

빙축열 시스템

Ice Thermal Storage System - Ice Ball System -

유 영 태
Y. T. Ryu
중앙개발(주) 에너지사업팀



- 1953년생
- 에너지절감에 관한 기기 제작에 관심을 가지고 있음.

1. 머리말

오늘날 건물의 에너지비용(특히 전력요금) 증가 및 전력단가의 상승에 따라 건물주, 설계자, 건물관리자 등에 의해 에너지절감의 필요성이 제기되고 있다. 국가적으로 볼 때 전력은 효율적으로 사용되어야 하나 계절별, 월별, 일별, 시간별 부하변동이 날로 증가됨에 따라 한국전력에서는 부하율(=평균부하/최대부하)의 향상을 위하여 각종 대책을 수립하여 심야전력의 수요개발 및 주간 최대전력의 감소를 꾀하고 있다.

국내의 전력예비율은 80년대초에 이르러 급격히 감소하여 심야전력제도를 도입하여 난방용 축열기기의 보급을 적극 추진하였으며, 80년대말 부터는 하절기 전력사용의 증대로 발전설비의 예비율이 10% 이하로 떨어지는 경우도 발생하여 발전소의 조속한 증설이 이루어지지 않으면 제한송전도 불가피할 것으로 예상되고 있다.

이와 같이 전력의 부하관리측면이 심각하게 대두되기 시작하자, 당초 한전에서는 히트펌프(Heat Pump)를 이용한 수축열방식을 고수

하였으나, 일반적으로 업무용 건물의 공간협소에 따라 설치공간이 수축열에 비하여 1/6이하로 감소되는 빙축열 시스템의 설치가 효과적이라 판단되어 빙축열설비의 설치를 적극 권장하기에 이르렀고, '90년도 하절기에 한전과 축열협약을 체결하여 삼성빌딩 및 한전지사 5개소에 실증시험설비를 설치, 운전함으로써 이의 성능이 대체로 양호하게 나타남에 따라 주간 최대전력(Peak)의 심야이전 및 에너지비용의 획기적인 절감을 위한 빙축열설비의 보급을 촉진시키기 위하여 전력요금제도의 개선 및 심야시간연장·초기투자비의 일부지원(Rebate) 등의 지원책을 시행하기에 이르렀다.

빙축열시스템은 대표적으로 관외착빙형, 빙박리형, 캡슐형 등으로 구분되는데 여기에서는 주로 캡슐형인 Ice-Ball 시스템에 대하여 기술코자 한다.

2. Ice-Ball 시스템

2.1 특 징

① 축열조가 단순하고 비용이 저렴하다.

- Ice-Ball 시스템은 가장 단순하고 발전된

축열시스템으로 설치 및 제어가 용이하며, 효율적이고 신뢰할 수 있는 시스템 설계를 사용자에게 제공한다.

- Ice-Ball은 직경이 103mm인 플라스틱으로 만들어져 내부에 증류수가 채워지며, 축열조에 필요한 용량만큼 충전되어 주위에 부동액(글리콜용액)을 순환시킴으로써 제빙 및 해빙을 하게 된다.

- 일반적으로 Ice-Ball 내의 얼음을 얼리는 전열매체로서 에틸렌글리콜(Ethylene Glycol) 또는 프로필렌글리콜(Propylene Glycol) 용액이 사용된다.

- 냉동기는 고압능력 및 효율적인 제어운전, 냉매규제(HCFC-22)와 무관 등이 요구되는데 소용량에서는 왕복동식, 대용량에서는 스크류 냉동기가 사용된다. 원심력(터보) 냉동기는 고압정의 압력조건에서 민감하여 제빙시 불안한 운전이 야기되므로, 왕복동식 또는 스크류 냉동기가 빙축열에는 효과적이라 할 수 있다.

② Ice-Ball의 모든 성능은 여러 연구기관에서 입증되었다.

- 축열 및 방열효율은 열교환면적에 좌우되는데 표면적이 크면 클수록 효과적으로 열전달을 할 수 있기 때문이다.

