

쾌적환경제어 및 에너지 절감제어 응용

(쾌적과 에너지 절감의 협조제어, VAV제어, 외기취입제어에 관하여)

지구환경보호 관점에서 건물공기조화도 에너지 절감과 쾌적한 실내환경을 실현하는 것이 요구되고 있다. 본고에서는 BAS(빌딩오토메이션) 로 실현하는 쾌적환경과 에너지 절감제어 응용에 관하여 소개하기로 한다.

조 추 영

삼성중공업 디지털사업팀 (chooyoung0210.cho@samsung.com)

쾌적한 에너지 절감제어

쾌적제어

(1) 협조제어

쾌적, 에너지절감, 운영경비절감등 다양한 목적을 조화롭게 실현하는 제어이다.

예를들면 쾌적하고 에너지절감제어에서는 여름철 냉방이나 겨울철 난방을 하는 경우에 있어서 무효한 에너지 사용을 억제하면서 실내환경을 유지하는 방법이다.

(2) 연동제어

VAV, 공조기, 순환펌프, 열원장비등 설비각각은 최적화로 제어되지만 건물 전체의 최적화에 있어서 한계가 있다.

실내환경 - 공조기계통 - 순환펌프계통 - 열원장비 계통의 연동시스템도 필요하고 설비정보나 제어정

보를 상호 활용하여 최적화를 실현하기 때문이다.

예를 들면 VAV 개도정보나 풍량정보에 있어서도 공조기팬의 회전수 제어나 급기온도제어에 의해 실현되기 때문이다.

(3) 예측제어

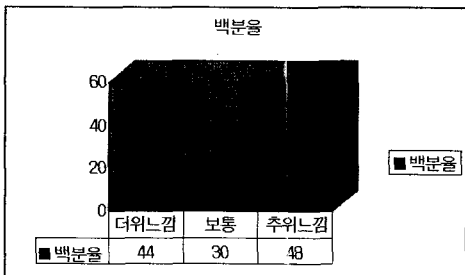
공조부하를 예측하는 것으로서 공조기계통-순환펌프계통-열원장비계통의 피드포워드제어를 실현하는 것이다.

예를 들면 예측공조부하를 기초하여 열원장비의 특성(성능계수 등), 운영경비, 운전제약조건 등을 고려한 열원장비의 최적조합 운전을 실현하는 것이다.

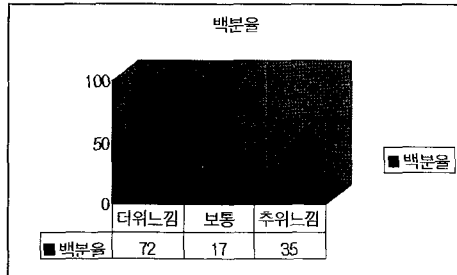
실내쾌적환경의 협조제어

(1) 실내온열환경의 현상과 문제

실내온열환경의 현상은 그림 1과 같이 과도한 냉방이나 난방 상태가 많이 나타난다.

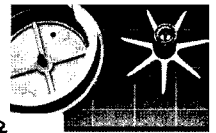


(a) 여름철



(b) 겨울철

[그림 1] 오피스빌딩의 온열환경 분석



온습도 설정을 제대로 조절하지 않았음을 추측할 수 있다.

이러한 원인을 고찰해 보면 다음과 같은 문제점을 알 수 있다.

- 온습도 이외의 요소, 예를 들면 페리메타의 방사 환경을 고려한 공조가 행해지지 않고 있다.
- 빌딩관리자가 실내 온습도 설정을 하는 경우 정확한 판단기준이 불명확하다.
- 온습도 설정을 이용자에게 개방한 경우 제대로 설정할 수 없고 에너지 소비가 많다.

이러한 해결책으로서 (1) 체감온도제어 (2) PMV 제어 (3) 온도설정치관리 프로그램 등이 있다.

(2) 체감온도제어 프로그램

체감온도란 인체가 실제 느끼는 온도를 말하는데 통상적으로 오피스 공간에서는 실내온도, 외주부에 의한 방사온도의 영향이 큰 공간에서는 작용온도(실내온도와 방사온도), 기류를 활용한 아트리움이나 홀에서는 등가온도(실내온도와 방사온도, 기류속도)가 있다.

방사온도 감지기는 외주부의 창측 방사온도제어에 이용되는 천정설치형감지기이다.

방사온도 감지기는 계측시야각도 52도의 범위에 있는 물체의 표면온도의 평균치를 검출한다.

계측소자는 열전대소자의 집합체로서 물체표면온도에 기초한 적외선에너지를 지백효과에 의해 열기전력을 응용하여 검출한다.

