

# 深夜電力 利用機器

한 기 훈

韓電 營業處 營業開發部 課長

## 1. 序 論

深夜電力 이용은 하루 중에 필요한 에너지를 23시부터 익일 07시까지 8시간의 심야시간대의 電氣로 이용하는 방법이다. 따라서 심야전력의 이용기술은 에너지 저장방법에 있다고 할 수 있다.

에너지 저장방법을 유형별로 보면 열저장, 기계적, 화학적 및 전·자기적 저장방법으로 대별할 수 있는데, 열저장방법은 물이나 돌 등에 축열하는 현열이용 방법과 얼음이나 염화칼슘 등의 相變化(Phase Change)현상을 이용한 潛熱 축열방법이 있으며 기계적 저장방법은 위치 에너지, 운동 에너지, 압축 에너지 등을 이용하는 방법이고 전·자기적 저장방법은 배터리 충전과 초전도체의 예가 있다.

심야전력을 이용한 열저장방법은 비축열방식에 비해 우수한 특성을 갖고 있어 다양한 형태

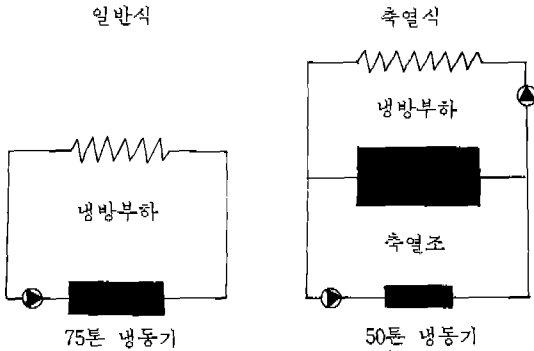
가 상품화되어 현재 난방, 온수, 냉방 등에 활용되고 있다. 난방에는 축열식 전기 보일러, 온풍기, 바닥축열방식 등이 있으며 온수에는 축열식 전기온수기와 차끓이기, 그리고 냉방에는 수축열, 빙축열, 잠열축열 시스템이 있다.

이러한 축열방식을 이용한 기기들을 설명한다.

## 2. 蓄冷 시스템

蓄熱 시스템(Thermal Storage System)을 간략히 설명하자면 이제까지 써오던 냉·난방기와 같이 보일러나 냉동기(킬러)에 의해 만들어진 熱이나 冷氣를 공급통로(Duct, Fan Coil Unit 등)로 그 즉시 방출하는 방식과는 달리 일정시간(주로 야간)에 생성한 熱(또는 冷)을 저장하였다가 냉·난방이 필요한 시간대에 利用하는 방식을 의미한다.

개념적으로 볼 때 일반식 냉·난방 시스템에



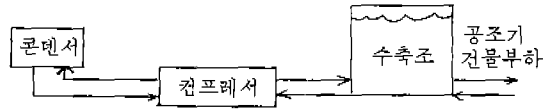
〈그림 1〉 일반식과 축열식(난방)시스템 구조 및 냉동기용량 비교

열을 저장하는 蓄熱槽(Storage Tank)가 추가 설치되는 것으로 보아도 무방하다(그림 1). 따라서 이 축열 시스템은 현재 국내에서 이용할 경우 그 열원기기의 용량도 축소될 수 있는 등 설치비면에서 큰 이득을 얻을 수 있다. 이 축열 과정을 위해서는 熱이나 冷을 저장·축적할 수 있는 축열매체가 필요하다. 이 축열매체에는 우선 단순한 온도차를 이용한 顯熱방식의 물(水)을 들 수 있는데, 무엇보다 가장 만들기 쉽고 구하는 데 돈이 들지 않는 얼음이 현재 가장 많이 쓰이는 매체이다. 그러면 축열 시스템의 종류를 축열매체에 따라 구분하면 다음과 같다.