- Ice-Ball은 전열면적이 RT-HR 당 2m² 이상으로 쉽게 축열에너지의 저장 및 방출이 가능하고, 축열시 상대적으로 냉동기의 높은 공급온도(또는 증발온도)를 이룰 수 있다. 다른 축열시스템은 제한된 표면적으로 인하여 매우 낮은 공급온도가 요구되어 RT당 소모되는 KW가 매우 높다.

- 열전달용량(P)는 사용된 재료의 열전도도(λ)에 비례하고, 재료의 두께(e)에 반비례하며, 열교환면적(S)에 비례하게 된다.

$$P=f(\lambda, 1/e, S)$$

따라서 가장 경제적인 비용으로 기술적문제가 없는 제품을 만드는데 궁극적인 목적이 있다고 할 수 있다.

Ice-Ball의 제조에 사용된 재료의 열전도도를 고려해 보면, 만약 강철이 사용될 경우 양호한 열전도도를 가지나 제조비용이 높으며,

플라스틱 물질이 사용될 경우 제조단가가 낮은 반면 열전도도가 낮고, 극소량의 금속을 함유한 플라스틱물질은 열전도도가 높아지나 가격 또한 높아지게 된다.

다른 해결책으로 Ice-Ball의 전체 또는 부분에 움푹 파인 부위(Dimple; 동공)를 만들고 상변화물질의 결정화 속도를 증가시키기 위하여 통과될 재료의 두께를 감소시킬 수 있으나, 움푹 파인 부위가 변형되고 보다 얇게 되어 동체가 갈라지고 열화(약화)되므로 어려움이 따르게 된다. 또한 동체를 터트리지 않고 상변화물질에 의해 발생하는 동체 내부압의 증가는 동체의 신속한 열화를 발생시켜 재료의 탄성한계를 초과하는 결과를 초래할 수 있다.

Ice-Ball은 균일한 두께의 얇은 벽²⁾으로서 동체¹⁾는 8개의 원형의 움푹 파인 부위³⁾를 외측에 제공하며 이의 모퉁곡률반경은 동체(구면)의 볼록곡률 반경과 동일하며 구의 중앙을 통과하는 수평면내에서 상호 120° 또는 90°의 각도로 위치하며 구의 중앙을 통과하는 수직평면내에서 상호 45°가 떨어지며, 완전한 구의 체적과 관련하여 이의 체적은 상변화중 저장매체의 체적증가와 최소한 동일하도록 되어 있다. 따라서 내부의 저장매체가 완전히 결정화될 때 구의 형태를 유지하여 외피가 연신되는 경우는 발생하지 않는다.

③ 신뢰성이 입증되었다.

- Ice-Ball은 80년대 중반에 프랑스 Cr-yogel사에서 개발되어 유럽에 많이 적용되었으며, 미국에도 보급이 확대되고 있다.

- 이 시스템의 장점은 Ice-Ball의 그 자체 강점에 기인하는데, 모서리가 없어 팽창에 의한 스트레스를 받지 않아 기하학적으로 가장 이상적인 구조를 갖고 있으며 또한 내구성이 탁월하다.

- Ice-Ball은 내부에 증류수와 약간의 첨가제(일정한 빙점유지 위험)가 채워져 밀봉되어 공장에서 철저한 품질검사를 거쳐 출고되고, 현장에서는 탱크에 쏟아 부어 충전시키므로 현장작업이 거의 없다.

④ 최대의 유연성을 제공한다.

