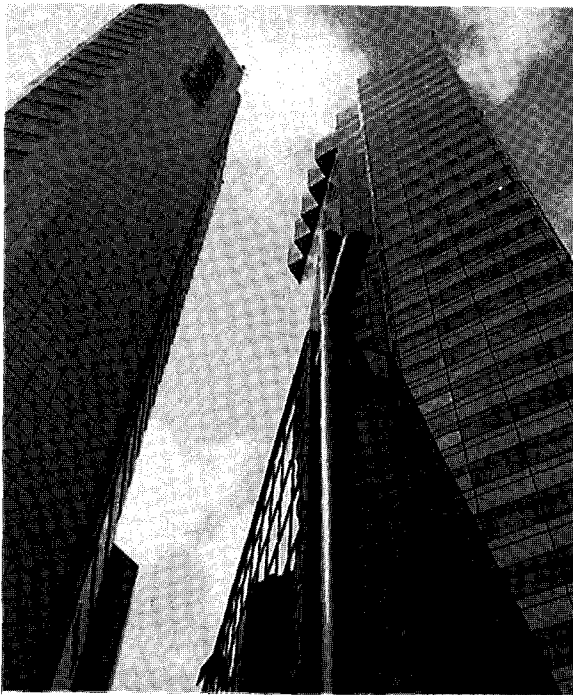


건물의 에너지 소비량 해석 및 경제성 평가 기법에 관한 연구 (Ⅳ)

글/한국건설기술연구원 설비연구실



5. 공조시스템의 에너지 해석

지금까지는 부하계산, 최대용량계산 및 플랜트의 에너지소비량 계산방법을 검토하였다. 본 장에서는 이제까지 구한 것을 이용하여 건물의 공조시스템별로 에너지 소비량을 계산하는 공조시스템별 에너지 해석과정을 검토해 본다.

1. 주요 공조시스템의 종류

국내의 업무용 건물에서 일반적으로 사용되거나

사용이 바람직한 것으로 알려져 있는 공조시스템중에서 본 보고서에서는 <표5.1>에 나타낸 공조시스템을 에너지 해석대상 시스템으로 선정하여 에너지 해석과정을 검토하였으며, 특히 중앙식 HVAC시스템으로는 정풍량방식(CAV)을, 존 HVAC시스템으로는 FCU를 적용한 시스템을 중점적으로 검토하였다.

에너지소비량을 해석하는 방법은 공조시스템별로 다르지만 크게 구분하면 내주부 등을 공조하는 중앙식 HVAC시스템과 외주부 등 부분적 구역을 공조하는 존 HVAC시스템으로 나뉘어진다. 중앙식 HVAC시스템으로 분류되는 에너지소비량 해석법들은 서로 유사한 해석법을 갖고 있으며 또한 존HVAC시스템의 에너지소비량 해석법도 서로 유사한 점이 많다.

따라서 각 공조시스템별로 자세하게 시스템 해석을 하는 방법보다는 중앙식 HVAC시스템 및 존 HVAC시스템의 에너지해석 과정의 일반적 흐름을 검토해 볼 필요가 있으며, 그 과정속에서 공조시스템별로 각각의 특성을 파악해 본다.

<표5.1> 공조시스템의 종류

중앙식 HVAC 시스템	존 HVAC 시스템
터미널 리히트 (TR)	FCU
변풍량 방식 (VAV)	Unit Ventilator
정풍량 방식 (CAV)	
Dual Duct system	

2. 중앙식 HVAC 시스템

중앙식 HVAC시스템은 각 존으로부터 돌아오는 리턴 공기를 한 곳에 모은 다음, 그것을 다시 공조하여 냉방이나 난방을 위해 각 존으로 되돌려 보내는 것이다.

중앙식 HVAC시스템들의 일반적 에너지해석 과정은 다음과 같다.

(1) 냉각코일을 떠나는 냉방공급 공기의 온도와 습도비를 구한다.

(2) 각 존으로 공급되는 공기량을 구한다. 이 공급공기량을 구할 때 VAV시스템과 CAV시스템에는 서로 중요한 차이가 있다.

