

能動型 太陽熱시스템의 理論과 實際

— 液体供給式 平板型集熱器시스템이 適合 —



金 重 萬

〈工博·솔라에너지(株)〉

1. 서 론

태양열 주택을 그 형태별로 분류해 보면 능동형, 수동형, 두가지 형을 절충한 복합형으로 나눌 수 있다.

그 중에서도 수동형 태양열 주택은 Heating System이라기 보다는 일반 주택이나 빌딩의 일부분으로 볼 수 있으며 여기에 적합한 태양에너지 집열용 지붕이나 벽체를 전문적으로 생산하는 업체가 적기 때문에 아직까지는 대중성이 없고 표준 자료를 산출할 수 있는 자료도 없는 실정이다.

특히 이 논제에서는 시스템이 주제가 되므로 주로 능동형 시스템을 다루기로 하겠다.

능동형 시스템을 세분해 보면 A) 평판형 집열기 및 그 부품, B) 집광형 집열기를 주축으로 사용하는 시스템으로 대별할 수 있다.

이 중에서 후자인 집광형 시스템은 여러가지로 미루어 볼때 주거용 시스템으로는 그다지 적합하다고 볼 수 없기 때문에 주 논제의 범위가 평판형 집열기로 구성되는 시스템으로 좁혀지게 되었다.

평판형 집열기를 주축으로 구성된 시스템에 사용하는 열 전달 매개체는 액체와 기체가 있는데, 액체는 대체적으로 물을 사용하고 기체로

는 공기 자체를 이용하는 것이 통례이며, 이 시스템은 집열 회로와 배송회로의 두 폐쇄회로로서 구성되어 있다.

2. 集熱回路에 따른 分類

우선 집열회로를 기준으로 하여 액체를 열전달 매개체로 하는 회로를 분류 할때 아래와 같은 네가지 대표적인 예를 들 수 있다.

- A) Thermo-Syphon 시스템,
- B) 열교환기를 사용한 부동액 시스템.
- C) Freeze Control을 이용한 시스템.
- D) Auto Drain식 시스템.

A) Thermo-Syphon System (자연순환식)

가장 간단한 시스템으로 저장조와 집열판 사이의 온도차로 부터 일어나는 자연대류를 이용한 순환방식이다. 저장조가 집열판보다 약 30cm 가량 높게 놓여있는 집열판에 들어있는 열 매개체가 저장탱크속의 온도보다 높아지면 저장탱크속의 찬 액체는 집열판으로 내려가고 더운 액체는 집열판으로 부터 저장탱크로 올라가게 되며, 특별한 외부의 큰 변화가 없는 한 이러한 순환은 집열판과 저장탱크의 온도가 동일하여 지면 순환이 정지하게 된다.

이 시스템의 결점으로는 유속 조절이 불가능하며 시스템전체에 미치는 효율이 조금 떨어지

는 것이다.

그리고 집열회로에 열 교환기를 사용할 수 없어서 추운 지방에서 사용할 때는 열 교환기를 배송회로에 부착하여야 하기 때문에 부동액 용량이 많아지는 것을 고려 하여야 한다.

B) 부동액 시스템.

부동액을 열 매개체로 쓰고 열교환기를 이용하여 저장탱크에 에너지를 공급하는 시스템이다.

여기에 사용되는 집열회로는 완전 폐쇄회로이며 이 회로를 구성하는 중요 부분품은 Expansion tank와 축열조에 부착되어 있는 압력변이 외에도Expansion tank위에 압력변이 또 하나 부착되어야 하고 이 시스템의 대표적인 두 가지 단점을 든다면 열 매개체인 부동액이 열 교환기를 거칠때 만약의 경우 탱크내에 유출되면 부동액이 인체에 해가 되므로 문제가 되며, 열 교환기를 이용하여 열을 전달하는 방법이기 때문에 약간의 효율저하(2~4%)를 들 수 있다.

C) Freeze Control을 이용한 시스템.

열 교환기나 부동액은 사용하지 않고 흐르는 물을 이용하여 동파를 방지한다.

