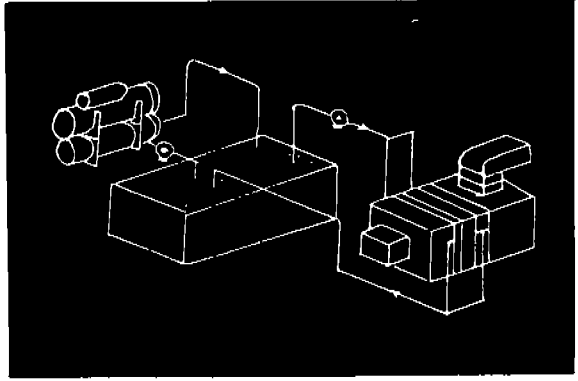


冷暖房을 위한 蓄熱技術



심야전력을 이용한 축냉난방기술은 미국, 일본, 폴란드 등 기술선진국에서 상당기간 보급이 진행되고 있는 보편화된 기술이다. 여기에 소개하는 내용은 일본 및 미국에서 이 기술에 관한 실무자료를 입수, 번역한 내용들이다.

< 1 >

韓國電力公社 營業處 제공

I. 축열식 히트펌프 시스템의 계획

1. 축열식 히트펌프 시스템의 개념

1.1 원 리

건물내에서 발생하는 냉난방부하는 계절, 기후, 토지, 용도와 사용상태 등의 요인에 따라 시시각각 변화한다. 또한 최근의 사무실 빌딩에서 볼 수 있는 OA화(사무작업 등의 자동화) 등에 따라 건물내의 냉방부하가 증대하고 냉난방부하의 밸런스는 해마다 변화하고 있다.

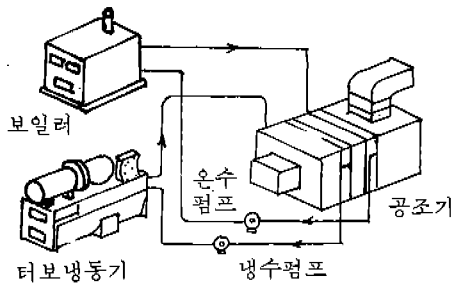
이와 같은 냉난방부하의 변화에 대응하여 공조 시스템은 예상되는 어떠한 조건 하에서도 안정적으로 추종하고 쾌적한 생활, 작업환경을 유지하지 않으면 안된다. 동시에 설비비, 운전비 등의 경제면, 운전, 보수관리면과 안전면에 대하여 최적의 시스템이 요망된다.

공조 시스템의 예로서 그림 1에 축열방식과 지금까지의 통상방식(비축열방식)을 예시한다.

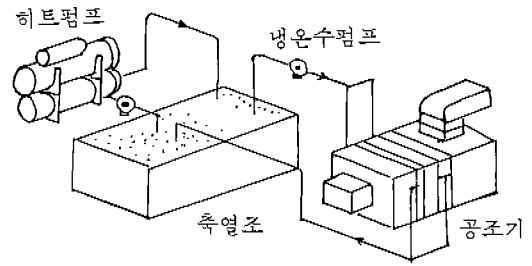
비축열방식의 경우 냉동기, 보일러 등의 열원 장치는 그 건물에서 발생하는 냉난방부하의 각 최대시 부하(피크시 부하)를 처리할 수 있는 용량이 선정된다. 최대시 부하의 발생빈도는 냉·난방기만을 통하여 불과 며칠에 불과하고 기간 중의 대부분을 접하는 부분부하에 대하여는 열원장치가 용량제어를 하면서 안정된 운전을 하는 범위에는 스스로 한계가 있고 또한 부분부하시의 성능은 고부하시에 비하여 저하한다.

따라서 장시간에 걸쳐서 저부하운전을 계속하는 것은 그만큼 경제적인 운전이 되지 못함을 의미한다. 또한 냉난방부하의 증가(건물의 증설, 공조 스페이스의 증가, OA기기의 도입 등)에 대하여는 열원기기의 증설을 필요로 하고 증설을 위한 공간과 공사를 필요로 한다.

한편 축열방식은 건물내에서 발생하는 냉난방부하중 어느 시간분의 부분 부하를 축열조에 비축하여 이용하는 방식으로 열원장치 용량을 최대시의 부하치보다도 작게 하여 항상 고부하운전을 할 수 있는 방식이다. 축열방식은 비축열방식에 있어서의 부분 부하시의 불안정하고 비



통상의 공조 시스템



축열식 공조 시스템 (히트펌프식)

〈그림 1〉 통상의 공조 시스템과 축열식 공조 시스템

경제적인 운전을 피할 수가 있다. 또 냉난방 부하의 증가에 대하여는 그 증가비율이 50% 정도 이하이면 열원장치의 운전시간을 연장함으로써 용이하게 대처할 수가 있다.

