

VAV시스템의 제어

Control of Variable Air Volume Systems

최 홍 기*
Hong Ki Choe

1. VAV공조방식 개요

1.1 VAV방식의 원리

공기를 매체로 하여 공간의 온도를 유지하는 방법에는 기본적으로 두 가지 방법이 있는데 그 하나는 실내열 부하의 변동에 따라 송풍온도를 변화시키고 송풍량을 일정하게 유지하는 방법 즉 CAV(Constant Air Volume, 정풍량) 공조방식과 다른 하나는 송풍량을 변화시키고 송풍온도를 일정하게 유지하는 방법 즉 VAV(Variable Air Volume, 가변풍량) 공조방식이다.

VAV방식의 원리는 풍량 \propto 열부하로 다음의 관계식이 된다.

$$Q = q_s / 0.288 \cdot \Delta t$$

여기서, Q : 급기량(m^3/h)

q_s : 실내현열부하(kcal/h)

Δt : $t_r - t_d$

t_r : 실내온도($^{\circ}C$)

t_d : 급기온도($^{\circ}C$)

VAV방식은 다음과 같이 두 가지로 구분한다.

1) 급기온도 일정($t_d = \text{Constant}$)

2) 급기온도 가변($t_d = \text{Variable}$)

1)은 내주부(Interior Zone)와 같이 비교

적 부하변동폭이 작은 부분에 적합하고, 2)는 외주부(Perimeter Zone), 특수부하가 있는 부위, 또는 온도조건이 까다로운 곳에 적용한다.

VAV방식은 본래 냉방전용으로 개발되었으나 우리나라에서는 간헐운전을 하고 있는 빌딩도 많으므로 이러한 경우 동절기 공조운전시 내주부에서 난방부하가 발생하는 경우가 있으므로 이점 설계시 유의하여야 한다.

VAV공조방식은 전공기방식이 갖는 다음의 장점이 있다.

1) 기기의 점유면적이 적어서 빌딩바닥면적을 유효하게 이용할 수 있다.

2) 외기온도가 낮은 경우 외기냉방이 가능하여 에너지를 절약할 수 있다.

3) 기기가 중앙에 집중적으로 설치되므로 보수관리가 용이하고 고도의 공기청정, 냄새제거, 소음처리가 가능하다.

4) 습도조절이 용이하다.

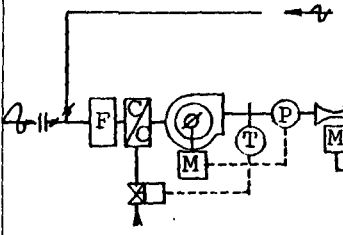
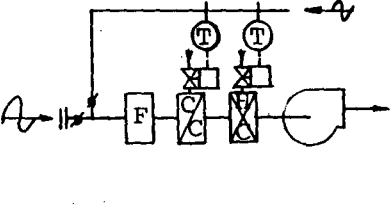
또한 VAV공조방식은 다음과 같은 이점이 있다.

1) 동시부하율을 고려하여 기기용량을 결정하므로 설비용량(냉동기, 공조기 등)이 적어진다.

2) 운전비를 절약할 수 있다.

① 각실 또는 각 존별로 유니트를 설치하여

표 1. VAV 방식과 CAV 방식의 차이점

구 분	VAV 방 식	CAV 방 식
계 통 도		
㉔ 송풍기 풍량	가 변 풍 량	정 풍 량
㉕ 냉·난방기기의 용량	실내 각 존 동시부하의 최대치 (70~80%)	실내 각 존 최대부하의 합계 (100%)
㉖ 존별 온도조절	가 능	불 가 능
㉗ 송풍기동력	가 변	고 정
㉘ 급기온도	고 정	가 변
㉙ 실내온도유지	용 이	어 렵 다
㉚ 실내용도(칸막이) 변경시 시설변경	용 이	어 렵 다
㉛ 에너지 소비	60% 이하	100%
㉜ 자동제어장치	복 잡	단 순

부하변동에 맞게 실온을 유지하므로 에너지 낭비가 없다.

- ② 동시부하율관점에서 결정된 제기기의 동력절약
 - ③ 송풍기제어에 의하여 부분부하시의 동력절약
 - ④ 공실에 대하여 급기를 차단할 수 있다.
 - 3) 부하변동에 대하여 제어응답이 빠르므로 거주성을 향상시킬 수 있다.
 - 4) 칸막이 변경이나 부하증가에 대하여도 유연성이 있다.
 - 5) 시운전시 각 취출구의 풍량조정이 간단하다.
 - 6) 덕트의 설계 및 시공이 간단화 된다.
- VAV 방식과 CAV 방식의 차이점을 비교하면 표 1과 같다.

1.2 VAV 유니트의 종류와 특징

부하의 증감에 비례한 양의 조화공기를 제

어하는 기기 즉 VAV유니트는 VAV 시스템에서 가장 중요한 역할을 한다.

VAV유니트는 대별하여 바이패스식, 스로틀식 2종으로 구분하며 같은 형의 유니트에서도 구조나 특성이 다른 것이 많이 있다.

바이패스식은 3방조절밸브에 상당하고 스로틀식은 2방조절밸브에 상당한다.

1.2.1 바이패스식(Bypass Type) 유니트

바이패스식 유니트의 기능은 실내부하의 감소분에 상당하는 조화공기를 천정속이나 환기덕트로 직접 바이패스시키는 것으로 그림 1과 같다.

실내부하가 감소하면 룸서모스태트의 지령에 의하여 조작기가 작동하여 실내공급공기측의 개구면적을 줄여서 필요공기량만을 실내에 급기하고 감소공기분은 바이패스시킨다.

바이패스식 유니트의 특징은 다음과 같다.

- 1) 부하가 변동하여도 덕트내압은 거의 일

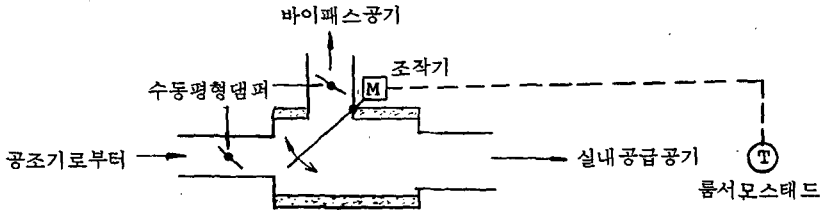


그림 1. 바이패스식 유니트(기계식)

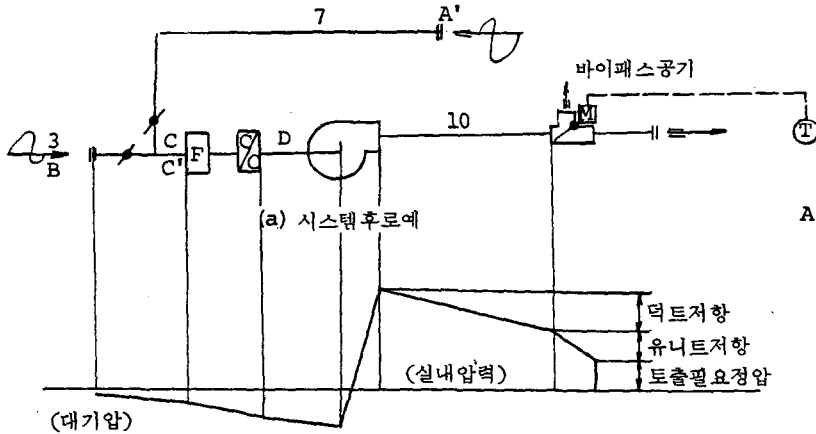
정하여 유니트에서 소음이 발생하지 않는다.

- 2) 압력손실이 비교적 작다.
- 3) 송풍기 제어가 필요 없다.
- 4) 구조가 간단하다.
- 5) 직접팽창형 냉각기를 사용하는 공조기(팩키지 공조기)에 적합하다.
- 6) 자체 정압 조절기가 없다(CAV 유니트로 사용할 수 없다).
- 7) 일정외기량의 확보가 어렵다(바이패스

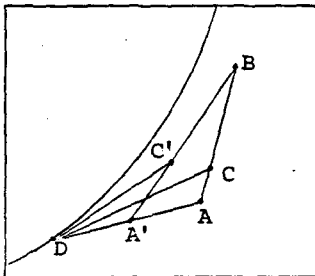
량과 정비레시킬 필요가 있다).

