

## 빙축열 공조 시스템의 운전방식

### Operating Method for Ice Thermal Storage Type Air-Conditioning System



이 종 우  
J. W. Lee  
(주)신영 산업플랜트 영업부

- 1956 년생
- 빙축열 시스템 설비 관련 개발, 운용등에 관심을 가지고 있다.

#### 1. 머리 말

축열식 (Thermal Storage Type) 공조시스템은 이미 60 여년전부터 미국의 낙농회사에서 우유나 낙농제품을 급냉시키기 위하여 대용량의 큰 냉동 및 냉장능력을 필요로 하기 때문에 작은 용량의 냉동기로 얼음을 미리 제빙하여 저장하였다가 이용해 왔다.

옛날에는 냉동기의 비용이 요즘에 비하여 상대적으로 매우 비싸서 냉동기에의 초기 투자비를 줄이기 위한 방법이였으며, 그 당시에는 심야전력 요금제도가 없었기 때문에 전력요금의 절약을 목적으로 한것은 아니었다.

또한 미국의 남부, 서부지방에서는 극장이나 교회 등의 짧은 시간동안 상당히 큰 부하를 필요로 하는 경우에도 이용되어 왔다.

최근에 이르러 선진외국과 같이 우리나라에서도 그림 1 과 같이 하계 부하전력의 불균등 문제가 심각하게 대두되어 이에 대한 침두부하이전책 (Peak Shift Plan)으로 심야전력제도를 이용하는 축열설비기 개발을 적극 추진하고 있다. 현재 우리나라에서는 산업용 전력보

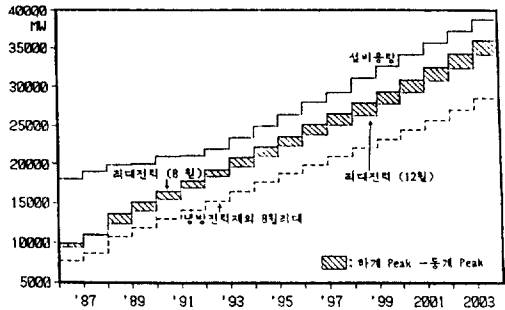


그림 1 국내 하계 전력부하 추이 및 예상

다는 전력요금이 비싼 업무용 전력에 전력요금이 저렴한 심야전력을 (乙)을 이용한 축열시스템 (Thermal Storage System)을 적용하여 수요자에게 이익이 돌아갈 수 있는 제도를 마련중에 있다.

#### 2. 운전방식

축열식에는 일반적으로 수축열식과 빙축열식이 있다.

수축열식 (Cool Water Thermal Storage System)이란 물의 현열 (Sensible Heat)을 이

용한 방식으로써 물을 심야시간(23~07) 동안에 저온상태로 냉각시켜 두었다가 주간(업무시간)에 냉수공조로 이용하는 방식이다.

이 방식은 시스템 구성은 간단하나 큰 용량의 축열조(물탱크)가 필요하다는 단점이 있다.

빙축열식(Ice Thermal Storage System)은 얼음의 잠열(Latent Heat)과 물의 현열을 이용한 방식으로써 운전방법은 수축열식과 동일하며 수축열식 보다는 시스템 구성이 복잡하나 물을 얼음의 상태로 저장하기 때문에 동일 축열량에서 축열조가 수축열식 보다는 1/80 정도 적게할 수 있는 큰 잇점이 있으므로 축열식 공조시스템에는 대부분 빙축열식 공조시스템을 적용한다.

빙축열식 공조시스템에는 전빙축열식(Full Storage System)과 부분빙축열식(Partial Storage System)이 있는데 전빙축열식은 그림 2와 같이 그 건물의 최대 냉방 부하량을 만족할 수 있을만큼 저장하는 시스템을 말한다. 간단히 말하면 모든 빙축과정이 심야시간(현행 : 23:00~익일 07:00)에서 시행되어 운전비용(Running Cost)의 대폭절감을 가져오나 초기 투자시설비(Initial Cost)는 많게 되어 투자비 회수기간(Pay Back Year)이 길게되어 비합리적이다.

부분빙축열식(Partial Storage System)은 그림 3과 같이 그 건물의 최대 냉방 부하량의 일부만 빙축으로 저장하는 시스템을 말한다. 따라서 Chiller는 빙축 심야운전시간대는 물론이고 주간 공조운전시간대에도 운전된다.

이 시스템은 전빙축열식에 비하여 운전비용은 많이 들게되나 초기투자비는 적게들어 투자비 회수기간이 짧게 되므로 대부분 부분빙축열식을 채택한다.

현행 우리나라 전력요금제도로써는 40~50% 부분빙축열식이 투자비 회수기간이 가장 짧게되어 이상적이다.