#### 가. 水蓄熱方式(Chilled Water Storage)

건물 지하나 일정장소에 수축조를 두어 이곳에 건물부하에 맞는 용량만큼 물을 저장하여 이 물의 온도차에 의해 熱을 생성케 하는 시스템으로, 건물공조용 축냉 시스템으로는 빙축열 시스템 보다 앞서 개발되었다.

그림 2에서 보는 바와 같이 냉방이 필요한 시기가 오면 수축조에 저장된 冷水를 펌프로 공조기 부분으로 보내 냉풍을 공급한 뒤 다시 수축조로 되돌아 오게 되며 이때 공급수와 循環水의



〈그림 2〉 수축열 시스템 개념도

온도차는 통상 15~20℃ 정도가 된다.

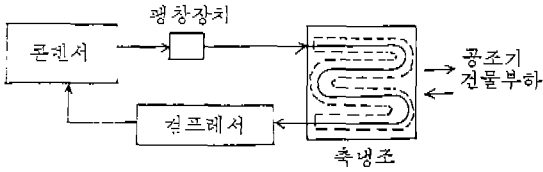
수축조는 보통 철근 콘크리트조로 만들게 되며 물 1g당 8 cal의 熱을 이용하기 때문에 평상적인 건물의 경우 수축조의 크기가 매우 커지게 되어 건물의 地下室이나 외부에 설치해야 한다.

수축열방식은 우선 매체로서 값싸고 흔한 물을 사용하는 등 그 구조가 매우 간단하고 온수축열, 즉 난방방식으로도 이용할 수 있는 장점이 있으나 방금 지적한대로 축열조의 설치면적이 많이 필요하고 시공상 防水와 斷熱부분의 완벽을 요하며 축열조의 표면적이 커서 열손실이 많아지는 문제점들을 가지고 있다.

또한 가장 핵심적인 사항으로 수축조내의 더운물(순환수)과 찬물(공급수)의 혼합에 의한 에너지 효율성 문제를 들 수 있는데, 이것은 근간 디퓨저(Diffuser)와 같은 撤水장치나 多段式으로 된 수축조 설치 등의 방법으로 많이 해결해 나가고 있다.

#### 나. 氷蓄熱方式(Ice Storage)

현재 축냉 시스템의 대부분을 차지하고 있는 것이 축열매체를 얼음으로 사용하는 빙축열방식이다. 물리학적으로 얼음이 물보다 유리한 것은 單位體積當 이용열량의 차이(12배)에서도 금방 알 수 있으며, 이에 따라 축열조의 크기를 수축조에 비해 약 30% 정도로 줄일 수 있어 설치공간적인 면에서 큰 이득을 얻게 된다. 특히 이 점은 건물공간이 밀집된 국내실정에 비추어 대단



〈그림 3〉 빙축열 시스템 개념도

히 매력적인 포인트가 될 것이다. 빙축열은 이 밖에도 냉동기 및 부속기기의 용량축소에 따른 투자비 절감, 저온용 냉동기 및 자동제어반 사용에 따른 고효율 운전 등의利點이 있다.

빙축열 시스템에서 축열조내에 얼음을 만드는 방법은 여러가지가 있는데 그중 대표적인 유형으로는 물이나 2차냉매(브라인)가 가득찬 槽내에 많은 단으로 구성된 코일들을 설치해서 이를 통한 冷氣로 코일 표면에 얼음을 형성하는 방법 등을 들 수 있다.

그림3은 일반적인 빙축열 시스템의 개념도이다.

#### 다. 潛熱蓄熱方式(PCM Storage)

이 방식은 相變化(Phase Change)를 일으키는 특수물질을 사용해서 열을 모으는 것으로, 보통 축열시에는 共融鹽(Eutectic Salt)이라는 것을 사용하게 된다. 이 물질들은 얼음보다 높은 온도에서 녹을 수 있는 성질을 보유하고 있기 때문에 효율면에서 수·빙축 시스템에 비해 월등하지만 외국에서도 아직 많은 제품이 개발단계이고 축열재의 가격이 높기 때문에 경제성 및 신뢰성면에서 이에 미치지 못하고 있다. 그러나 이 방식은 그 장래성이 매우 높기 때문에 빙축열에 이은 새로운 축열방식으로 인정되리라 확신한다.