집열회로를 살펴보면 집열판으로 부터 열 에너지가 얻어져서 저장탱크에 Plus를 출수 있을 때에는 항상 축열조 윗 부분에 있는 2-Posi-

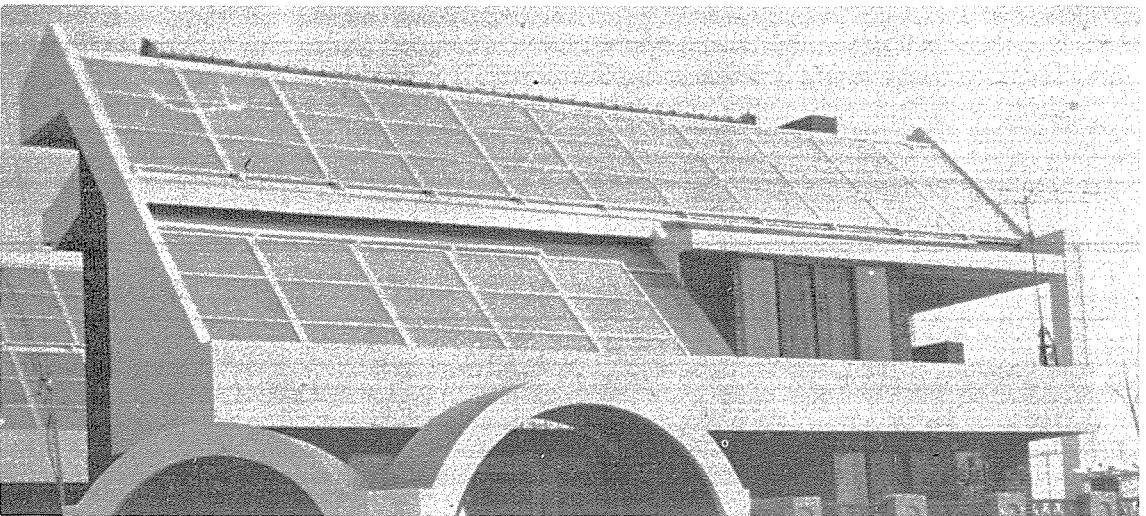
tion three-Way Solenoid Valve가 축열조 로 들어가는 방향으로 전자변이 열려서 축열조와 집열판 사이에는 정상적인 순환회로를 유지하다가 외기의 온도가 0°C 이하로 떨어질 경우에는 solenoid Valve가 저장조 쪽으로는 순환회로를 차단하고 Freeze control 쪽 으로 전자변이 열려 상수도 물이나 지하수를 공급받게 된다. 이때 동파를 방지하는 방법으로 첫째, 상수도의 수압을 이용하여 수도물을 집열판 속으로 흘러 버리는 방법이 있고 둘째, 순환펌프에 의하여 물이 얼지 않을 정도의 유속으로 물을 계속 순환 시키는 방법이 있는데 이 방법의 문제점은 많은 양의 찬물을 저장할 수 있는 저장탱크를 만들어 재 순환시키는 것이다.

이 시스템의 가장 큰 문제점은 solenoid Valve가 핵심역할을 하기 때문에 정전이나 작동에 문제가 생기면 시스템 전체가 파괴되고 또 펌프가 계속 돌아야 하므로 전력손실이 많다.

D) 오토·드레인 시스템.

이 Auto Drain 방법 역시 열 교환기나 부동액을 사용하지 않고 있는 점이 (C)와 동일하며 그 동파 방지책은 Solenoid DumpValve와 End Switch가 달린 Motorized Valve를 이용하는 것이다.

집열판 밑 부분에 붙은 Sensor가 0°C 이하의 자극을 받을때 Motorized Valve는 자동으로



달리기 시작하며 집열판으로 공급되는 물을 막아준다.

이 밸브는 Airinlet Solenoid Valve와 집열판 하단부에 있는 Solenoid dump Valve를 열어 주어 집열판들 속에 들어 있는 물과 외부에 노출되어 있는 파이프 속의 물을 배수시켜 동파를 막는 것이다.

이 시스템의 단점으로는 두 가지를 들수 있는데 그 하나는 외부에 노출된 배관이 비교적 간단하면 이 방법이 가능하나 집열판을 여러장이용한 곳 특히 배관이 지붕 구조상 복잡할 경우 완전 배수가 어려워 부분 동파를 초래할수 있으며 둘째로는 이 방법의 핵심요소가 전기에 의하여 자동으로 움직이는 밸브들이라는 점에서 정전시는 전연 작동이 불가능하여 동파를 면치 못한다는 점이다.