부분빙축방식에는 다시 부하평준방식(Load Leveling)과 수요제한(Demand-Limited)방식으로 구분되며 이 개념도 여러가지 방법으로 재구분되기도 한다. 부하평준방식은 그림 4와 같이 건물 부하중 냉방요인을 평준화하

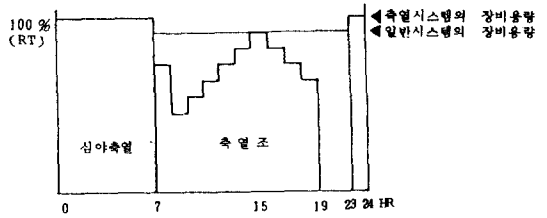


그림 2 전빙축열식

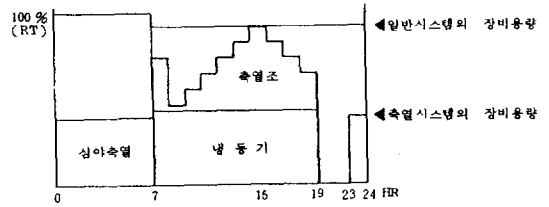


그림 3 부분빙축열식

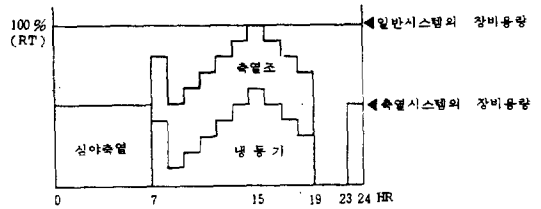


그림 4 부하평준방식

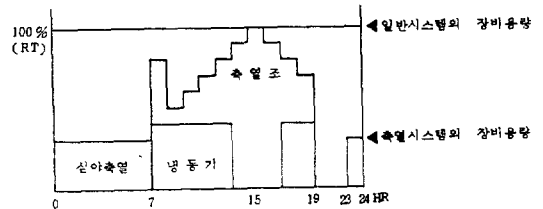


그림 5 수요제한방식

는데 그 목표가 있다. 주간 Peak 시간시(11:00~14:00) Chiller 운전 및 일부 빙축된 Ice로 냉방수요량을 충족하는데 이 때의 축냉 용량은 Chiller가 공급치 못하는 부하를 카바할 수 있어야 한다.

수요제한방식(Demand-Limited)은 그림 5와 같이 Peak 시간시 운전을 피하되 그외 시간 등에는 Chiller 또는 Chiller + Ice로 냉방 수요량을 충족하는 방식으로 부하 평준방식에 비하여 고도의 운전기술을 사용하는 시스템이다. 위의 두 방식은 전기적 제어에 의해서 이

루어지며 자동제어를 이용하여 여러가지 Mode를 병행할 수 있다.

빙축열시스템에서는 근무자가 없는 심야시간대에 Chiller가 운전되므로 비축열식(재래식)에 비하여 고도의 자동제어 및 안전장치를 필요로 하는 문제점과 Chiller가 심야 시간대에 빙축운전을 하게 되므로써 증발온도의 저하로 인하여 냉동기 성적계수(Coefficient of Performance)가 비축열식(재래식) 보다는 낮게 운전되므로 일일 총 전력소비량은 증가된다는 단점이 있다. 일반적으로 빙축열식의 Chiller 용량은 다음과 같은 식으로 산출할 수 있다.

즉 최소이론 Chiller 용량(Norninal Chiller Size)은

$$NCS = \frac{\text{주간냉방부하총합계}(RT-H)}{(\text{COP}_{ICE} \times \text{Chiller 빙축운전시간}) + (\text{COP}_{Occ} \times \text{Chiller 냉방운전시간})}$$

COP<sub>ICE</sub> : 빙축운전시 Chiller의 성적계수  
(제조사에 따라 다르나 표준조건 7/12℃에 비해 0.65 정도이다)

COP<sub>Occ</sub> : 주간냉방운전시 Chiller의 성적계수(표준조건 7/12℃)로 생각하여 1로 계산한다)

Chiller 빙축운전시간 : 현행 8시간  
(23:00~07:00)

Chiller 냉방운전시간 : ①전빙축열식: 0시간  
②부분빙축열식 :

(주간총냉방부하 - 빙축해빙열량)  
냉방운전시 Chiller 용량

빙축열시스템은 물을 얼음으로 제빙하기 위하여 2차냉매(Brine)를 필요로 하며 별도의 브라인 펌프 및 열교환기(Heat Exchanger)가 필요하여 전력소비 및 초기투자비를 증대시키고 열전달율을 저하시키게 된다. 이와같은 단

점들은 있으나 전력단가가 싼 심야전력을 이용하므로써 공조기 운전비를 절감시키는 장점이 있으며 수요자의 추가 투자비 일부를 한국 전력공사가 특별 부담시켜 줌으로써 투자비 회수기간이 짧게 되는 축냉식 설비보급 촉진계획이 발표되었다.

### 3. 맺음 말

빙축열식 공조시스템은 앞서 언급한 것처럼 고도의 자동제어 및 안전장치가 필요하며 전력소비량 증가, 초기투자비가 증대되며 우리나라처럼 도심지 지가가 비싼 곳에서 별도로 건물내에 축열조 공간을 두어야 한다는 문제점들이 있다.

그러나 전력 공급자의 측면에서는 비록 총 전력소모량은 다소 증가되지만 하게 침두부하를 심야시간대로 이전시키어 발전기의 부하율을 평준화시키므로써 여러 잇점이 있다. 전력 수요자의 측면에서는 전력단가가 싼 심야전력을 이용하여 냉방기 운전비를 절감시키는 잇점이 있으며 아울러 한국전력공사에서 지원하는 초기 투자비에 대한 지원금을 이용한다면 초기 투자비 회수기간을 대폭 단축시킬 수 있다.

### 참 고 문 헌

1. CALMAC 사 자료 : LEVLOAD Ice Bank Performance Manual
2. 한국전력공사 자료 : 빙축열 시스템 개요, 설계 및 사례조사
3. 사단법인 일본냉동협회, 냉동(Refrigeration) Vol. 63, No. 734, pp. 41~46.