

# ICE STORAGE SYSTEM

글/백민용 <(주)경원세기 산업기계과 과장>

## 1. 빙축열공조시스템의 현황

1980년대에 들어서면서 우리나라도 선진외국의 경우와 같이 여름철 냉방수요가 급증하는 추세를 보이고 있으며 이에 따라 주야간, 계절간 전력수요의 불균형이 심화되어 하계전력공급 대책에 심각한 압력이 가해지고 있다. 1987년 이후 전력소비증가율은 매년 15% 정도까지 급격한 상승을 보이고 있다. 또 전력공급측면에서는 원자력발전의 비중(연간 공급전력의 약 50%)이 높아지면서 부하변동에 대한 용량조절의 탄력성이 낮아져서 발전설비의 부하율은 급격히 악화되고 있는 것이다. 아울러 환경문제로 인한 발전소의 입지선정이 갈수록 어려워지면서 발전소 건설계획에 차질을 빚게되어 전력예비율의 부족이 심각한 형편이며 이에 따라 곧 전력의 제한공급이라는 비상대책이 강구되어야 할 정도에 이르고 있다.

이를 해결하기 위해서 한국전력공사에서는 최근 미국, 일본 등 기술선진국에서 각광을 받고 있는 빙축열공조시스템을 도입·보급하여 냉방용 전력수요에 의한 PEAK 부하의 경감으로 전력수요의 불균형을 해소하기 위해 노력하고 있다.

축열공조시스템의 도입에 의해 전력부하의 PEAK를 삭감할 수 있다면 이것은 국가적으로 발전설비의 효율적 운용에 따른 많은 이익을 가져다 줄 수 있으며 발전설비의 건설수요를 억제함으로써 국민의 세금으로 충당되는 막대한 투자재원을 보다 유용하게 활용할 수 있는 것이다. 또 수용가는 계절별·시간대별 전력수요의 조정이나 PEAK CUT에 의해 설비기기의 용량을 대폭 삭감할 수 있으며 심야의 값싼 잉여전력을 이용함으로써 상당한 에너지 비용을 절감할 수 있는 것이다.

그러나 빙축열공조시스템의 설치운용에 있어서는

- 1) 축열조 설치에 따른 소요 SPACE와 초기투자비가 증가하고
- 2) 운전시간의 장기화에 따른 관리인건비가 증가하며

3) 심야운전에 따른 환경대책(진동, 소음방지)이 필요하다.

등의 단점이 있다.

따라서 현재까지의 여건으로는 빙축열공조시스템이 경제성은 낮은 편이다. (경우에 따라 달라지겠지만 대개 4~7년 정도로 추정됨)

미국의 경우에는 각 지역별 전력공급회사가 이러한 빙축열설비의 채택을 권장하기 위해서 INCENTIVE 제도(PEAK CUT 효과로 인한 전력회사의 발전설비 건설비 절감분을 빙축열시스템을 채택하는 수용가에게 무상으로 지원함으로써 축열조 설치로 인한 초기투자비 증가를 일부 보전하는 제도)를 적극 시행하고 있으며 또 심야전력요금도 주간전력요금에 비해 1/4~1/3 정도로 상당히 낮게 책정하고 있는 경우가 많다.

우리나라의 빙축열공조시스템은 1987년 KAIST의 김영인 박사(현 생산기술연구원)에 의해 국책연구과제로 PROTOTYPE의 개발이 시작되었으며 1989년 최초로 강남구 신사동소재 정원빌딩과 논현동 천주교 성당에 상업적으로 설치되어 운전되고 있다.

1990년에는 6개소의 한전사옥(지점) 건물에 관련업체로부터 약 9~12억원 정도가 투자되어 빙축열시스템의 실증시험설비가 설치, 시범가동되었으며 1991년도에 건설예정인 한전의 각 지점은 모두 빙축열설비를 도입하기로 결정되었다. 이와 함께 일반상업용 신축건물에 있어서도 빙축열설비의 채택이 확산되고 있는 추세이며 현재 한전에서도 빙축열설비의 경제성 제고를 위한 정책지원으로서 전력부하 이동에 대한 지원금제도의 실시와 심야전력요금 제도의 조정을 검토중에 있다.