- 축열조는 어떠한 형태라도 가능하며 매설

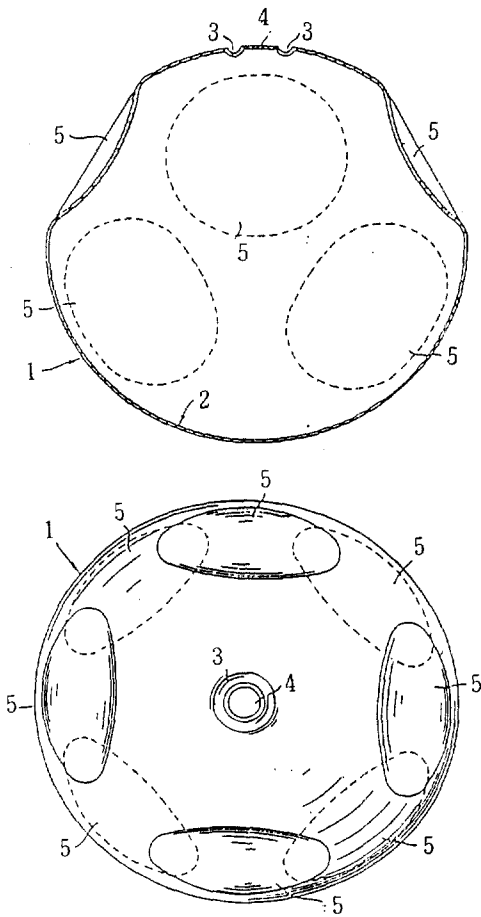


그림 1. Ice-Ball의 형상

할 수 있어 축열공간의 확보가 용이하고 효과적이다.

• 일반적으로 대형시스템은 단일탱크로 제작함으로써, 많은 소형탱크의 현장 연결에 비하여 비용을 대폭 감소시킨다. 만일 공간이 제한된다면 여러개의 작은 탱크로 나눌 수 있으며, 수직탱크 적용시 바닥면적을 효과적으로 사용할 수 있게 된다.

⑤ 상기 특징을 요약하면 다음과 같다.

* Performance

- Ice-Ball은 전열면적이 크므로 방열사이클의 중단에서 온도상승이 작다.
- 축열용량과 전열특성이 입증되었다(연구기관 인증)

* Size

- 탱크의 단위용량당 저장에너지가 크

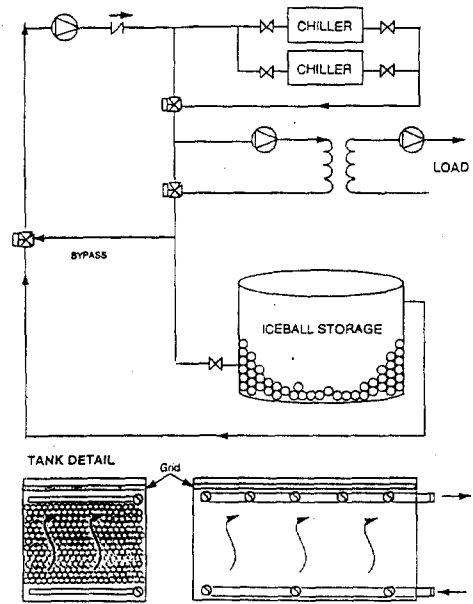


그림 2. 시스템 개략도

로 축열조가 작다.

* Control

- 제빙과 해빙시 수위를 측정함으로써 축열량의 제어가 용이하다.

* Configuration

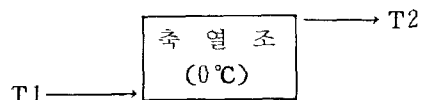
- 축열조의 크기나 모양에 제한이 없다.
- 현장여건에 맞추어 시공이 가능하다.

* Maintenance

- 내구성이 양호하다(Ice-Ball의 평균수명 15년).
- 유지관리가 쉽다(예 : 반출입 용이, 용량 증가시 Ice-Ball 추가투입 등).

2.2 시스템의 설계

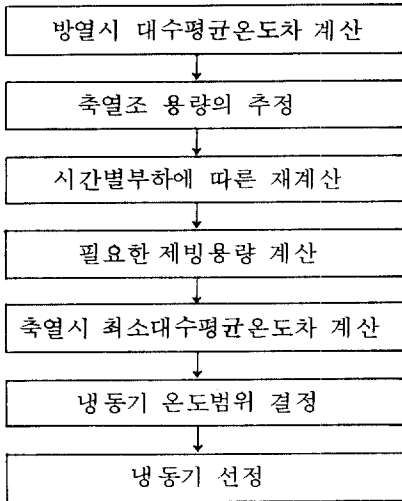
① 모든 축열시스템의 설계는 열전달 이론에 의하며, 성능은 축열조의 열교환에 좌우되는데 주요변수로 축열조의 축열 및 방열시 대수평균온도차(L. M. T. D.)가 있다. 즉 축열조의 설계 입구 및 출구온도에 의한 대수평균온도차는 축열 및 방열에너지를 결정한다.