- 8) 에너지절약을 기대할 수 없다.
- 9) 바이패스공기를 직접 환기덕트에 바이패스시킬 경우에는 덕트공사비가 비싸진다.
- 10) 대형설비에는 부적합하다(소규모설비에 적합하다).
- 11) 지붕설치형공조기(Roof Top AC Unit) 시스템에 적합하다.

그림 2(a)는 바이패스식 유니트를 사용한 시

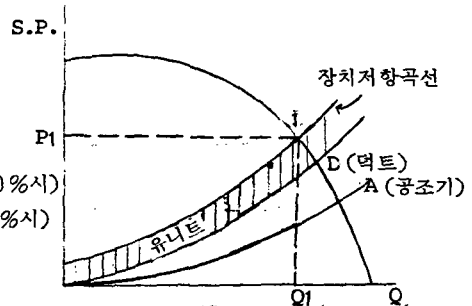


(b) (a)시스템의 정압변화선도



(c) (a)시스템의 공기선도

- A: 실내상태
- A': 환기덕트입구상태
- B: 외기
- C: 공조기입구상태(부하 100%시)
- C': 공조기입구상태(부하 50%시)
- D: 공조기출구상태



(d) (a)시스템의 송풍기 운전상태

그림 2. 바이패스식 유니트를 사용한 시스템

시스템의 후로에이고, 그림 2 (b)는 그림 2 (a) 시스템의 정압변화선도이며 그림 2 (c)는 공기선도이고, 그림 2 (d)는 그 시스템에서 송풍기의 운전상태를 표시한다. 그림 2 (d)중 A는 공조기의 저항곡선이고 D는 덕트의 관로저항곡선이다. 취출구 및 유니트의 필요정압은 풍량이 변화하여도 일정하므로 바이패스형 유니트를 사용하는 VAV 방식에서 송풍기운전점 1은 불변이다.

1.2.2 스톱플식(Throttling Type, 교축식) 유니트

스톱플식 유니트는 공조기로부터 보낸 조화공기를 각 존의 부하에 맞추어 교축기구에 의하여 취출공기를 조절하는 것으로 그림 3(a)와 같은 스프링형, 그림 3(b)와 같은 벨로즈형 그

림 3(c), 3(d)와 같은 댄퍼형이 있다.

스프링형중 그림 3(a)와 같이 벤튜리 모양인 것을 벤튜리형이라고도 하며 스프링형 VAV 유니트의 기계적인 정풍량조정장치를 기계식 정풍량조정기(Mechanical Constant Volume Regulator, MCV)라 한다.

벨로즈형은 조작에너지원을 공조덕트내 공기로부터 얻으므로 자납식(System Powered) VAV 유니트라고도 한다.

스프링형과 벨로즈형은 유니트 자체가 정압조정을 할 수 있으므로 VAV 유니트로서만 아니고 CAV 유니트로 사용할 경우도 많이 있으므로 정압조정기(Static Pressure Regulator)라고도 한다.

다음에 정압조정기의 역할에 대하여 설명한다.

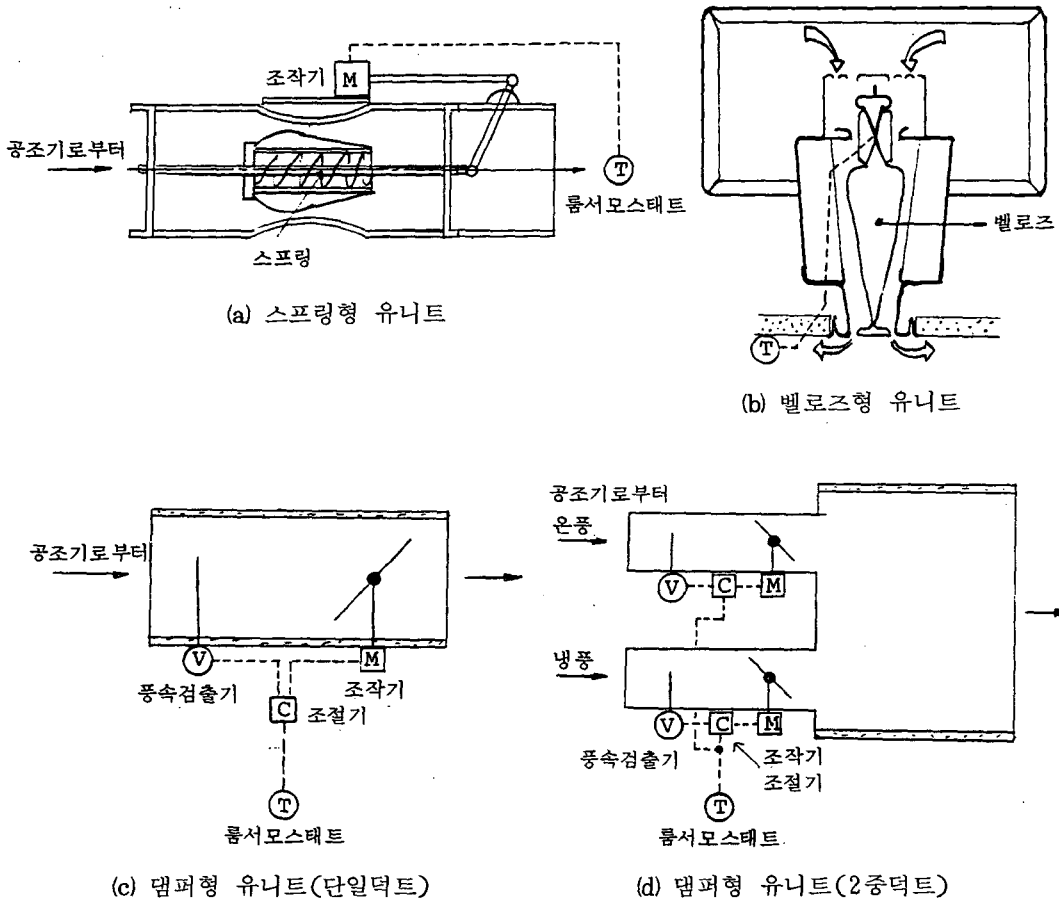


그림 3. 스톱플식 유니트

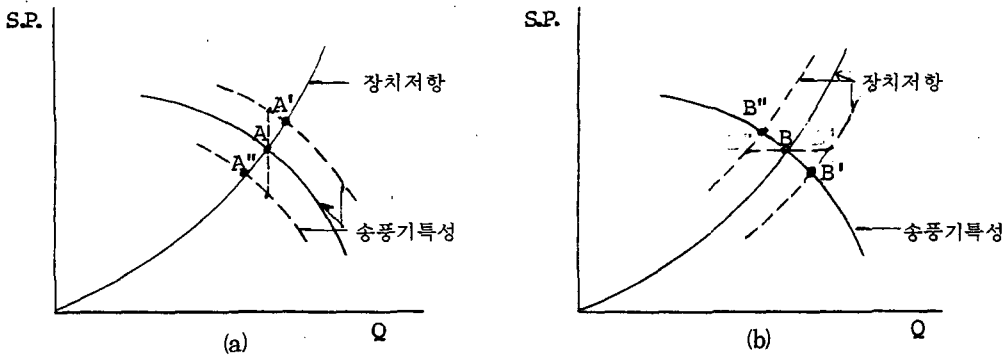


그림 4. 송풍기의 운전작동점

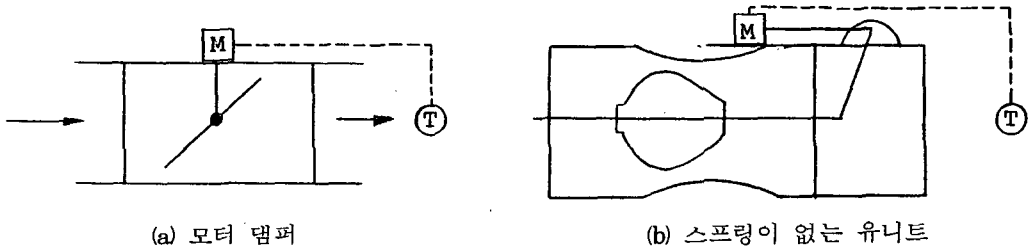


그림 5. 압력종속식 유니트

송풍기는 특성곡선과 장치저항곡선의 교차점에서 작동하는데 그림 4(a)와 같이 송풍기가 A점에서 작동하다가 어떠한 이유로 송풍기회전수가 변동하거나 또는 가스체의 온도나 체적이 변동하여 단위체적중량이 변동하면 송풍기의 작동상태가 변하여 A' 또는 A''가 된다.