### 3. 蓄熱 시스템

#### 가. 蓄熱式 電氣溫水器

#### (1) 概要

더운 물이 상부에, 차가운 물이 아래에 위치하는 물의 온도차에 의한 층화현상과 급수측과 출수측의 壓力差에 의하여 냉수가 들어간 만큼 온수가 밀려 나오는 현상을 이용하여 심야시간에 일일 필요한 溫水를 생산 저장, 기타시간에 사용하는 형식으로서 85년11월 보급시작 이후 '90년 9월까지 53,000대에 이르는 급격한 보급 성장추세를 나타내고 있다. 비난방철 보일러 정지시기에 溫水만을 편리하고 값싸게 쓸 수 있다는 장점을 이용하여 난방용 보일러 또는 기타 기기로 하고 電氣溫水器를 별도로 설치하는 경우가 많다.

공업진흥청의 전기용품안전관리법에 의한 型式승인(전)을 통하여 품질관리를 기하고 있다(電氣溫水器 보급현황 표1 참조).

#### (2) 特徵

(가) 속응력이 있다.

① 심야시간에 일정량의 온수를 생산, 저장해 두었기 때문에 필요시 밸브만 열면 즉시 온수가 나온다.

② 순간식 전기온수기와 가스, 기름 보일러의 급탕장치식 온수기보다 순간적으로는 많은 온수가 출수될 수 있다.

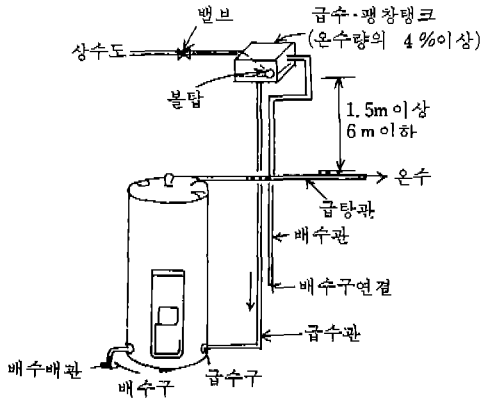
(나) 熱效率이 좋다.

길게 세워진 保溫이 잘된 통에 온수가 저장되어 냉수가 들어간 만큼 온수가 나오며 층화현상(더운 물이 상부에 위치)으로 서로 섞이지 않는다. 온수사용을 위해 보일러 전체를 가동하지 않

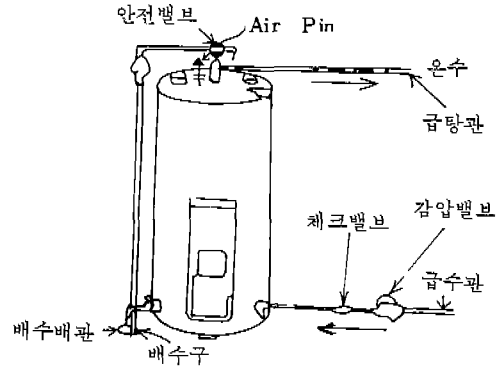
〈표 1〉 전기온수기 연도별 보급현황

연도	'86	'87	'88	'89	'90. 9	계
대수	860	8,623	17,530	16,016	10,308	53,337

(가) 급수·팽창 탱크 이용

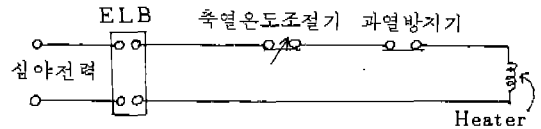


(나) 상수도 직수 이용



〈그림 4〉 표준배관도

아도 되므로 버너의 빈번한 가동과 정지가 필요 없으며 물속에 잠긴 전기발열체(Sheath Heater)에 의해 온수를 생산한다. 또한 화염의 연소작용에 의한 發熱이 아닌 전기발열이므로 열효율이 좋다.