(3) 듀얼 덕트시스템을 제외한 나머지 모든 시스템에서는, 제거하지 못한 순수냉방부하가 있으면 이를 제거하기 위한 각 존별 재열부하를 계산한다. 또한 평균 존의 온도를 계산한다. 듀얼 덕트시스템에서는 찬공기쪽과 더운공기쪽 각각에 대해 계산한다.

(4) 각 존에서 되돌아오는 리턴공기의 온도, 습도비 및 풍량을 계산한다. 리턴되는 온도는 각 존의 평균온도와 리턴 프래넘으로 새어 들어오는 조명열의 영향을 받는다. 습도비는 공급된 공기의 습도비, 공급풍량 및 존에서 발생한 습도의 영향을 고려하여 계산되어진다. 리턴풍량은 공급된 풍량으로부터 각 존에서 누설된 풍량의 차로써 구한다.

(5) 모든 존에 공급되는 공급풍량과 리턴풍량을 더해서, 리턴 공기온도와 리턴공기 습도비의 평균을 구한다. 리턴 팬의 발열 때문에 상승하는 리턴공기의 온도를 구한다.

(6) 열교환기가 있는 경우에는 인입되는 공기(外氣)의 온도상승을 계산한다. 증발식 냉동기가 있는 경우에는 온도저하와 습도비의 상승을 구한다.

(7) 이코노마이저가 있거나 VAV시스템인 경우에는 필요외기 비율을 계산하며 기타의 시스템인 경우에는 최소 외기비율을 추정한다. 이 외기도입비율과 리턴공기 및 외기의 조건(온·습도비 등)을 이용하여 혼합공기의 온도와 습도비를 계산한다.

혼합된 공기온도에 공급팬에 의한 온도상승을 더한다.

(8) 만약 혼합된 공기온도가 최소 공급공기온도보다 낮을 때에는 예열하는데 필요한 에너지도 계산해야 한다.

(9) 만약 혼합된 공기온도가 설계 냉방공급공기 온도보다 높을 때에는 설계치에 도달시키도록 온도조건을 낮추는데 필요한 에너지를 계산하여야 한다. 만약 혼합공기 습도비가 코일의 설계치보다도 낮은 경우에는 잠열냉방 성분을 0으로 가정한다.

(10) 가열코일 용량은 존에서의 재열부하의 합으로 나타난다. 동절기에 가습이 필요한 경우 공급공기를 가습시키는데 필요한 에너지를 별도로 계산해야 한다.

이상의 10단계가 중앙식 HVAC시스템의 에너지 해석을 위한 일반적 개요이다. 보다 자세한 계산과정은 다음과 같이 구한다.

1) 냉방 공급공기온도와 습도비

냉방코일을 떠나는 냉방공급공기의 온도와 습도비를 구하는 데에는 먼저 LTCS(Lowest Temperature for which Cooling Start : 냉방이 시작되는 온도)가 필요하다. 만약 외기온도가 LTC S보다 낮은 경우에는 냉방코일을 동작시킬 필요가 없으며, 따라서 혼합공기의 온도와 습도비가 냉방공급공기 온도와 습도비가 된다.

$$\text{즉, } T_{\text{SUPS}} = T_{\text{MIX}} \quad (5.1)$$

$$W_{\text{SUPS}} = W_{\text{MIX}} \quad (5.2)$$

여기서,

T_{SUPS} : 냉방시 공급공기온도(°C)

T_{MIX} : 혼합공기의 온도(°C)

W_{SUPS} : 냉방시 공급공기의 습도비(kg w/kg A)

W_{MIX} : 혼합공기의 습도비(kg w/kg A)

또한 외기온도가 LTCS보다 높은 경우에는 냉방공급공기의 온·습도비 조건은 설계온·습도비에 맞도록 해야 한다.

$$T_{SUPS} = T_{SUPS} \quad (5.3)$$

$$W_{SUPS} = \min(W_{MIX}, W_{SUPS}) \quad (5.4)$$

여기서,

T_{SUPS} : 냉방시 공급공기 온도(°C)