A'는 송풍기압력이 증가할 경우이고 A''는 압력이 하강할 경우의 작동점이다. 그림 4(b)는 반대로 장치저항이 어떤 이유로 변화하여 저항이 변할 경우 즉 댐퍼의 개도변화나 장치에 오리피스를 넣어 장치저항이 변할 경우로 송풍기는 틀림없이 새로운 장치 저항 곡선과의 교점 B' 또는 B''에서 작동한다.

송풍기제어가 없이 일정하게 운전하는 동일 덕트계에 그림 5(a)와 같은 재래식 모터댐퍼나 그림 5(b)와 같은 스프링이 없는 유니트가 각 존별로 다수 있어 이것들이 존의 부하에 따라 작동하여 풍량을 조절하면 덕트내 압력이 크게 변동한다. 즉 이제까지 설계풍량으로 취출하던 장치에서 어느 존의 부하가 감소하여 유니트의 댐퍼가 닫히면 1차측 정압이 상승

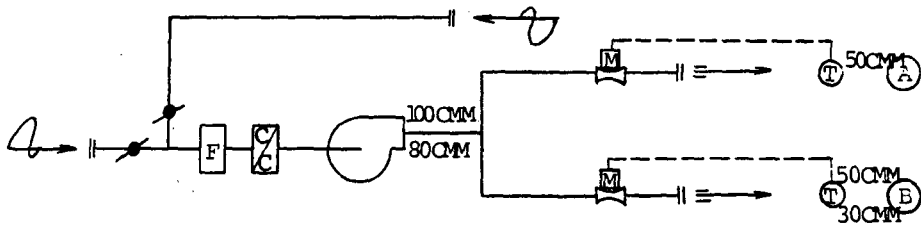
하여(송풍기토출 정압의 상승) 다른 존의 댐퍼에도 영향을 주어 댐퍼 전후의 정압차가 보다 크게 된다. 이 결과 필요 이상의 공기가 흐르게 되어 그 존은 과냉(또는 과열)되게 된다. 그러면 그 존의 룸서모스테트가 동작신호를 내어 댐퍼를 닫게 된다.

이와 같이 한 쪽이 좋아지면 다른 쪽에 나쁜 영향을 주는 상호간섭이 일어난다. 이는 댐퍼를 닫으므로 그 덕트계에 적당한 교정저항을 주어 풍량을 조절하여야 한다. 덕트계에 정압변동을 흡수할 것이 없는 한 고도의 온도조절은 기대할 수 없다.

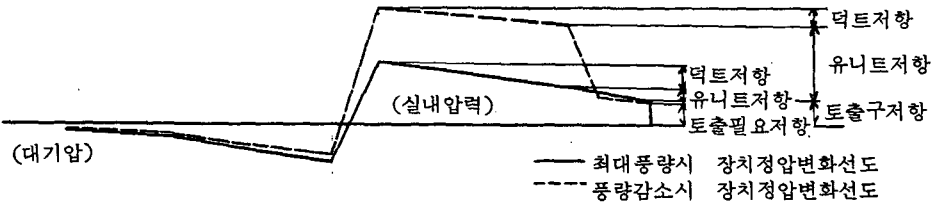
이와 같이 덕트내 정압변동에 따라서 닫히는 부분(댐퍼)의 2차측 풍량이 변동하는 형식의 유니트를 압력종속식(Pressure Dependent Type) 유니트라 한다.

그림 5와 같은 정압조정기가 없는 압력종속식 유니트를 그림 6(a)와 같은 장치에 사용하였을 경우를 생각하여 보자.

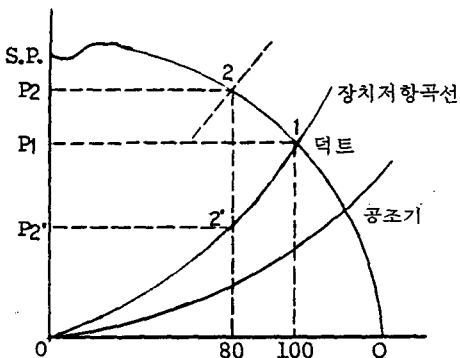
설명을 간단화하기 위하여 송풍기로부터 A 존 B 존까지 이르는 덕트 길이와 취출풍량은



(a) 시스템후로 예



(b) (a)시스템의 정압변화선도



(c) (a)시스템의 송풍기 작동점의 변화

그림 6. 압력중속식 유니트를 사용한 시스템

같은 것으로 한다. ㉔존의 부하가 감소하여 최대풍량 50 CMM으로부터 30 CMM으로 되면 송풍기의 총풍량은 계산상 100 CMM으로부터 80 CMM으로 되어야 하나, 그림 4(b)에서 설명한 바와 같이 ㉔존의 유니트가 닫혀서 장치의 저항이 증가하여 그림 6(c)와 같이 송풍기 운전 작동점이 1에서 2로 이동한 결과 송풍기 정압은 P1으로부터 P2로 높아진다.

이때 ㉑존에서는 최대부하에 맞는 풍량 50 CMM이 토출된다 하면 ㉔존 유니트를 닫기 위하여는 덕트내 정압이 상승하여 ㉑존에는 50 CMM이상의 공기가 흘러 과냉(과열)상태로 된다. 그러면 이번에는 ㉑존의 립서모스태트가 유니트를 닫는 지령을 낸다. ㉑존의 유

니트가 닫히면 또 정압변동이 생겨 ㉔존의 취출공기량에 영향을 준다. 따라서 송풍기 풍량이 80 CMM이 되기 위하여는 시간이 걸린다(즉 동특성이 나쁘다).

그림 6(b)는 장치내 정압변화를 표시한 선도이다. 송풍기를 일정운전하는 덕트계에서 스로틀식 유니트를 닫으면 당연히 덕트내정압(송풍기토출정압)은 상승한다. 이 상승한 정압을 흡수하는 동작을 하는 것이 그림 3의 스로틀식 유니트이다.

이때 유니트 상류측 정압이 상승하면 일시적으로 하류측과의 정압차에 상당하는 공기가 흘러 좁은 교축부에서의 풍속이 상당히 빨라진다.

이것은 정압이 동압으로 변화하는 것이다. 이 동압은 스프링이나 벨로즈 등을 수축시키는 동작을 하여 스프링이나 벨로즈의 반력과 맞는 위치에서 정지하게 된다. 즉 유니트 상류측에서의 압력상승분이 자체 스프링이나 벨로즈를 누르는 작용을 하여 이 에너지를 상쇄한 결과 스프링이나 벨로즈의 반력 범위내에 상당하는 압력상승이면 유니트의 2차측은 항상 일정풍량을 유지하게 되는 것이다. 이러한 특성을 유니트의 정풍량특성이라 하여 스로틀식 유니트에서는 중요한 특성으로 유니트 선정시 특히 유의하여야 한다.