## 2. 빙축열 실증시험설비 소개

### 2-1 개요

- 1) 건물명 : 한국전력공사 B지점 사옥
- 2) 건물면적
  - 연 면 적 ≍ 940평
  - 냉방면적 ≍ 770평

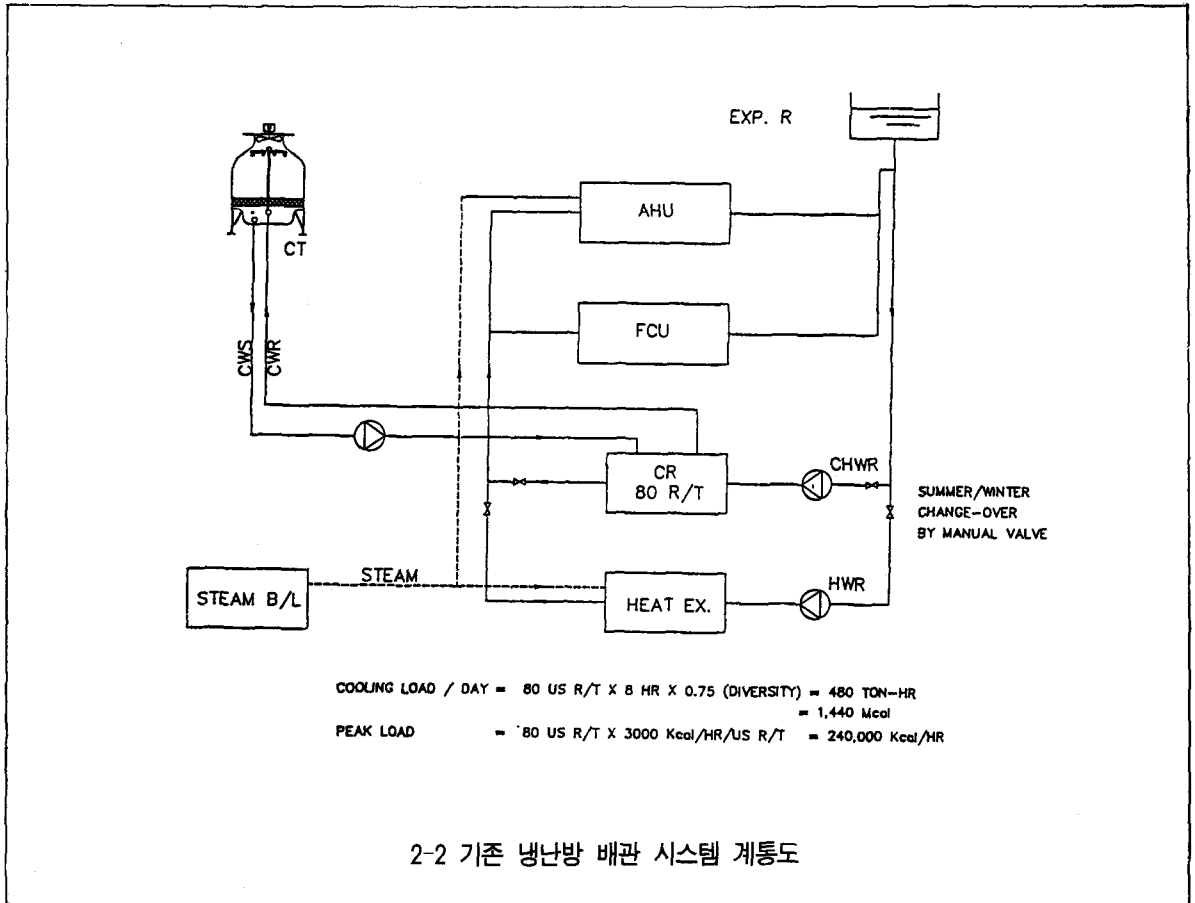
3) 기존공조장비

- (1) 냉동기 : 왕복동식 80HP  
(40HP×2CYCLE) ..... 1대
  - (2) 냉각탑 : FRP제 대향류형 80R/T ..... 1대
  - (3) 공기조화기 : 400CMM ..... 1대
  - (4) 웬코일유닛 : 각종 ..... 54대
  - (5) 보일러 : SYSTEM 관류식  
1, 2TON/HR ..... 1대
  - (6) 온수열교환기 : 20, 000Kcal/HR ..... 1대
  - (7) 바닥판넬 : 24HR ZONE  
난방용 (온수보일러) ..... 1대
  - (8) 패키지 에어컨 : 10R/T (강당, 회의실) 1대  
2R/T (통신실) ..... 1대