W_{SUPS} : 설계냉방공급공기 습도비(kg w/kg A)

CAV시스템은 냉방코일 및 가열코일을 떠나는 공급공기온도를 조절함으로써 냉·온방을 제어하도록 되어 있으므로, CAV시스템의 냉방공급공기의 평균 습도조건을 계산하기 위하여는 먼저 평균 냉방 공급온도를 파악해야 한다.

$$T_{CSUPS} = \frac{(T_{SETS} * V_{CV} - \frac{CLGLOAD}{1.23})}{(V_{CV})} \quad (5.5)$$

여기서,

T_{CSUPS} : CAV시스템의 경우 냉방공급공기온도(°C)

T_{SETS} : 냉방시 실내설계 온도(°C)

V_{CV} : 존의 공급공기량(L/S)

$CLGLOAD$: 냉방부하(W) (냉방시는 $CLGLOAD=0$)

따라서 공급공기온도(T_{SUPS})는 다음과 같다.

$$T_{SUPS} = \max\{\min(21, T_{CSUPS}), T_{SUPS}\} \quad (5.6)$$

여기서,

T_{SUPS} : 설계냉방공급공기 온도(°C)

2) 공급풍량

터미널 리히트, VAV, CAV등의 공조시스템에서, 각 존에 공급되는 최대공기량은 다음과 같이 구해진다.

$$V_{MAX} = V_{AM} * \frac{V_{FAN} * (1-K/100)}{(V_{MAX})} \quad (5.7)$$

여기서,

V_{MAX} : 각 존으로 공급되는 최대공기량(L/s)

V_{AM} : 각 존의 최대공급공기량(L/s)

V_{FAN} : 팬의 풍량(L/s)

K : 덕트 누기율(%)

터미널 리히트나 CAV시스템에 있어서는 각 존의 최대공급공기량(V_{max})이 각 존에 공급되는 공기량이 된다.

$$V_{CA} = V_{max} \quad (5.8)$$

그러나 VAV시스템에서는 V_{CV} 를 구하는 것이 더 복잡해진다. 냉방시에 이론적 공급공기량은 다음과 같다.

$$V_{TH} = \frac{CLGLOAD - Q_{DU}}{1.23 * (T_{SETS} - T_{SUPS})} \quad (5.9)$$

여기서,

V_{TH} : 이론적 공급공기량

$CLGLOAD$: 냉방부하(W)

$HTGLOAD$: 난방부하(W)

Q_{DU} : 덕트에서의 열취득(W)

T_{SETS} : 냉방시 실내설계 온도(°C)

T_{SUPS} : 냉방시 최저 공급공기 온도(°C)

T_{SETW} : 난방시 실내설계 온도(°C)

T_{SUPW} : 난방시 최저 공급공기 온도(°C)

VAV시스템에서 각 존으로 공급되는 공기량은 다음 식으로 구한다.

$$V_{CV} = \min\{V_{MAX}, \max(V_{AM} * MINSTOP, V_{TH})\} \quad (5.11)$$

여기서,

V_{CV} : 각 존에 공급되어야 할 공기량(L/s)

V_{MAX} : 각 존으로 공급되는 최대공기량(L/s)

$MINSTOP$: 최소외기도입 비율

V_{TH} : 이론적 공급공기량(L/s)

3) 재열부하

공급 공기량과 온도가 결정된 다음, 재열부하가 필요한 경우 이 재열부하를 구하여야 한다. 터미널 리히트 및 VAV시스템에 있어서 각 존에서 필요한 재열부하는 공급된 냉방열량과 실제로 존에서 발생 한 부하의 차이이다.

$$O_{REH} = V_{CV} * 1.23 * (T_{SETW} - T_{SUPW}) - LOAD \quad (5.12)$$

여기서,

O_{REH} : 재열부하

V_{CV} : 각 존에 공급되어야 하는 공기량(L/s)

4) 리턴 공기온도와 습도비

각 존을 떠난 리턴 공기는 한 곳에 모이게 되는데 이때 리턴되는 공기량은 다음 식으로 표시된다.