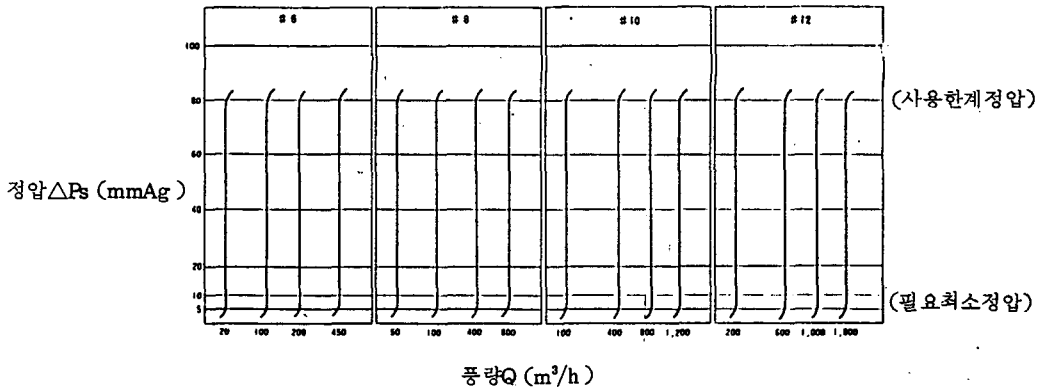


그림7. 스크롤식 유니트의 정풍량특성 예

그림7에 스크롤식 유니트의 정풍량특성을 보인다.

스프링이나 벨로즈를 이용하는 정압조정기는 위에서 설명한 바와 같이 정압치를 이용하여 작동하는 것이므로 여기에는 꼭 최소정압이 필요하다. 이것은 스프링이나 벨로즈의 수축을 시작하는 압력으로 송풍기 정압계산에 더하여야 하는 값이다. 그림7의 정풍량특성선도에서는 최소필요정압은 7.5mmAg이고 이로부터 압력이 상승하여 75mmAg까지는 일정 풍량을 유지하는 것을 나타낸다. 이 필요최소정압은 작을수록 송풍기동력이 절약되므로 정풍량특성과 함께 유니트 선정시 유의하여야 할 점이다. 정풍량특성이 좋은 유니트란 필요최소정압이 보다 작고 높은 정압까지 일정 풍량을 유지하는 것이다.

그림 3(c), 3(d)와 같은 댐퍼형 유니트에서는 스프링이나 벨로즈에 의한 정압조정 대신에

자동조절기에 의하여 정압을 조정한다.

이러한 댐퍼형 유니트는 가변정풍량(Variable Constant Volume) 유니트라고도 한다. 그림 3(c), 3(d)에서 풍속검출기 F에서 검출한 실제 풍속(또는 차압취출구에서 검출한 동압)은 조절기 C에 설정한 설정치와 비교하여 편차신호를 조작기 M으로 내어 댐퍼개도를 조정하여 풍량을 조절한다. 그리하여 1차측 정압변동에 의한 풍량변동은 풍속검출기 및 조절기에 의하여 측정, 조절되어 조작기를 동작시켜 일정 풍량을 유지하게 된다. 림서모스테트로부터의 신호는 조절기에서 풍량설정을 리세트시킨다.

상기와 같이 정압조정장치를 갖춘 유니트를 압력독립식(Pressure Independent Type) 유니트라 한다.

다음에는 압력독립식유니트를 사용하는 경우에 송풍기 운전작동점이 변화하는 상태를

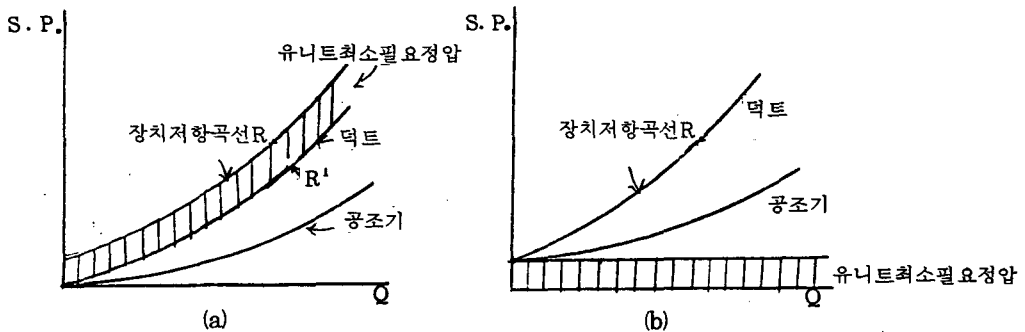


그림8. 장치저항곡선

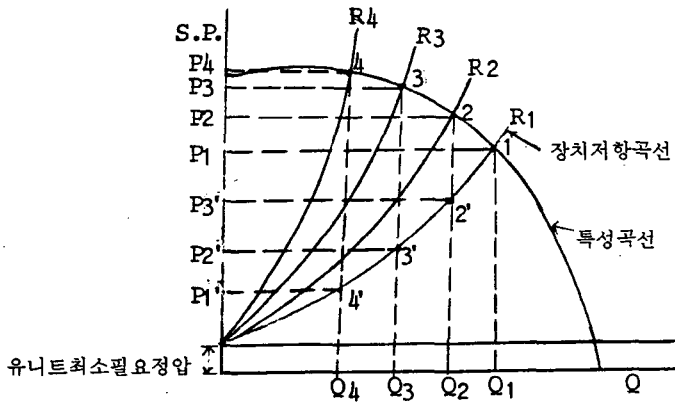
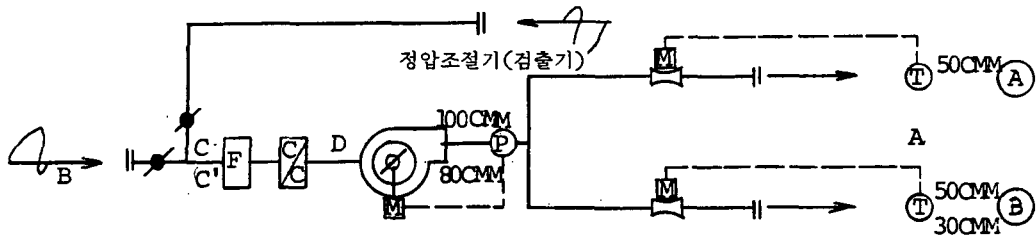
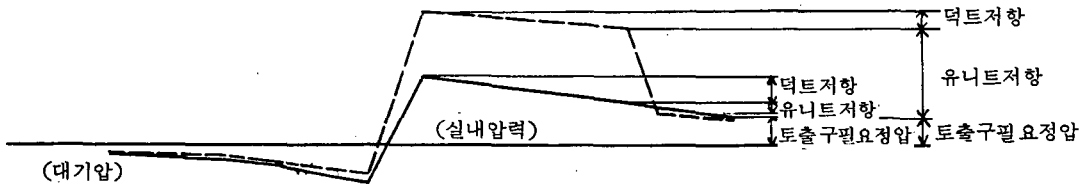


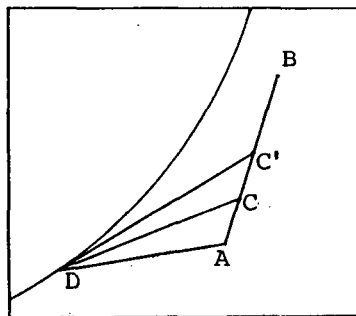
그림 9. 송풍기운전자동점의 이동



(a) 시스템후로 예



(b), (a)시스템의 정압변화선도



- A : 실내상태
- B : 외기
- C : 풍조기입구상태(부하 100%)
- C' : 풍조기입구상태(부하 50%)
- D : 풍조기출구상태

(c), (a)시스템의 공기선도

그림 10. 압력독립식 유니트를 사용한 시스템

알아 본다.

그림 8에서와 같은 장치저항곡선 R은 장치 저항과 유니트의 최소필요정압을 합친 곡선이다. 공조기나 덕트 및 취출구의 저항 즉 장치 저항은 이것을 통하는 풍량의 2승에 비례하여($P \propto Q^2$) 증감하므로 그림 8의 R1 곡선으로 표시된다. 또한 유니트의 최소필요정압(정압 조정기를 작동시키는데 필요한 정압)은 풍량의 대·소에 관계없이 항상 필요하므로 곡선 R1에 일정하게 더하여야 하므로 장치저항곡선은 R이 된다.