  - (9) 룸형에어콘 : (당직실, 수리반실) ..... 2대
- 4) 축열방식

- 운전시간 : 심야(23 : 00~07 : 00) 8시간
- 축 열 량 : 부분부하 축열용량 PEAK DAY  
LOAD 50% 이상

5) 실증시험장비

- (1) 냉동기 : 공냉식 SCREW 냉동기  
50HP (저온 및 상온용) ..... 1대
- (2) 빙축열조 : (미)FAFICO ICESTOR  
400TON/HR (관외착빙형) ... 1대
- (3) 판형열교환기 : 240, 000Kcal/HR ..... 1대
- (4) 브라인펌프 : 15HP (MECHANICAL  
SEAL 장착) ..... 1대
- (5) 냉수펌프 : 기존 10HP 활용 ..... 1대
- 공기조화기 : 기존운전방식
- 웬코일유닛 : 기존운전방식

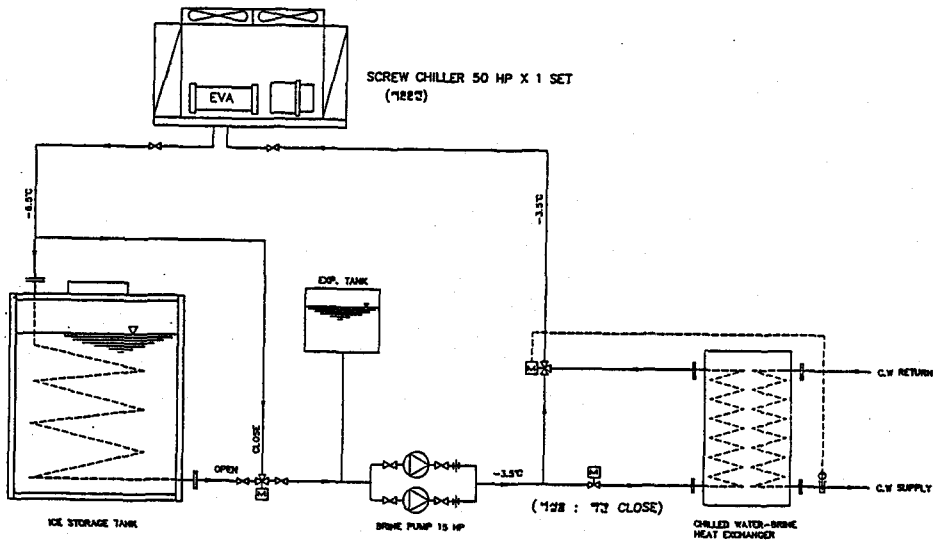


빙축열시스템

빙축열시스템 공사사례(1)

2-3 ICE STORAGE SYSTEM (한전 B 지점)