$$V_{RET} = V_{CV} - V_{EXH} \quad (5.13)$$

여기서,

V_{RET} : 리턴되는 공기량(L/s)

V_{CV} : 각 존에 공급되는 공기량(L/s)

V_{EXH} : 누설 공기량(L/s)

또한, 리턴공기의 온도는 다음 식으로 구한다.

$$T_{RET} = \frac{(T_{SET} * V_{RET} + T_{SUP} * V_{BY} + O_{LGR}/1.23)}{(V_{RET} * V_{BY})} + \frac{W_{RETFAN}}{1.23 * V_{FAN}} \quad (5.14)$$

여기서,

T_{RET} : 리턴공기의 온도(°C)

T_{SET} : 냉방시 또는 난방시 실내 설계온도(°C)

V_{RET} : 리턴되는 공기량(L/s)

T_{SUP} : 난방시 또는 냉방시 공급공기 온도(°C)

V_{BY} : 바이패스되는 공기량(L/s)

O_{LGR} : 리턴 프래넘으로 새어들어오는 조명부하(W)

W_{RETFAN} : 리턴팬의 동력(W)

V_{FAN} : 이론적 팬 공기량(L/s)

V_{BY} 는 Ceiling Bypass 시스템을 제외하고는 0으로 본다. 또한 리턴 공기의 습도비는 다음 식으로 구한다.

$$W_{RET} = \frac{(W_{ZON} * V_{RET} * V_{BY} W_{SUPS})}{(V_{RET} + V_{BY})} \quad (5.15)$$

여기서,

W_{RET} : 리턴공기의 습도비(kg_w/kg_a)

V_{RET} : 리턴되는 공기량(L/s)

V_{BY} : 바이패스되는 공기량(L/s)

W_{SUPS} : 냉방시 공급되는 습도비((kg_w/kg_a))

$$W_{ZON} = W_{SUPS} + \frac{H_{GEN}}{D_A * 3600 * V_{RET}} \quad (5.16)$$

D_A : 공기의 밀도(kg/m³)

H_{GEN} : 존에서의 수분발생량(kg/hr)

여기서의 W_{ZON} 을 구하는 식은 터미널 리히트 및 VAV시스템인 경우만 적용한다.

5) 이코노마이저 및 혼합공기의 온도와 습도비

리턴공기는 외기와 혼합하게 되는데, 혼합상태는 최소 외기비율이나 이코노마이저(economiser)가 있는 경우에는 이코노마이저에 의해 결정된다. 수학적으로 이코노마이저의 동작은 다음 식과 같이 묘사된다.

① $T_{OUT} < T_{ECO}$ 인 경우

$$K_O = \max \{ \text{MINSTOP}, \min \left(1, \frac{T_{RET} - T_{SETM} + T_{DETS}}{T_{RET} - T_{OUT}} \right) \} \quad (5.17)$$

② $T_{OUT} \geq T_{ECO}$ 인 경우

$$K_O = \text{MINSTOP} \quad (5.18)$$

여기서,

K_O : 공급되는 공기중 외기의 비율

MINSTOP : 최소외기비율(°C)

T_{RET} : 리턴공기의 온도(°C)

T_{SETM} : 혼합공기의 설정온도(°C)

T_{DETS} : 공급팬으로 인한 온도상승(°C)

T_{OUT} : 외기온도(°C)

T_{ECO} : 이코노마이저 설정온도(°C)

VAV시스템에서는 최소외기비율은 절대량으로서 상수로 취급된다.

따라서 공기량 감소에 따라 변화하는 공급공기량중의 외기량 비율은 다음과 같다.

$$\text{MINSTOP}_{\text{VAV}} = \min \left(\frac{V_{\text{MAX}}}{V_{\text{CV}}} * \text{MINSTOP}, 1 \right) \quad (5. 19)$$

여기서,

$\text{MINSTOP}_{\text{VAV}}$: VAV시스템인 경우 공급공기량중의 외기비율

V_{MAX} : 존에 공급되는 최대공기량 (L/s)

V_{CV} : 존에 공급되어야 할 최대공기량 (L/s)

이렇게 조정된 외기도입비율은 이코노마이저 관련 계산시와 VAV시스템에서의 외기비율 계산에 사용된다.