1.2 특 징

가. 장 점

(1) 열원용량의 감소

열원 (냉동기, 보일러, 히트펌프 등) 을 야간에 도 운전하여 축열조에 축열하고 주간 필요시에 축열조에서 퍼내서 이용한다. 보통 시스템에 비교하여 열원용량을 약 1/2로 감할 수가 있고 설비비도 절감할 수 있다.

(2) 열원운전효율의 향상 (부분부하 대응)

(3) 기계실 공간, 수변전설비 용량 감소

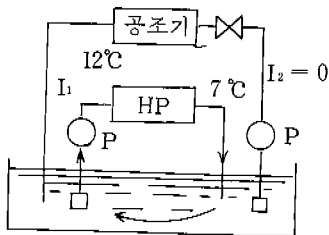
(4) 전력요금 절감

현재 전력회사가 가장 중요시하고 있는 설비 운용상의 과제는 동하계간의 전력수요의 격차보다도 주야간 격차의 균형화이다. 전력회사는 심야전력 요금제도를 적용하여 냉난방 등을 목적으로 하여 야간에 축열운전을 하는 빌딩이나 공장에 대하여는 전력량요금을 일반요금보다 싸게 (약 1/3) 적용하고 있고 또한 열원용량이 감소 되기 때문에 기본요금도 절감되게 된다.

(5) 열회수 용이

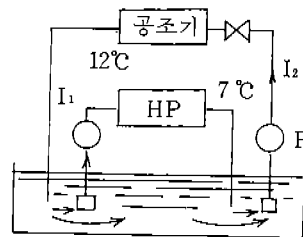
(6) 열원고장시의 대응 가능

○야간축열운전시



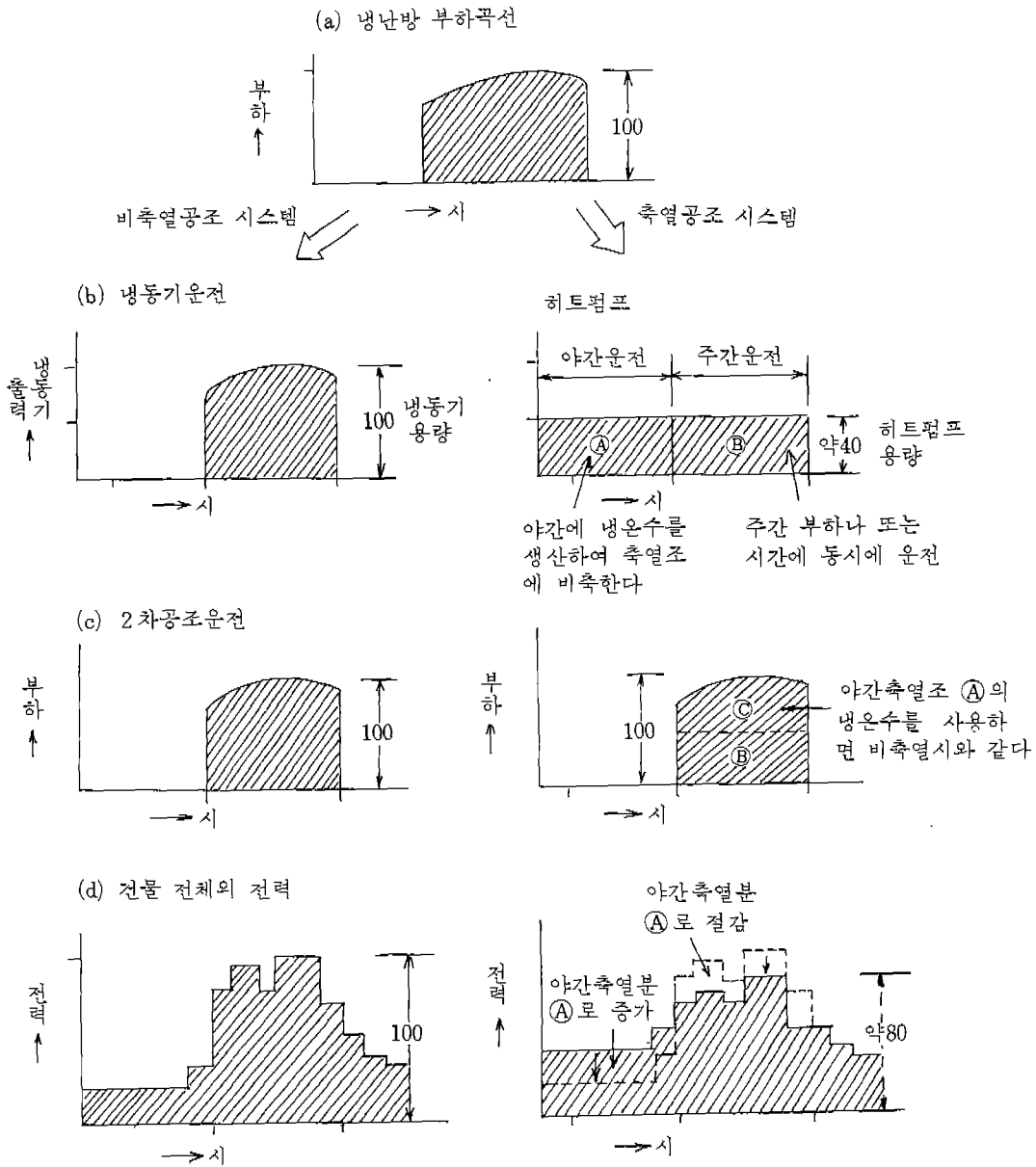
히트 펌프만 운전하여 축열조 안에 약 7°C 냉수가 퍼인다.