• 대수평균온도차(L. M. T. D.)

$$= \frac{T_1 - T_2}{\ln(T_1/T_2)}$$

② 설계순서



③ 1 단계 : 방열시 대수평균온도차 계산

- 필요한 축열용량을 결정하는데 있어 아래와 같이 5가지의 설계값이 요구된다.
- 부하형태에 따른 필요한 총냉방부하(최대 부하일의 시간별 부하)
- 방열종단의 요구되는 방열용량(RT)
- 축열조 출구온도의 최대치
- 축열조 입구온도의 최대치
- 순간최대부하(RT)
- 축열조에서 방열되는 에너지비율(RT/RT-HR)은 축열조방열이 계속 이루어짐에 따라 감소하기 때문에, 방열종단시 요구되는 용량으로 인하여 축열조 크기의 최소화가 어렵게 될 경우가 있다.

④ 2 단계 : 축열조 용량의 추정

- 축열조의 모든 에너지는 100% 사용될 수 있을지라도, 방열사이클 종단에서의 추출된 에너지는 일반적으로 만족되지 않을 경우가 다수 발생한다. 그러므로 부하형태에 따른 축열용량은 최대일부하 예상치보다 다소 증가시켜야 한다. 이는 90% 방열시의 용량을 추측(일최대부하÷0.9=추정축열부하)하여 아래그림 3(순간방열곡선)에서 계산된 대수평균온도

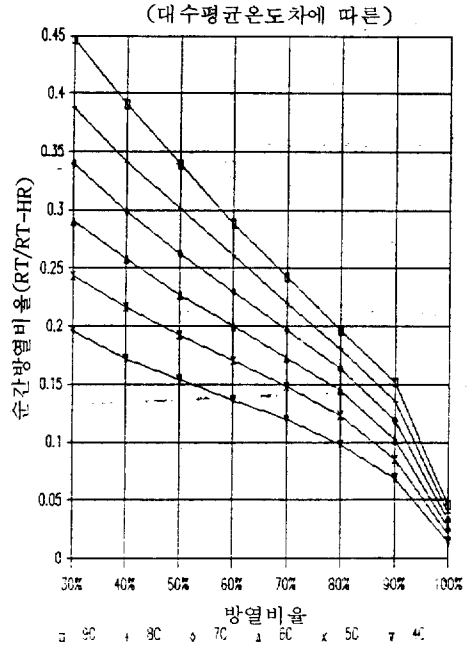


그림 3. 순간방열곡선

차(L. M. T. D.)에 따른 순간방열비율(RT/RT-HR)을 찾아서 순간용량(=추정부하×순간방열비율)이 방열종단시 필요한 부하보다 클 경우 축열조의 추정용량이 결정된다. 그러나 추정용량은 순간용량이 필요한 부하를 약간 상회하도록 반복적으로 균형점을 찾음으로써 감소될 수 있다.

⑤ 3 단계 : 시간별 부하에 따른 재계산

• 부하의 형태는 축열조용량의 결정에 상당한 영향을 미치는데, 최대일부하에서 순간최대부하(RT)가 임계점이라 할 수 있다. 즉 순간최대부하가 발생할 때 그 순간의 방열비율(%) 및 대수평균온도차(°C)에 따른 순간방열용량이 순간 최대부하를 감당할 수 있는지를 확인하여야 한다.

• 이 조건을 만족시키지 못할 경우에는 2 단계(축열용량 추정)에서부터 재계산하여 조건을 만족하여야만 최대부하시 냉방부하를 충분히 해결하게 된다.