벽면설치형 체감온열감지기는 방사온도와 기류속도를 추가한 등가온도를 검출할 수 있다.

체감온열 감지기는 인체의 체감유지기능을 모델화하고 히터를 내장한 검출부의 표면온도가 일정하도록 히터전류를 제어하며 이러한 전류치에서 등가온도를 검출한다.

체감온도제어 프로그램은 이러한 검출기를 활용하여 종래 실내온도로 제어함은 물론 작용온도와 등가온도로 제어하는 것을 말한다.

(3) PMV 관리 프로그램

열쾌적이란 “열환경으로부터 만족한 정도로서 표현이 가능하며 쾌적성은 공기온도만을 지표로 함에 충분하지는 않다”는 의미에서 기류 등의 타 변수를

가미해 쾌적의 정도를 수치로 표현한 것이다.

따라서 작업강도, 착의 상태, 실내온도, 기류속도 등 4가지 변수로서 각각의 상태에 따른 많은 사람들의 반응정도를 아래 기준으로 표현한 평균수치이다.

PMV 스케일을 +3(무덥다) +2(덥다) +1(조금덥다) 0 쾌적, -1(조금서늘하다), -2(서늘하다), -3(춥다)로 정하였다. 여기서 +1,0,-1를 대략 쾌적상태로 본다.

또한 동일의복 활동상태로서 동일 환경조건이라도 모든 사람의 만족도는 다른데 PMV가 0이라도 불만족율은 5%정도로서 ASHRAE표준 쾌적 존에서도 90%쾌적 10%불쾌적이다.

PMV(predicted mean vote : 예상평균 온냉감신고)와 PPD(predicted percentage of dissatisfied : 예상 불만족률)와의 관계를 나타낸 것으로 일반적으로 쾌적범위는 다음조건이 추천되고 있다.

$$-0.5 < PMV < +0.5, PPD < 10\%$$

이것은 예상평균 온냉감신고가 - 0.5에서 + 0.5 사이에는 불쾌감을 느끼는 사람의 비율이 10% 미만이어야 한다는 것을 말한다.

쾌적제어

(1) 쾌적영역

인체는 최소한의 생리적 노력에 의해 생산 열량과 방열량이 평형을 이루는 덤지도 춥지도 않는 열환경 상태의 어떤 범위가 존재한다. 이 환경 범위가 쾌적 영역이 된다.

그러나 쾌적영역은 개인차, 생리적, 심리적 특성, 그리고 활동상태에 따라 크게 차이가 있다. 따라서 이와같은 쾌적범위의 설정은 실내환경 기후를 알맞게 유지시켜야 하는 건축 및 제어설비에 있어서 가장 중요한 개념의 하나이다. 또한 이 범위는 쾌적환경 범위내이지만 에너지절약과도 밀접한 관계가 있다.

(2) PMV에 기초한 체감온도제어

DDC에 의한 복사온도 및 기류를 추가한 체감온도의 제어를 수행할 수 있으며 중앙감시 시스템으로 현재의 PMV 치를 표시하여 실내환경의 경향을 파악할 수 있다. 또는 중앙감시 시스템에 의해 PMV 및 체감온도의 관계를 표시하고 PMV에 기초한 DDC 체감온도를 설정할 수도 있다.

1) PMV에 기초한 중앙감시 시스템의 기능

- PMV치 표시 : 빌딩 관리자에게 PMV에 기초한 실내환경의 경향을 표시한다.
- 체감온도설정의 지원 : PMV와 체감온도의 관계를 표시하고 빌딩관리자가 체감온도 설정을 위한 지원을 수행한다.
- 활동량,착의량의 설정 : 현재의 착의량과 활동량에 설정상태를 표시한다
- PMV연산 기능 : DDC체감온도 계속치, 착의량과 활동량의 현재치를 기준으로 PMV의 연산을 수행한다.
- 체감온도의 환산 : PMV와 체감온도의 관계에서 체감온도의 환산치를 산출한다.
- 활동량, 착의량의 연산 : 1일생활리듬(시각)에 의한 활동량을 년간의 계절리듬(년,월)에 의한 착의량을 산출한다.

2) 디지털제어기의 기능

- 체감온도에 의한 실내온도제어 : 중앙감시 시스템에서 설정된 체감온도에 의해 공조기나 FCU 등 제어를 수행한다.
- 쾌적 검출기에 의한 체감온도 계측 : 실내온도, 복사온도 및 기류의 영향을 고려한 체감온도 계측을 수행한다.