그림 8의 (a)와 (b)는 같은 것으로서 이렇게 얻어진 장치저항곡선과 송풍기특성곡선의 교차점이 송풍기의 운전작동점이 된다. 그림 9의 1이 그 점으로 풍량 Q1과 정압 P1에서 운전한다. 점 1의 상태에서 송풍기가 작동할 때 각 존의 부하가 감소하여 유니트가 달혀 장치 필요풍량이 감소하면 송풍기풍량은 Q1으로부터 Q2로 된다. 이때 장치저항도 당연히 줄어들어 1에서 2'로 되나 Q2의 풍량을 유지하려면 점 2의 상태에서 송풍기가 작동하여야 하므로 P2-P2' 저항을 부가할 필요가 있다. 이 P2-P2'가 유니트가 받는 저항이다. 더우기 부하가 감소하면 풍량은 Q2로부터 Q3, Q4로 되므로 송풍기 작동점은 2로부터 3, 4로 이동하게 되므로 유니트가 받는 저항은 커져야 한다. 따라서 장치 저항곡선은 R1으로부터 R4와 같이 된다.

그림 3과 같은 압력독립식유니트를 그림 6과 같은 경우로 생각하면 그림 10과 같이 된다.

이제 ㉔ 존의 유니트가 달혀 풍량이 50CMM 으로부터 30CMM이 되면 지금까지 평형되어 있던 ㉓ 존 유니트의 정압이 상승한다. 이 때 앞에서 설명한 바와 같이 상류측과 하류측의 정압차에 상당하는 풍량이 흐르게 되어 일시적으로 유니트를 통과하는 풍속이 빨라진다. 이 풍속은 스프링을 압축시키는 동압이 되어 결과적으로는 정압변동을 흡수하게 되므로 유니트 2차측에는 최초의 풍량이 유지된다.

스로틀식 유니트는 공기가 통과하는 개구면적을 변화시켜 공기량을 조절하는 구조이므로 부하가 감소하는 만큼 유니트를 닫게 되어(개

구면적을 작게 한다) 유니트 1차측 정압이 상승하므로 개구부를 통과하는 풍속이 빨라진다. 풍속이 빨라지면 그 부분에서 소음이 발생하게 되어 실내허용 소음치 이상이 되는 경우가 있으므로 유니트의 모양이 소음이 발생하지 않도록 되어야 한다. 발생소음에 대하여설계상 주의할 점은,

- 1) 소음특성이 좋은 유니트를 선정할 것
 - 2) 송풍기 정압제어를 할 것
 - 3) 유니트 자체 또는 2차측에 소음처리를 할 것
 - 4) 덕트풍속을 느리게 할 것
- 등이다.

스로틀식 유니트의 특징은 다음과 같다.

- 1) 정압조정이 되므로 제어성이 좋다(압력독립식 유니트)
- 2) 부하에 맞는 공기량만 통과시키므로 에너지 낭비가 없다.
- 3) 설비규모의 대·소에 불구하고 적용할 수 있다.
- 4) 송풍기제어로 동력절약이 된다.
- 5) CAV유니트로 사용할 수 있다.
- 6) 2중 덕트방식에 사용하므로 혼합로스를 최소화할 수 있다.
- 7) 사용하지 않는 방은 송풍을 중지시킬 수 있다.
- 8) 바이패스식 유니트에 비하여 덕트공사비가 적게 든다.
- 9) 최소정압을 필요로 한다(유니트 입구에서 15~25mmAq 필요)
- 10) 바이패스식 유니트에 비하여 발생소음이 크다.
- 11) 직접팽창형 냉각기에는 통과풍량 감소에 대한 특별제어가 필요하다.

1.2.3 인덕션식(Induction Type, 유인식) 유니트

인덕션식 유니트는 스로틀식 유니트를 응용한 것으로 그림 11과 같은 기구로 되어 있다. 공조기로부터의 저온고압 1차 공기에 의하여 실내 또는 천정내의 고온공기를 2차 공기로 유인하여 혼합, 실내에 취출한다.

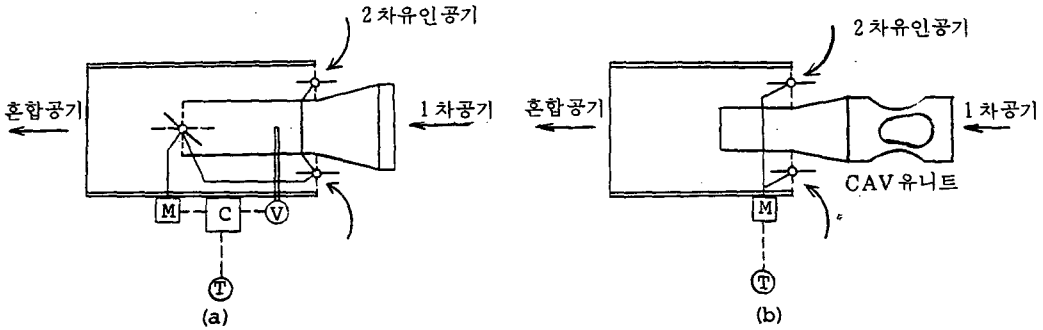


그림 11. 인덕션식 유니트

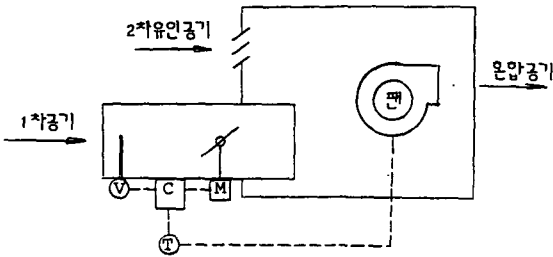


그림 12. 팬 파워드 유니트

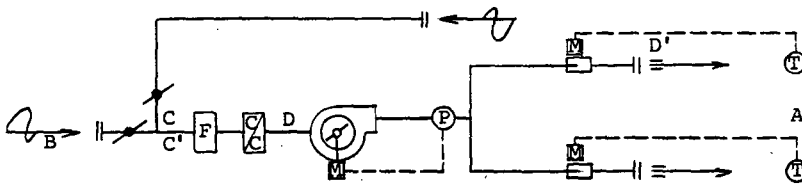
그림 11(a)의 유니트인 경우 실내냉방부하가 최대인 때는 2차공기 댐퍼를 완전히 닫고 1차공기만을 실내에 취출한다. 부하가 작아지면 2차공기 댐퍼를 열어 유인공기와 혼합하여

송풍온도를 올린다. 이 유니트는 1차공기량을 조절하면 2차 유인공기량도 변화하고 동시에 혼합온도(취출온도)도 변화하므로 댐퍼간의 개도비율조절이 대단히 어렵다.

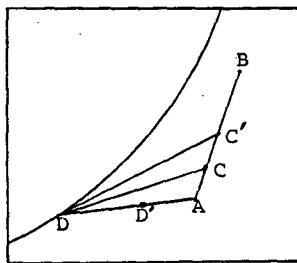
이러한 문제를 보완하기 위하여 그림 11 (b)와 같이 1차공기를 CAV유닛을 사용하여 일정풍량으로 하고 부하가 감소함에 따라 2차유인공기 댐퍼를 열어서 토출온도를 높인다. 즉 재열방식으로 사용하는 편이 간단하게 된다.

인덕션식 유니트의 특징은 다음과 같다.

- 1) 발열량이 많은 실에 사용하면 유리하다 (폐열이용).



(a) 시스템후로 예



- A : 실내상태
- B : 외기
- C : 공조기입구상태 (부하 100%)
- C' : 공조기입구상태 (부하 50%)
- D : 공조기출구상태
- D' : VAV 유니트출구상태 (부하 50%)

(b), (a)시스템의 공기선도

그림 13. 인덕션식 유니트를 사용한 시스템

- 2) 재열방식으로 사용한다.
- 3) 1차공기온도를 낮추어 덕트 크기를 작게 할 수 있다.
- 4) 적용범위가 한정된다.
- 5) 제진 및 탈취 성능이 저하한다.
- 6) 유인비를 확보하기 위하여 1차측 공기 출구속도를 어느정도 고속으로 해야 하므로 덕트계의 저항이 증가하여 송풍기 동력이 커진다.

