

에너지 절약 자동제어

Building Control Systems and Energy Conservation

최 홍 기*
Hong Ki Choe

1. 서 언

빌딩에는 그 본래의 목적을 달성하기 위하여 공기조화설비, 전기설비, 위생설비, 운송설비 등의 설비가 있어 쾌적하고 안전하며, 편리한 환경을 제공하여 준다. 그러나 이러한 설비를 운영하려면 당연히 에너지가 필요하다. 그래서 각 설비가 본래의 기능을 유지하면서 최소의 에너지를 사용하여 목적을 달성토록 하는 것이 에너지 절약이며, 그 방법으로는 기본적으로 다음 3가지 방법으로 집약된다.

- (1) 설비의 부하를 절감한다.
- (2) 건물내에서 에너지를 운반하는데 사용되는 에너지를 절감한다.
- (3) 설비의 효율을 높인다.

여기서는 에너지 소비의 주요부분을 점하는 공기조화설비의 에너지 절약 제어에 관하여 기술하여 보았다.

그림 1은 서울의 사무소 빌딩에서 연간 소비에너지의 각 설비별 구성비의 예이다.¹⁾

2. 공조설비와 사용에너지

공조설비에는 열원에 사용하는 석유 및 전력에너지외에 냉, 온수를 순환시키는 펌프, 냉, 온풍을 실내와 공조기 사이에 순환시키는 송, 배풍기 등에 전력 에너지가 사용된다.

이 관계를 그림 2에 표시하였다.

열원계에서는 부하변동에 따라 주기기(보일러, 냉동기동)의 입력은 변화하나 보조기기의 입력은 변화하지 않는 시스템이 많다. 부분 부하시에는 이 보조기기의 비중이 커져 전체통의 성적계수가 떨어진다. 이것을 방지하기 위하여는 냉동기를 복수대로 분할하여 부하에 따라 운전댓수를 변동시키는 댓수제어가 효과가 좋다. 물 운반계의 역할은 열원에서 발생한 열을 공조기까지 운반하는 것이다.

이를 위한 에너지는 냉, 온수 펌프에 투입된다. 적은 전력으로 많은 열을 운반하는 시스템이 좋은 운반시스템이다. 공기 운반계도 물 운반계와 같은 것이나, 물 운반계의 열운반 지수가 공기운반계 열운반지수보다 5-10배이다. 그러므로 공조기는 가능한 한 사무실 부근에 설치하고 열원과 공조기 사이는 물로 열을 운반하며 물의 급수와 환수 온도차를 크게하여 수량을 적게 하므로서 펌프 동력을 작게하여 운반계 전체의 에너지 절약을 도모한다.

3. 열원계통의 에너지절약 제어

공조설비의 부하는 0-100%까지 크게 변동한다. 이것은 타공업 플랜트와 비교하여 볼 때 제어상 큰 특징인 것이다. 이렇게 큰 부하

* 홍진엔지니어링

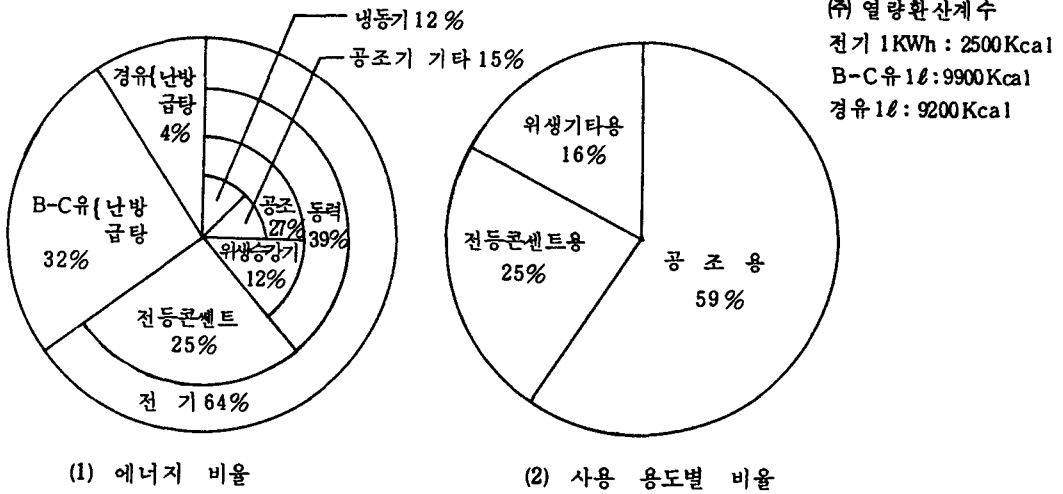


그림 1. 사무소 빌딩 에너지 구성비 (서울)

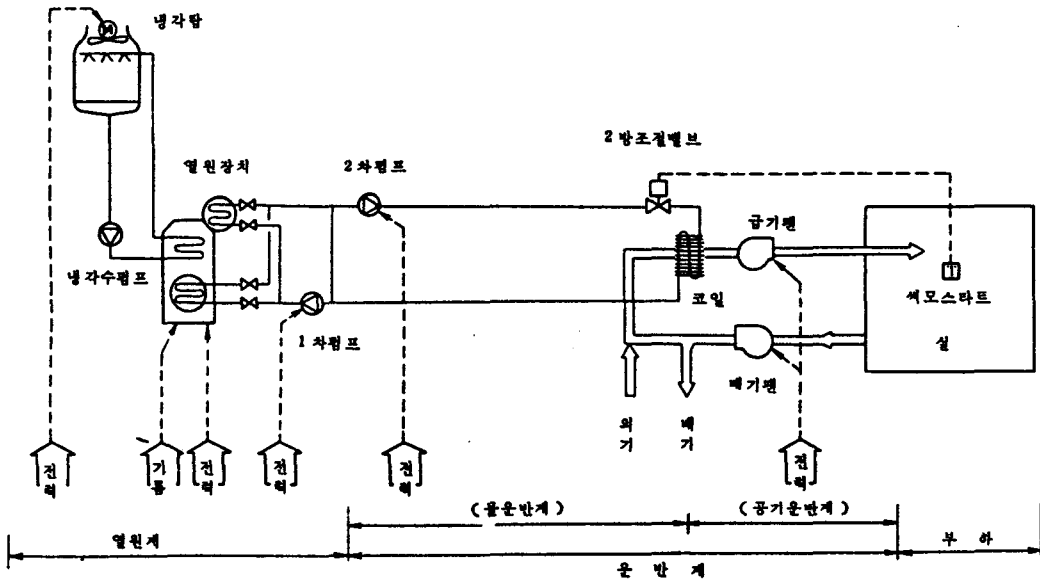


그림 2. 공조설비와 사용에너지

변동에 대응하기 위하여 공조 설비에는 자동 제어는 필수 불가결한 것이다. 또한 자동제어에 의하여 인원수를 줄이고 안정성이 높아지며 에너지를 절약할 수 있다.

열원기기의 설비용량의 그 성능 기준치는 최대부하를 기준으로 선정한다. 그러나 실제 운전은 최대부하에서가 아니고 대부분 시간은 부분 부하에서 운전한다.

그림 3 과 4 에 전형적인 공조부하 특성을 보여준다.