〈그림 5〉 온수기 전기회로

(3) 표준배관도 (그림 4 참조)

(4) 온수기 전기회로 (그림 5 참조)

나. 蓄熱式 電氣 차끓이기

(1) 概 要

전기온수기와 비슷한 모양과 구조로 되어 있으며 심야전력으로 물을 끓여 보온된 용기에 보관하였다가 기타시간에 이용하는 기기로서 '90년 9월까지 8,400대가 보급되었으며 주된 용도로는 학교, 병원, 요식업소, 체육관, 경기장, 사회복지단체와 같은 多數人의 활동장소에 음료 공급용으로 사용되고 있으며 인스턴트 식품인 컵라면의 온수보급용으로 일부 이용되고 있다. 溫水器와 마찬가지로 공업진흥청의 전기용품 안전관리법에 의한 형식승인(전)을 취득하여 품질관리를 기하고 있다(표 2).

(2) 구조 및 표준설치도 (그림 6 참조)

다. 蓄熱式 電氣 보일러

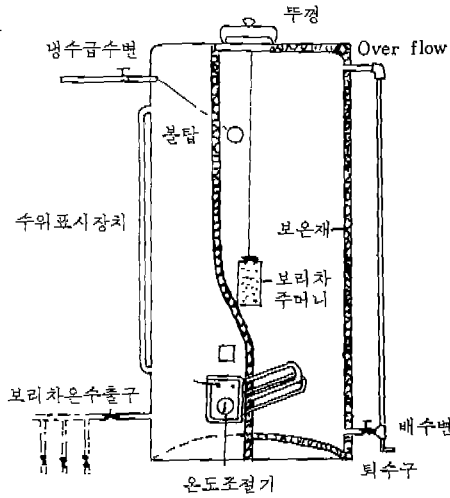
(1) 概 要

축열식 전기 보일러도 심야전력을 이용하여 90℃ 정도의 溫水로 만들어 보온효율이 좋은 축열조에 저장하였다가 필요한 시간에 난방장소로 순환시켜 난방을 하는 기기이다.

축열조를 이용한 난방방식은 순간가열식 난방

〈표 2〉 전기 차끓이기 연도별 보급현황

연 도	'86	'87	'88	'89	'90. 9	계
대 수	116	2,833	3,162	1,704	630	8,445



(그림 6)

방식보다 실내의 온·습도를 일정하게 유지할 수 있으므로 실내의 쾌적을 기할 수 있고 外出時 일시 난방을 중지했다가 歸家時 난방이 필요할 경우 축열조에 고온의 물이 저장되어 있으므로 즉시 난방이 가능하여 속응력이 있고 편리한 점의 장점으로 인해 '86년부터 보급되었으며 '90년 9월 현재 25,000대가 설치, 운전되고 있다.

현재 보급되고 있는 보일러는 수축열방식이 주종을 이루고 있으나 축열조의 부피가 커서 설치공간의 제한과 중량물 운반의 어려움이 있어 부피가 적고 운반과 설치가 용이한 전축열식, 유매체 축열식, 잠열축열식 등의 새로운 기기가 '89년부터 개발, 보급되고 있으나 기기 가격이 비싼 것이 흠이다.

공업진흥청의 전기용품안전관리법과 에너지관리공단의 형식승인 대상기기로 지정되지는 않았으나 신규開發品은 공인기관에서 시험한 결과에 따라 한전에서 축열식 여부를 검토한 후 심야전력 공급절차를 거치고 있다.