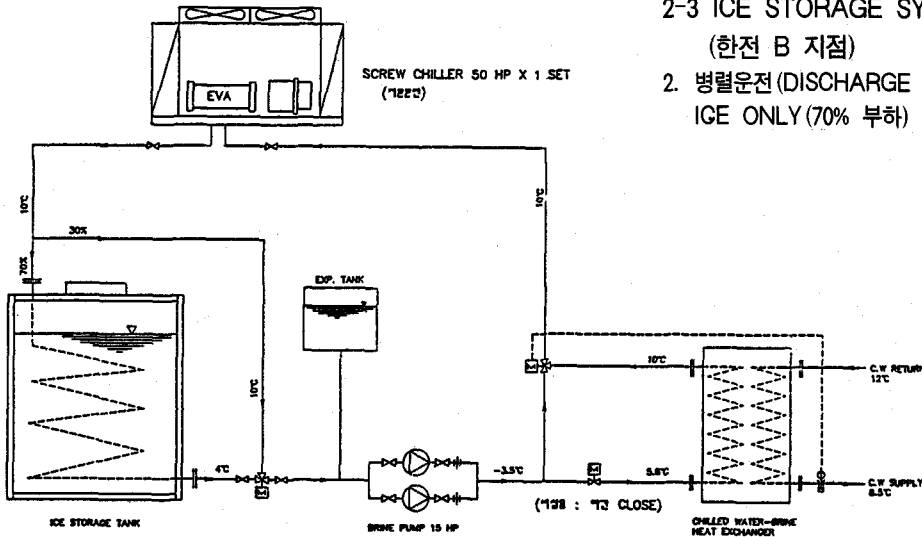
1. 제빙운전 (CHARGING CYCLE)



FLOW DIAGRAM

2-3 ICE STORAGE SYSTEM (한전 B 지점)

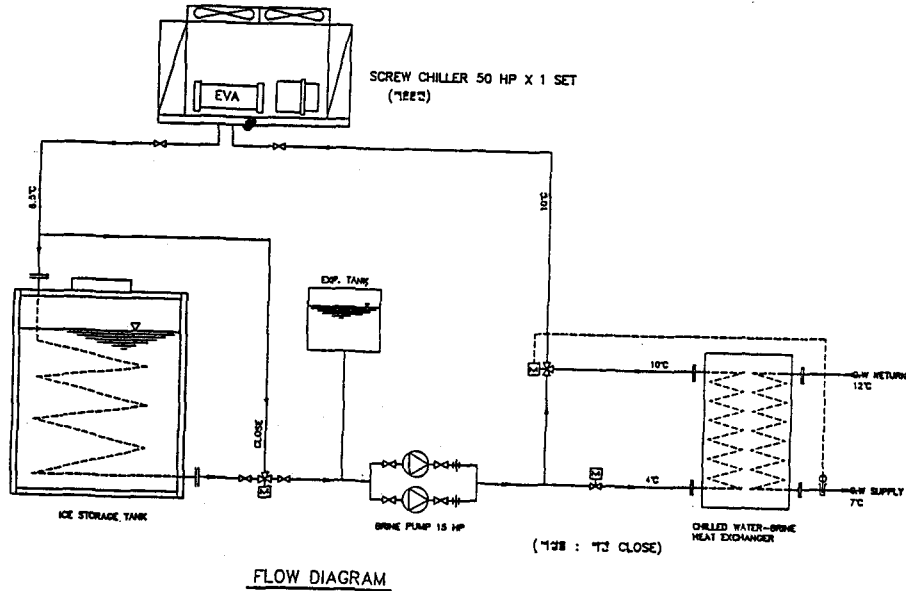
2. 병렬운전 (DISCHARGE CYCLE)  
ICE ONLY (70% 부하)



FLOW DIAGRAM

## 2-3 ICE STORAGE SYSTEM (한전 B 지점)

## 3. 병렬운전 (DISCHARGE CYCLE) PARALLEL OPERATION (냉동기+ICE 병렬운전)



냉동기 운전 MODE 를 '이전운전' 으로 전환

아간송 MV CLOSE  
CONTROL 송 MV FULL OPEN  
냉동기 운전 개시

ICE STORAGE TANK LEVEL 상승  
혹은  
BRINE 온도 강하

축열완료

냉동기 운전 정지 및 LOCKING

냉동기 계속 운전

냉동기 운전 MODE 를 '주간운전' 으로 전환

아간송 MV OPEN  
CONTROL 송 MV 는 온도에 따라 비례제어  
냉동기 운전 개시

외적 운전 발생 확인

1) 예외운전 (ICE ONLY)