혼합공기의 온도와 습도비는 다음과 같이 계산된다.

$$T_{\text{MIX}} = K_O * T_{\text{OUT}} + (1 - K_O) * T_{\text{RET}} \quad (5. 20)$$

$$W_{\text{MIX}} = K_O * W_{\text{OUT}} + (1 - K_O) * W_{\text{RET}} \quad (5. 21)$$

여기서,

T_{MIX} : 혼합된 공기의 온도 (°C)

K_O : 외기비율

T_{OUT} : 외기온도 (°C)

T_{RET} : 리턴공기온도 (°C)

W_{MIX} : 혼합된 공기의 습도비 (kg_w/kg_A)

W_{OUT} : 외기의 습도비 (kg_w/kg_A)

W_{RET} : 리턴공기의 습도비 (kg_w/kg_A)

6) 예열, 가열 및 가습

공조시스템에서 공급해야 하는 공기량은 각 존의 공급공기량에 덕트에서의 누기율을 고려한 것으로서 다음 식으로 표시된다.

$$V_{\text{SYS}} = \frac{V_{\text{CV}}}{1 - L_D * 0.01} \quad (5. 22)$$

여기서,

V_{SYS} : 공조시스템에서 공급해야 하는 공급풍량 (L/s)

V_{CV} : 각 존에 공급해야 할 존별 최대공급량 (L/s)

L_D : 덕트의 누기율 (%)

앞에서 계산한 혼합공기의 온도가 혼합공기의 설정온도보다 낮으면, 혼합공기의 온도를 설정온도까지 상승시키기 위한 예열코일에서의 에너지 소비가 필요해진다. 즉,

$$O_{\text{PRE}} = 1.23 * V_{\text{SYS}} * (T_{\text{SETM}} - T_{\text{MIX}}) \quad (5. 23)$$

$$T_{\text{MIX}} = T_{\text{SETM}} \quad (5. 24)$$

여기서,

O_{PRE} : 예열코일의 에너지 소비량 (W)

V_{SYS} : 공조시스템에서 공급해야 하는 공급공기량 (L/s)

T_{SETM} : 혼합공기 설계온도 (°C)

T_{MIX} : 혼합된 공기의 온도 (°C)

공조시스템이 냉방모드인 경우에 냉각코일이 소비하는 에너지는 다음과 같은 식으로 구한다. 단, 냉방모드가 아닌 경우 냉각코일에서 소비되는 에너지는 0이 된다.

$$O_{\text{CLG}} = V_{\text{SYS}} * \{ 1.23 * (T_{\text{MIX}} - T_{\text{SUPS}}) + 3010 * \max \{ 0, (W_{\text{MIX}} - W_{\text{SUPS}}) \} \} \quad (5. 25)$$

여기서,

O_{CLG} : 냉각코일의 에너지 소비량 (W)

V_{SYS} : 공조시스템에서 공급해야 할 공급풍량 (L/s)

T_{MIX} : 혼합공기의 온도 (°C)

T_{SUPS} : 공급공기의 온도 (°C)

W_{MIX} : 혼합공기의 습도비 (kg_w/kg_A) W_{SUPS} : 공급공기의 습도비 (kg_w/kg_A)

만약 공조시스템이 냉방모드이면 가열코일의 에너지 소비량은 다음과 같이 된다. (터미널리히트, VAV시스템의 경우)

$$O_{\text{HTG}} + (O_{\text{REH}}) + O_{\text{PIPD}} + R_{\text{TRAP}} \quad (5. 26)$$

여기서,

O_{HTG} : 가열코일의 에너지소비량 (W)

O_{REH} : 존의 재열부하 (W)

O_{PIPD} : 냉방파이프의 열손실 (W)

R_{TRAP} : 스팀트랩의 열손실 (W)

냉방 파이프의 열손실 O_{PIPD} 는 공조가 되지않는

장소를 통과하는 과정에서 온수파이프로부터의 열손실을 의미한다.