그림 3 은 난방 부하특성으로 난방시의 평균 부하율은 낮고, 저부하에서의 운전시간이 길다. 난방에서는 전등, 사무기기, 인원등의 발열(내부발열)이 부하를 줄이는 방향으로 움직이므로 내부 발열이 큰 경우에는 난방 부하율은 낮게 된다. 건물에 단열 시공이 잘된 경우에도

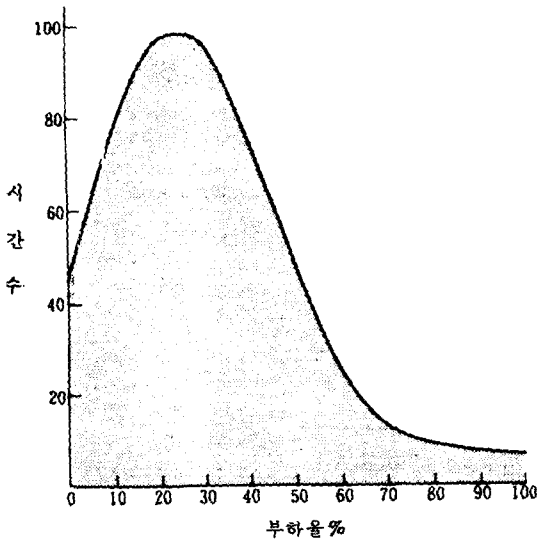


그림 3. 난방 부하특성

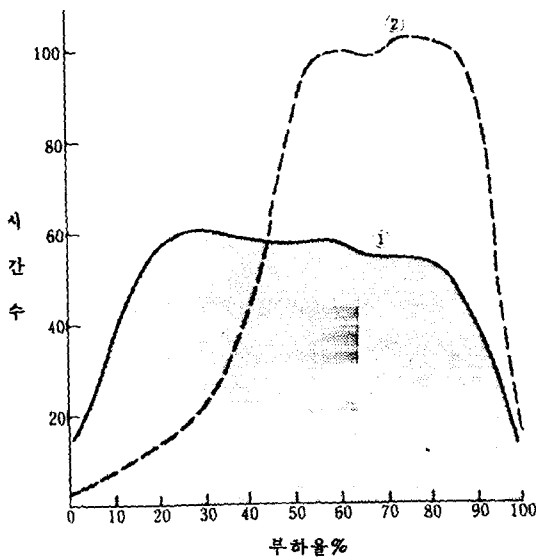


그림 4. 냉방 부하특성

난방부하가 낮게 되어 특성도의 산이 낮게된다. 또한 실온제어의 설정치를 낮추어도 마찬가지로 된다.

그림 4 ①은 냉방부하 특성이다.

냉방에서는 난방과 반대로 내부발열이 냉방 부하가 된다. 내부발열은 변동이 적으므로 고정적 부하가 되어 평균부하율은 난방때보다 높은 값이 된다.

전열교환기를 사용하여 외기부하를 경감하면 외기의 변동에 따른 영향이 적어지므로 부하분포의 모양도 달라지어 그림 4 ②와 같이 된다. 전열교환기를 사용하면 외기부하가 감소한 양만큼 최대부하가 작아지므로 장치능력도 그만큼 작아진다. 부하율은 높아지나 부하의 절대치는 낮아지는데 주의하여야 한다.

실온제어의 설정치를 높인 경우에도 분포도의 산은 낮은 방향으로 움직인다. 그림 3과 4에서 본 바와 마찬가지로 설비운전은 평균부하율 부근의 부하에서 효율적인 운전이 되는 것이 중요하다. 설비의 성능은 부분 부하시 성능이 좋은 것을 선정할 필요가 있다.

설비의 부분 부하특성은 특히 제어방식의 결정에 큰 영향을 준다. 예를 들면 부분 부하시 현저히 효율이 낮은 기기에서는 비례제어보다 ON-OFF (2위치) 운전하는 편이 평균 운전 효율이 높아져 에너지 절약이 이루어진다. 열원기기를 ON-OFF 하는 경우에는 그 영향이 부하측에 미치므로 그 영향을 무시해도 되는지를 검토할 필요가 있다.

3.1 냉동기의 부분 부하특성과 냉수 입구 온도제어

그림 5는 터보냉동기와 흡수식 냉동기의 부분 부하특성을 나타낸다. 터보냉동기는 부하율 60% 이하가 되면 COP가 크게 떨어진다. 용량제어 범위는 일반적으로 100-40% 범위이다. 흡수식 냉동기는 100-20% 정도의 부분

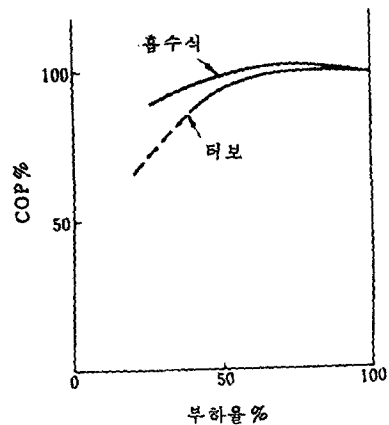


그림 5. 냉동기의 부분부하 특성

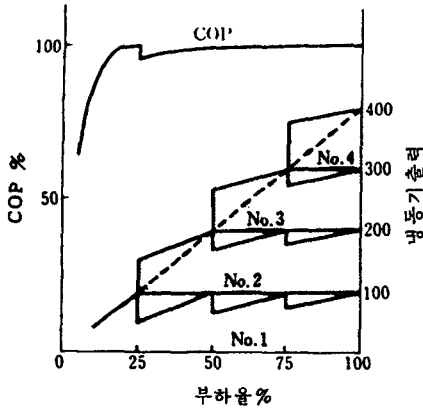


그림 6. 터보냉동기의 맺수제어

부하에서 성능은 거의 떨어지지 않는다. 부하변동에 대하여 흡수식 냉동기는 넓은 범위에서 용량제어를 하여도 좋으나 터보냉동기는 용량제어와 맺수제어를 조합하여 하는 것이 좋다. 그림 6은 맺수제어와 각 냉동기의 용량제어 관계를 표시한다.

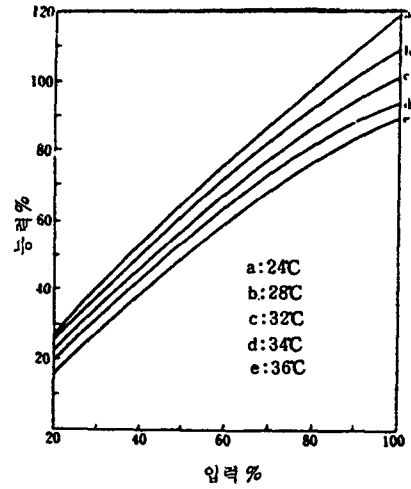
열원기기는 설계조건에서 선정되나 운전조건은 부하상태에 따르며, 꼭 설계조건에서 운전할 필요는 없다.

냉동기의 냉각수 온도의 설계온도는 통상 32℃이다. 이 온도는 냉각수 입구온도가 32℃가 되어도 설계능력을 낼 수 있어야 한다는 의미로 32℃로 제어되어야 한다는 의미는 아니다. 냉각탑 팬을 정지하는 온도나 바이패스 밸브제어 온도는 냉동기가 허용하는 온도보다 낮은 온도가 더 좋다. 냉동기는 냉각수 온도를 낮추면 COP가 개선되어 같은 용량을 내는데 필요한 입력이 적어진다.

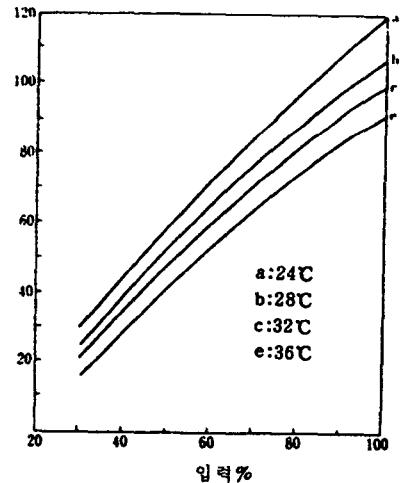
그림 7(1)은 냉각수 온도에 따라 냉동기 입력과 출력이 어떻게 변하는가를 나타낸다. 냉수 출구 온도에서도 마찬가지로이다. 냉수 출구 온도를 높이면 냉동기의 COP가 개선된다. 그림 7(2)는 냉수 온도에 따라 냉동기 입력과 출력 관계가 어떻게 변하는지를 나타낸다.

냉수 출구온도는 부하측의 요구조건에 따라 결정되므로 부하측이 부분 부하시에 몇도의 냉수를 필요로 하는지를 알아야 한다.

그림 8은 냉동기 입구 온도제어의 예이다.