SYSTEM 운전을 하면서  
온도상태에 따라  
예외할 조절 운전

동화확인

YES

NO

2) 냉동기 운전 정지 (SHUTDOWN)

PEAK TIME  
(13:00-16:00)

3) 병렬운전 (PARALLEL OPERATION)

SYSTEM 운전을 하면서  
냉동기 온도와 해빙량을  
불시 제어

부하여부

YES

NO

### 2-4

1) 축열운전

2) 방열운전

3) 운전정지

- 전체 SYSTEM의 SHUTDOWN

# 빙축열시스템

## 빙축열시스템 시공사례(1)

### 2-5 경제성검토(1)

#### 가. 장비비교

장비구분	일반방식 A) (입력)	빙축열방식 (입력)
1) 냉동기	왕복동식 80R/T (수냉식, 60kw)	SCREW 50R/T (공냉식, 37.5kw)
2) 냉각탑	80R/T 2.2KW	-
3) 축열조	-	400TON×1
4) 열교환기	-	240,000KCAL/HR
5) 브라인펌프	-	보류트 7.5KW M, SEALING
6) 냉각수펌프	1040LPM 23M 11KW	-
7) 냉수펌프	800LPM 23M 7.5KW	800LPM 23M 7.5KW
최대전력(KW)	101.5	73.7
계약전력(KW)	102	74

### 2-5 경제성검토(2)

#### 가. 장비비교

장비구분	일반방식 B) (입력)	빙축열방식 (입력)
1) 냉동기	SCREW 80R/T (공냉식, 60kw)	SCREW 50R/T (공냉식, 37.5kw)
2) 냉각탑	-	-
3) 축열조	-	400TON×1
4) 열교환기	-	240,000KCAL/HR
5) 브라인펌프	-	보류트 7.5KW M, SEALING
6) 냉각수펌프	-	-
7) 냉수펌프	800LPM 23M 7.5KW	800LPM 23M 7.5KW
최대전력(KW)	99.8	73.7
계약전력(KW)	100	74

#### 나. 투자비 회수기간

구분	일반방식 A)	빙축열방식
1) 초기투자비	48,879,000	70,039,000
2) 추가비용	21,160,000	-
3) 연간운전비	7,508,166	2,909,687
4) 연간절감액	(4,598,479)	
투자회수기간 (YEAR)	$\frac{\text{추가비용}}{\text{연간절감액}} = 4.6$	

#### 나. 투자비 회수기간

구분	일반방식 B)	빙축열방식
1) 초기투자비	43,770,000	70,039,000
2) 추가비용	26,269,000	-
3) 연간운전비	7,390,049	2,909,687
4) 연간절감액	(4,480,362)	
투자회수기간 (YEAR)	$\frac{\text{추가비용}}{\text{연간절감액}} = 5.86$	

#### 다. 초기 투자비 산출내역

구분	일반방식 A)	빙축열방식	비고
1) 냉동기	20,196,000	18,172,000	
2) 냉각탑	2,040,000	-	
3) 축열조	-	24,840,000	
4) 열교환기	-	6,400,000	
5) 냉각수펌프	850,000×2=1,700,000	-	1대S, B
6) 브라인펌프	-	850,000×2=1,700,000	1대S, B
7) 냉수펌프	750,000×2=1,500,000	750,000×2=1,500,000	1대S, B
8) 설비공사	15,000,000	5,000,000	
9) 자동제어	4,000,000	6,060,000	
10) 전기공사			
11) 기타	4,443,000	6,367,000	
합계	₩48,879,000	₩70,039,000	

#### 다. 초기 투자비 산출내역

구분	일반방식 B)	빙축열방식	비고
1) 냉동기	28,270,000	18,172,000	
2) 냉각탑	-	-	
3) 축열조	-	24,840,000	
4) 열교환기	-	6,400,000	
5) 냉각수펌프	-	-	1대S, B
6) 브라인펌프	-	850,000×2=1,700,000	1대S, B
7) 냉수펌프	750,000×2=1,500,000	750,000×2=1,500,000	1대S, B
8) 설비공사	5,000,000	5,000,000	
9) 자동제어	5,000,000	6,060,000	
10) 전기공사			
11) 기타	4,000,000	6,367,000	
합계	₩43,770,000	₩70,039,000	