CAV시스템에서는 다음과 같이 약간 다르게 계산된다.

$$O_{HTG} = HIGLOAD + O_{PIPD} + O_{TRAP} - (1-K_O) * O_{LIGR} + 1.23 * V_{SYS} * \{K_O * (T_{SETAW} - T_{OUT}) - T_{FANS} - (1-K_O) * T_{FANR}\} \quad (5.27)$$

여기서,

O_{HTG} : CAV시스템인 경우 가열코일의 에너지소비량(W)

HIGLOAD : 각 존의 난방부하의 합계(W)

K_O : 외기비율

O_{LIGR} : 리턴프레임으로 새어들어오는 조명부하(W)

V_{SYS} : 공조시스템에서 공급해야할 공급풍량(L/s)

T_{SETAW} : 난방설계온도의 평균치(°C)

T_{OUT} : 외기온도(°C)

T_{FANS} : 공급팬 때문의 온도상승(°C)

T_{FANR} : 리턴팬 때문의 온도상승(°C)

난방모드가 아닌 경우에는 O_{HTG} 는 0이 된다.

겨울에 가습이 필요한 경우에 가습에 필요한 에너지는 다음과 같다.

$$O_{HUM} = \min \{3010 * V_{SYS} * (W_{MINW} - W_{AVGW}), 0\} \quad (5.28)$$

여기서,

O_{HUM} : 가습시 에너지(W)

V_{SYS} : 공조시스템에서 공급해야할 공급풍량(L/s)

W_{MINW} : 난방시 허용최저 습도비(kg_w/kg_A)

W_{AVGW} : 난방시 설계실내 습도비 평균(kg_w/kg_A)

난방시에 존의 평균습도비는 난방공급공기의 습도비와 각 존에서 발생하는 습도 관련 성분을 합한 것이다.

$$W_{ZON} = W_{SUPS} + \frac{W_{GEN}}{D_A * 3600 * V_{CV}} \quad (5.29)$$

여기서,

W_{SUPS} : 난방공급공기의 습도비(kg_w/kg_A)

W_{GEN} : 존에서의 발생수분(kg/h)

D_A : 공기의 밀도(kg/m^3)

V_{CV} : 각 존에 공급되는 공기량(L/s)

그리고 냉각코일이 동작되지 않는 경우에는 평균 존의 습도비는 다음 식으로 계산한다.

$$W_{ZON} = W_{OUTS} + \frac{W_{GEN}}{K_O * D_A * 3600 * V_{CV}} \quad (5.30)$$

여기서,

W_{ZON} : 냉각코일이 작동하지 않을 때 평균존의 습도비(kg_w/kg_A)

W_{OUTS} : 여름의 외기습도비(kg_w/kg_A)

K_O : 외기비율

3. 존 HVAC시스템

존 HVAC시스템은 각각의 존을 독립적으로 난방하거나 냉방하는 분산형태를 취하는 것이 보통이다. 존 HVAC시스템의 일반적 에너지 해석과정은 다음과 같으며, 각 항목에 대한 자세한 사항은 각 절에서 기술한다.

(1) 냉방코일 출구의 공기의 온도와 습도비는 Unit Ventilator 시스템을 제외하고는 설계조건과 같다고 가정한다. Unit Ventilator시스템은 각 실에 설치된 서모스탯에 의해 동작되는 발브에 의해서 제어된다.

(2) 각 존의 평균 공급공기량은 사이클이 "ON" 또는 "OFF" 됨에 따라 변한다.

(3) 리턴공기의 습도비와 공기량을 구한다. 습도비는 공급공기의 습도비와 공기량 및 존에서의 수분발생량으로부터 계산한다. 리턴공기량은 공급되는 공기량과 존에서 누설되는 공기량과의 차이이다.

(4) 난방모드와 냉방모드 각각의 상태에서 모든 존의 리턴온도와 습도비를 계산한다. 그리고 혼합공기온도에 공급팬으로부터의 온도상승을 더한다.

(5) 현열과 잠열부하에 따른 냉각코일 소비량을 구한다.

(6) 가열코일의 소비량을 구한다.