(1) 2중 효용흡수식 냉동기
조건 - 냉각수 온도: 가변
- 냉수출구 온도: 7도씨

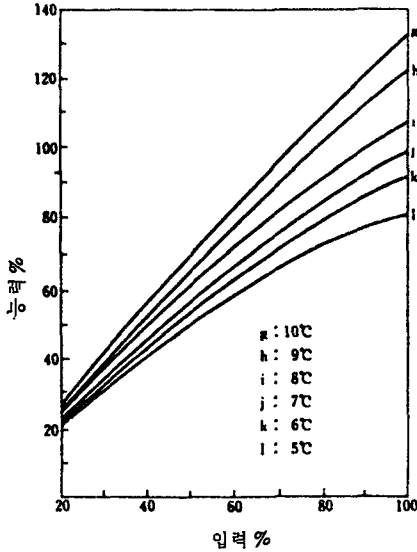


(2) 터보냉동기
조건 - 냉각수 온도: 가변
냉수출구 온도: 5도씨

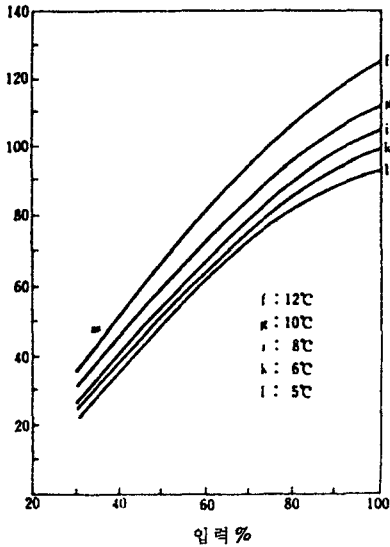
그림 7(1) 냉각수 온도변화에 의한 냉동기의 특성변화

냉동기는 냉수 출구온도에 의하여 용량제어 하는 것이 보통이나 경부하시에는 냉수 입구 온도가 떨어져 냉수 평균온도가 낮아지므로 성적계수가 낮아진다. 냉수 입구온도를 일정하게 제어하므로써 경부하시 냉수 출구 온도를 상승시키는 것이 가능하며 성적계수가 좋

아진다. 이 제어에서는 부하 유량이 변화하여 피드백 시간이 변하므로 안정시키기가 어렵다. 제어동작은 비례 + 적분 (P+I) 제어를 사용한다.



(1) 2중 효율흡수식 냉동기
조건 - 냉수출구온도: 가변
냉각수입구온도: 32 도씨



(2) 터보냉동기
조건: 냉수출구온도: 가변
냉각수입구온도: 32 도씨

그림 7 (2) 냉수 온도변화에 의한 냉동기의 특성변화

그림 8의 제어방식에서는 냉동기의 냉수 출구 온도가 부하에 따라 변화한다. 이 변화폭은 설계 냉수 온도차 이내이다. 부하와 냉수 온도와의 관계는 그림 9와 같다.

그림 10은 냉동기를 2대 병렬 설치할 때의 가장 예이다. 이때에는 셋수제어에 의하여 부하가 1대의 냉동기 용량 이하일 때는 1대를 정지한다. 냉동기는 냉수출구 온도에 의하여 용량제어하나 그 설정온도는 부하열량에 따라 스케줄제어한다. 냉수 출구온도와 부하열량과의 관계를 스케줄제어의 스케줄을 변동시킴으로서 임의로 결정할 수 있다.

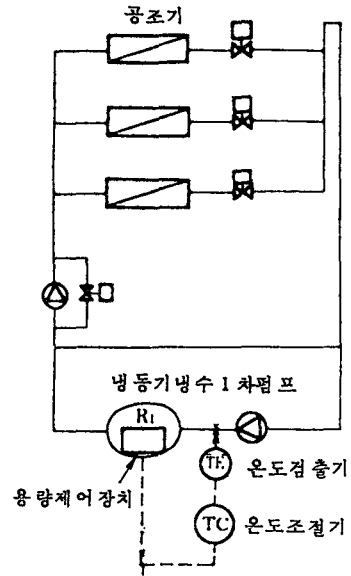


그림 8. 냉수 입구 온도제어도

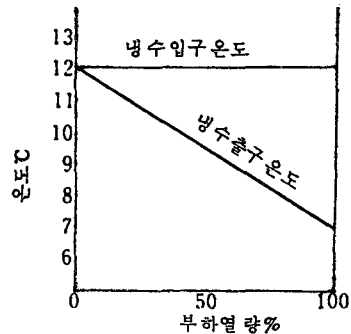


그림 9. 냉수 입구 온도제어

그림 11에는 스케줄의 예를 표시한다.

그림 10과 같이 냉동기 댓수제어를 할 때에도 그림 8과 같이 입구 온도제어를 하면 부하열량과 냉수 온도와와의 관계는 그림 12와 같이 되어 1대 운전때의 냉수 출구온도가 그림 9의 경우보다도 낮게된다. 냉동기 댓수가 많으면 그 영향도 커지므로 댓수제어와 조합하여 냉수 온도제어를 할 때는 부하열량에 의한 스케줄 제어를 함이 좋다. 부하열량을 계측하기 곤란한 경우에는 냉동기 용량제어의 조작량이나 외기조건에 의하여 스케줄 제어를 해도 효과 있다.

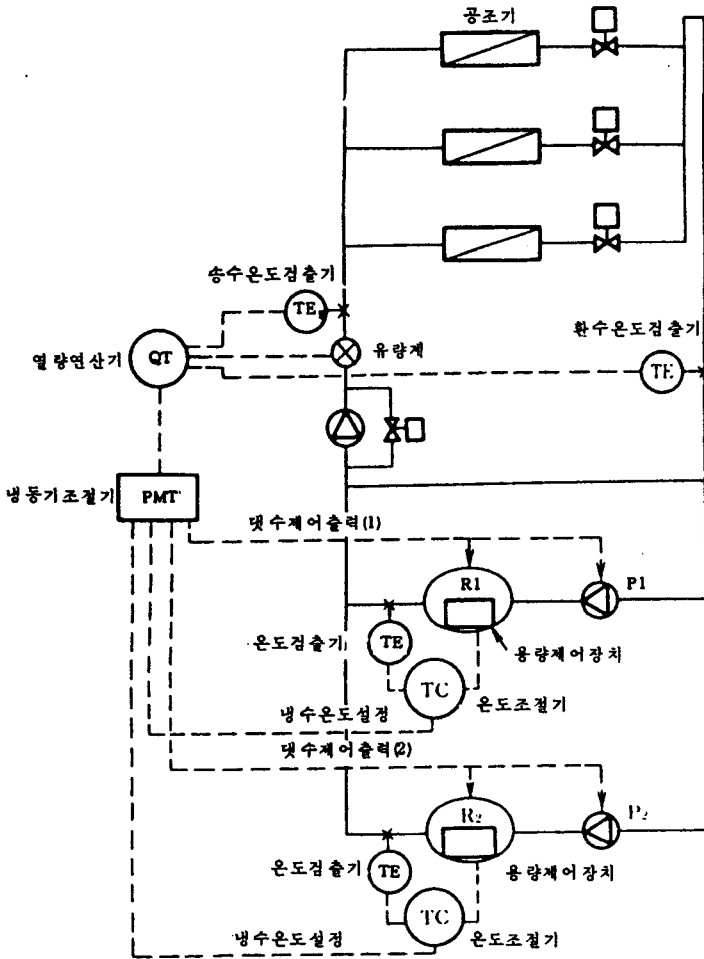


그림 10. 냉동기 댓수제어와 냉수 온도제어와의 조합

3.2 냉동기 냉수 유량제어

냉동기는 용량제어에 의하여 부분 부하시에 입력을 줄이는 것이 가능하나, 보조기기는 입력이 감소하지 않는다. 냉동기가 스스로 운전할 때에 냉수량도 감소시키는 것이 가능하다면 냉수펌프의 회전수 제어를 하여 펌프동력을 수량의 3승에 비례하게 감소시키는 것이 가능하다.