## (2) 特 徵

### (가) 속응력이 있다

심야시간에 電氣를 이용, 熱을 생산하여 보온이 잘된 축열조에 저장해 두고 있으므로 보일러가 항상 가동되고 있다고 할 수 있다. 그러므로 난방이 필요할 경우 순환 펌프만 가동되면 즉시 난방이 가능하여 기름, 가스 등의 저장식 순간보일러보다는 5~20분 정도 속응력이 있다.

### (나) 실내 난방온도의 변동폭을 줄일 수 있다

실내온도조절기와 환수온도조절기가 순환펌프와 연계되어 있으므로 난방장소의 온도가 설정온도(20~22℃)에 도달하기 전에도 난방을 마치고 돌아오는 溫水의 온도를 환수온도조절기가 감지하여 40~45℃ 이상의 경우는 순환 펌프를 정지시킴으로써 실내 바닥이 설정온도 이상으로 過熱됨을 방지할 수 있다. 또한 실내온도가 설정온도에 도달할 때까지 순환 펌프를 계속 가동함으로써 순환 펌프 정지후 배관내의 온수 또는 자갈층, 몰탈 등에 높은 온도로 축적된 열이 계속 방열되어 필요없이 실내의 溫度가 상승하는 것을 막을 수 있으며 순환 펌프는 실내온도조절기와 환수온도조절기에서 感知된 온도가 설정치 이하일 경우만 순환되므로 온도변동폭을 줄일 수 있다.

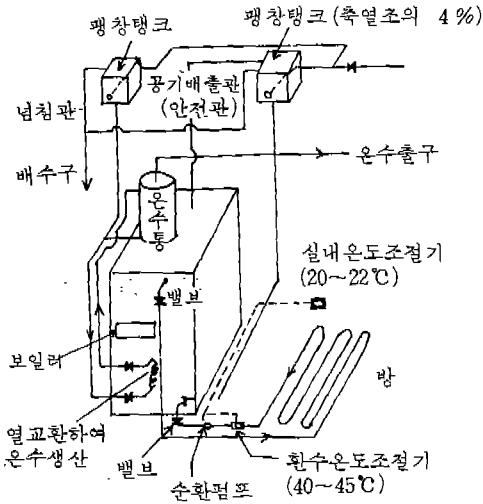
### (다) 온·습도의 변동이 적다

室內의 온도에 따라 습도는 상대적으로 변화한다. 즉, 단려진 실내는 온도가 상승하면 건조해지고 밤에 온도가 낮아지면 습해지기 때문에 온도조절폭을 줄여 일정한 습도를 유지하게 되면 기관지 등 호흡기의 건강에 좋다.

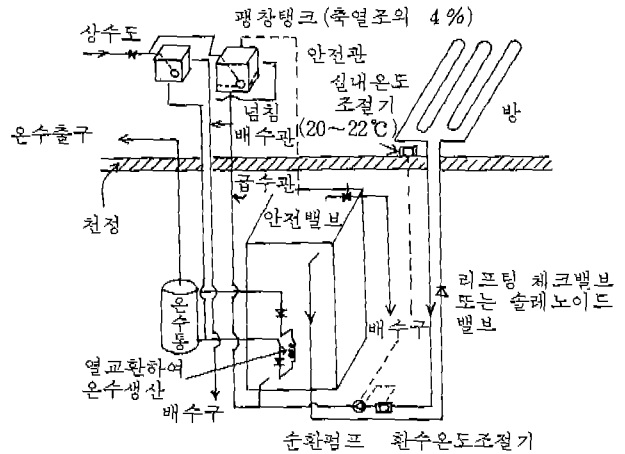
### (라) 쾌적하다

電氣發熱은 연소작용에 의한 것이 아니므로 기름, 가스 등의 연소기기와는 달리 산소를 소모하지 않아 산소결핍현상이 없다. 또한 더움과

(가) 일체형 하향식



(나) 일체형 상향식



<그림 7>

추움이 반복되는 것보다는 생활에 편리한 온도 (20~22°C)와 습도를 항상 일정하게 유지함으로써 쾌적함을 느낄 수 있다.