7) 기타 스로틀식 유니트의 특징도 갖고 있다.

상기 특징중 장점은 살리고 단점은 보완한 유니트가 그림 12와 같은 팬 파워어드 유니트 (Fan Powered Unit)이다.

그림 13(a)는 인덕션식 유니트를 사용한 시스템후로 예이고, 그림 13(b)는 그림 13(a)시스템의 공기선도이다.

1.2.4 VAV유니트 선정시 점검사항

VAV시스템은 사용하는 VAV유니트에 의하여 그 성격이 결정된다. 유니트의 종류에 따르는 기본적인 특징을 앞에서 설명한 바와 같으나 동형 유니트에서도 제조사에 따라 각각의 특징이 있다. 건물의 규모, 용도, 부하상태, 설비등급 등 제조조건을 충분히 검토하여 그것에 맞는 유니트를 채용함에 따라 VAV방식의 장점이 충분히 발휘될 수 있다.

유니트 선정시 점검할 사항은 다음과 같다.

- 1) 형 식
- 2) 필요최소정압
- 3) 정풍량 특성
- 4) 소음 특성
- 5) 처리풍량 범위

- 6) 자동제어방식 및 기능
- 7) 취출구(VAV유니트와 취출구가 일체형인지 개별형인지)
- 8) CAV로 사용할 수 있는지
- 9) 메인턴넌스
- 10) 시공성
- 11) 가 격

1.3 VAV시스템 설계시 유의사항

1.3.1 부하별 처리 방식

빌딩의 부하종류는 여러가지로 구분할 수가 있으므로 표2와 같이 부하의 종류에 따라 처리방식을 조합하여 결정한다.

1.3.2 VAV유니트의 최대·최소풍량

각 존 유니트의 최대·최소풍량은 다음 식 (1)~(5)로부터 산출한다.

$$Q_s = q_{ss}/0.288(t_r - t_c) \tag{1}$$

$$Q_w = q_{sw}/0.288(t_h - t_r) \tag{2}$$

$$Q_a = V \times A C \tag{3}$$

$$Q_b = A \times Q A \tag{4}$$

$$Q_{min} = 0.4 \sim 0.5 Q_{max} \tag{5}$$

여기서,

- Q_s : 하계의 최대냉풍량 (m³/h)
- Q_w : 동계의 최대온풍량 (m³/h)
- Q_a : 환기회수를 기준으로 한 풍량 (m³/h)
- Q_b : 상면적을 기준으로 한 풍량 (m³/h)
- Q_{max} : 유니트 또는 존의 최대풍량 (m³/h)
- Q_{min} : 유니트 또는 존의 최소풍량 (m³/h)
- q_{ss} : 냉방최대현열량 (kcal/h)
- q_{sw} : 난방최대현열량 (kcal/h)
- t_r : 실내건구온도 (°C)

표2. 부하별 처리 방식

시스템	외 주 부		내 주 부	
	부 하	처리방식	부 하	처리방식
1	일사, 전도	VAV	조명, 인간, 기계 등	CAV
2	전 도	CAV	일사, 인간, 조명, 기계 등	VAV
3	전도, 일사×1/2	CAV	일사×1/2, 조명, 인간, 기계 등	VAV
4	전도, 일사	FCU 또는 IU	조명, 인간, 기계 등	VAV
5	전도, 일사	CAV + 재열	조명, 인간, 기계 등	VAV

t_c : 냉풍취출온도(°C)

t_h : 온풍취출온도(°C)

V : 실용적(m^3)

AC : 최소환기회수(회/h)

A : 실의 상면적(m^2)

QA : 상면적당 최소풍량($m^3/h^2 m^2$)

유니트의 최대풍량 Q_{max} 은 식(1) 또는 (2)로 산출하고 최소풍량 Q_{min} 은 식(3), (4), (5)로 산출한다. 즉 내주부 유니트의 최대풍량은 냉방 최대현열량으로부터 식(1)로 산출할 수 있다. 그러나 외주부와 같이 냉·난방 부하가 있어 이것을 변동부하(일사)와 고정부하(전도 간극 풍)로 구분하여 전자를 VAV로 처리하는 경우는 식(1)로 유니트의 최대풍량을 계산하고 후자를 CAV로 처리하는 경우와 하계보다 동계의 부하가 큰 경우에는 식(2)로 풍량을 산출한다. 유니트의 최소풍량 Q_{min} 은 (3), (4), (5)의 조건에 맞는 풍량으로 선정한다.

1.3.3 공조기의 최대·최소풍량

공조기의 최대풍량은 그 공조기가 담당하는 존의 최대부하시의 현열량 즉 동시 부하율을 고려하여 식(1) 및 (2)로 구한다.

이 동시부하율(각 존 최대부하의 70~80%)을 적용하는 것이 VAV방식의 큰 장점으로 공조기 용량이 CAV방식보다 20% 정도

작게 된다.

공조기의 최소풍량은 VAV유니트의 종류에 따라 달라지는데 바이패스형 유니트의 경우는 풍량이 항상 일정하나 스로틀형 유니트인 경우에는 존의 최소부하시의 풍량이나 최소환기회수를 고려한 풍량으로 한다.

1.4 VAV시스템의 종류와 응용예

1.4.1 VAV시스템의 종류

이 항에서는 대표적인 VAV시스템의 종류 및 용도를 알아본다.

(1) 단일덕트 가변풍량(Single Duct Variable Volume) 시스템(그림 14)

이 시스템은 냉방전용의 시스템이다. 난방은 다른 방법 즉 방열기나 외주부전용 공조시스템으로 한다.

(2) 단일덕트 가변풍량 인덕션(Single Duct Variable Volume Induction) 시스템(그림 15)

이 시스템은 (1)과 마찬가지로 냉방전용의 시스템이다. 그러나 VAV유니트의 유인능력으로 환기회수가 높아져 저부하에서도 공기유동이 많아진다.

(3) 단일덕트 가변풍량재열(Single Duct Variable Volume Reheat) 시스템(그림 16)