○주간중부하시



공조기에는 히트펌프에서의 냉수 I_1 과 축열조에 비축되어 있던 냉수가 합쳐져 냉수 I_2 가 보내진다.

〈그림 2〉 축열 시스템의 운전 패턴



〈그림 3〉 공조 시스템의 비교

나. 단 점

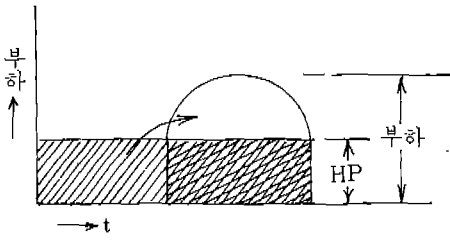
- (1) 축열조 단열방수 공사비 증가
- (2) 축열조에서의 열손실
- (3) 반송동력(펌프) 증가
- (4) 온도제어, 유량제어, 야간운전을 위한 경

비 발생

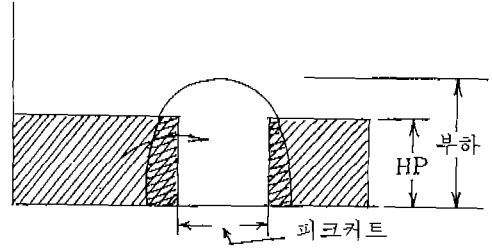
- (5) 물처리가 필요하게 될 경우 발생

1.3 종류

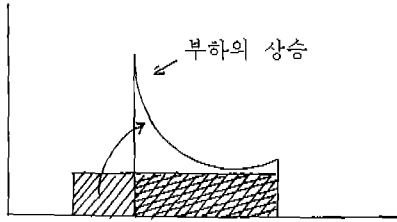
축열조를 분류할 때 특별히 정해진 분류법이 있는 것은 아니지만 다음과 같은 구분 방법이



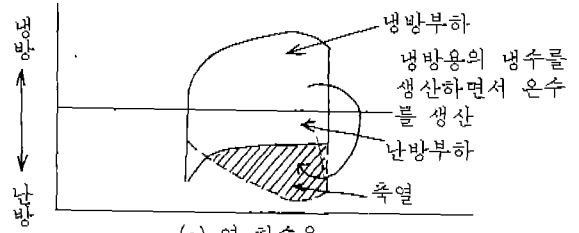
(a) 전력 피크 이동(1)



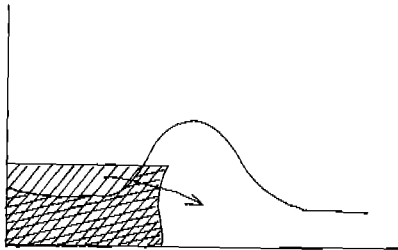
(a) 전력 피크 이동(2)