냉동기는 설계부하시에는 냉수량도 설계치

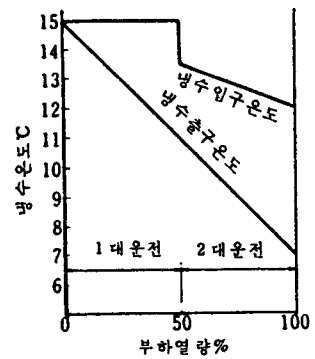


그림 11. 냉수출구온도 스케줄

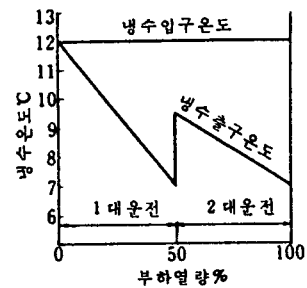


그림 12. 냉수입구 온도제어와 댓수제어를 조합할때

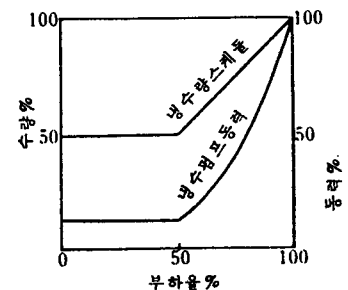


그림 13. 냉수량 가변제어

가 될 필요가 있으나 부분 부하시에는 설계 수량이 될 필요가 없다. 그림 13에 그 예를 표시한다.

냉동기는 냉수량을 급격히 감소시키면 동결의 위험이 발생한다. 그러므로 냉수량을 감소시킬 때 변화율은 매분 5% 이내로 제한한다.

냉수량은 냉동기가 용량 증가하기 이전에 증가하여야 한다. 즉, 냉수량 제어는 냉동기 용량제어와 인터로그 관계가 있으므로 냉수량제어와 냉동기 용량제어는 한 제어계로 제어해야 한다.

3.3 펌프의 댓수제어

그림 14는 동일 특성펌프를 병렬 운전시 운전 곡선을 보인다. 병렬 운전곡선은 각각의 양정에 대한 토출량 Q 를 가산한다. 관로저항 R 과의 교점이 운전상태이다.

이렇게 병렬운전할 때 펌프댓수를 바꾸는 방법은 유량검출에 의한 방법과 압력검출에 의한 방법이 있다. 펌프 특성이 평탄하게 되면 유량변화에 대한 압력변화폭이 작으므로 압력검출에 의한 방법은 곤란하고 유량검출에 의한 방법이 바람직하다.

그림 15는 펌프가 3대일때의 운전곡선을 표시하며 그 계장도는 그림 16이다. 3대의 펌프중 1대가 운전하여 관로저항이 R_1 이 되니 유량이 늘어 A' 점이 되면 유량은

$$1/3Q + \Delta q$$

가 되어 2대째의 펌프가 기동한다. 마찬가지로

$$\frac{2}{3}Q + \Delta q$$

에서 3대째가 기동한다.

3대가 운전하여 관로저항이 R_3 가 되면 B'' 점이 되어 유량이 $\frac{2}{3}Q - \Delta q$ 가 되어 3대째의 펌프를 정지한다. 마찬가지로 A'' 점에서 유량은

$$\frac{1}{3}Q - \Delta q$$

에서 또 1대가 정지한다.

이와같이 절환에는 Δq 의 디퍼렌셜을 이용하여 안정성을 확보한다. 이 Δq 가 과소하면

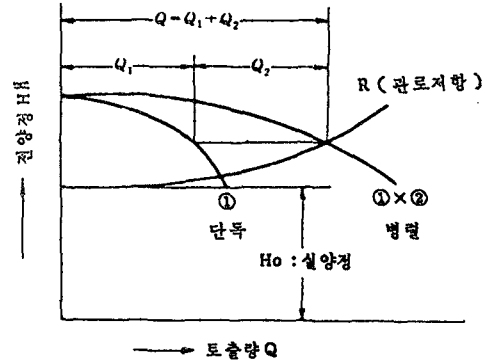


그림 14. 동일특성 펌프의 병렬운전

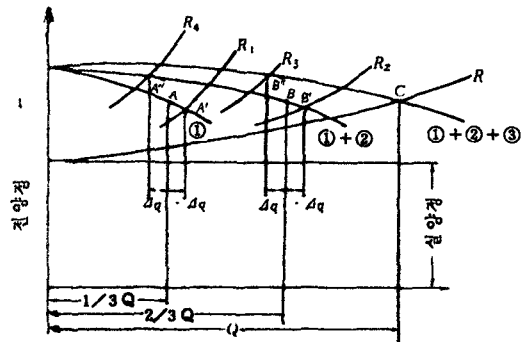


그림 15. 유량에 의한 펌프댓수의 전환

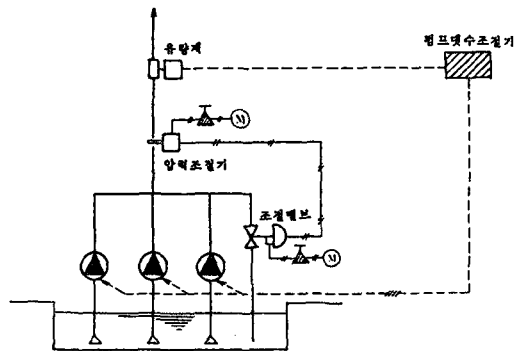


그림 16. 유량에 의한 펌프댓수제어 계장예

현상현상이 발생한다. 이 절환에는 Δq 이외에도 타이밍을 설정하여 안정된 운전을 도모한다.

여기에 사용하는 유량계는 측정범위가 넓고 직관 부분이 비교적 짧아도 되며, 정도가 좋고 메인テナンス성이 좋아야 하는 이유등으로 전자유량계가 가장 적합하다.

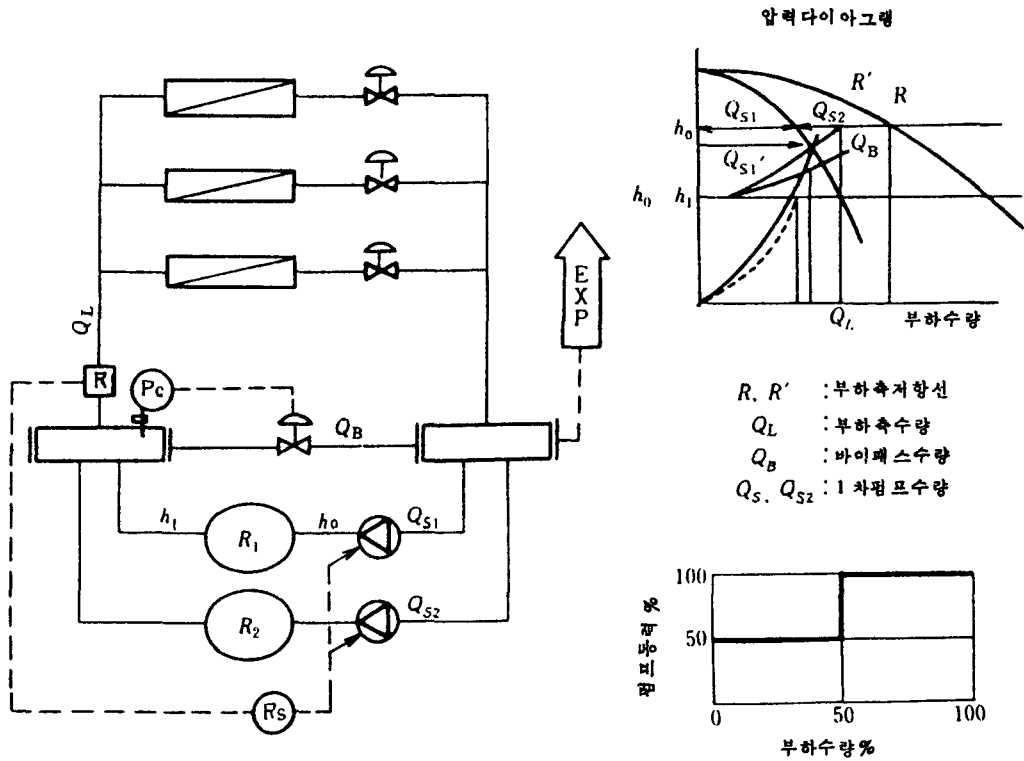


그림 17. 1차 펌프 부하측 변유량 방식

4. 물 운반계통의 에너지절약 제어

그림 17은 크로스계 1차 펌프 부하측 변유량방식의 제어예와 압력 다이어그램이다. 이 방식은 부하측 저항이 비교적 작은 경우에는 많이 채용되는 방식이다.

