공기 흐름제어의 활용

■신 규 민 / 한국하니웰, kyumin.shin@honeywell.com

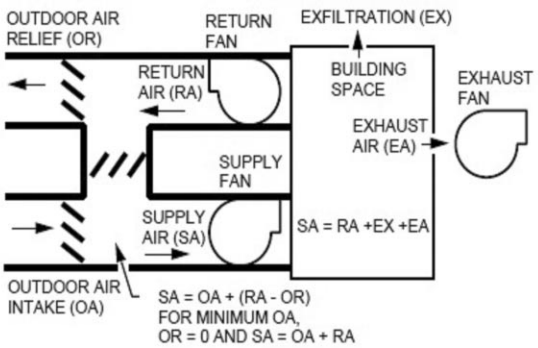
출처 / Engineering Manual of AUTOMATIC CONTROL for Commercial Buildings, pp.280 ~ 284

HVAC의 공조시스템의 운용은 언제나 설계자나 운영자들에게 고민거리이다. 특히 VAV시스템에서의 적절한 운영이 더욱 그러하다. VAV의 상황별 제어에 대해서 간략히 정리해 보았다.

그림 1은 빌딩공간을 위한 풍량 밸런스를 보여준다. 환기댐퍼가 열려있고, 배기댐퍼가 닫혀 있으면 외기댐퍼는 최소풍량이 통과할 수 있도록 설계 되어야 한다. 외기댐퍼와 배기댐퍼가 더 열리고 환기댐퍼가 더 닫힌다면 외기는 증가한다. 이러한 조건은 외기냉방을 위해 사용되며 최소 공기가 급기와 환기 공기흐름 비율의 차이보다 더 클 때 사용된다.

VAV시스템에서의 급기 팬 제어

급기팬 제어 시스템은 모든 Air Terminal Unit에



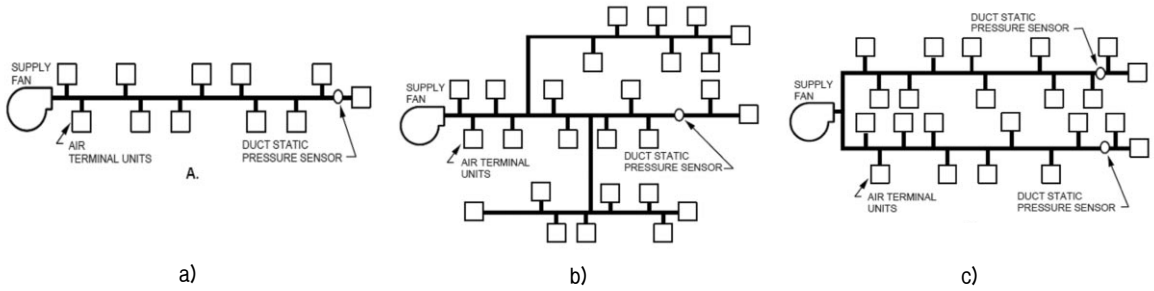
[그림 1] 팬 제어와 풍량 밸런스

알맞은 덕트 정압을 전달한다. 이러한 덕트 정압은 Air Terminal Unit와 제어 공간 사이의 압력저하를 극복하기 위해 사용된다. 부적절한 정압은 최대풍량을 요구량보다 더 적게 제한하는 반면 과도한 정압은 소음을 유발하며 필요이상 에너지를 소모하게 한다. 따라서 덕트의 압력센서의 위치는 급기팬을 알맞게 통제하기 위해 매우 중요한 요소이다.

급기덕트가 Air Terminal Unit으로 들어가는 단순한 흐름이라면(그림2-a) 덕트의 압력센서는 급기 팬으로부터 가장 멀리 떨어진 Air Terminal Unit에 위치해 있다. 그러나 가장 멀리 떨어진 Air Terminal Unit의 풍량 변화들은 덕트 정압센서에 나쁜 영향을 준다. 이러한 환경에서 마지막 끝단의 Air Terminal Unit의 3 ~ 4개 사이에 센서들이 위치한다면 균등한 압력을 전달할 것이다.

전형적으로 급기덕트는 여러 개의 덕트 라인이 연결되어 있는 복잡한 구조로 되어 있다. 이러한 덕트의 구조는 압력센서의 위치에 있어서 절충안을 요구하며 그 위치는 일반적으로 팬과 가장 멀리 떨어진 Air Terminal Unit 사이의 약 2/3가 되는 지점에 위치하게 된다(그림 2-b). 여러 개의 덕트 라인이 팬 가까이에서 분기되는 복잡한 구조에서 센서는 각 분기 덕트의 끝에 위치해야 한다. 그리고 각 검출 값은 제어루프의 설정점을 제공해야 한다(그림2-c). 분기덕트와 멀티센서의 위치가 동일한 요구사항을 가질 것이라는 가정은 피해야 한다. 검출 값은 가장 낮은 덕트 압력 감지, 급기 팬 제어 설정점을 제공 해야 한다.