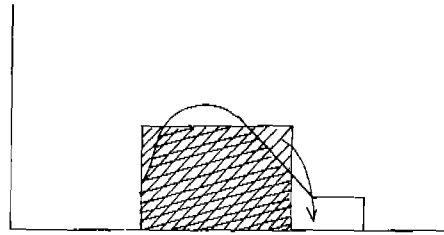
(b) 부하상승용



(c) 열 회수용



(d) 열원고장시 대응용



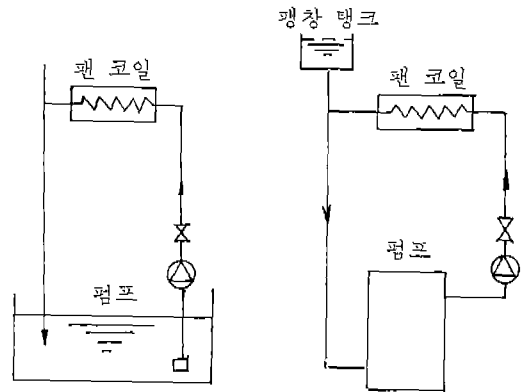
(e) 시간의 대응용

〈그림 4〉 축열의 목적

있다.

○ 축열의 목적별 (그림 4)

- a. 주간의 전력 피크 이동 (열원의 용량감소)
... 설비비 절감, 전력 기본요금 절감
- b. 부하상승용... 아침 등의 상승부하를 축열분으로 커버
- c. 열 회수용... 냉방배열을 난방에 이용 (전산기 센터, 방송 스튜디오 등)
- d. 열원 고장시 대응... 항상 냉난방을 필요로 하는 기기에 대하여 축열조에 비축한 열로 최소한 커버한다.
- e. 시간의 대응... 부분부하에 의한 열원효율의 저하를 피한다.



(a) 개방식 축열조

(b) 밀폐식 축열조

〈그림 5〉 개방식과 밀폐식 축열조

f. 냉동기 운전효율 향상

○배관회로계통의 종류별 (개방식과 밀폐식)
(그림 5)

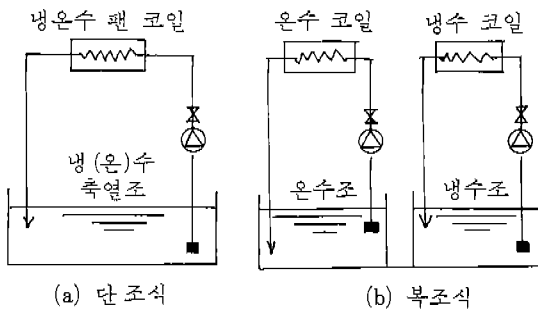
• 개방식 : 축열조 높이보다 낮게 수면이 유지되고 대기에 접하여 있고 펌프 동력이 크며 대규모의 경우에 많다.

• 밀폐식 : 축열조에 항상 물이 차있고 펌프 동력은 작으며 소규모의 경우에 많다.

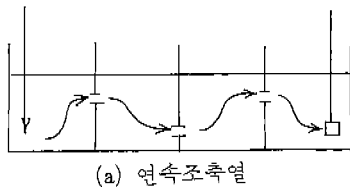
○축열조형식 (그림 6)

• 단조식 : 계절에 따라서 냉수와 온수를 교대로 사용한다.

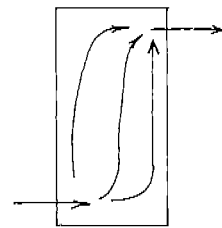
• 복조식 : 계절에 따라서 냉수와 온수를 분할



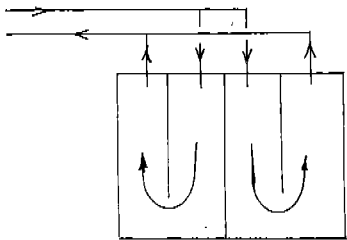
<그림 6> 조형식(단조식과 복조식)



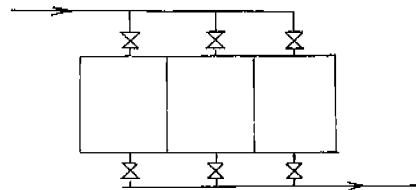
(a) 연속조축열



(b) 단일조축열 (종형축열조)



(c) 병렬축열조



(d) 교체형

<그림 7> 축열조 구성

사용한다. 일반적으로 하절기에는 냉수 전용량 사용에 대하여, 동절에는 온수조와 냉수조를 분할 사용한다.

○축열조 구성 (그림 7)

• 연속형 : 축열조 전체에 칸막이가 있고 일렬로 이어서 많은 축열조가 늘어서 있는 경우이다. 지하 이중바닥을 이용할 때에 많다.

• 단일형 : 축열조 전체에 칸막이가 없고 단일 축열조인 경우이다 (종형, 심층형 등).