이상 7단계가 존별 HVAC에 사용되는 공조시스템의 에너지 해석을 위한 일반적 개요이다. 각 단계별 자세한 계산과정은 다음과 같이 구한다.

1) 냉방공급공기 온도와 습도비

외기온도가 LTCS보다 낮으면 각 존이 냉방을 필요로 하게 되어도 냉각코일은 동작시킬 필요가 없으며, 냉방공급공기 온도와 습도비는 혼합공기의 온도와 습도비 그 자체가 된다.

즉, $T_{SUPS} = T_{MIX}$ (5.31)

$W_{SUPS} = W_{MIX}$ (5.32)

여기서,

T_{SUPS} : 냉방시 공급공기 온도(°C)

T_{MIX} : 혼합공기의 온도(°C)

W_{SUPS} : 냉방시 공급공기 습도비 (kg_w/kg_A)

W_{MIX} : 혼합공기의 습도비 (kg_w/kg_A)

외기온도가 LTCS보다 높으면, 냉방공급공기조건은 Unit Ventilator 시스템을 제외하고 설계조건을 따른다고 가정한다. 코일의 습도비는 설계조건외 습도비와 혼합공기의 습도비중에서 낮은 것을 채택한다.

$T_{SUPS} = T_{SETS}$ (5.33)

$W_{SUPS} = \min(W_{MIX}, W_{SUPS})$ (5.34)

여기서,

T_{SUPS} : 냉방 공급공기 온도(°C)

T_{SETS} : 설계 냉방공급공기 온도(°C)

W_{SUPS} : 설계 냉방공급공기 습도비 (kg_w/kg_A)

2) 공급공기량

중앙식 HVAC시스템에서와 같이, 각 존에 공급하는 최대공기량을 먼저 정의할 필요가 있다.

$V_{MAX} = V_{AM} * \frac{V_{FAN}}{(V_{MAX})}$ (5.35)

여기서,

V_{MAX} : 각 존에 공급되는 최대공기량(L/s)

V_{AM} : 각 존에 최대 공급공기량(L/s)

V_{FAN} : 이론적 팬의 풍량(L/s)

존 HVAC시스템은 덕트가 없으므로 중앙식 HVAC시스템에서 V_{MAX} 를 구할 때와는 달리 덕트누기울을 고려하지 않았다. 이 식에서 팬의 공기량은 앞에서 구한 각 존의 최대공급공기량에 따라 같은 비율로 각 존에 분배된다.

Fan Coil시스템의 팬은 존의 온도에 맞도록 ON과 OFF를 반복하는 것으로 가정한다.

중앙식 HVAC시스템에서와 마찬가지로 난방공급시 또는 냉방공급시 냉방부하나 난방부하를 제거할 각 존의 이론적 최대 공급공기량을 정의할 필요가 있다.

$V_{TH} = \frac{CLGLOAD}{1.23 * (T_{SETS} - T_{SUPS})}$ (냉방시) (5.36)

$V_{TH} = \frac{HIGLOAD}{1.23 * (T_{SUPW} - T_{SETS})}$ (난방시) (5.37)

여기서,

V_{TH} : 이론적 최대공급공기량(L/s)

CLGLOAD : 냉방부하(W)

HIGLOAD : 난방부하(W)

T_{SETS} : 냉방시 실내설계 온도(°C)

T_{SUPS} : 냉방시 공급공기 온도(°C)

T_{SUPW} : 난방시 공급공기 온도(°C)

T_{SETW} : 난방시 실내설계 온도(°C)

실제 각 존에 공급되는 공기량은 최대 공급공기량과 최소외기비율에 의해서 다음 식과 같은 제한을 받는다.

$V_{CV} = \min \{ V_{MAX}, \max (V_{MAX} * MINSTOP, V_{TH}) \}$ (5.38)

여기서,

V_{CV} : 실제 존에 공급되는 공기량(L/s)

V_{MAX} : 최대공급 공기량(L/s)

MINSTOP : 최소외기비율

3) 혼합공기의 온도와 습도비

존 HVAC시스템에서는 리턴공기의 프레넘도 없

으며, 리턴팬도 없다. 따라서 리턴팬이나 프레넘으로 새어들어오는 조명발열에 따른 온도상승도 없다.