• 방열사이클에서 냉방부하에 필요한 온도가 낮을수록 더 작은 대수평균온도차가 요구되어 순간방열용량이 냉방부하를 감당할 수가 없는 경우도 있어 축열조의 용량이 더욱 커져

야 함을 설계시 주의하여야 한다. 즉 축열조의 출구온도가 낮을수록 축열조의 용량이 더욱 커지므로, 축열조의 출구온도가 지나치게 낮지 않도록 하여야 할 것이다.

⑥ 4단계 : 필요한 제빙용량 계산

• 3단계에서 확정된 축열(제빙)용량과 축열(제빙)시간을 사용하여 제빙조건에서의 냉동기용량(=축열용량÷축열시간)을 계산한다.

• 축열시간은 향후 용량의 증가시 냉동기의 추가설치를 배제하기 위하여 최소시간이 되도록 한다.

⑦ 5단계 : 축열시 최소대수평균온도차 계산

• 설계축열시간에 100% 제빙이 가능하도록 적합한 대수평균온도차를 아래 그림 4 (축열조 제빙곡선)에서 찾는다.

⑧ 6단계 : 냉동기 온도범위 결정

• 제빙시 냉동기의 온도범위는 5단계에서의 최소대수평균온도차보다 크도록 선정되어야 한다.

• Ice-Ball 시스템에서는 일반적으로 축열조 입구온도를 $-4.5^{\circ}\text{C} \sim -1.5^{\circ}\text{C}$ 로 설계된다.

⑨ 7단계 : 냉동기 선정

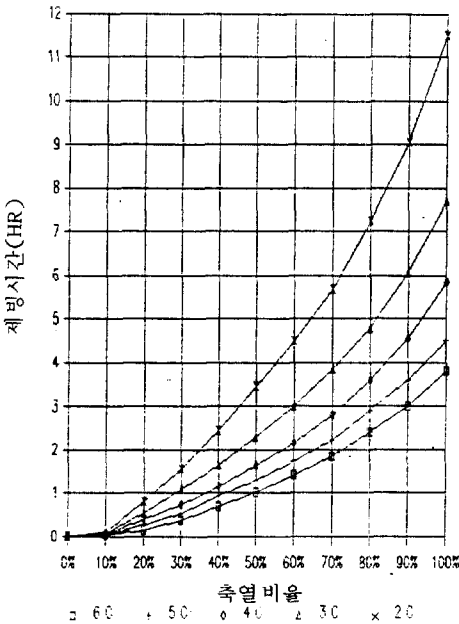


그림 4. 축열조 제빙곡선

• 6단계에서의 온도범위로 4단계에서의 제빙용량을 지닌 냉동기를 선정한다. 유량은 냉동기의 사용한계에 의하며, Ice-Ball의 성능에 영향을 주지 않도록 해야 한다.

• 냉동기의 선정은 농도가 최소 25% 이상인 글리콜용액에 입각해야 한다.

⑩ 제빙시간이 8시간 이내로 설계할 경우, 축열에너지의 효과적인 사용을 위하여 과도한 축열용량이 설계될 수도 있다.

⑪ 축열조 설계

• Ice-Ball은 압력용기 및 개방형 탱크에 채울 수 있는데, 압력용기는 지상설치 또는 매설할 수 있으며 일반적으로 강재탱크로 제작된다. 그러나 개방형탱크는 콘크리트 또는 FRP로 제작할 수도 있다.

• 밀폐형 탱크는 가장 소형의 축열조로서 RT-HR당 $0.057\text{m}^3(2\text{ft}^3)$ 의 공간이 소요되며, Ice-Ball의 부력에 따른 여유공간과 상하부 분배배관 헤더가 설치된다. 따라서 실제로 RT-HR당 $0.064\text{m}^3(2.25\text{ft}^3)$ 의 공간을 필요로 하는데, 원통형일 경우 직경은 2~5m로 사용 공간에 따라 여러개로 나누어질 수 있으며, 압력손실 수두는 탱크당 약 2m가 된다.

