있게 한다. 특히 중간기에 외기만으로도 냉난방효과를 얻을 수 있다. 외기전담



[그림 3] 냉온수코일과 실내기류 유인시스템을 이용한 외기전담시스템

시스템에는 폐열회수 열교환기를 설치하는 것이 매우 용이하므로 따라서 외기도입에 의한 냉난방부하를 크게 줄일 수 있다.

참고문헌

1. Stanke, D.A., 1998, "Ventilation where it's needed," ASHRAE Journal 40(10): 39-47.
2. Kettler, J.P., 1998, "Controlling minimum ventilation volume in VAV systems," ASHRAE Journal, 40(5): 45-50.
3. Shelquist, P. and R. Amborn, 2001, "Ventilation control strategies," ASHRAE Journal 43(9): 30-35.
4. Chamberlin, G.A., et al., 1999, "VAV systems and outdoor air," ASHRAE Journal 41(10): 39-47.
5. Mumma, S.A., 2001, "Ceiling panel cooling systems," ASHRAE Journal 43(11): 28-32.
6. 김정엽, 신현준, 2003, "반송동력과 건물층고 저감형 공조시스템 개발," 설비공학회 논문집, 제15권, 제2호, pp. 116-125.
7. Dieckmann, J., Roth, K.W., and Brodrick, J., 2003, "Dedicated Outdoor Air System," ASHRAE J., Vol. 45, No. 3, pp. 58-59. 