상기의 flow를 수행하는 과정에 있어서 PMV치를 보다 정확하게 산출하는데는 실내온도 및 실내습도의 계측이 필요하다. 만약 실내온도를 계측하지 않는 경우는 실내온도 18℃~28℃범위에서 PMV가 0.1의 최대오차가 발생되며 실내습도를 계측하지 않는 경우는 실내습도 30~70%RH 범위내에서 PMV 0.2의 최대오차가 발생한다.

또한 실내습도 제어는 종래 방식대로 수행하며 쾌적검출기를 이용한 응용에서는 객실(호텔의 객실, 회의실, 병실 등)이나 외부 zone에서 사용을 추천한다.

대공간에서 PMV 지표를 이용한 경우에는 온도,복사온도, 기류의 각 요소의 분포를 고려한 여러 지점에서 계측해야 한다.

디지털제어기에서는 복사온도 및 기류를 가미한 체감온도 계측을 수행하고 중앙감시시스템에 의해 현재의 PMV치를 표시하고 실내환경을 파악해야 한다.

공조시스템의 연동제어

공조 시스템의 연동제어

(1)반송계통의 소비에너지 현상과 문제

일반적인 오피스 빌딩의 소비 에너지 비율을 볼 경우 약 30%가 반송계통의 소비에너지이다. 공조시스템의 에너지 절약대상으로서 공조기 팬이나 반송펌프의 에너지 절약제어에 주목할 필요가 있다.

공조시스템의 반송계통 시스템의 에너지 절약시책으로 다음과 같은 것이 있다.

- 필요한 경우에 기기의 가동/정지 제어를 실시하여 에너지를 절약한다. 주차장 배기팬의 CO검출기가 있으며 회의실 경우 IAQ 검출기로서 가동/정지제어를 할 수 있다.
- 필요한 경우 기기의 대수제어를 실시한다. 반송펌프에 의한 펌프대수제어를 설치한 경우 부하유량에 대응한 대수제어를 행하는 것이 유효하다.
- 필요한 경우 기기의 용량제어를 실시한다. 대수 제어는 더 세분화된 에너지 절약제어라 볼 수 있다. 공조기 팬이나 반송펌프의 회전수 제어 등이 있다. 변풍량(VAV)제어나 변유량(VWV)제어를 수반한다.

변풍량제어(VAV제어) 프로그램

일반적으로 가변풍량방식은 실온 - 송풍온도 일정으로 취급되며 외주부 또는 특수부하가 존재하는 실에서는 풍량이 극단적으로 감소하게 되면 환기량이 부족하거나 온도분포가 불균일 해지고 냄새제거 능력이 감소하게 되는 등의 결과를 초래하게 되므로 최소풍량을 확보하여 이중덕트 또는 터미널 재열기를 이용하여 실내의 열부하의 변동에 대처해야 한다 또한 VAV 방식의 여러가지 장점에도 불구하고 VAV 방식을 채택하는 경우에는 다음 사항을 주의 하여야 한다.

- VAV 유닛은 정풍량 특성과 소음특성이 좋아야 한다.
- 풍량변화에 대하여 거주역에 냉기류(cold draft)를 형성시키지 않는 형상성능이 있는 토출구를 사용해야 한다.
- 최소풍량시 외기량의 확보 : 특히 일반 사무실과



사용목적이 다른 회의실 등 실내거주인원이 다른 실을 동일계통으로 한 경우에는 주의를 요한다.

- 부분 부하시의 실내설계 상대습도의 유지 : 현열 부하만이 감소하게 되므로 현열비가 적어져서 송풍량도 현열부하에 비례하여 감소하게 되므로 상대적으로 실내습도가 증가한다. 실내 상대습도가 설계 허용범위를 초과하게 되는 경우에는 터미널 재열이 필요하게 된다.
- 최대, 최소 송풍시의 송풍기의 특성을 체크하여 최소 풍량에 있어서도 안정운전이 가능한 특성이 있는 송풍기를 선정해야 한다. 또한 동력특성도 체크하여 동력절약을 어떠한 송풍기 제어방식에 의하여 실행하면 유효한가를 검토해야 한다.
- 냉방, 난방의 양쪽이 필요한 계통에 대해서는 난방으로 변환시의 송풍량 조절방법을 검토해야 한다.
- 송풍량의 변동에 수반되는 실내 정압의 변동을 검토해야 한다.

우리나라의 경우 VAV 시스템의 문제점

원래 VAV 방식은 냉방전용으로 발달 되었기 때문에 이것을 난방에 적용했을 때에는 여러가지 결점이 있다.

즉 난방인 경우 실온보다 높은 온도로 송풍하였을 때에는 풍량변동에 의하여 실내공기분포가 대단히 나빠진다. 또한 VAV 유닛의 기구를 그대로 난방에 적용하면 재실인원의 증가 등으로 난방부하가 감소하였을 때에는 송풍량이 감소하여 환기량이 부족하게 된다.