• Ice-Ball 내의 물이 얼면 움푹 파인 부위가 팽창되는데 이에 따라 증가되는 글리콜용액을 배제시키기 위하여 밀폐식 탱크의 경우는 별도의 수위제어용 팽창탱크가 필요하며 축열조와 멀리 떨어져 있어도 무방하다.

개방형 탱크는 밀폐형 탱크와 비교시 동일 용량에서 더 많은 공간이 소요되는데 이는 제빙시 부피증가가 상부 자유면 전체에 이루어지기 때문이며, Ball의 부력을 방지키 위해 그리드(Grid)가 설치되기도 한다. 이때 소요되는 공간은 RT-HR당 약 $0.078\text{m}^3(2.75\text{ft}^3)$ 정도이다. 축열량은 글리콜용액의 수위변화로 조정하게 된다.

2.3 설계예제(전체축열의 경우)

• 설계를 위하여 아래와 같이 설계조건을 가정한다.

• 설계냉방부하

시 간	냉방부하 (방열부하)	방 열 누 계 (%)
08:00	1,500RT-HR	1,500RT-HR(9%)
09:00	1,250RT-HR	2,750RT-HR(17%)
10:00	1,000RT-HR	3,750RT-HR(23%)
11:00	1,250RT-HR	5,000RT-HR(31%)
12:00	1,500RT-HR	6,500RT-HR(41%)
13:00	2,000RT-HR	8,500RT-HR(53%)
14:00	2,250RT-HR	10,750RT-HR(67%)
15:00	2,000RT-HR	12,750RT-HR(80%)
16:00	1,750RT-HR	14,500RT-HR(91%)
17:00	1,500RT-HR	16,000RT-HR(100%)

- 축열조 입출구온도 : 12℃ → 7℃
- 최대순간부하 : 2,250 RT
- 일최대 부하 : 16,000 RT-HR

① 1단계

• 설계 $LMTD = \frac{(12-7)}{\ln(12/7)} = 9.28$

② 2단계

• 여유를 고려하여 16,000 RT-HR 부하에 90% 계수를 적용하여 축열용량을 추정하면 $16,000 RT-HR \div 0.9 = 17,778 RT-HR$

• 91% 방열시 순간방열곡선에서 방열비율을 찾으면 0.16 RT/RT-HR가 된다. 따라서 순간방열용량 = $0.16 RT/RT-HR \times 17,778 RT-HR = 2,844 RT > 1,500 RT$

• 순간방열용량이 필요한 1,500 RT보다 크므로 균형점을 찾을 때까지 축열용량을 반복 추정하면 용량은 감소될 수 있다.

• 96% 계수를 적용하면 $16,000 RT-HR \div 0.96 = 16,667 RT-HR$

91% 방열시 순간방열곡선에서 방열비율을 찾으면 0.091 RT/RT-HR가 된다.

순간방열용량 = $0.091 RT/RT-HR \times 16,667 RT-HR = 1,517 RT > 1,500 RT$

따라서 축열용량은 16,667 RT-HR로 설계 된다.

• 이는 계속적인 반복추정을 통하여 얻어지며, 최대일부하 16,000 RT-HR와의 차이 667 RT-HR은 축열조의 여유로 냉방에 사용할 수 있으나 방열종단에서 1,500 RT의 순간방열량

을 유지하기 위해서는 사용될 수 없는 경우도 있게 된다.

③ 3단계

• 최대순간부하가 발생하는 14:00시의 경우 67% 방열하였을 때 2,250 RT를 방열할 수 있는지를 확인해야 한다.

• 67% 방열시 순간방열곡선에서 방열비율을 찾으면 0.26 RT/RT-HR가 되므로 순간방열용량 = $0.26 RT/RT-HR \times 16,667 RT-HR = 4,333 RT > 2,250 RT$

따라서 축열용량은 충분하다고 판단된다.

• 80% 방열하였을 경우도 확인하여 본다.