• 병렬형 : 순환수량이 많고 수위차가 지나치게 클 경우

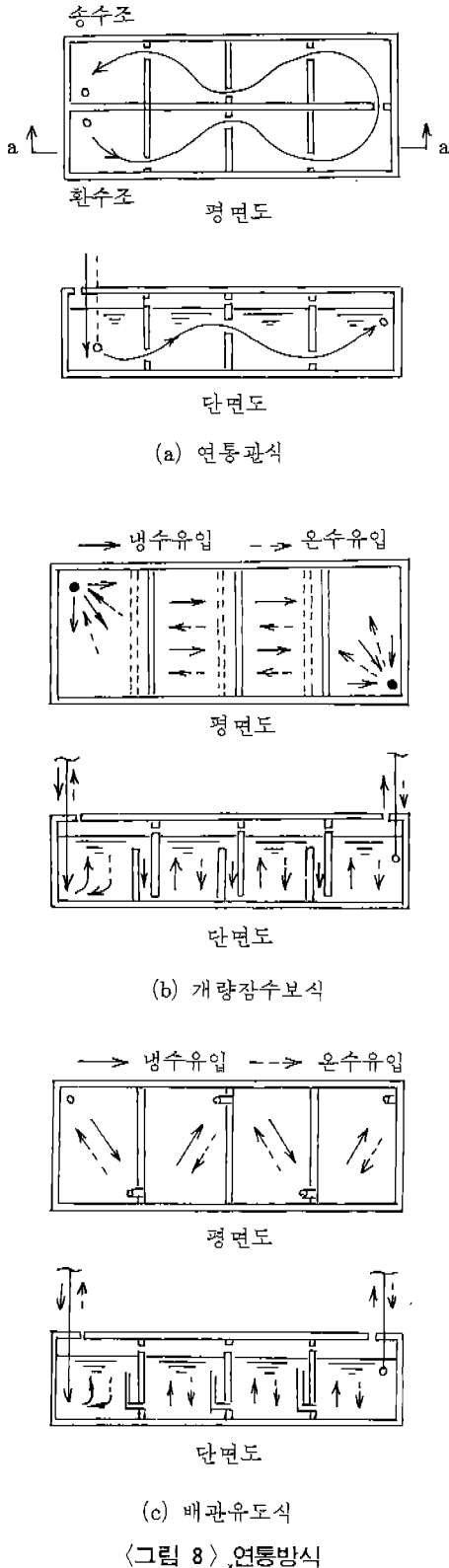
• 교체형 : 축열조를 순차로 교체하여 사용한다.

○연통방식 (그림 8)

• 연통방식 : 직경 200~500mm의 연통관 1~2개로 축열조를 연결한다.

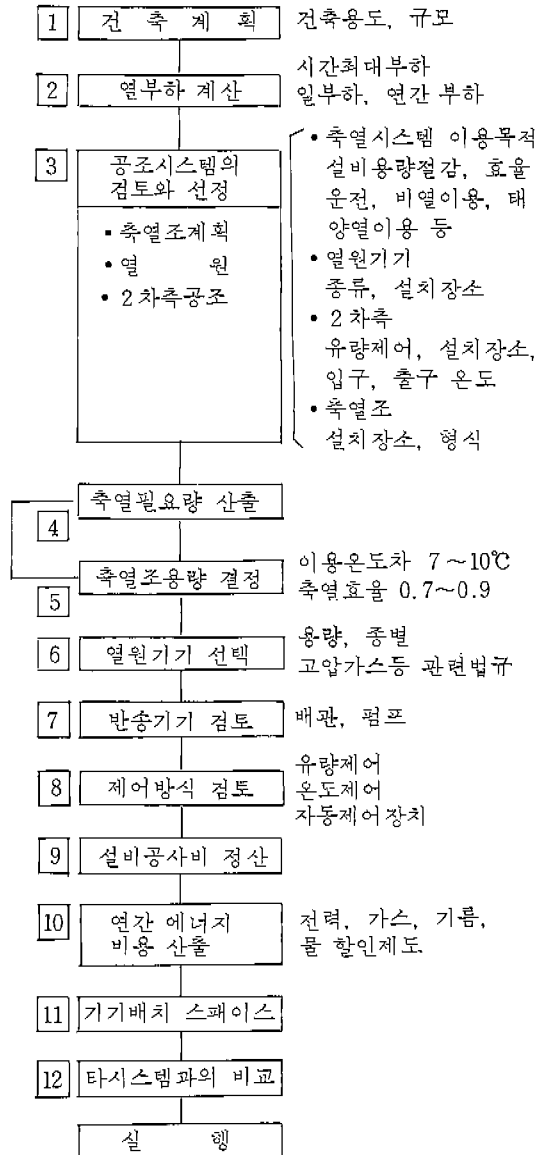
• 개량잠수보식 : 온수층이 형성되도록 축열조 내에 보를 만든다.