환수 헤더에 설치한 압력조절기로 바이패스 밸브를 제어하여 냉수량을 확보하는 한편 부하측의 차압을 유지하는 방식이다. 부하측의 수량이 증가하면 바이패스 밸브가 닫힌다. 이 상태에서 2대체를 투입하면 운전중인 냉수펌프의 토출량이 일시적으로 감소한다. 바이패스 밸브가 안정상태로 되면 원래의 유량으로 된다

이 과도상태에서 냉동기의 단수 보호장치가 작동하지 않을 가를 검토하여 둔다. 작동할 위험이 있을 때는 기동전에 바이패스 밸브가 완전히 열리도록 제어회로를 꾸민다.

이때 펌프는 정격이상의 수량이 되므로 전동기정격에 여유가 있어야 한다.

냉수 펌프의 양정은 냉동기 주변과 부하측 저항을 합한 것이므로 부하측 저항이 클때는 고양정이 되며, 더우기 펌프는 정유량 운전이므로 부하변동에 대하여 펌프동력은 단계적으로 밖에 절감되지 않는다. 이때는 그림 18과 같이 1차, 2차 펌프방식이 에너지 절약 운전 에 적합하다. 그림 18은 많이 이용하는 방식으로 1차측과 2차측이 독립적으로 운전가능하므로 그림 17과 같은 1차펌프 증감시의 수량변화를 고려할 필요가 없다. 그림 18의 2차 펌프 바이패스밸브는 펌프보호가 목적이므로 필요 최소크기로 선정한다. 통상 1대 펌프 정격의 20%로 한다.

경부하시에 2차 펌프의 토출압력이 상승하나 공조기 조절밸브가 이퀄퍼센테지 특성의 2방밸브면 유효특성에는 거의 영향이 없다. 팬코일에서는 과대수량의 원인이 되므로 팬코일 계의 단말에 차압제어를 함이 바람직하다. 그림 18일때 에너지 절약효과는 부하수량의 감

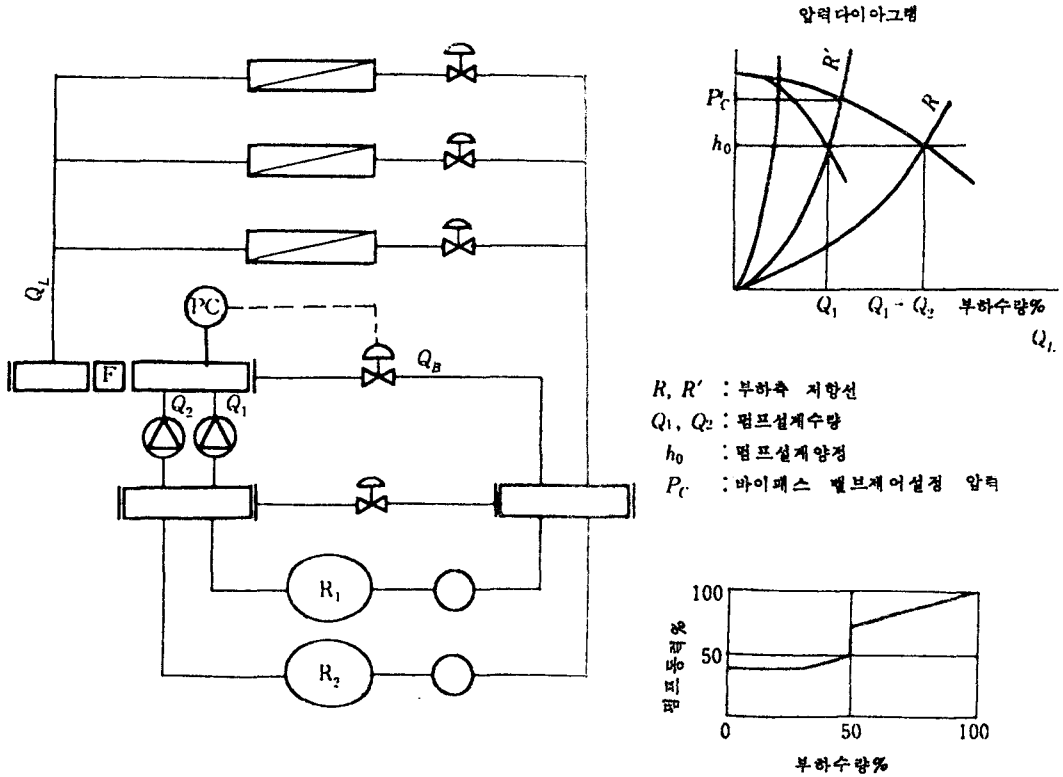


그림 18. 2차 펌프부하측 변유량 방식

소에 따라서 2차 펌프동력도 감소한다. 펌프의 효율도 감소하므로 동력은 부하수량에 비례하며 감소하지는 않는다.

부하수량과 동력의 관계는

$$\frac{E_i}{E_o} \cong 0.6 \frac{Q_i}{Q_o} + 0.4 \text{ 정도이다.}$$

E_i = 부하수량 (Q_i) 시의 펌프동력

E_o = 설계수량 (Q_o) 시의 펌프동력

Q_i = 부하수량

Q_o = 설계수량

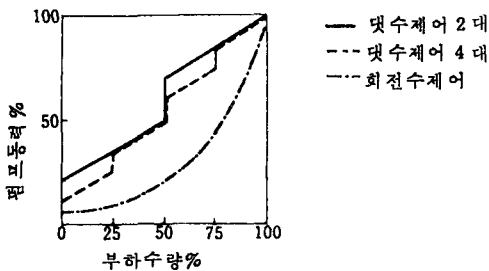


그림 19. 제어방식과 동력변화

댛수제어에 의한 부하와 동력의 관계는 그림 19와 같다. 2차 펌프에 가변속 펌프를 채용한 예를 그림 20에 보인다. 부하측의 관로 저항은 수량의 2승에 비례하므로 펌프에서 요구하는 양정도 부하수량에 따라 크게 변화한다.

그 관계는

$$H = A Q^2 + C \text{가 된다.}$$

H : 양정 A : 관로저항 계수 Q : 유량

C : 말단 보증차압

펌프동력은 양정과 유량의 제곱에 비례한다. 크로스게에서는 일반적으로 $A Q_o^2 > C$ 이므로 $P/P_o = (Q/Q_o)^3$ 가 된다.

P : 동력 P_o : 동력(설계치)

Q_o : 유량(설계치)

고로 펌프 동력은 부하수량의 감소시에 현저하게 줄일 수 있다. 펌프의 에너지 절약을 이상적으로 실현하는 방법이다.