④ 4단계

• 제빙시간을 10시간으로 할 경우 제빙용량은 아래와 같이 계산된다.

$16,667 RT-HR \div 10 HR = 1,667 RT$

⑤ 5단계

• 제빙곡선에서 10시간에 100% 제빙을 완료할 수 있는 최소 LMTD를 찾으면 2.4℃가 된다.

⑥ 6단계

• 냉동기 출구온도를 -4.4℃로 할 때의 LMTD가 2.4℃보다 크도록 입구온도를 설정하면, -1.4℃일 때 LMTD가 2.62℃ 이므로 적합하다.

⑦ 7단계

• -4.4/-1.4℃의 온도조건에서의 1,667 RT 용량의 냉동기를 선정한다.

2.4 자동제어

① 자동제어는 빙축열시스템의 무인운전, 절감비용의 최대화, 최적인전 등을 위하여 무엇보다도 중요하다고 할 수 있다. 그러나 국내는 도입초기로서 운전경험이 거의 없는 관계로 외국의 기술을 도입할 필요도 있으나 국내 실정에 맞도록 전체적으로 수정해야 하므로 장기적으로 볼 때 자체개발하는 것이 바람직하다.

② 주요기능

• 독립적인 제어기능 : 빙축열설비의 운전제어를 독자적으로 각종 센서로부터 입력신호를 수신하여 이를 검토했 및 분석함으로써 종합적

으로 감시제어하며, 프로그램의 변경을 통한 축, 방열의 제어조작변경이 용이하다.

• 무인화운전이 가능 : 1주일간의 Time Schedule 제어가 가능하며 설정값을 임의조정할 수 있고, 정전시 재수전되면 운전프로그램에 의하여 자동으로 기동된다(자동/수동 선택 가능).

• 표시(Display)기능 : 중요한 운전상태 및 설정치를 운전원의 선택에 의하여 디지털표시판으로 검색한다.

• 운전자료 저장기능 : 중요한 운전상태값에 대한 저장기능으로 고장경보(Alarm)시 원인 파악 및 전원 이상시 자료의 손실을 방지한다.

• 축열조에 문제발생시 냉동기의 단독운전이 가능하다.

• 전력요금체계의 변경에 따른 제어방법의 변경이 가능하다.

• 어떠한 자동제어시스템과의 연결할 수 있다.

• 전용 컴퓨터설치시 년중예약운전, 운전상태 그래픽처리, 운전효과분석 및 성능진단, 운전상태값의 저장(년간) 등의 기능을 이용할 수 있다.

• 냉방부하의 예측에 따른 제어는 건물의 표준화 및 기상데이터의 수집, 동적 부하계산의 정확성, 시스템의 운전기술축적 등으로 수년 내 실용화가 가능할 것이다.

2.5 설치 및 운전사례

① Ice-Ball 시스템은 1990년 5월 삼성빌딩(3,880평)에 설치하여 국내최초로 1,000평 이상의 건물에 적용을 하였으며, 90년 하절기 냉방운전을 통하여 성능 및 효과 분석을 함으로써 설계 및 운전, 운영기술을 축적할 수 있었다.

② 경제성 측면에서 볼 때 일반시스템(터보 냉동기 사용)과 비교시 투자비가 66,627천원 더 투자되나 운전비에서는 14,174천원(일반시스템보다 57% 절감)의 절감이 이루어져 단순 투자비 회수기간이 4.7년으로 나타났다. 그러나 이는 기존시설의 교체공사임을 고려할 때 양호한 경제성이라 볼 수 있다.