• 배관유도식 : 상기 보 대신에 배관을 축열조 내에 세워서 물을 유도하고 온수층이 형성되도록 고안한 것이다.



2. 축열 시스템의 적용

축열 시스템은 열원용량의 감소, 고효율 운전, 전력할인 요금의 적용 등 여러가지의 효과를 가져오지만 축열조의 이용목적, 건물의 부하특성, 규모 등을 충분히 고려한 후에 계획할 필요가 있다. 시행에 있어서는 그림 9에서 보는 바와 같은 순서에 따라 검토하게 되지만 건물용도에



〈그림 9〉 축열공조 시스템 계획흐름도

의해 다음과 같이 검토한다.

2-1 일반사무소

동경도시에서는 1950년대부터 지하수를 열원으로 한 대형 히트펌프가 사용되었다. 특히 도심부의 대형 고급 빌딩에서는 연간 공조의 필요성에서 Double Bundle Turbo 냉동기가 설치되어 환경오염방지에도 큰 역할을 하였다. 고층빌딩은 고층부는 밀폐회로, 저층부는 축열조에 접속된 개방회로로 펌프의 대수제어도 채용되고 펌프의 동력 절감이 도모되고 있다. 펌프의 동력절감방식의 하나로서 빌딩 옥상부에 보조 축열조와 열원을 설치하고 있는 예도 있다.

소규모 빌딩으로 지하 2층 스타브가 얕아서 수조의 수심이 충분히 잡히지 않을 경우(1.0m 미만)와 다른 용수조, 배수조 등이 접하는 비율이 클 경우에는 축열조 설비 가능용량에 맞추어서 열원용량을 선정하지 않으면 아니된다(단, 소화용수는 축열조로 활용 가능하기도 하고 배수조도 그 배열에 따라 히트펌프의 열원으로 사용할 수가 있다).

임대건물에 있어서는 개별공조방식이 주류이지만 축열 시스템에 각종 설치공조기를 조합한 형식도 널리 채용되고 있다. 연면적 6,300m²인 어느 빌딩에서는 400m²인 축열조의 설정온도의 변경 등은 1층 관리실(경비원실을 겸한다)의 자동제어반에 의하여 운전되고 있다. 설비 담당자가 부재인 시간대라도 그 지시에 의하여 경비원이 용이하게 취급할 수 있다. 열원(히트펌프)의 운전은 야간운전을 기초로 설정되어 있고 연간을 통하여 야간의 운전율은 80%의 실적을 보이고 있는 경우도 있다.

2-2 백화점 슈퍼

백화점이나 부하밀도가 높은 점포에서는 냉방 최대부하가 난방 최대부하의 2~4배로 되는 일이 많다. 따라서 먼저 동기의 난방부하를 공급할 수 있는 히트펌프 기종을 선정하고 그 이상 초과하는 용량은 냉방전용기를 선택하면 된

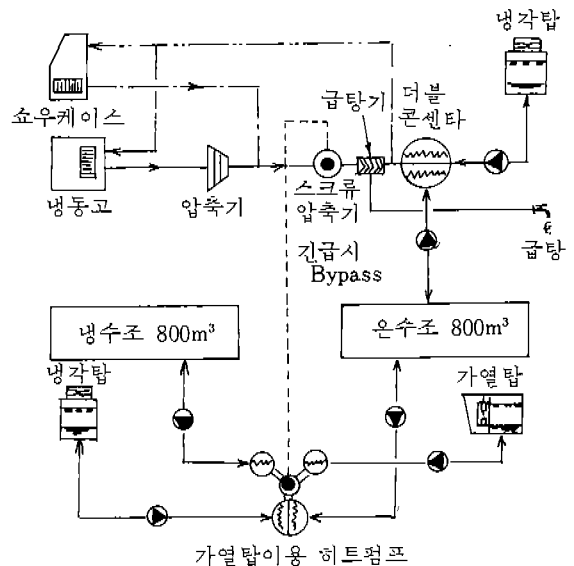
다. 대규모 점포나 홀을 가지고 있는 건물에서는 동기에 외기냉방으로 처리할 수 없을 정도의 냉방부하(내부발열)가 발생하지만 여기에는 열회수식 히트펌프가 효과적이며, 또한 식품매장의 진열장 배열을 이용하면 난방, 급탕으로 이용할 수도 있다.

