

변풍량유닛의 풍량조절공정

권 용 일

지난해 온나라를 강타했던 “친구”라는 영화가 재밌다는 소문에 떠밀려 과거 교복입던 학창시절을 떠올리며 본적이 있다. 영화속에서 시험친 오후 단체로 영화관람을 가는 장면은 70년대 중반 더운 날씨에 단체 관람을 갔었던 경험으로 인해 새로웠다. 그 당시 영화관은 대형에어콘을 무대부 측면하단에 설치하였기에 에어컨 앞에 앉으면 제일 시원할 것 같은 생각에 앉았다가 영화가 끝날 때쯤, 영화의 줄거리는 커녕 추워서 고생했던 기억이 인상깊게 남아있다. 요즘은 “친구”라는 영화를 상영했던 소극장도 영화속 줄거리에 잘 몰입하도록 쾌적한 온열환경이 조성되고 있는데 이러한 쾌적한 환경을 조성함에 있어 보이지 않는 역할을 하는 장치는 무엇인가? 그것은 변풍량유닛이라는 장치이며 이러한 장치의 기능을 정확히 이해하여 설계 및 시공하는 기술인의 노력의 결실로 생각된다. 변풍량유닛은 냉방운전 시에 에너지를 절약하며 열쾌감도가 좋은 재실환경을 구현할 목적으로 공급풍량의 제어를 수행하는 장치이다.

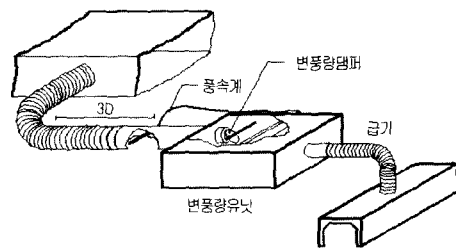
즉, 공조 대상실의 실내온도는 외주부에서 취득되는 일사열, 재실자 및 OA장비의 발열에 의해 균일하지 않게 유지된다. 그림 1과 같이 유량조절댐퍼와 풍속계로 구성된 변풍량유닛은 실내에서 발생된 불균일한 부하를 선별적으로 제거하여 실내의 위치에 관계없이 목표온도(26℃)를 유지하도록 설치해야 한다.

이러한 목적을 구현하기 위해 적용되는 변풍량유닛은 공급풍량 조절방식에 따라 교축형유닛(댐퍼형, 벤추리형), 유인유닛, 팬구동유닛 및 바이패스형 유닛으로 분류되며 일반적으로 적용되는 변풍량유닛은 댐퍼

를 이용하여 유량을 조절하는 교축형 유닛을 적용된다. 그림 1과 같이 설치된 변풍량시스템의 작동요소는 다음과 같이 3가지로 분류된다.

- 풍량조절 공정 (V.A.V. process)
- 풍량조절 제어 (V.A.V. control)
- 센서와 피드백인자 (sensors and feedback components)

변풍량유닛은 변풍량 제어에 필요한 센서와 피드백인자에 의해 풍량조절공정(V.A.V. process)을 수행하게 된다. 풍량조절공정(V.A.V. process)은 실내부하와 댐퍼의 함수로 정의할 수 있다. 즉, 실내의 온도가 증가하여 인체가 답다는 온열감을 감지한 변풍량유닛은 제어기(controller)와 댐퍼개도조절기를 이용하여 실내온도를 낮추기 위해, 댐퍼를 열어주므로 실내에서 발생된 열부하는 변풍량유닛을 통해 공급된 냉각된 공기와 혼합하여 소멸하게 된다. 그러므로 풍량조절공정(V.A.V. process)은 다음과 같이 실무하기 때기에 대략이 올라가서도 부르하스 이니.