특히 우리나라는 미국과는 사정이 달라서 대개의 건물에 있어서 간헐공조운전을 행하고 있기 때문에 특히 겨울철 공조설비의 운전개시초에는 내실부에서도 난방부하가 발생하는 경우가 있게 되어 이런 때에는 내실부를 난방에서 냉방으로 연속적으로 교체시켜야 하는 상황도 있게 되므로 한국적인 VAV 방식의 설계방법이 연구되어 져야 한다.

또한 유리창 면적이 넓은 건물에서는 일사부하가 차지하는 비율이 커서 토출공기가 일정한 VAV 방식으로 처리하게 되면 풍량변동이 극심하여 실내 공기분포가 나빠지고 환기량이 부족하게 된다.

따라서 이들 부하는 고정부하로 취급되어 CAV로 처리하며 외기온도에 따라 송풍온도를 재 조정한다.

기기선정상 문제점

부하계산에 의한 시스템의 구성과 각종 기기의 선정은 부하계산 못지 않게 중요하다. 즉 VAV방식에서는 시스템을 어떤 방식으로 운전할 것인가 하는 시스템 구성이 대단히 중요하다.

VAV방식에 있어서 VAV유닛과 공기조화기는 가변 풍량이 가능하도록 선정하고 냉동기, 보일러, 냉각탑, 펌프 및 기타 송풍기 등은 정풍량, 정유량으로 운전하도록 용량, 대수를 결정한다면 VAV방식은 전혀 의미가 없어진다.

시스템 구성에 있어서는 시차별 부하변화에 의한 각 장치의 시스템 곡선을 작성하여 이에 알맞은 장비의 용량 및 대수를 결정한다.

이러한 장비의 용량과 대수를 결정하는 데 있어서 주의할 사항은 제작회사의 기기특성 곡선을 면밀히 검토해야 할 일이다.

시스템 구성상 문제점

VAV방식의 성공여부는 시스템의 구성에 달려 있다. 시스템 구성시 특히 송풍량의 결정은 가장 중요한 사항이다.

예를 들어 총 급기량이 2000CMM이라 할 때 배기량(화장실 등 일정 배기량을 요구하는 부위에서의 배기량)이 300CMM, 실내정압(일반적으로 1.5~3mmAq)의 정(+)압을 유지하기 위한 가압용 급기량은 100CMM이라고 하면 총환기량은 1600CMM이 된다.

그러나 VAV시스템의 풍량은 diversity load에 의하여 부하의 증감이 계속되므로 최대 송풍량과 최소 송풍량과의 차가 크고 특히 겨울철 송풍량은 여름철 송풍량의 30%에 불과하므로 송풍량 결정시 환기량의 변화에 대처해야 한다

이런경우 송풍량이 변화하더라도 급기덕트의 단말부 정압을 일정하게 (25mmAq 정도) 유지하고 실내외의 압력차에 의하여 언제나 실내압을 정(+)압(1.5~3mmAq)으로 유지할 수 있도록 환기량제어를 하여야 한다.

이와 같이 환기량제어가 불량할 경우 최소 송풍시 환기량이 과대해져서 실내가 부압으로 되면 극간풍

을 유발하여 건물에 상승기류 현상을 야기시키고 배기량의 부족현상이 일어난다.

또한 VAV 방식은 여름, 겨울을 막론하고 동일한 급기온도를(12~15℃)를 유지하므로 연간 냉방부하가 발생하는 내주부에서는 별다른 문제가 없지만 외기온도의 영향을 받는 외주부에서는 겨울철에 외기조건에 대응할 수 있는 난방방식을 추구하여야 한다

난방장치로서는 천장재를 전기가열식 패널로 구성하여 복사난방을 하거나 콘벡터나 방열기를 설치한다.

VAV 방식의 설계 및 시공상의 문제점

(1) 설계상 문제점

1) 철저한 부하분석

VAV시스템의 성공적인 설계를 위해서는 우선 철저한 부하분석이 필요하다. 건물의 고정부하와 변동부하 또는 연간 부하변동폭에 대한 철저한 이해없이 는 에너지 절약이라는 VAV시스템의 목표는 달성될 수 없다

2) VAV유닛의 선정

우수한 소음특성, 정압변동에 대한 적응성을 가진 VAV유닛을 선정해야 한다. 또한 풍속의 변동에 대한 포용성을 가진 디퓨저의 선정도 고려해야 한다

3) 국산 기자재 개발의 시급

- VAV 유닛
- Flow Measuring Station
- 흡인측 배인
- 풍량제어 장치

(2) 시공상 문제점

1) 진동 및 소음

VAV유닛의 진동 및 소음을 고려해야 한다. 유닛의 입출구측 연결구에는 플렉시블 덕트로서 시공하고 또한 풍량의 변동이 심한 유닛에는 흡음챔버의 설치를 고려해야 한다.