어떤 슈퍼에서의 실행결과로는 진열장의 배열과 보조의 히트펌프만으로 전관 난방할 수 있을 정도의 열량이 얻어지고 진열장의 Cop도 총합으로 4.0으로 저온의 쇼우케이스로서는 만족할 수 있는 결과를 얻고 있다(그림10).

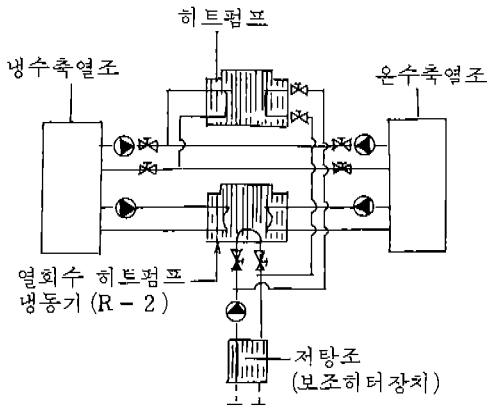
이들 점포와 같이 하계와 동계의 부하가 지나치게 다를 경우는 동절기에 너무 과대하게 축열되지 않도록 동절기의 축열조의 용량을 부하에 상응한 용량으로 구분하도록 권장한다. 3월말 등 난방기간중에 급히 냉방이 필요하게 될 경우에 유틸조로 절체하여 냉방운전 할 수도 있다(이와 같은 때에는 냉동설비를 축열조와 분리하여 폐회로로 운전하는 방법도 있다).

2-3 호텔·병원

호텔·병원 혹은 연구소 등 공조를 24시간 행



(그림 10) 진열장 배열회로 시스템



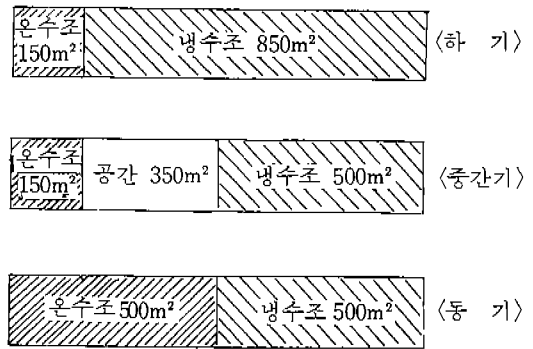
〈그림 11〉 열원 계통도

하는 건물은 그다지 축열 시스템은 유리하지 않지만 레스토랑, 홀, 회의실, 사무실 등이 같이 있는 경우는 축열 시스템 도입의 이점이 있다. 야간의 전력요금 할인시간대는 23시부터 익일 아침 7시까지이므로 이 사이의 할인대상분은 열원에 의한 축열량에서 야간에 운전된 공조기에 의한 방열량을 차감한 열량상당으로 된다. 어떤 병원은 지하수를 퍼올려 수열원 히트 펌프에 의하여 열회수 운전(난방, 채열)을 실시하고 있다. 지하수는 환원정에 의하여 다시 지하에 환원되어 지반침하를 방지하고 있다. 그리고 축열조 청소시에는 채열용 열원이 결여되므로 수출실과 같이 조건이 까다로운 계통의 가열 코일에는 온수가 아니고 증기를 사용하고 있다.

2·4 극장, 공회당

극장, 공회당은 객석, 무대에서의 축열부하가 크고 특히 동절기가 시작될 때에 큰 피크가 나는 부하적 특색이 있다. 일반적 비축열 시스템에서는 이 부하에 대응하기 위해 대용량의 열원을 필요로 하지만 축열 시스템을 사용하면 이 피크 부하를 공급할 열을 미리 축열조에 비축해 둘 수가 있기 때문에 작은 열원으로 부하를 처리할 수가 있다.

이런 종류의 건물은 성격상 공연물에 따라서 사용시간이 변동하므로 축열 시스템에서는 그



〈그림 12〉 축열조 절체 계통도

최대사용시간을 상정하여 기기의 선정을 한다. 또한 건물의 사용이 일정하지 않으므로 그날의 운전에 필요한 열량만을 비축하고 쓸데없는 축열을 하지 않도록 사전에 축열운전시간과 설정 온도를 조절할 필요가 있다.