[그림 1] 압력독립식 변풍량유닛의 주변 개념도

권 용 일 | 신홍대학 건축설비과(ikwon@shc.a0.kr)

부하평가

실내로 공급된 차가운 공기와 실내공기의 혼합에 의해 조정된 실내온도는 식(1)과 같이 에너지보전법칙으로 알려진 열역학 제1법칙을 활용하여 예측한다.

$$Q_{in} - Q_{out} = \frac{d(Q)}{dt} \quad (1)$$

표 1에서 정의된 변수들을 식(1)에 적용하면 식(2)-식(3)과 같이 열평형식이 정리된다.

$$Q_{interior} + Q_{exterior} + 0.29V_{SA}(T_S - T_{R1}) = V_R \rho_w C_p \frac{(T_{R2} - T_{R1})}{(t_2 - t_1)} \quad (2)$$

$$Q_{interior} + Q_{exterior} = V_R \rho_w C_p \frac{(T_{R2} - T_{R1})}{(t_2 - t_1)} - 0.29V_{SA}(T_S - T_{R1}) \quad (3)$$

만약, T_{R1} 과 T_{R2} 의 온도가 동일한 조건이 되면 실내로 급기되는 냉각열량이 실내부하($Q_{interior} + Q_{exterior}$)의 합과 동일하다는 것을 의미하며 시간변화에 따른 실내온도는 식(4)와 같이 정리할 수 있다.

$$T_{R2} = \frac{1}{V_R \rho_w C_p} \int [Q_{interior} + Q_{exterior} + 0.29V_{SA}(T_S - T_{R1})] dt \quad (4)$$

요구되는 실내온도(T_{R2})는 실내에서 발생된 부하($Q_{interior} + Q_{exterior}$)를 제거하기 위해, 설정된 급기온도(T_S)에 적합한 급기풍량(V_{SA})을 정확히 제어하므로 유지될 수 있다. 그러므로 변풍량유닛에 설치된 댐퍼의 개도변화에 따른 유량변화량의 정확한 예측이 요구된다.

<표 1> 식(1)에 적용된 변수

Q_{in}	실내로 공급되는 에너지 [$Q_{interior} + Q_{exterior} + Q_{supply}$]
Q_{out}	실내에서 배출되는 에너지 [$mC_p(T_{R2} - T_f) = 0$, for $T_{R2} = T_f$]
$\frac{d(Q)}{dt}$	실내 에너지 변화량 [$mC_p \frac{d(T_R)}{dt} = 0$, $V_R \rho_w C_p \frac{(T_{R2} - T_{R1})}{(t_2 - t_1)}$]
여기서,	V_R = 실체적(m ³), ρ_w = 공기밀도(1.2kg/m ³), C_p = 비열(0.24kcal/kg°C), T_{R2} = t_2 시점의 실내온도, T_{R1} = t_1 시점의 실내온도, T_f = 배기온도 $Q_{interior}$ = 내부부하 (조명, 인체 및 OA기기발열) $Q_{exterior}$ = 외부부하 (일사부하 및 전도부하) $Q_{supply} = 0.29V_{SA}(T_S - T_{R1})$, 여기서 V_{SA} = 급기 체적유량(CMH)

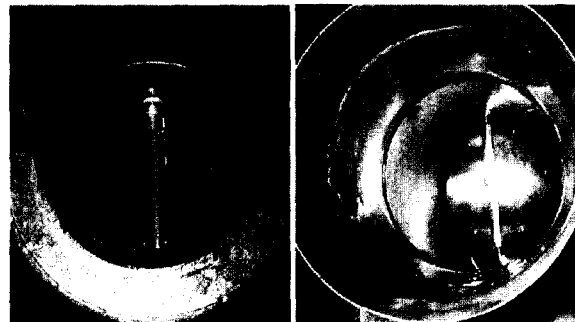
변풍량댐퍼의 유량제어

요구되는 냉각열량의 함수로서 표현되는 급기풍량은 식(5)와 같이 표현된다.

$$V_{SA} = \frac{Q_{ext.}}{0.29(T_S - T_{R1})} \quad (5)$$

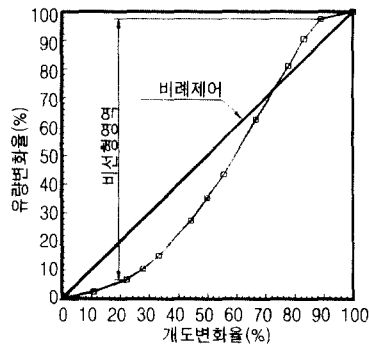
실내로 공급할 풍량을 제어하는 변풍량유닛에 설치되는 댐퍼는 최근까지 다양한 형상들이 고안되었으나 그림 2와 같이 얇은 평판으로 제작된 원형 혹은 타원형의 중심에서 회전하는 단일댐퍼가 일반적으로 적용된다.