위에서 소개한 네개의 시스템을 용도별로 나누어 본다면 (A)는 주로 온수 급탕용으로 사용하고 (B) (C) (D)는 난방과 온수 급탕을 겸한 용도에 사용하는 것이 적당하다.

3. 排送回路에 따른 분류

다음은 집열회로 뿐 아니라 배송회로를 감안하여 다시 세 종류로 분류할 수가 있다.

- 1) 액체집열 / 액체저장 / 공기배송
- 2) 공기집열 / 고체저장 / 공기배송.
- 3) 액체집열 / 액체저장 / 액체배송.

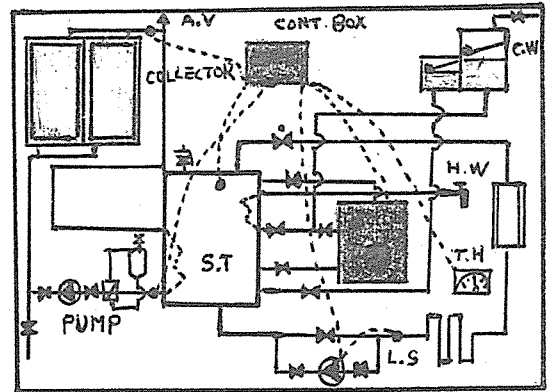
위에서 제시한 세종류의 시스템은 우리나라나 외국에서 실제로 사용하고 있는 기존난방에다 태양에너지를 첨가해서 사용하는 방법들이다.

액체모음 / 액체저장 식은 앞에서 제시한 여러 시스템 어느 것에나 적용하여 사용할 수 가 있으며 외국에서는(특히미국) 일반주택 난방방법이 공기가열 방법이기 때문에 배송회로 에다 열 교환기를 써서 축열조의 온수를 열 교환기로 통과 시키면서 주위에 있는 찬 공기와 열 교환하고 덥혀진 공기는 FAN이나 Damper에 의하여 난방에 사용되며 보조열원 역시 보일러에서 열 교환기로 공기를 덥혀 태양열로부터 얻

은 열과 함께 난방에 사용한다.

공기집열 / 고체저장 / 공기배송 시스템은 액체형 집열기 다음으로 미국에서는 기체를 열매개체로 디자인한 공기식 집열기가 많이 사용되고 있고 기체저장이 액체저장 보다 의외로 넓은 면적을 차지하기 때문에 기체 저장이 불가능하므로 주로 표면적이 넓은 자갈을 이용한 고체 저장법을 사용하고 있으며 경우에 따라서는 고체 저장체로 소금이나 염화칼슘 등의 열전도성질을 이용하여 열을 저장하고 역시 난방방법은 저장조에서 FAN을 작동시켜 Duct를 통해 더운 공기를 배송하는 방법이다.

셋째로는 우리나라에서 가장 적합한 액체 공급식 난방 방법으로 대표적인 시스템을 다음장에서 설명하겠다.



4. 우리나라에 적합한 液体供給式

우리나라 주택의 기존난방과 태양열을 적절히 사용하기 위한 연결상의 문제, 경제성, 실수요자의 복잡한 시스템의 사용에 관한 취약성등을 감안, 액체 공급식이 가장 적합하며 이 시스템을 다시 축열탱크와 보조열원 사이를 연결하는 방법에 따라서 3가지로 분류했다.

① 집열 순환 펌프에 의하여 열전달 매개체인 부동액을 순환 시키며 이 부동액이 집열판을 통과할때 열을 얻어서 순환하다가 축열조에 있는 열 교환기를 거칠때 주위의 찬물과 서로 열을 교환하고 다시 차가워진 부동액은 집열 순환

을 한다.

배송회로는 우선 축열조 내에 있는 열을 사용하는 방법에는 두 가지가 있다.