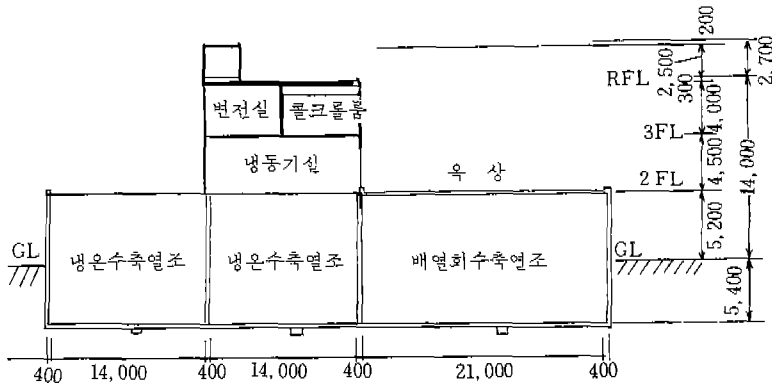
2·5 방송 스튜디오·전산기 센터

방송 스튜디오는 인체, 조명 등의 열로 연가를 통하여 냉방부하가 있고 일찍부터 열회수식 축열 시스템이 도입되고 있으며, 어느 방송국에서는 6개조 합계 15,510m²치의 축열조를 가지고 있는 예가 있다.

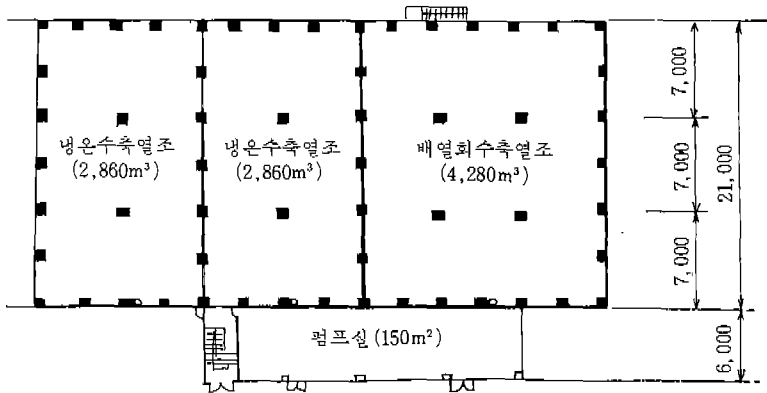
그림 11은 사무소 빌딩안에 홀과 방송 스튜디오를 설치하고 있는 빌딩의 시스템 예이지만 계절에 따라서 수조용량을 절체하여 사용하고 있으며(그림12) 냉수조, 온수조가 있는 것이 바람직하고 칸막이의 버터플라이 변에도 단열시공하는 것이 필요하다.

전산 센터도 동일하게 내부발열이 많고 열회수식 운전이 실시되고 있으나 그 축열조의 이용 목적은 무엇보다도 비상시에서의 공조대책을 고려하고 있는 것 같이 생각된다. 축열조의 수온에 의한 열원의 기동정지제어에 시간대에 의한 강제기동정지제어를 가미하면 전력요금의 할인 제도를 유용하게 활용할 수 있다.

2·6 공 장



1층 평면도



〈그림 13〉 파워센터의 구조

작업환경대책, 소음(창문폐쇄) 대책으로서 냉난방설비가 증가하고 있다. 어떤 자동차 공장에서는 동력집중화에 따른 열원개수계획시에 기설터보 냉동기의 히트 펌프화와 축열조 신설공사(지상설치형으로 10,000m³)에 의하여 냉방시의 전력 피크 커트를 실시하여 코스트의 절감을 도모하고 있다(그림13).

재무성 에너지 센터의 조사에 의하면 전국에서 153건의 공장에서 배열이용이 실시되고 그중 배기 가스, 냉각수 배열에 의한 난방, 급탕, 그리고 양식 등의 배열이용은 36건이나 되었다. 이들 배열온도는 150~250℃의 것이 대부분이고 직접 열교환되어 있는 예가 많지만 50℃ 이하의 온배수는 축열 탱크에 받아 히트펌프(전동식, 흡수식)에 의하여 생산공정 레벨까지 승온되어 재

이용되고 있는 예이다.

2.7 도시배열

소위 빌딩 공조, 지하철 냉방과 주택의 생활 배수 등의 도시배열은 그 양은 많더라도 온도레벨이 낮고 지금까지 그대로 버려지고 있었다.

앞으로 도시의 성 에너지를 고려해 가는 데에 있어서 도시배열의 이용은 중요한 과제이다.

이들 배열을 충분히 이용하기 위해서는 배출측과 이용측과 이용측의 시간차 보완과 온도조정에 축열조(탱크)가 필요하게 된다. 이미 에어컨의 냉방폐열 이용, 전력용 변압기의 난방급탕 이용 등이 실시되고 있다. 지역 냉난방에 이 도시배열을 적용한 예가 1983년 4월부터 실시되고 있다. (다음호에 계속)