2) 공기누설

VAV시스템의 유지에는 정확한 정압의 검출과 제어가 가장 중요하다. 공기의 누설은 정압유지에 치명적이라 할 수 있는 만큼 공기누설률을 3% 이내로 줄여야 한다.

3) 필요 최소 환기량

부하의 변동에 따른 풍량의 변동시 필요 최소 환기량의 확보, 유지는 중요하다

공기조정을 함께 고려한 신중한 제어의 검토가 필요하다

VAV 시스템의 개선사항

VAV 시스템의 구성을 위한 몇가지 요점은 다음과 같다.

- 일반적으로 내주부에서의 이론풍량은 9CMH/ M² 이지만 실제 설계에서는 18CMH/M²을 적용한다.
- 외주부 VAV유닛에 가열코일을 내장하는 경우에는 VAV유닛이 최소풍량보다 적어지는 시점에서 온수코일이 가동되도록 제어계통을 수립한다.
- 외주부의 콘벡터는 난방부하를 담당하고 CAV 유닛의 급기온도는 15~20℃를 유지하며 급기량이 30%(최소값)이하일 때 콘벡터가 가동되도록 시스템을 구성한다
- Pick up 부하에 적응시키기 위하여 VAV유닛용량을 존별 계산상 최대부하에 비례하여 크게 선정해 둘 필요가 있다
- 내주부의 중앙식 VAV방식은 예상되는 최대부하로 설계하고 덕트의 크기는 diversity factor 를 고려한다 즉 송풍기에 가까운 주덕트의 절반가량은 송풍기의 풍량에 맞추어 설계하고 그 후반부 덕트는 말단 VAV유닛의 용량에 알맞게 설계한다.
- 외주부의 공기분배방식은 열취득, 열손실을 차단하도록 고려하며 풍량은 일반적으로 난방부하에 맞추어 결정하고 장치는 난방과 냉방의 양쪽을 감당할 수 있어야 한다. 외주부 계통은 외기를 도입하지 않으므로 운전방법은 간단하다. 우리나라에서는 겨울철 실내 쾌감도를 높이기 위해 창 밑에서 열을 공급할수 있는 방식을 채택하는 것이 바람직하다.
- 외주부에서 필요로 하는 급기량은 내주부에서의 풍량보다 적으므로 외주부 계통의 송풍기를 별도로 소형화 하여 내주부용 송풍기의 부하율을 적게하여 운전비를 절감한다.
- 주덕트에서 분기되는 각 VAV유닛의 연결용 덕



트는 가능하면 정압손실이 근사치가 되도록 설치한다.

- VAV유닛에서 여러 개의 토출구를 연결할 때에는 각 토출구의 연결덕트에 풍량조절댐퍼를 설치한다.

이상과 같은 여러가지 시스템 구성의 요소들을 종합하여 시스템을 최종적으로 확정하며 일반적으로 건물의 내주부에는 단일덕트 VAV방식이 적용되지만 외주부에서는 개별제어를 위하여 온풍의 혼합 또는 재열방식을 고려해야 한다.

VAV 제어의 DDC 화 경향

내부구역의 공조방식으로 변풍량방식을 채택하는 일이 최근 상당히 보편화 되고 있다. 많은 시스템이 변풍량방식으로 설치되어 에너지 절약이 증명되었으며 공기식 압력보상형 제어(pneumatic pressure independent control) 방식은 거의 완벽에 가깝게 완성되고 있으며 변풍량 방식은 앞으로도 계속 확대 보급 되리라는 전망은 거의 확실하다.

(1) 변풍량방식 제어상의 전제조건

그러나 공기식 제어방식에서 점차 디지털제어방식으로 바뀌어지는 경향이 나타나고 있다.

이 현상을 이해하기 위해서는 변풍량 방식제어에 있어서 성능을 제대로 발휘하기 위한 몇 가지 전제조건을 이해하여야 하는데 이러한 전제 조건들로는 다음과 같은 것들이 있다.