모든 존의 HVAC시스템에서의 외기의 비율은 앞에서 구한 최대공급공기량에 대한 최소비율로 고정되어 있다.

혼합공기의 온도와 습도비는 다음과 같이 설계된다.

$$T_{MIX} = K_O * T_{OUT} + (1 - K_O) * T_{SET} \quad (5.39)$$

$$W_{MIX} = K_O * W_{OUT} + (1 - K_O) * W_{SET} \quad (5.40)$$

여기서,

T_{MIX} : 혼합공기의 온도(°C)

T_{OUT} : 외기온도(°C)

K_O : 외기비율

T_{SET} : 냉방시는 실내 냉방설계 온도(°C)

난방시는 실내 난방설계 온도(°C)

W_{MIX} : 혼합공기의 습도비(kg_w/kg_A)

W_{OUT} : 외기 습도비(kg_w/kg_A)

W_{SET} : 실내공기의 습도비(kg_w/kg_A)

냉방시 존의 공기의 습도비는 냉방설계 공급공기의 습도와 존에서 발생한 수분의 합으로 표시된다. 즉,

$$W_{SET} = W_{SUPS} + \frac{W_{GEN}}{D_A * 3600 * V_{CV}} \quad (5.41)$$

여기서,

W_{SUPS} : 냉방시 공급공기의 습도비(kg_w/kg_A)

W_{GEN} : 존에서 수분발생량(kg/hr)

D_A : 공기의 밀도(kg/m³)

V_{CV} : 실제 공급공기량(L/s)

또한 난방시의 존의 습도비는 외기습도비와 존에서 발생한 수분의 합으로 표시된다. 즉,

$$W_{SETS} = W_{OUT} + \frac{W_{GEN}}{K_O * D_A * 3600 * V_{CV}} \quad (5.42)$$

여기서,

W_{OUTS} : 외기 습도비(kg_w/kg_A)

K_O : 외기비율

4) 냉각코일 용량

냉방시 냉각코일의 용량은 다음 식으로 설계된다.

$$O_{CLG} = V_{CV} * [1.23 * (T_{MIX} - T_{SUPS}) + 3010 * \max\{0, (W_{MIX} - W_{SUPS})\}] \quad (5.43)$$

여기서,

O_{CLG} : 냉방시 냉각코일의 능력(W)

V_{CV} : 실제 공급공기량(L/s)

T_{MIX} : 혼합공기의 온도(°C)

T_{SUPS} : 냉방시 공급공기의 온도(°C)

W_{MIX} : 혼합공기의 습도비(kg_w/kg_A)

W_{SUPS} : 냉방공급공기의 습도비(kg_w/kg_A)

냉방모드가 아닐 경우에는 O_{CLG} 는 0이 된다.

5) 가열코일의 용량과 가열기 용량

공조시스템이 냉방모드인 경우 가열코일의 용량은 다음 식으로 표시된다.

$$O_{HTG} = HTGLOAD + V_{CV} * 1.23 * \{K_O * (T_{SETW} - T_{OUT}) - T_{FANS}\} \quad (5.44)$$

여기서,

O_{HTG} : 난방시 가열코일의 능력(W)

HTGLOAD : 난방부하(W)

V_{CV} : 실제공급공기량(L/s)

K_O : 외기비율

T_{SETW} : 설계난방온도(°C)

T_{OUT} : 외기온도(°C)

T_{FANS} : 공급팬 때문에의 온도상승(°C)

난방모드가 아닌 경우 O_{HTG} 는 0이다. 또한, 겨울에 가열이 필요한 경우 가습기의 용량은 다음과 같다.

$$O_{HUM} = 3010 * V_{SYS\ 15g} * (W_{MINW} - W_{SET}) \quad (5.45)$$

여기서,

O_{HUM} : 가열기 용량(W)

W_{MINW} : 난방시 허용 최저습도비(kg_w/kg_A)

W_{SET} : 존의 습도비

<계속>