가변 풍량의 팬 제어는 풍량조절 댐퍼(Inlet Vane Dampers), 액실 팬(Vane Axial Fans), 인버터



a) b) c)

[그림 2] 급기팬 제어에서의 덕트 정압센서의 위치

(Variable Speed Drives)는 가변적인 풍량(급기와 환기 모두 해당)을 조정하기 위해 사용된다. 가변속도 특히, 인버터는 최대의 효율성 뿐만 아니라 우수한 팬 제어를 제공한다.

덕트정압 High-limit Control

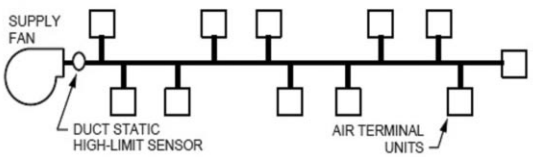
급기 팬 덕트 정압의 High-limit Control(**그림 3**)은 덕트, 댐퍼, Air Terminal Unit의 손상방지를 위해 사용되어야 한다. 급기덕트에서 화재나 제연댐퍼가 닫히거나 막히면 손상이 발생하며 특히, 초기 시스템 가동 시점에 더욱 심한 손상을 입는다. 팬의 shut-down과 High-limit Control은 덕트 정압을 제한하기 위해 사용하는 두가지 기법이다.

팬의 shut-down는, 설정점을 초과시 단순히 팬 시스템(급기팬과 환기팬)을 shut-down한다. High-limit Control은 팬을 수동으로 재시작 할 것을 요구하며 첫 번째 급기 팬 제어 루프로 부터 분리된 별도의 구성요소 이어야 한다. 팬 shut-down 기법은 비용 면에서 가장 저렴하지만, 연속적인 팬 동작이 요구되는 제연제어 시스템과 사용되어서는 안된다.

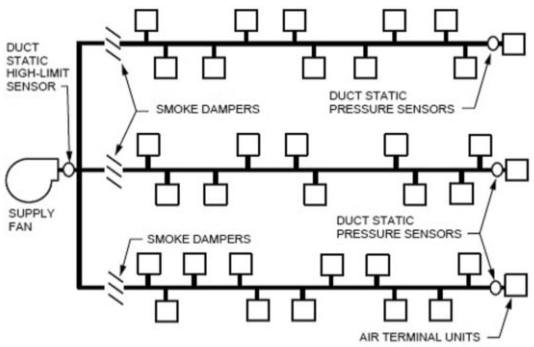
High-limit Control 활용은 덕트가 막혀도 팬 시스템이 계속 가동되어야 할 때 사용된다. 그러나 그 운영은 덕트 정압 최대값에 제한된다. 예를 들면, 급기 덕트의 화재나 제연댐퍼가 닫히면 첫 번째 덕트 정압 센서가 어떠한 압력도 감지하지 못하게 된다. 이는 결과적으로 High-limit Control이 존재하지 않는다면 급기팬의 최대 출력을 미리 설정된 최대 덕트 정압으로 제한할 것이다(**그림 4**).

VAV 시스템에서의 환기 팬 제어

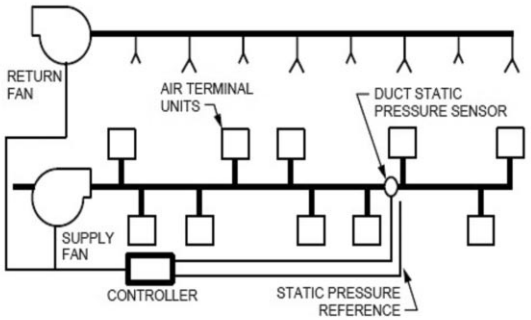
환기팬의 작동은 빌딩공간에서의 압력과 최소 외



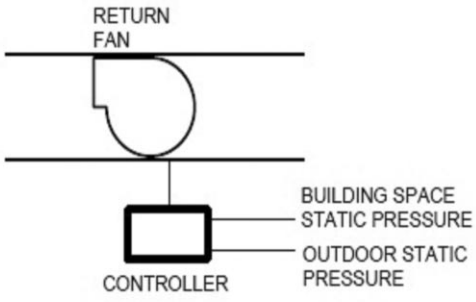
[그림 3] 덕트의 High-limit Control



[그림 4] High-limit 정압 제어



[그림 5] Open Loop Control



[그림 6] Direct Building Static Control

기에 영향을 미친다. 환기팬을 통제하는 데는 오픈루프(Open Loop), 빌딩 정압(Direct Building Static), 급기 풍량 및 풍량 제어(Airflow Tracking), 덕트 정압(Duct static)의 네가지 기법이 있다.