댐퍼의 회전각도($0^\circ \sim 90^\circ$)를 개도변화율로 환산한 값에 대한 원형댐퍼의 유량변화율은 그림 3과 같이 비선형적으로 나타난다. 댐퍼의 전, 후 차압이



(A) A사 제품 (B) B사 제품

[그림 2] 원형덕트에 설치된 타원형 단일댐퍼



[그림 3] 단일 원형댐퍼의 개도변화율에 따른 유량변화율 ($\Delta P=90Pa$)

<표 2> 댐퍼의 회전각도 변화에 따른 유량 변화량

구 분		비선형 댐퍼	선형 댐퍼
조 건	회전각도	0° ~ 90°	0° ~ 90°
	개도변화를 1%에 대한 회전각도	1.11°	1.11°
	개도변화를 100%의 처리 풍량	1500CMH	1500CMH
개도변화를 1%에 대한 풍량변화량		최대 26.4 CMH (비선형구간)	15 CMH

90Pa인 경우, 개도변화율이 100%인 것은 댐퍼의 회전각도가 90°이며 덕트 내의 압력에 의해 공급 가능한 최대 풍량을 의미한다. 또한 개도변화율 1%에 해당되는 회전각도는 1.11°이다.

댐퍼의 개도변화율에 따른 유량변화율은 **그림 3**과 같이 비례 제어되는 것이 이상적이다. 그러나 변풍량 유닛에 설치된 원형 단일댐퍼의 개도변화율에 따른 유량변화율은 비선형적인 특성을 나타내고 있다.¹⁻²⁾

즉, 개도변화율이 22%이하와 88%이상에서는 미소한 유량변화율을 나타내고 비선형 영역에서는 개도변화율(%)에 따른 유량변화율(%)이 급격히 증가되는 현상을 나타낸다. 변풍량 유닛의 처리풍량이 1500CMH일 때, 개도변화율에 따른 댐퍼의 유량제어 특성은 선형과 비선형인 경우, 개도 변화율에 따라 **표 2**와 같으며 차이점은 다음과 같다.

- 비선형적으로 유량을 제어하는 댐퍼는 개도변화율이 1%변화될 때, 처리풍량이 최대 26.4CMH 차이 난다.

- 비선형적으로 유량을 제어하는 댐퍼가 선형적으로 유량을 제어하는 댐퍼보다 개도변화율 1%에 대한 처리풍량이 76%증가된다.

결론적으로 쾌적한 온열감을 제공하고 에너지절약을 도모하기 위해 설치되는 변풍량유닛은 처리하는 풍량이 큰 것을 선정할수록 댐퍼개도율 1%변화에 따른 유량변화 폭이 증가된다. 그러므로 정밀도 높은 제어를 위해서는 변풍량시스템 설계 시 존닝을 세분화할 필요성이 요구된다. 이와 더불어 변풍량유닛의 처리가능 풍량범위 내에서 실내부하를 정밀하게 제어할 수 있는 급기온도의 설정기법이 요구된다. 이러한 변풍량유닛에 적용된 풍량조절공정의 발전에 기여하는 설계 및 시공기술인은 영화의 마지막 장면에서 이름으로만 장식하는 그 수 많은 스태프처럼 최적의 쾌적한 온열환경을 조성한 사람으로 찬사받을 것으로 생각된다.

참고문헌

1. SMACNA, 1990, "HVAC Systems Duct Design", 1990, Third Edition U.S. & Metric Units
2. Nebil Ben-Assia, 1997, "Heating , Ventilation and Air Conditioning(HVAC) Controls: Variable Air Volume(VAV) Sytems", Johnson Controlm Inc. (㉸)