(마) 연료의 보충 및 준비의 걱정이 없다

동계 난방철에는 심야휴전작업이 없으며 주간 휴전작업 또는 停電時 기름, 가스 등도 버너와 순환 펌프를 운전할 수 없으므로 정전에 대한 걱정은 심야기기가 오히려 적다고 할 수 있다. 기름, 가스, 연탄 등은 사전에 비축하여야 하나 深夜電力은 준비할 필요가 없으며, 사용후 1~2개월 후 전기요금을 납부하면 된다.

(바) 안전하고 청결하며 편리하다

가스 질식이나 폭발에 대한 위험성이 없으며 연돌이 필요없고 그을음이나 재가 발생하지 않는다. 電氣를 이용하므로 원방조작, 자동운전되어 편리하다(순간식 보일러는 온도차를 줄이기 위하여 자동으로 운전율 하게 되면 기동과 정지가 빈번해져서 열손실이 증가하고 기기수명이

단축된다).

(3) 구조 및 표준설치도 (그림 7 참조)

(4) 히터와 축열조의 용량 결정

(가) 일일 필요한 열량을 심야시간대 (23:00~07:00)에 생산, 저장했다가 電力이 공급되지 않는 기타시간대 (07:00~23:00)에 사용하여야 하므로 기기의 용량결정은 중요하다. 年中 최저 또는 최고온도를 기준으로 산정한 필요 용량을 결정하여야 熱源 부족현상이 발생하지 않는다.

(나) 히터가 크게 되면 전력공급이 끝나는 07:00 이전에 기기 電源이 차단되고 차단 후 열 소요량 만큼 재투입되어 전자접촉기 등의 작동이 많아져 기기수명의 단축 또는 必要熱량이 부족하게 된다.

(다) 전기(히터)의 용량은 겨울철 최저 기온을 기준으로 선정하였으므로 최저 기온이 아닌 봄·가을 등의 계절은 히터를 부분적으로 선택 운전할 수 있는 히터 별로 분리회로가 구성된 것이

좋다.

(라) 축열조는 電力이 공급되지 않는 기타시간대 (16시간)의 필요열량에 의해 계산된다. 즉 사무실로서晝間 10시간만 사용한다면 10시간에 해당하는 축열조만 갖추면 된다. 축열조는 클수록 좋지만 보일러의 가격은 축열조의 크기에 의하여 결정되므로 비경제적이 된다.

(마) 용량 산정방법

① 히터 용량

$$kW = \frac{\text{급탕열량 (kcal)} + \text{난방열량 (kcal)}}{860kcal \times 8 \text{ 시간} \times (0.9) \times (0.9)}$$

(여유율 10%, 보온효율 10% 감안)  
 ※ 1 kWh ≃ 860kcal

※ 급탕열량

$$kcal = \text{이용자수} \times 1 \text{인} 1 \text{일} \text{ 급탕소요량 (40L 정도)} \times \text{가열온도 (85}^\circ - 5^\circ)$$

※ 난방열량

$$kcal = \text{난방시간} \times \text{평당시간당 소요열량 (kcal)} \times \text{난방면적 (평)} \times \text{난방부하 지수} \times \text{지역별지수}$$

② 축열조 용량

$$Q = \frac{\text{심야이외난방시간 (16시간이내)의 난방 열량 (kcal)}}{[\text{최고축열 온도 (90}^\circ) - \text{난방가능최저 온도 (45}^\circ)] \times (0.9)}$$

(보온효율 10% 감안)

(바) 난방소요열량 산출기준 및 지수표(표 3 참조)

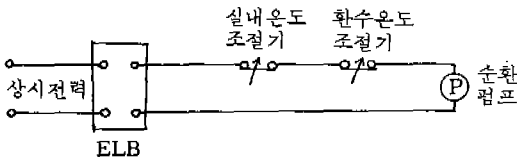
(표 3)