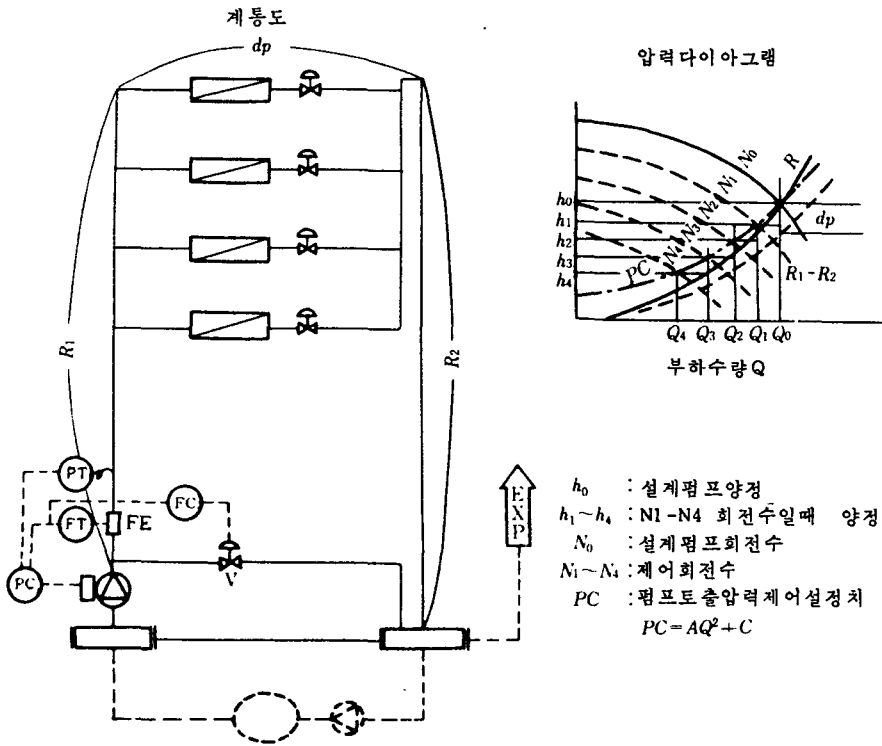


그림 20. 2차 펌프로 가변속 펌프를 채용한 예

5. 공기 운반계통의 에너지절약 제어

공기 운반계의 동력은 송풍기와 환풍기이다. 급기량은 공조기에서 열교환한 열을 실내에 운반하는데 필요한 공기량으로 결정되는 경우가 많다. 이외에 실부위에 따른 온도차가 적게 되도록 공조기 필터가 실내에서 오염된 공기를 충분히 여과하도록 외기를 실내에 공급하려 하는 등의 목적에 따라 각각 필요 환기량이 있다.

이러한 목적중 열을 운반하는데 필요한 풍량이 가장 크게 된다. 운반되는 열량은 온도차와 풍량 및 비열의 곱이므로 부하열량이 감소한 때는 온도차를 줄이던가 풍량을 줄이던가 또는 양측을 동시에 줄이던가가 방법이 된다.

온도차 가변으로 풍량일정 방식은 정풍량 방식이라 한다. 이에 대하여 풍량을 변화시키는 방법은 가변풍량방식이라 한다. 정풍량 방식은 부하에 관계없이 풍량은 설계풍량이므로 팬 동력은 항상 설계치에서 운전한다. 한편 가변

풍량방식은 부하에 따라 풍량이 변하므로 부하에 따라서 팬 동력도 증감한다.

송풍량을 가장 적게 제어하는에는 온도차를 일정하게 하고 풍량에 의하여 온도제어 하는 것이 좋다. 단지 필요풍량은 온도만으로 결정되는 것이 아니므로 여과에 필요한 공기량, 실내온도 분포에 필요한 토출량등을 확보하여야 한다. 즉, 최소풍량을 확보해야 한다. 최소 풍량이하의 부하시에는 풍량은 최소 풍량으로 하고 온도차를 작게하여 제어한다.

그림 21은 가변 풍량방식의 제어 예이다. 풍량과 팬동력관계는 팬의 풍량제어 방식에 따라 아주 다르다. 그림 22는 방식별 풍량과 동력의 관계이다.

가변 풍량방식에서는 급기 풍량과 환기 풍량이 항상 밸런스를 유지하는 것이 중요하다. 급, 배기 풍량차는 실내 정압을 상승 또는 하강시켜 외기의 흡입, 실내공기의 방출에 의하여 부하의 증대를 초래한다. 특히 외기와 직

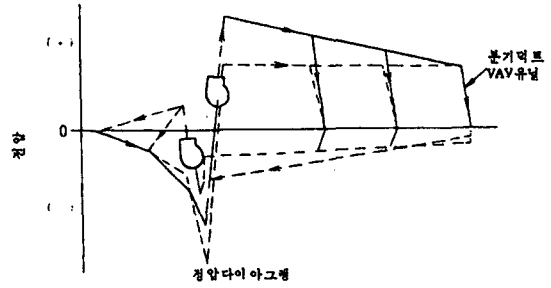
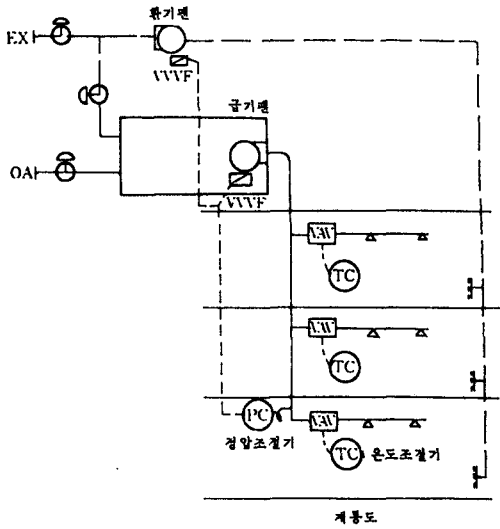


그림 21. 가변 풍량시스템

집 당는 출입구가 있는 층에서는 에어밸런스를 확보하는 것이 아주 중요하다.

6. 엔탈피 제어

일반적으로 외기부하는 전공조부하의 30-50%에 달하므로 외기부하를 줄이는 것이 에너지 절약방법으로 효과가 크다.

그림 23은 외기의 이용도이다.

[존 A]

이 존은 냉방부하로 실내의 엔탈피보다 외기의 엔탈피가 높은 한여름의 냉방계절이다. 이 존에서는 외기 도입량을 가능한 한 적게하므로써 냉동기 부하를 줄여 에너지 절약을 이룬다. 따라서 이 존에서는 탄산가스 농도에 의한 최소 외기 취입제어가 효과가 있다.

(설정 : 1000 PPM 이하)

[존 B]

이 존은 냉방부하 영역이지만 실내 공기의 엔탈피보다 외기 엔탈피쪽이 낮을때이다. 이 존에서는 최대 외기량을 도입한다.

[존 C]

이존의 상태는 충분히 낮은 온도의 외기와 실내로부터의 환기의 일부분을 혼합하여 취출 온도를 구할 수 있다. 이 영역에서는 열원을 별도로 구하지 않고도 냉방이 가능하다. 그러

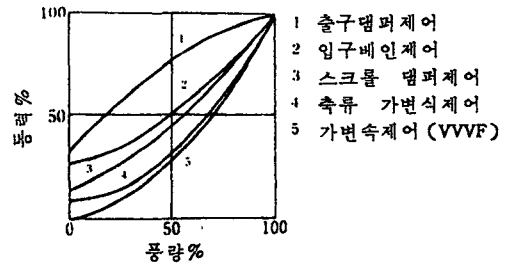


그림 22. 팬 제어방식과 동력변화

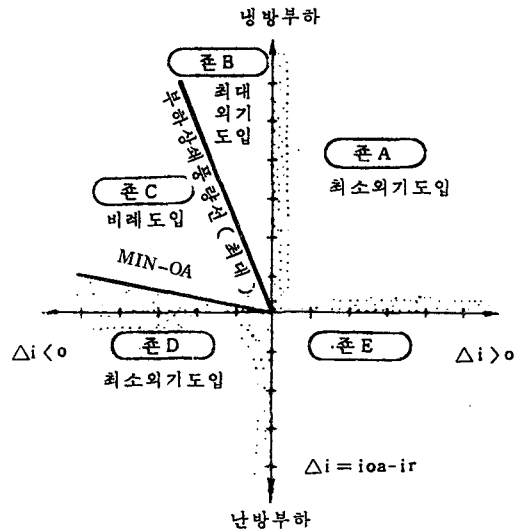


그림 23. 외기의 이용

나 정부하시 실내 상대습도가 높아지는 것은 어쩔수 없다.

[존 D]

이 존은 난방 영역으로 외기는 최소량을 도입하여 가열 열원을 줄일 수 있다. 이 존에서도 실내 공기의 탄산가스 농도에 의한 외기 취입 제어가 효과가 있다.