- 실내온도조절장치(thermostat)가 실제의 존 부하를 감지한다.
- 비거주 시간대에는 조명이 완전히 꺼지고 어떤 열(냉방) 부하도 감지되지 않으며 따라서 VAV터미널은 폐쇄된다.
- 감지된 부하는 주요 변동부하인 재실인원에 비례한다. 이에 따라 재실인원에 비례하여 환기량이 유지되므로 가장 경제적인 방법으로 환기 요구조건을 만족시킨다.
- 시스템의 용량은 감지된 모든 부하를 처리할 수 있다.
- 실내 온도 조절장치의 설정온도는 거주인원들의 쾌적감을 유지할 수 있는 온도로 맞추어져 있다.

(2) 전제조건외 예외와 변용

현대식 건물에서는 종종 앞에서 말한 요구조건과 전제조건들을 모두 충족시키지 못하는 경우도 많다.

설계자들은 쾌적성과 적절한 환기량을 유지하기 위해 VAV시스템에서 요구되는 전제조건들에 예외적이거나 응용상 변화가 필요한 상황에 대해서도 충분히 고려하여 대처하여야 한다.

- 실내 온도조절기가 항상 실제부하를 감지하지는 못한다.

예를 들어 하나의 VAV 터미널로 여러 사무실의 부하를 처리할 때 풍량은 전적으로 온도조절기가 위치한 사무실(대개의 경우 거주인원이 적은 고급 간부의 방)의 부하변동에 따라 변한다. 디지털 제어방식에서는 여러 개의 온도 조절기를 하나의 VAV 콘트롤러에 묶을 수 있고 (또는 반대로 하나의 온도 조절기를 여러대의 VAV콘트롤러에도 연결할 수 있다) 여기서 감지된 여러 신호 중에서 VAV콘트롤러로 보내 신호를 소프트웨어로 선택하게 된다.

또 최신의 프로그래밍 변경이 가능한 조절기들은 만약 원래의 제어논리가 적합하지 않으면 다시 프로그램을 수정할 수도 있다.

- 최근의 건물에서는 주광조명이나 국부조명 등을 이용함으로써 종전에 비해 조명부하가 많이 감소하고 있다.

따라서 조명부하는 고정부하라기보다는 변동부하로 되며 전체냉방부하에서 차지하는 비율도 작아지고 있다. 그러므로 저부하에서도 VAV 박스를 폐쇄하도록 설정할 수 없으며 최소풍량조건일 때 덕트내의 풍속이 매우 낮아서 값이 싼 공기식 콘트롤러의 실용적인 제어한계 이하로 되어 버린다. 디지털 제어 방식에서는 높은 용량제어비(turn-down ratio)를 얻기 위해서 다른 방식의 풍속측정방법을 채용하며 이렇게 함으로써 일반적으로 공기식 제어에서는 불가능한, 저부하에서의 과냉각(overcooling)을 방지할 수 있다.

- 사무실에서 재실인원이 주요 변동부하가 아닌 경우도 많이 있다. 개인용 컴퓨터는 흔히 사용자의 3배 정도의 열을 방출하지만 늘 켜져있는 것

은 아니다. 더욱이 개인용 컴퓨터는 실내온도가 일정 범위내로 유지되는 것을 필요로 하지만 환기를 필요로 하지는 않는다.

사람은 쓸데없는 불평을 하기도 하지만 컴퓨터는 조용히 있다가 갑자기 멈춰버린다는 사실에 주의해 보라.

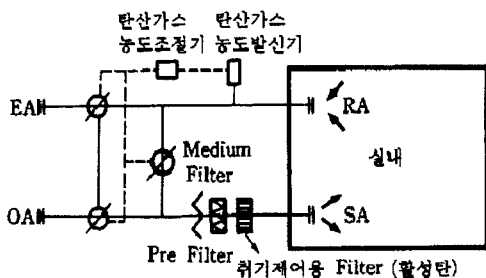
이것은 감지된 부하에 항상 비례하여 필요환기량이 정해지지 않음을 의미하며 따라서경제적인 운전을 위해서는 특수한 운전방식이 채용되어야 한다는 사실이 명백해진다.

DDC 제어는 현장 또는 원격제어에 의해 이러한 조건에 적용가능하다.

- 개인용 컴퓨터는 그 부하밀도가 크기 때문에 사무실 공조의 중요한 요소로 등장하고 있다. 많은 경우 개인용 컴퓨터의 도입이 VAV시스템의 과부하를 초래하고 있다. DDC 제어는 존의 부하를 감시할 수 있기 때문에 각 존에서 용량이 남는지 또는 모자라는지를 확인할 수 있다. 따라서 원격제설정을 이용하여 쉽게 다시 밸런싱 할 수 있다. 부하감축운전이 필요한 경우에는 제어논리를 변경해야 하는 데 이것은 최신의 원격프로그래밍 제어장치로 쉽게 가능하다.