※ 주거용 주택기준

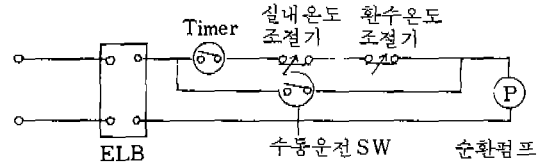
구 분	기 준		
평당 소요열량	단열 건물	222kcal/시간 (84년 이후 준공)	
	비단열 건물	641kcal/시간 (84년 이전 준공)	
난 방 면 적	냉방에 필요한 전용면적을 기준		
1 일 급 탕 량	40L/1인		
난방 부하지수 (건물 위치별)	1번: 1	단독	아파트, 연립, 다세대
	2번: 0.9		
	3번: 0.8		
	4번: 0.85		
	5번: 0.8		
	6번: 0.75		
	7번: 0.7		
	※ 건물위치별 난방부하지수는 천정, 바닥이 서로 접할 때는 10%, 벽이 접할 경우는 5%의 열손실이 적게 발생하는 것으로 봄.		
지 역 별 지 수	1: 경기, 강원, 충남북, 경상북도지역		
	0.8: 전남북, 경상남도지역		
	0.7: 제주도, 남부해안지역		
	1.2: 특히 추운 지역(양평, 춘천 등)		
기준 실내온도	20℃		
기준 외기온도	-10℃ (동계 외기 최저온도)		

(가) 난방회로

○기본회로

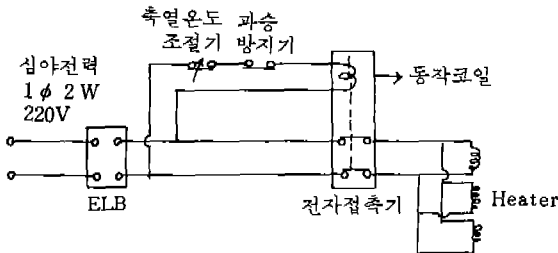


○권장회로

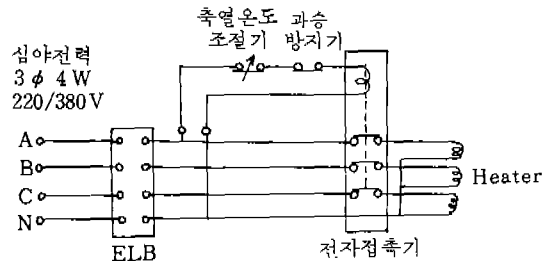


(나) 가열회로

○단상회로



○삼상회로



〈그림 8〉

(5) 보일러 전기회로(그림 8 참조)

라. 바닥蓄熱 暖房方式

(1) 概要

深夜電力을 이용한 교체식 축열방법으로, 우리 고유의 온돌과 같은 바닥난방이 효과적으로 실현될 수 있도록 현대식으로 개량하여 바닥의 溫度를 30℃ 정도로 유지시켜 실내공간을 20℃ 이상이 되도록 하는 足溫頭冷 상태의 난방방식이다.

바닥축열난방방식으로는 크게 온돌과 접구들이 있으며 온돌은 난방이 필요한 장소에 온수 난방판 대신 전열판과 축열 블럭을 설치하여 심야시간에 70~80℃까지 加熱, 축열재에 熱을 축적하였다가 서서히 방열하게 함으로써 床面溫度를 30~40℃로 일정하게 유지하도록 하여 난방

하는 방식이고, 접구들은 전승된 구들의 미비점을 보완하여 蓄熱을 구들의 밑과 위에 독립적인 두 개의 밀폐된 空洞을 형성하여 밀구들 속에 히터를 설치하며 생산된 熱을 밀폐공동속에서 복사, 대류, 전도 및 관류 등으로 보완하여 교체와 기체를 교환해서 熱을 저속도로 전달하며 가열, 축열온도를 회식하고 방열을 반복하여 윗구들 표면에서 균등한 온도로 24시간 방열하는 방법이다.