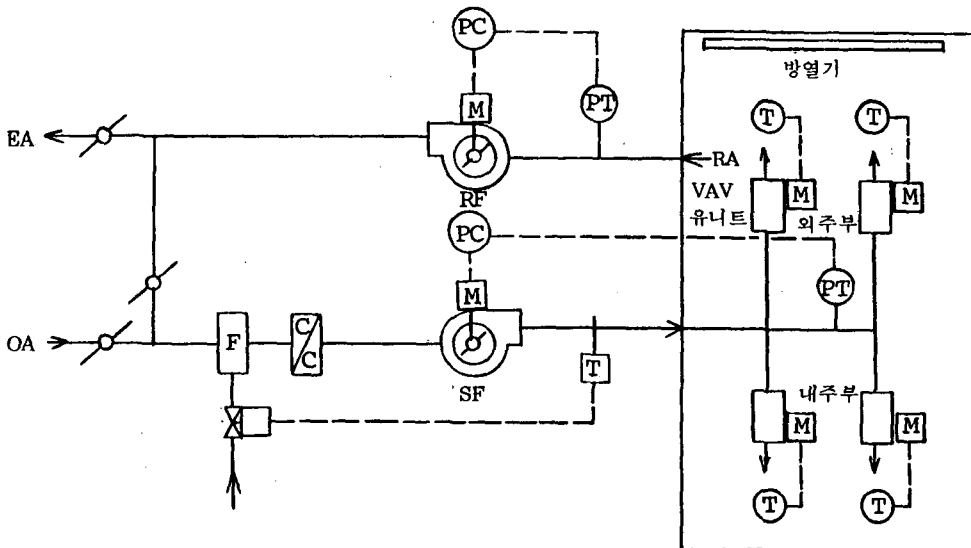


그림 14. 단일덕트 가변풍량+방열기

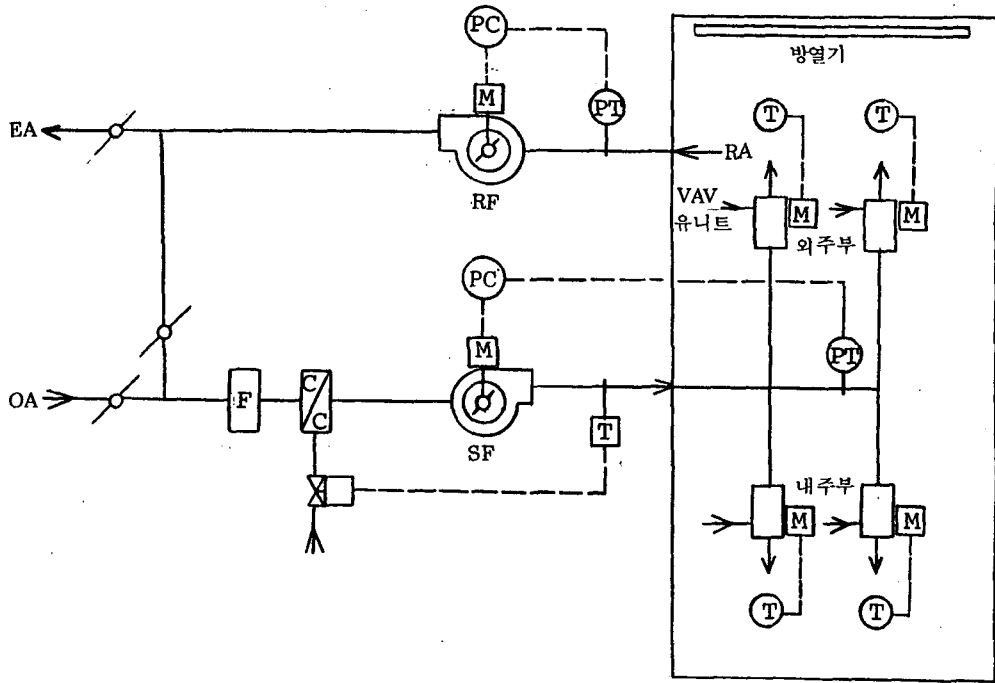


그림 15. 단일덕트 가변풍량인덕션+방열기

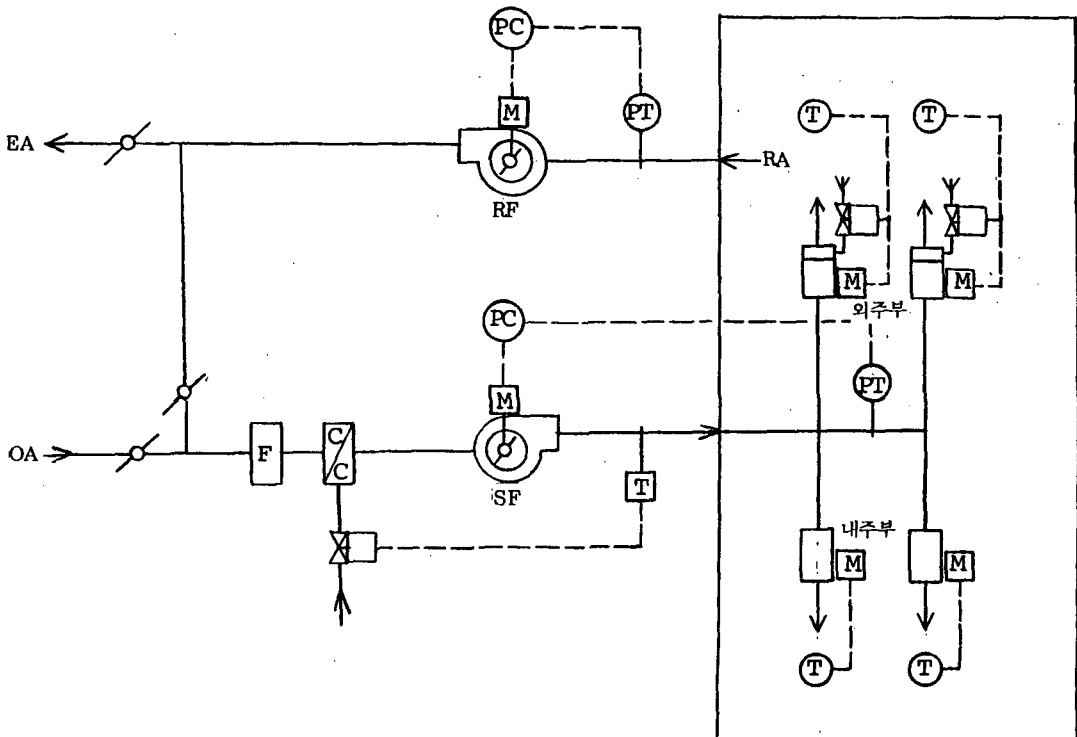


그림 16. 단일덕트 가변풍량재열

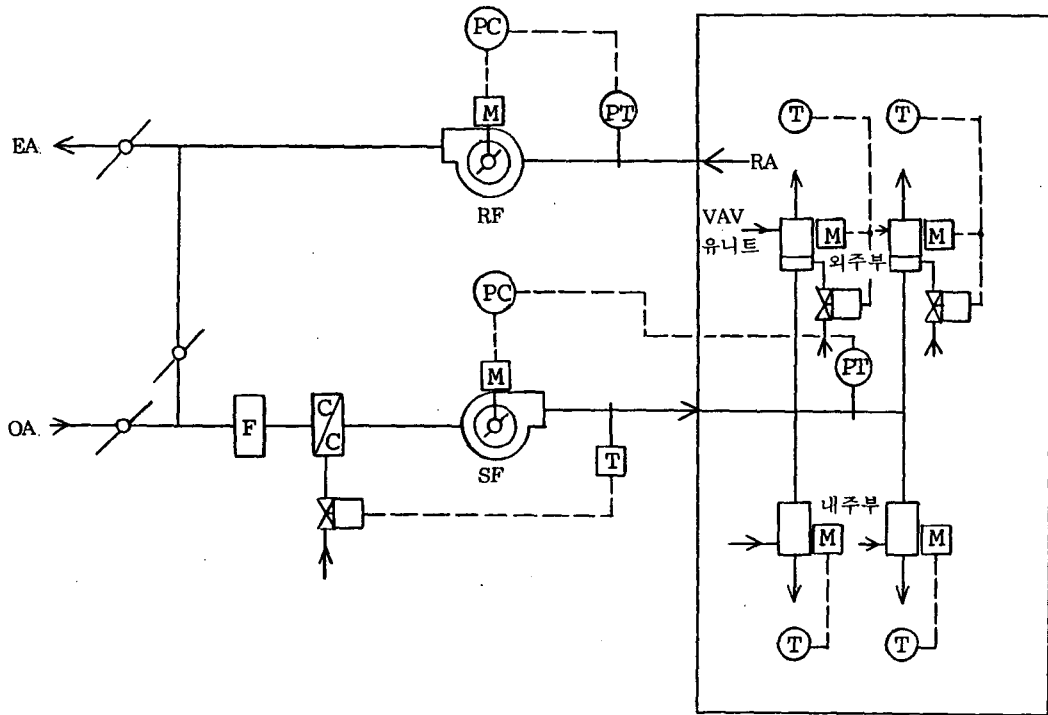


그림 17. 단일덕트 가변풍량인덕선재열

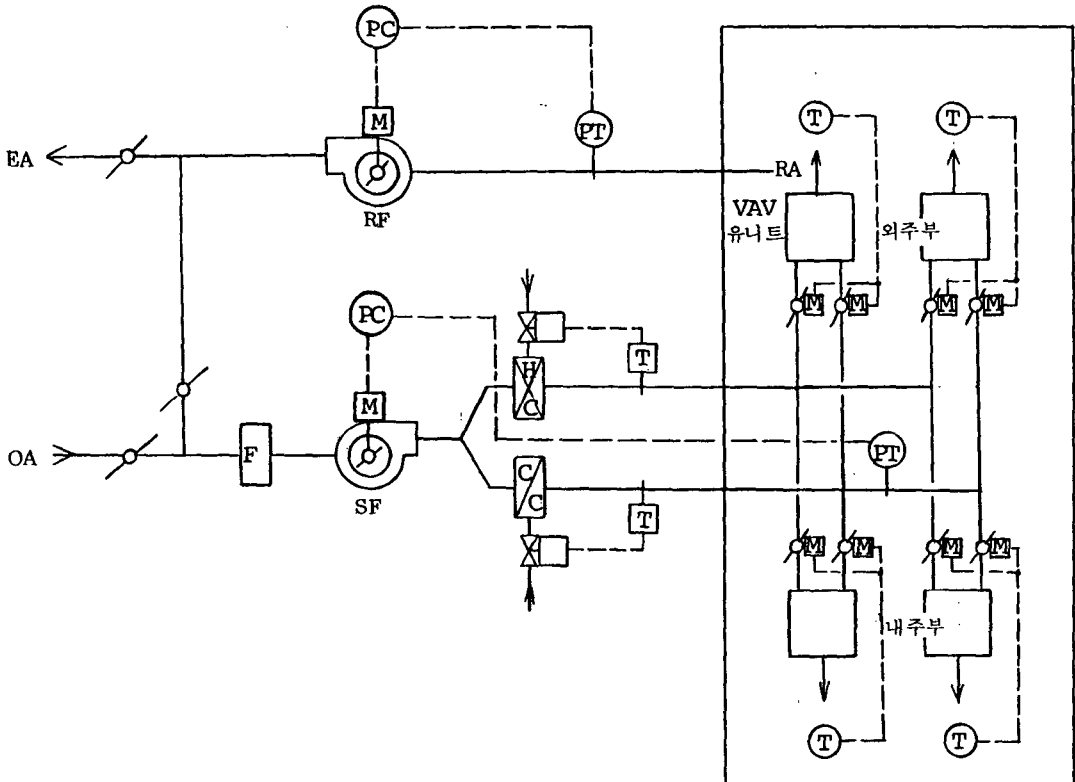


그림 18. 2층덕트 가변풍량

이 시스템은 (1)의 시스템에 유니트 자체 또는 유니트토출덕트에 온수코일이나 전열기를 넣은 것으로 외주부와 같은 부분적인 난방부하까지 담당하는 시스템이다.

(4) 단일덕트 가변풍량 인덕션재열(Single Duct Variable Volume Induction Re-heat) 시스템(그림 17)

이 시스템은 (2)의 시스템에 유니트 자체에 온수코일이나 전열기를 넣은 것으로 (3)시스템보다 적은 재열을 필요로 한다.

전열기는 저항이 적으므로 유니트의 토출측에 설치할 수 있으나 온수코일은 저항이 크므로 유니트의 입구측에 설치하여야 한다.

(5) 2중덕트 가변풍량(Dual Duct Variable Volume) 시스템(그림 18)

이 시스템은 일종의 재열시스템으로 냉방기에는 더운 환기 및 외기를 이용하고 난방기에는 난방코일로 공기를 가열한다. 외주부에 사용시 에너지낭비가 최소화되고 효율적이다.

1.4.2 VAV시스템 응용에

VAV 방식은 냉방용으로 개발된 방식으로 우리나라와 같이 동절기에 난방부하가 발생하는 곳에서는 방식의 채용에 신중을 기하여 다른 방식과 적당히 합쳐 사용하여야 한다. 기본적으로 우리나라 빌딩의 외주부는 동계에 열손실이 있으므로 독자적으로 처리할 필요가 있다.

또한 내주부는 동절기에 운전개시시 난방부하가 존재함을 주의하여야 한다. 실제 빌딩에 VAV 방식을 적용할 때는 빌딩 부하특성에 맞추어 각 방식을 조합하여 사용한다. 다음에 대표적인 VAV 방식의 응용예를 설명한다.