### (3) 전력 사용량 집계

월 별	일 반 형		빙 축 형	
	A) 방식	B) 방식	주간	심 야
1. 최대전력	101.5KW	99.8KW	73.7KW	
2. 계약전력	102KW	100KW	74KW	
3. 사용전력				
6월	9,791KW	9,956KW	1,474KW	14,740KW
7월	15,149KW	14,895KW	7,739KW	14,740KW
8월	15,225KW	14,970KW	7,923KW	14,740KW
9월	6,826KW	6,712KW	-	12,898KW
4. 사용계	46,919KW	46,533KW	17,136KW	57,118KW

### (4) 연간 운전비 산출

항 목	일 반 형		빙 축 형
	A) 방식	B) 방식	
1. 기본 요금	102×4,045 ×12=₩4, 951,080	100×4,045 ×12=₩4, 854,000	$6\text{월} = 74 \times \frac{1,474}{(1,474 + 14,740)} \times 4,045$ $= ₩27,212$ $7\text{월} = 74 \times \frac{7,739}{(7,739 + 14,740)} \times 4,045$ $= ₩103,052$ $8\text{월} = 74 \times \frac{7,923}{(7,923 + 14,740)} \times 4,045$ $= ₩104,646$ $9\text{월}$ <p style="text-align: center;">계 ₩234,910</p>
2. 사용 요금	46,919 ×54.5=₩ 2,557,086	46,533 ×54.5=₩ 2,536,049	(주간) 17,136×61.1=₩1,047,010 (심야) 57,118×24.3=₩1,387,967 계 ₩2,434,977
3. 최저요금	-	-	74×400×8개월=₩236,800
4. 총금액	₩7,508,166	₩7,390,049	₩2,909,687
6. 운전비차액	+₩4,598,479	+₩4,480,362	

### 3. 향후 개선해야 할 문제점 및 KWC의 계획

우선 경제성 평가면에서 한전측의 심야전력 수요의 확대 방안의 일환으로 심야전력 운전시간대를 8시간에서 10시간으로 확대적용해야 하며 전력요금 또한 현행 24원 30전/KW에서 15원 이하로 적용토록 해야 경제성이 있으며 기기제작 MAKER의 측면에서는 저렴한 기계를 제작보급 할 수 있도록 해야함은 물론이고

그 효율 또한 운전시간대 별로 심야시간대에는 저온용으로서 주간병열 운전시간대에는 상온용으로 사용되어야 하므로 심야운전기간 동안에는 COP가 상대적으로 상당히 낮아지는 경향이 있으므로 이로인한 냉동기 용량의 증가와 에너지 효율저하 방지대책이 마련되어야 할 것이다.

상기의 문제점에 대하여 MAKER측면에서 폐사에서는 냉동기의 효율이 좋도록 하기 위하여 스웨덴의 SRM사의 기술을 도입하여 SCREW 압축기를 개발 완료하여 시판중에 있으며 이 SCREW 압축기는 종래의 왕복동 압축기에 비하여 그 효율이 10~15% 증가하였고 빙축열운전시의 낮은 온도에서도 높은 효율을 유지할 수 있게 되었음은 물론이고 앞으로 수요확대에 따른 생산원가의 절감으로 수입품에 비하여 상당히 저렴한 가격으로 공급할 수 있게 되었다.

빙축열조는 현재로서는 미국에서 생산되는 FAFCO사의 폴리뷰브제의 축열조를 수입판매하고 있으나 장차 이또한 수요가 늘어나면 국산화하여 저렴한 가격으로 공급될 수 있도록 할 예정임.

자동제어방식은 MICRO PROCESSOR를 이용한 무인자동화 운전방식을 개발중에 있으며 부하예측에 의한 최적화 운전을 가능토록 할 예정이다.