이러한 바닥축열난방방식은 보일러가 필요없고 난방장소에 직접 加熱되고 축열되므로 열효율을 높일 수 있는 이점이 있으나 가열된 바닥은 자연방열되므로 시간대별 방열량의 조정이 어려운 단점이 있다. 그러므로 24시간 暖房이 필요한 장소에 적합한 방식이며 한번 설치하면 유지보수 또는 별도의 관리가 필요 없으며 잠열축열재를 이용한 온돌방식이 현재 시판중이다.



〈표 4〉 바닥축열 난방방식 연도별 보급현황

연도	'87	'88	'89	'90. 9	계
대수	146	3,107	3,432	2,742	9,427

〈표 5〉 전기온풍기 연도별 보급현황

연도	'86	'87	'88	'89	'90. 9	계
대수	2	0	1,243	3,949	1,967	7,161

일정한 熱을 바닥에서 방열하므로 반드시 규정된 보온재로 단열이 잘된 장소에 설치하여야 한다.

(2) 特 徵

(가) 우리 민족의 고유한 생활습성인 온돌문화에 적합한 足溫頭冷방식이다.

(나) 실내의 바닥에 열을 저장, 방열하므로 항상 따뜻하고 보일러 室이 필요 없으며 조작성이 간편하다.

(다) 보일러와 순환 펌프에서 발생하는 소음이 없다.

(라) 전식축열난방방식이므로 물배관 등이 없어 漏水가 없고 처음 설치시 완벽을 기하면 거의 반영구적이다.

(마) 24시간 난방장소에는 보일러와 달리 직접 가열하므로 電氣損失이 적다.

(바) 기타 축열식기기의 공통된 長點인 쾌적하고 청결하다.

마. 蓄熱式 전기온풍기

(1) 概 要

축열식 전기온풍기는 세라믹 또는 고밀도 철화합벽돌에 600℃ 정도의 고온으로 축열하였다

가 난방장소의 공기를 기기내부로 순환시켜 室內을 난방하는 것으로서, 자연대류식과 강제송풍식으로 분류되며 공간난방기기이다.

蓄熱은 외기온도와 관련, 익일 필요한 열량만큼 축열량을 조정할 수 있으며 放熱은 자연대류식의 경우 기기내부의 공기순환통로에 댐퍼(Damper)를 설치하여 열고 닫힘량을 조절함으로써 실내온도를 유지하고 강제송풍식은 실내온도를 감지하여 팬을 작동시켜 실내의 空氣를 기기내부로 강제순환시킴으로써 실내온도를 적정온도로 유지한다.

난방장소에서 직접 가열, 축열, 방열이 이루어지고 벽에 근접 설치하므로 설치공간이 적으며 電氣配線만이 필요하여 간편하므로 수요가 급증하고 있다. '88년부터 보급이 시작되어 '90년 9월 현재 7,000대가 설치·운전되고 있으며 오피스텔, 제과점, 주택의 거실, 소형 병·의원, 전자기기제조, 정밀기기 조립장소, 소형 사무실 등에 주로 설치된다(표 5).

(2) 特 徵

(가) 거실, 사무실 등 공간난방에 유리하며 복사열에 의하지 않고 공기대류에 의한 것으로 실내 평균온도 유지가 가능하다.

(나) 전식 난방방식이므로 온수배관이 불필요하다.

(다) 연소작용에 의한 發熱이 아닌 전기발열이므로 산소결핍현상이 없고 유독성 가스의 위험성이 없으며 냄새나 재처리가 없어 안전, 청결, 편리하다.

(라) 火焰이 없고 발열부분이 밀폐되어 있으므로 火災의 위험성이 적다.

(마) 창밀의 일부 면적만 차지하므로 적은 공간이 소요된다.

(바) 燃料의 준비가 불필요한 것 등 기타 축열식 기기의 공통된 좋은 점이 있다.