첫째는, 상수도 불탑을 설치하여 위치압에 의하여 찬물을 축열조에 있는 열 교환기를 통과시켜서 온수 급탕으로 사용하는 방법과 둘째는, 축열조 내에 있는 온수를 직접 난방 순환 펌프에 의하여 난방으로 사용하는 방법이 있으며, 난방 순환 펌프 역시 자동 제어를 시키기 위하여서는, 실내에 Thermo Start와 난방 회수 라인에 Limit Switch를 부착 하여야 한다.

실내의 온도가 실내 Thermo Start조정 온도치 이하로 떨어지면 펌프가 돌고, 이상일때는 돌지 않으며 또한 회수되는 물의 온도가 난방 회수라인에 부착되어 있는 Limit Switch의 조정 온도치 보다 낮을때만 펌프가 돌고 높을때에는 펌프가 멈춰서 순환을 중지시키기 때문에 온수의 방열을 도와준다.

외부의 기온이 내려가서 태양열 만으로는 축열탱크 외부에 부착된 Limit Switch의 조정 온도를 충족 시켜주지 못할때에는 보조 열원이 작동하게 되고 이때 순환 방식은 강제 순환식이 아닌 자연순환이 일어난다.

② 첫째, 상수도 불탑을 설치하여 물의 위치압으로 축열조 내에 있는 열 교환기를 통과시켜 온수 급탕으로 사용하는 방법이 있고 둘째는, 축열조 내의 온수를 직접 난방에 사용하며 난방 순환 펌프의 제어는 실내의 온도가 실내에 장치된 THERMO START의 온도 조정치 이하가 되면 난방 순환 펌프가 작동하여 축열조 내에 있는 온수를 순환 시키게 된다.

이때 온수가 ㉔ 2 - Position Solenoid 변을 통과할 시 Solenoid변 자체에 부착된 Limit Switch의 조정치 이상일때는 온수가 보조 열원을 통과하지 않고 직접 순환되도록 전자변이 열리고 조정치 이하일때는 온수가 보조 열원을 통과하여 순환하도록 전자변이 열려주며 동시에 보조 보일러가 작동한다.

이 시스템 역시 난방회수 라인에 Limit Switch가 부착되어 있어서 회수되는 온수의 온도가

조정치 이하 일때는 난방 순환 펌프가 작동하여 순환되며, 이상 일때는 난방 순환 펌프가 작동하지 않기 때문에 온수의 순환을 정지 시켜주며 일단 난방 순환 펌프를 통과한 온수가 ㉔ 2 - Position Solenoid Valve를 통과할때에 온수의 온도가 축열조 내의 온수 온도보다 높을 때에는 온수를 축열조로 통과시키지 않고 직접 난방으로 재순환 되도록 전자변이 열려주고 낮을 때에는 축열조를 통과하여 순환하도록 전자변이 열려준다.

③ 이 시스템은 배송회로에 두개의 Flow Check Valve와 두개의 난방 순환 펌프를 설치하여야 하며 집열회로는 먼저 두가지와 동일하다.

배송회로는 실내의 온도가 실내에 장치된 Thermo Start 조정치 온도보다 떨어질 경우에는 난방 순환펌프가 작동하여 축열조 내의 온수가 Flow Check Valve을 거쳐서 펌프를 통한 순환을 하며 이때 Thermo Sensor가 축열조내의 온수 온도를 감지하여 일정치 이상이면 순환은 계속 Flow Check Valve을 거치는 순환을 하지만 Sensor가 일정치 이하 온도를 감지하면 보조 보일러가 작동하며 보조 보일러가 작동후 보일러 온도가 일정 온도치에 도달하면 난방 순환 펌프가 작동하므로 온수의 순환회로는 Flow Check Valve와 난방 펌프를 거쳐서 보일러를 거쳐 Flow Check Valve을 통하는 순환이 이루어 진다.

5. 결 론

지금까지 태양열 주택을 형태 별로 능동형 수동형 절충형으로 나누어서 대략 설명을 하였고 그 중에서도 우리나라 실정에 가장 알맞는 능동형을 집열회로와 배송회로의 조합에 따라서 설명을 하였다.

앞으로는 시스템 전체의 효율을 좌우하는 집열회로와 배송회로의 기술개발과 회로들의 적절한 조합은 물론 회로를 구성하고 있는 각 부분품의 품질 향상과 완전 국산화를 서둘러야 하며 이를 위해서는 정부의 적극적인 지원이 필요하다.