오픈루프(Open Loop) 제어

오픈루프 제어는 어떠한 피드백없이 환기팬을 조절한다. 이러한 형태는 급기팬과 환기팬사이의 고정된 관계를 가정하며 급기팬과 함께 환기팬을 통제하고 그 결과를 측정하지 않고 환기팬의 결과를 변경한다. 오픈루프 통제방식은 급기팬과 환기팬의 유사한 동작특성을 요구한다. 따라서 이 기법을 선택하기 전에는 급기팬과 환기팬의 작동곡선(Operating Curves)에 대한 신중한 분석이 선행되어야 한다. 또한, 최대 최소 작동지점에서 알맞은 조정을 하기 위해 정확한 밸런싱이 필수적이다. 기대하는 흐름을 얻기 위한 두 개의 팬 사이에 존재하는 차이를 조정하기 위해서, 그리고 다른 작동점에서의 트랙킹 에러를 최소화하기 위하여 기계적 링키지 조정이나 그밖의 다른 방식들이 사용된다.

또한 낮은 공기흐름의 턴다운비를 갖는 시스템은 오픈루프제어에 좀 더 적합하다. 대체적으로 턴다운비가 50%를 넘어서는 안된다(그림 5).

빌딩정압제어 (Direct Building Static Control)

빌딩정압제어(그림 6)에서 환기팬은 빌딩외부의 정압에 참조되는 빌딩공간에서의 정압에 직접 반응한다.

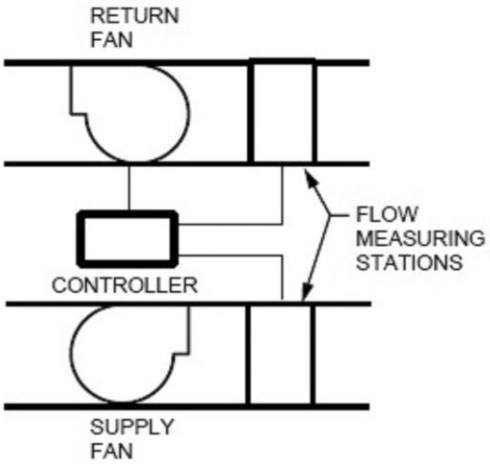
빌딩에서의 정압센서의 위치는 외부로 열리는 문과 제한구역으로부터 멀리 떨어져 있어야 한다. 일반적으로 상층의 복도가 적합하다. 외기정압센서는 바람효과를 피해야 하며 바람에 의해 야기되는 정압영향을 피하기 위하여 최소한 빌딩 위 5미터 위치에 있어야 한다.

풍량 추적 제어(Airflow Tracking Control)

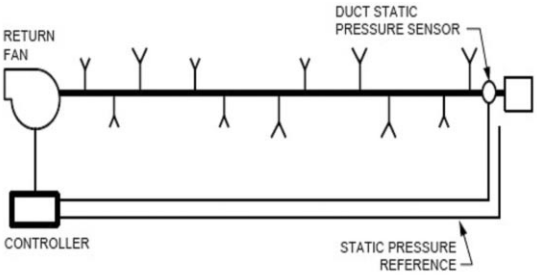
풍량 추적 제어(그림 7)에서 환기팬 흐름은 급기팬 흐름과 배기팬 흐름 사이의 관계에 기반하여 리셋된다. 그 관계는 일반적으로 급기 풍량과 환기+배기토탈 풍량간의 고정된 차이값 이지만 급기의 총풍량의 비율일 수도 있다. 덕트 구조가 하나의 흐름으로부터 전체 풍량을 측정하는 것을 방해한다면 여러 덕트 에서의 측정값은 모두 합산된다. 이 기법은 일반적으로 더 높은 비용을 필요로하며 특히 여러 풍량 측정 장치가 요구될 때 비용은 더욱 올라가게된다. 풍량추적제어와 빌딩정압제어가 오픈루프 제어보다 선호된다.