[존 E]

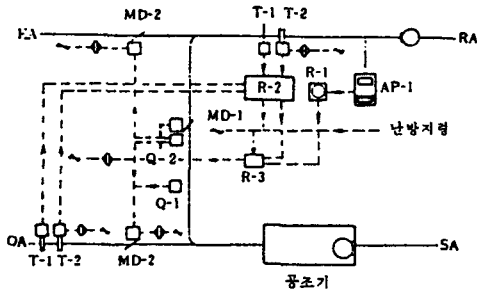
이 존은 난방부하 상태로 실내공기의 엔탈피보다 외기 엔탈피가 높은 영역이다. 이 영역의 발생빈도는 많지 않으나 외기는 가능한 한 취입하는 편이 이익이 된다.

그림 24는 엔탈피와 탄산가스 농도에 의한 계장 예이다.

그림 25는 엔탈피 제어 예이다.

7. 컴퓨터에 의한 에너지절약 제어

마이크로 컴퓨터의 발달과 보급에 따라 빌딩 제어분야에도 급속하게 마이크로컴퓨터가 응용되게 되었다. 컴퓨터의 최대 특징은 데이



기 호	명 칭
T - 1	측은 저항체
T - 2	노점 온도 발신기
AP - 1	CO2 농도 발신기
R - 1	CO2 지시조절계
R - 2	엔탈피 조절계
R - 3	릴레이
Q - 1	개도설정기
MD - 1, 2	덤퍼모타
Q - 2	보조 포텐쇼미터

그림 24. 엔탈피와 탄산가스 농도에 의한 복합 계장 예

타를 기억하는 것이다. 따라서 종래 애널로그 방식에서는 되지 않던 제어가 가능하게 되었으며 이러한 디지털제어가 최신의 빌딩제어에 많이 응용되어 널리 이용할 수 있게 되었으며 다음의 에너지 절약제어가 가능하게 되었다.

7.1 절전운전 제어

절전운전 프로그램은 전력을 소비하는 기기를 주기적으로 ON - OFF시켜 전력 소비량을 줄이는 방법이다.

공조장치는 건물환경을 유지하기 위하여 최대부하에 맞추어 용량을 결정한다. 그러나 이런 최대부하는 1년중 1-5% 정도에 불과하므로 극단적으로 말하면 년중 1-5% 이외에는 공조장치를 적당히 정지시켜도 환경유지에는 충분하다고 할 수 있다.

이 절전운전제어를 적용할 수 있는 송·배풍기나 펌프등이다.

이 제어가 모든 장치에 다 적용할 수 있는 것은 아니다. 즉 장치특성상 또는 사용조건상 적용할 수 없는 장치도 있으므로 사용조건등을 잘 연구하여 실시하여야 한다.

절전운전의 가장 기본적 방법은 인간이 수동스위치로 장치를 ON - OFF 하는 것이다. 그러나 수동방법은 운전자가 많이 필요하고 또한 항상 운전에 주의해야 하는 결점이 있다. 부주의한 운전은 장치를 파괴하게 된다.

다음의 방법이 프로그램 타이머에 의한 고정절전사이클 운전이다.

이 방법은 인간에 의한 방법보다는 훨씬 신뢰성이 있으나 미리 설정한 스케줄외에는 동

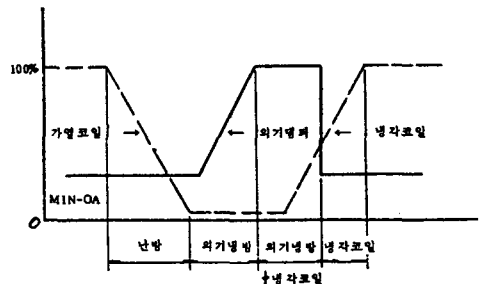


그림 25. 엔탈피 제어 예

작하지 않는다. 실내온도의 변화에 맞게하는 능력은 없으므로 부하가 경감되어도 정지시간이 길게하는 것은 되지 않는다.

결과적으로 에너지 절약효과가 작다. 적절하게 사용하지 않으면 즉, 전동기의 발정사이클에 맞지 않으면 전동기 몸체의 온도가 상승하여 파손된다.

또 한가지 결점은 건물의 서로 다른 부위의 부하요구에 맞출 수 없다는 것이다. 타이머는 이러한 동작을 조정하는 능력이 없으므로 고정식절전 사이클에서는 동시에 많은 기기가 동작하게 되어 그 결과 서지전류에 의하여 피크 전력량이 증대한다.

가장 바람직한 프로그램은 외기온도와 실내온도를 입력으로 이 변화에 적합한 제어를 하는 것으로 온도보상형 절전운전제어라 한다. 이 제어는 1 주기의 부하정지시간은 고정되어 아니고 변화한다. 그 결과 공조시스템은 건물요구에 맞추어 동작한다. 냉방에서나 난방에서나 많은 운전이 요구되면 정지시간은 짧게 되고 실내온도가 요구되는 값이 되면 정지시간이 길어져 에너지 절약운전한다.

그림 26은 부하의 경중에 의한 ON-OFF 시간의 변화를 표시한다. ON-OFF 사이클링 인터벌시간은 최단 및 최장 OFF 시간이 미리 정해져야 한다. 인터벌시간의 길이는 건물공간의 크기나 그 대상기기의 용량에 맞추어 정해진다. 앞에서 설명한 바와 마찬가지로 전동기의 고장을 막을수 있는 최소 OFF 시간을 결정하여야 한다. 이 전동기나 기기는 제조회사의 자료를 충분히 검토하여 결정함이 바람직하다. 최대 OFF 시간은 최대의 에너지절약

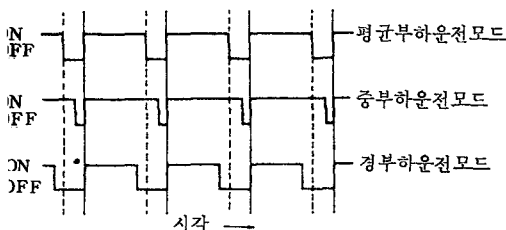


그림 26. 온도보상 제어형 절전 사이클

효과를 얻는 동시에 쾌적성을 손상시키지 않게 선정하여야 한다.

그림 27 과 28 은 냉방시와 난방시 온도보상 제어의 연산방법에이다.

여기에서 설명하는 절전프로그램은 전체적으로 건물의 부하를 평탄하게 할 수 있도록 OFF 시간을 배분하여 고정절전 사이클의 결점을 피할 수 있다.

이러한 부하사이클링의 배분을 그림 29와 같으며 부하의 편중을 감소시키며 에너지 절약을 도모하고 실내온도 조건을 평탄하게 할 수 있다.

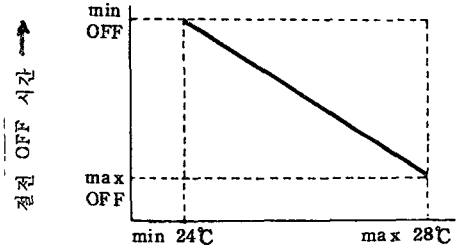


그림 27. 냉방용 연산예

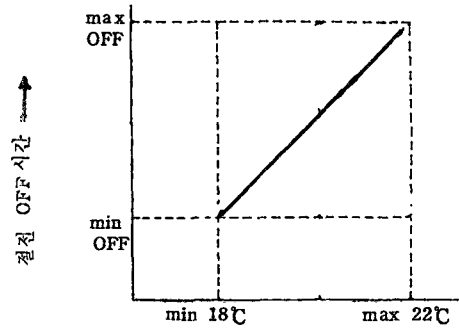


그림 28. 난방용 연산예

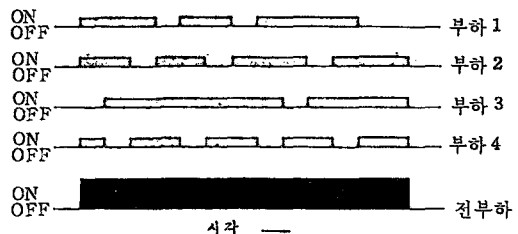


그림 29. 부하의 평탄

7.2 최적기동 정지제어

종래공조장치를 기동, 정지하는 방법으로는 매일 같은 시각에 시계를 이용하여 하였다. 그러나 만약 실내온도와 외기온도가 근접하여 쾌감대에 있을 때에는 공조기를 빨리 기동하므로써 많은 에너지를 낭비하게 된다. 마찬가지로 시계에 의한 발정시각 운전방법에서는 실사용완료시까지 공조기를 운전하였다.