- VAV 시스템에 대한 가장 대표적인 불만은 환기 부족이다. 그러나 이 문제는 일반적으로 VAV시스템 자체의 문제가 아니고 온도 설정점에 관한 문제이다.

ISO 표준 쾌적조건 7730 또는 최근에 소개되고 있는 쾌적조건 공식에 의하면 실내 온도가 27℃ 일때 아무리 충분한 기류속도를 유지하여도 환기 부족감을 불평하는 거주인원들의 불만을 해소 시



<계통도>

[그림 2] CO2 농도제어

킬 수 있는 방법은 없다고 한다. 공기식 혹은 아나로그 전자식 등에 있어서 비례제어방식은 설정 온도에 옵션이 남아있는 상태로 제어신호를 보내고 있다. 따라서 이러한 비례제어방식에서는 최대부하시 실내 온도가 설정치 보다 몇 도 높은 상태로 제어되는 현상이 흔히 발생한다.

미국과 캐나다의 연방기준에는 공공건물의 내부구역의 온도 설정치를 25.5℃로 규정하고 있다.

이런 실에서 비례제어방식으로는 최대부하시 실내온도가 쉽게 27℃로 된다. 그러나 DDC방식은 실내 온도를 설정온도로 정확히 유지할 수 있으며 실제 실내온도를 감시할 수 있고 거주자들의 요구에 맞게 설정온도를 변화시킬 수 있다.

이렇게 함으로써 최적의 쾌적조건을 재속할 수 있으며 사무생산성을 크게 향상시킬수 있는 것이다.

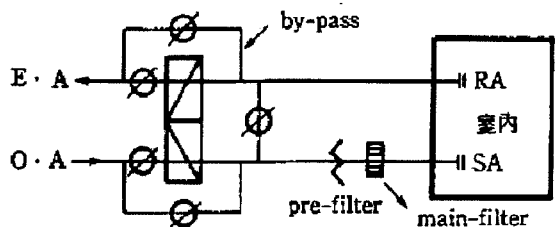
외기도입 시스템의 에너지절약

1) 외기도입 시스템의 검토 대상은 다음 2가지 방식이 있다

- CO₂ 농도에 따른 외기도입 제어를 통한 외기부하 절감방식[그림 2]
- 전열교환기에 의한 외기부하 절감방식[그림 3]

2) CO₂ 농도에 따른 외기도입제어 시스템은 아래와 같이 조건을 가정한다.

- CO₂ 자체는 5000ppm 농도까지는 인체에 무해하다.
- CO₂ 농도기준 채용은 실내환경의 양부를 단독으



[그림 3] 전열교환기 제어



로 표현하는 수단이 없고 공기의 물리적, 화학적 성질(취기, 분진, 직연)이 CO₂ 증가에 비례하여 악화되는 것으로 가정한다.

- CO₂ 농도를 1000ppm 으로 억제하는데 도심외기의 CO₂ 농도를 350ppm 으로 하고 1인당 CO₂ 발생량을 20/h 로 하면 1인당 필요외기량 30.8m³/h 가 산출되지만 건물 자체의 infiltration 및 여성 재실자의 증가를 고려해 25m³/h 을 적용한다.

3) CO₂ 와 취기와의 일반적인 관계

- CO₂ 농도 2500ppm 이상에서 취기를 느낀다.
 - ASHREA FUNDAMENTAL 1985 : 2500ppm 허용
 - 건축법상 실내환경기준에서 CO₂ 허용농도 1000 ppm으로 조정한다.

4) CO₂ 농도에 따른 외기도입제어 적용

- 취기제어로 발신기를 설치하여 허용농도 1000 ppm이하로 조정한다.

5) 전열교환기 이용의 검토

- 외기 냉.난방부하의 감소

6) 시스템의 비교검토

- 경제성 비교

- 초기투자비 비교 (표 1)
- 연간 경상비 비교 (표 2)
- 초기투자비 및 에너지 효과 비교 (표 3)를 통하여 CO₂농도제어는 전열교환기 제어보다 훨씬 유리한 제어방법으로 추천되어진다.

7) CO₂ 농도제어

실내공기는 적정온도 뿐 만 아니라 신선한 상태를 유지해야 하기 때문에 어느 정도의 외기를 항상 받아들이지 않으면 안된다. 이때 외기취입량을 수시로 변경시키기 곤란하기 때문에 일정 외기량을 계속 받아들이도록 조절하여 냉난방을 하게 된다. 만약 실내의 CO₂ 농도가 일정선 이하일 때에 외기취입을 중단한다면 그만큼 냉난방의 부하가 줄어들 것이다. 따라서 CO₂ 일정선 이하일 때 외기취입 최소개도치 이하 재설정하면 부하의 10 ~15% 정도의 에너지를 줄일수 있다.