③ 당초 흡수식 냉동기가 설치되어 있었으나 빙축열시스템 설치로 인한 건물의 에너지 비용의 절감액은 요금고지기준 18,758 천원으로 나타났다. 이는 흡수식대비 설계상 예상절

◎ '89년도

구 분	전 력			가 스			계		
	순 수	회 입	계	순 수	회 입	계	순 수	회 입	계
6 월	10,495	5,246	15,741	3,570	410	3,980	14,065	5,656	19,721
7 월	9,412	3,401	12,813	9,686	746	10,432	19,098	4,147	23,245
8 월	9,721	3,398	13,119	11,634	838	12,472	21,355	4,236	25,591
9 월	8,294	3,263	11,557	3,531	199	3,730	11,825	3,462	15,287
계	37,922	15,308	53,230	28,421	2,193	30,614	66,343	17,501	83,844

◎ '90년도

구 분	전 력			가 스			계		
	순 수	회 입	계	순 수	회 입	계	순 수	회 입	계
6 월	10,305	3,629	13,934	496	211	707	10,801	3,840	14,641
7 월	14,332	3,498	17,830	398	210	608	14,730	3,708	18,438
8 월	13,793	3,555	17,348	433	206	639	14,226	3,761	17,987
9 월	9,947	3,405	13,352	461	207	668	10,408	3,612	14,020
계	48,377	14,087	62,464	1,788	834	2,622	50,165	14,921	65,086

감액 20,944천원과 비교시 2,186천원이 감소하였으나, '89년대비 '90년도 냉방부하의 증가로 인한 요인으로 사료된다.

④ 운전측면에서 볼 때, 축열조 우선방식의 부분축열시스템을 채택함으로써, 축열에너지의 100% 활용하여 운전비용의 절감을 가져왔다. 한전의 심야전력 창출 및 최대전력 감소에 상당히 기여하였으며, 향후 전력요금체계가 세분화될 경우 에너지비용의 최소화가 되도록 프로그램을 쉽게 변경할 수 있는 것이 특징이라 하겠다.

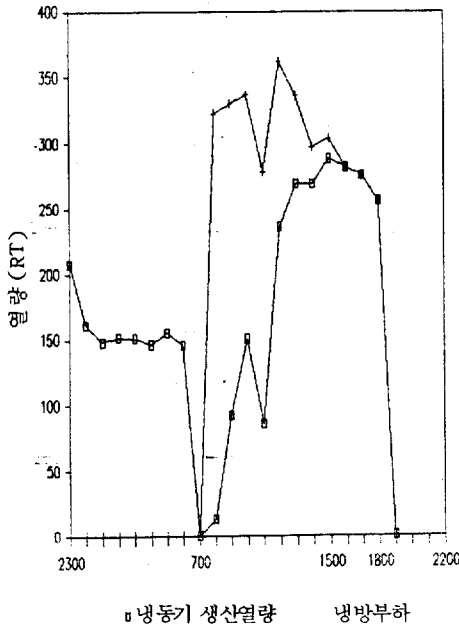


그림 5. 축열과 방열 ('90년 운전사례)

3. 맺 음 말

이상과 같이 빙축열시스템은 국내보급에 있어서 기술적 문제는 거의 없다고 할 수 있으나, 투자효율성 즉 경제성은 다소 미흡하다고 생각된다. 그러나 한전의 지원책 확정으로 보급이 확대될 것으로 예상되지만 건물주나 설계자들의 획기적인 의식전환이 없이는 지체될 경우도 있을 것이다.

기술적인 면에서 보면, 축열조의 국내생산이 조속히 이루어져야 하며 냉동기의 질적인 개선 또한 시급하다 하겠다. 국내 냉동기의 효율이 외국업체의 효율과 비교시 현격한 차이를 나타내 효율적이고 신뢰성 있는 시스템을 구성하기 위해서는 외국제품의 사용도 배제할 수는 없다.

설계측면에서 볼 때, 빙축열 시스템에서의 설계기준은 일최대부하이므로 이의 정확한 설계가 요구되며 이는 초기보급에 있어서 시스템의 신뢰성 확보에 대단히 중요하다고 할 수 있다. 특히 자동제어는 효율적이고 경제적인 운전에 직접적인 영향을 미치므로 세심한 주의가 요망된다.

따라서 본 시스템은 건물주의 적극 도입과 설계 및 시공자의 신뢰성, 한국전력의 적극적인 지원이 향후 전망을 좌우한다고 하겠다.