덕트 정압 제어 (Duct Static Control)

덕트 정압제어는 환기 덕트 압력이 음압이라는 점만 제외하고는 급기팬 덕트 정압 High-limit Control과 유사하다. 개별적인 공간으로 통제된다면 환기팬 컨트롤은 이 기법을 사용해야 한다(그



[그림 7] 환기팬을 위한 Ariflow Tracking Control



[그림 8] Duct Static Control

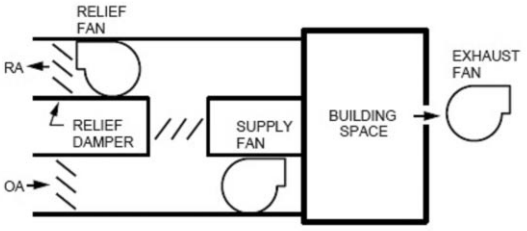
림 8). 덕트 정압 제어는 상대적으로 단순하지만 개별적인 공간제어는 전체 시스템을 복잡하게 만든다.

최소한의 빌딩외기는 급기의 총합계 흐름과 환기+배기 사이의 차이다.

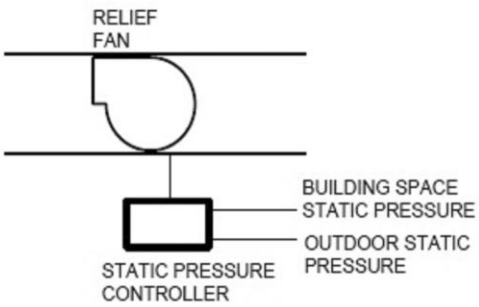
VAV 시스템에서의 릴리프팬 제어

릴리프팬은 중앙공조 시스템을 위한 배기팬이다. 릴리프팬은 과도한 빌딩 양압을 경감시키고 경제적 운용을 위해 환기량 감소를 제공한다.

그림 9에서 릴리프댐퍼는 릴리프 팬 뒤에 위치하며 릴리프 팬이 동작할 때 마다 완전 개방되도록



[그림 9] 릴리프 댐퍼위치

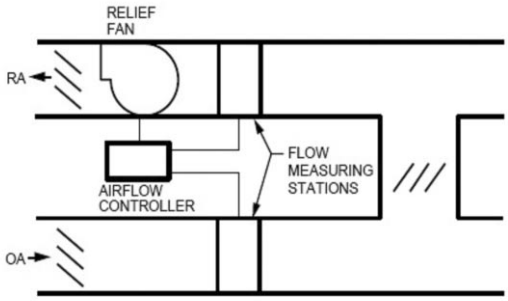


[그림 10] 릴리프팬을 위한 Direct Building Static Control

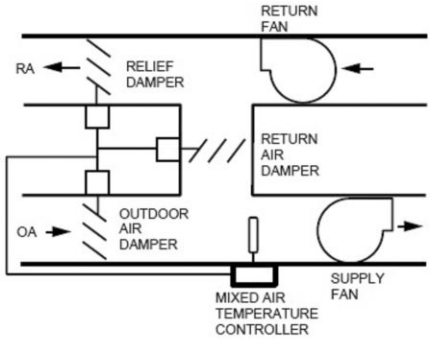
통제된다. 빌딩정압제어 혹은 풍량 추적 제어는 릴리프 팬을 통제한다(그림 10). 동일한 가이드라인이 환기팬 제어에도 적용된다. 최소환기 동안 외기댐퍼는 닫혀야 한다. 풍량 추적 측정장치(그림 11)는 덕트와 외기덕트에 있어야 하며, 환기팬의 경우와 마찬가지로 급기덕트와 환기덕트에 위치해서는 안된다.

VAV시스템에서의 환기댐퍼 제어

환기팬이 있는 시스템에서 혼합공기 제어 Cycle이 작동되지 않을때, 외기와 릴리프댐퍼는 닫히고 환기댐퍼는 완전개방상태로 있게 된다. 혼합공기 제어 Cycle이 작동 중일 때 환기댐퍼는 닫히고 외기와 릴리프댐퍼는 열린다. 환기댐퍼는 외기와 릴리프댐퍼 압력저하의 두배로 맞춰야 한다. 이렇게 함으로써 릴리프 댐퍼를 통해 외부공기가 유입될 가능성을 막는다(그림 12).



[그림 11] 릴리프팬을 위한 Airflow tracking control



[그림 12] Return air Damper Mixed Air Control cyled

환기팬이 없는 시스템에서 환기댐퍼는 최소외기 혹은 빌딩정압을 제어한다. 풍량 추적 혹은 빌딩 압력제어는 환기댐퍼를 통제하기 위해 사용될 수 있다.

VAV시스템에서의 여러 가지 경우의 제어에 대해서 정리해 보았다. 이번 내용을 통해서 VAV시스템에 대해서 좀 더 많은 지식과 정보가 공유되었으면 하는 바이다.