<표 1> 초기투자비 비교

(단위 : 천원)

CO ₂ 제어 시스템		전열교환기 이용 시스템	
※ 탄산가스 농도조절기(공조기용DDC활용)	0	전열교환기	17,000
※ 탄산가스 농도 검출기.....	1,000		
계	1,000	계	17,000

<표 2> 연간 경상비 비교

(단위 : 천원)

비교 항목	CO ₂ 제어 시스템	전열교환기 이용 시스템
전력비		Rotor 회전동력비 $0.4kw \times (288\text{냉방시간} + 550\text{난방시간}) \times 50\text{원}/kw.h \times 1/1000 = 16.76$ 전열교환기 설치시 저항에 따른 송풍기동력증가비 $15kw \times (288+550) \times 50\text{원}/kw.h \times 1/1000 = 628.5$ 합계 645

※ 에너지 절감 -1,963(적용사례) - 4,580(적용사례)

<표 3> 초기투자비 및 에너지 효과 비교

비교항목	CO ₂ 제어 시스템	전열교환기 이용시스템
초기투자비	1,000	17,000
에너지 효과비용	1,963	3,935(=4,580-645)
손익분기점	설치시 963 이익	4.3년

결론

1) 건물이 인텔리전트화 되면서 실내의 쾌적성 유지하는 보다 더 필요한 조건이 되고 있는 현실을 감안할 때 쾌적성 제어는 건축설비 자동제어의 새로운 부분으로 부각되어진다.

종래의 온습도에 기초한 실온제어방식에서 실내의 부하조건 등이 보다 더 복잡해지고 인체의 부하도의복량이나 활동량에 있어서 고도정보화 사회에 부응한 첨단 시스템 도입으로 또 다른 부하패턴을 보이고 있다.

따라서 환경지표에 따른 쾌적성 제어는 PMV 제어에 의한 PPD 5%수준을 제어할 수 있는 방법으로 발전할 것이다.

그러나 이러한 제어는 현재 시도단계에 머무르고 있기 때문에 보다 더 검토할 요소가 많다고 본다.

이에따라 첫째 쾌적도 검출기에 대한 검토가 선행되어야 하며, 둘째 쾌적도 검출기에 의해 측정된 열적값들이 디지털제어기나 중앙감시장치의 연산 프로그램에 의해 PMV 값으로 환산되는 기법들이 많이 개발되어야 한다.

그리고 마지막으로 쾌적성지표는 우리나라의 환경과 우리나라 사람들의 문화풍습에 기인한 착의량, 활동량 등이 정확하게 정립되어서 우리가 느끼는 쾌적성에 보다더 접근할 필요가 있음을 알 수 있다.

앞으로 우리실정에 맞는 쾌적성에 대한 좀더 많은 연구가 필요하며 중앙관리 방식의 공기조화 설비의 실내환경 기준도 실의 용도별 특성별로 그 조건들이 좀더 구체화되어야 진정한 쾌적성을 유지할 수 있다

고 본다.

2) VAV시스템은 전부는 아니지만 많은 경우 훌륭한 에너지 절약방식으로 응용될 수 있다. 그러나 이러한 시스템이 목표로 하고 있는 결과를 얻기 위해서는 설계와 운전, 관리의 측면에서 충분한 이해와 노력이 필요하다.

VAV시스템은 간단해 보이지만 결코 그렇게 간단하지 않은 것이다. 만약 문제가 발생했을 때 그 원인은 설계상의 잘못일 수도 있고 건물용도의 변경, 시공이나 시운전 조정, 잘못된 제어방식 등이 문제 때문일 수도 있고 특히 시스템의 운전방법이 잘못되었기 때문일 수도 있다.

결국 VAV 방식 자체에 문제가 있는 것은 아닌 것이다.

3) 에너지 절약 측면에서 검토된 또 한가지 기법은 외기취입량 제어로서 에너지 효과면에서는 전열교환기 이용 시스템이 유리하지만 초기투자비 및 연간 경상비를 검토하면 CO₂ 제어시스템이 훨씬 유리하다.

특히 DDC의 여유 포인트로서 제어가 가능하므로 공조기 제어에서는 에너지 절감차원에서 필히 CO₂ 제어를 도입하는 것이 이상적인 구성이 될 수 있음을 알 수 있다.

참고문헌

1. 공기조화 냉동위생공학 편람.
2. 조추영, "인텔리전트빌딩의 건물자동화 계획방안에 관한연구" 석사논문, 1992.
3. 조추영, "건축설비 자동제어", 기문당, 1993. *