(1) 외주부 VAV 방식+내주부 VAV 방식

그림 19와 같은 방식으로 외주부는 빌딩 내·외 온도차에 의한 전도부하만을 담당하고 기타 일사부하, 인간, 조명 등 실내발생열부하는 모든 내주부로 취급하여 연간 냉풍을 공급하는 방식이다. 외주부에 VAV 방식을 채용하는 경우는 위에서 설명하는 (4)의 방식을 채용함이 유리하다.

(2) 외주부 개별유니트방식+내주부 VAV 방식

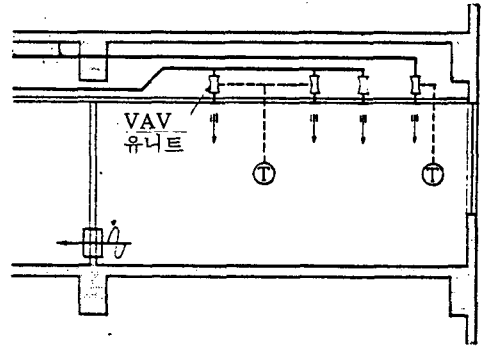


그림 19. 외주부 VAV 방식+내주부 VAV 방식

외주부의 부하변화가 하계 동계에 따라 큰 경우에는 그림 20과 같이 창측에 팬코일유니트나 인덕션유니트를 설치한다.

복층 존과 같이 냉방부하가 난방부하에 비하여 비교적 작고 1일중 부하변동이 거의 없는 경우에는 외주부에 방열기를 설치하여 외주부의 동계부하(벽체의 열손실)분을 담당하고 하계의 냉방부하는 모두 내주부 VAV 방식으로 담당하게 하는 방법도 있으며 설비비가 싸게 되어 경제적인 방법이다.

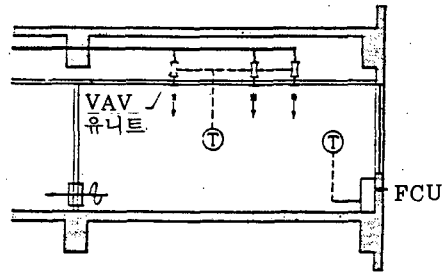


그림 20. 외주부 개별유니트방식+내주부 VAV 방식

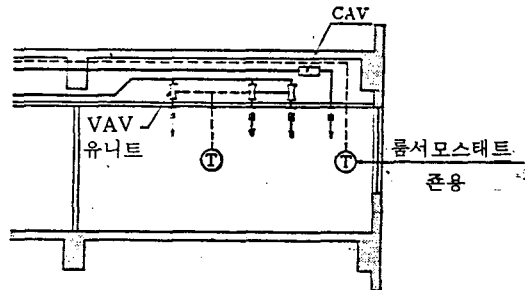


그림 21. 외주부 CAV 방식+내주부 VAV 방식

(3) 외주부 CAV 방식+내주부 VAV 방식

그림 21 과 같이 외주부는 존별 CAV 방식으로 하여 하계에는 냉풍, 동계에는 온풍을 공급하고 내주부는 VAV 방식으로 연간 냉풍을 공급한다.

(4) 동시부하율을 고려한 VAV 방식

난방부하에 비하여 냉방부하가 큰 경우에는 그림 22와 같이 1대의 공조기로 최대 냉방부하가 시각별로 다른 존을 1계통으로 한 예이다. 이 경우 동시부하율을 고려하여 공조기용량이 결정되므로 설비비가 저렴해 진다. 단지 난방부하에 대하여는 존 재열기 또는 유니트 내장재열기 등을 설치하는 편이 좋다.

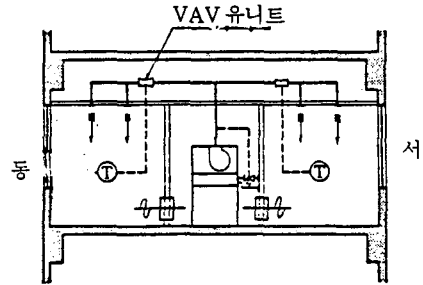


그림 22. 동시부하율을 고려한 VAV 방식