이 방법으로는 미리 정지시켜도 실내환경을 손상시키지 않고 에너지를 절약할 수 있는 것을 이용할 수 없었다. 건물은 짧은 시간동안이면 공조기를 정지시켜도 실내환경을 손상하지 않을 열용량을 보유한다.

최적기동제어는 이러한 문제를 해결하는 제어로 그림 30에 개념을 보여준다. 최적기동제어는 기동시 가능한한 실사용시간에 가까운시간 즉, 짧은 시간에 운전하고 정지시에는 필요실내환경을 유지하는 한도내에서 가능한한 빨리 정지시키므로 에너지를 절약하는 방법이다. 그림 31은 난방운전시의 최적기동시간을 표시한다.

최적기동시간은 외기온도, 실내온도, 설계조건, 공조기나 건물의 특성을 고려하여 계산된다. 최적정지 제어는 기동과 달리 주의를 기울여야 한다.

실내환경은 온도뿐 아니라 환기, 탄산가스농도, 먼지등과 관련되므로 신중히 생각해야 한다. 즉, 조절밸브는 계산된 시간에 완전히 닫혀도 송·배풍기는 실사용시간 중에는 계속하여 운전할 필요가 있는 경우도 있다.

7.3 전력디맨드 제어

전력디맨드제어는 사용전력이 계약전력 (또는 목표전력)을 초과하지 않도록 예측 판단하여 전력부하를 우선순위에 따라 미리 차단함으로써 계약전력(또는 목표전력)초과를 방지하는 것이다.

전력디맨드는 그림 32에서 보는 바와 같이 어느 인터벌에 걸리는 평균수요량이다. 인터벌은 통상 30분이다.

전력량을 측정하는 인터벌은 일정시간을 미리 정하는 방법도 있으나 보다 정확한 예측을 하는데는 푸로어팅인터벌 방법이 바람직하다.

그림 33에 그 측정인터벌을 도시하였다. 그림에서 보는 바와 같이 최대치가 다른 것을 알 수 있다.

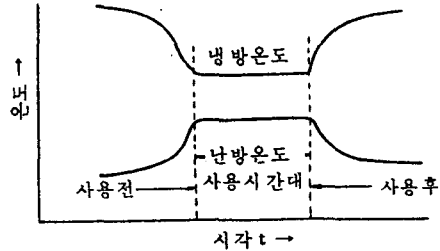


그림 30. 최적기동 정지운전

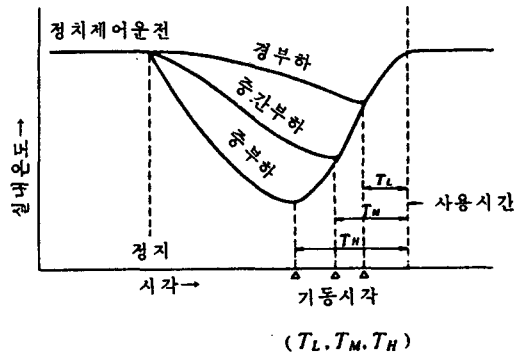


그림 31. 난방시 최적기동시간

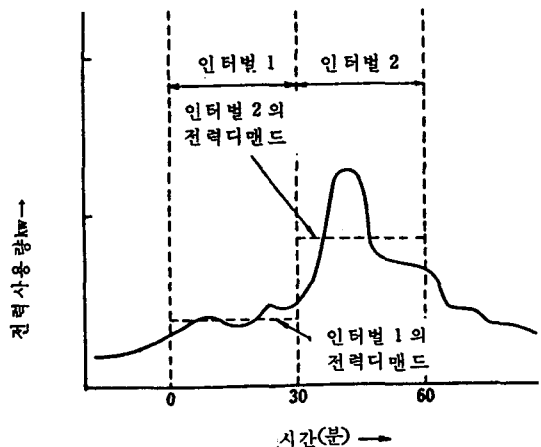


그림 32. 전력디맨드

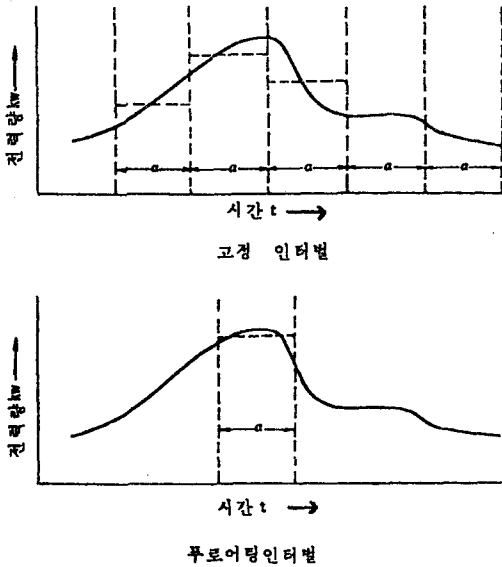


그림 33. 측정 인터벌

부하의 분류 즉 차단하는 순위는 다음과 같다.
 (1) 경부하 : 건물의 운전상 중요도가 가장 낮은 부하 필요에 따라 ON-OFF를 자유로 할 수 있는 부하
 (2) 중간부하 : 절전운전의 대상이 되는 일반 사무실 대상의 공기조화등과 같은 부하
 (3) 중요부하 : 건물을 운전하는데 대단히 중요한 장치로 거의 정지시킬 수 없는 부하
 이상 설명한 절전운전제어, 최적기동정지제어 및 전력디맨드 제어는 대상이 되는 설비 동력이 서로 중복되는 경우가 많아 제어상 제약조건등에 관하여 각 제어간에 협조가 필요하다. 그리하여 이것들을 일군의 제어로 간주하여야 할 필요가 있을 때도 있다. 이러한 관계를 그림 34에 표시하였다.

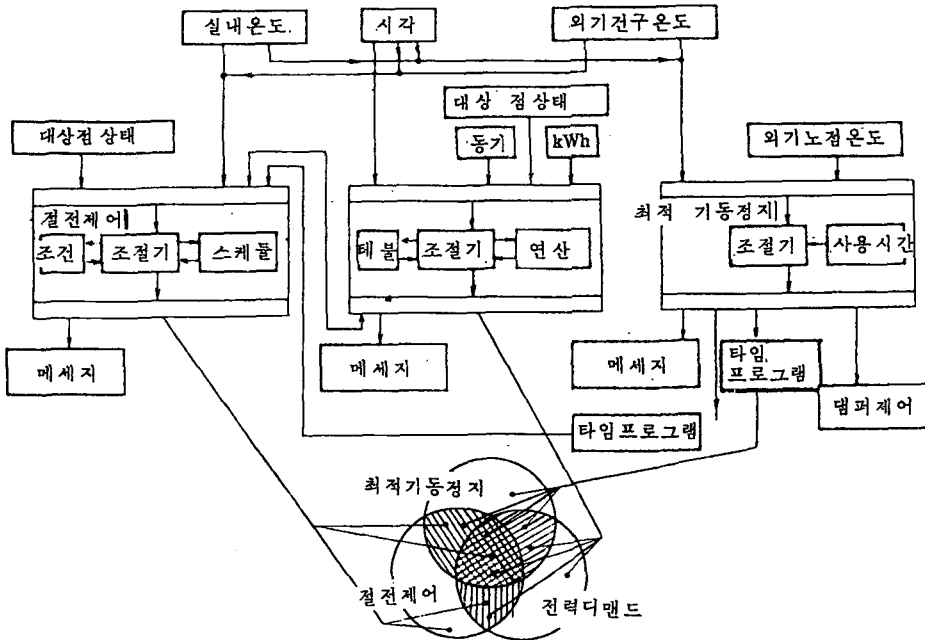


그림 34. 각제어 상호관계

참 고 문 헌

1. 홍봉재 : 사무소용건물의 에너지소비실태 관한 분석 연구, 한양대학교 대학원 1984. 12.
2. 今井一郎 / 狩野一男 : 省 ENERGY를 위한 建築設備의 自動制御入門, 技術書院, 1984. 8.