

태양열 난방 일체형 복합시스템의 축열조 효율개선에 관한연구

류 남진¹⁾, 고 광수²⁾, 한 유리³⁾, 박 윤철⁴⁾

The Study on Efficiency Improvement of Thermal Storage Tank for Solar Combined Heating System

Nam-jin Lyu, Kwang-soo Ko, Yuri Han, Youn Cheol Park

Key words : Thermal Storage Tank(축열조), Degree of Stratification(성층도), Discharge Mode(방열운전), Charging Mode(축열운전)

Abstract : This study is conducted to improve efficiency of thermal storage tank. The thermal storage tank was designed to store heat energy that obtained from solar or the others heat sources. However, it has difficulties in storing heat with uniform temperature through the entire tank with respect to vertical direction. This kind of maldistribution of the supplied heat to the storage tank effects on the system performance. In this study is focused on utilization of the thermal stratification to improve thermal comfort for people in the house. To enhance temperature stratification of the tank, a distributor was designed and installed in the middle of the tank. The distributor is supplies hottest water to the top side of the tank which is very close to inlet of the supply line to the heating load. The hottest water that is accumulated on top side of the tank is firstly supplied to the load with higher temperature. Remainder water takes a little time to warming up until desired supply temperature reached. This kind alternating selection of the supply temperature is improve thermal comfort with moderated system performance.

1. 서론

우리나라는 불안정한 국제유가와 화석에너지 자원의 고갈에 대한 대응책으로 대체에너지에 대한 연구 및 실용·보급화에 힘쓰고 있다. 그러나 대부분의 대체에너지는 수요와 공급의 불일치로 인하여 생산된 에너지를 일시적으로 저장하는 매체가 필요하다.

특히 태양열을 이용하는 에너지시스템의 경우에는 에너지의 수요와 공급이 시간적으로 일정하지 않기 때문에 축열조를 설치하여 태양으로부터 획득한 에너지를 열에너지 형태로 저장한 후 이를 필요로 할 때마다 쓸 수 있게 하여 열에너지의 수요와 공급에 따른 제약을 줄일 수 있게 하였다. 또한 재생에너지의 개념이 부각되면서 폐열에 대한 미활용에너지의 사용이 대두되고 있는데 폐열은 대부분 에너지 밀도가 낮으므로 폐열을 회수

하여 축열조내에서 보조열원 등을 사용하여 필요한 온도만큼 가온하여 사용하고 있다.

이러한 축열조에 있어서 축열된 에너지를 효율적으로 사용하기 위해서는 축열조 내의 물의 온도가 성층화 되는 것이 유리하다. 축열조내의 물의 온도가 축열조 수직방향으로 갈수록 경우는 전체 축열조의 물이 부하측에서 사용가능한 온도로

-
- 1) (주) 강남
E-mail : ocynus@hanmail.net
Tel : (055)250-5440 Fax : (055)252-7399
 - 2) 제주대학교 일반대학원 기계공학과
E-mail : gongvil@msn.com
Tel : (064)754-3620 Fax : (064)756-3886
 - 3) 제주대학교 일반대학원 기계공학과
E-mail : chujac@paran.com
Tel : (064)754-3620 Fax : (064)756-3886
 - 4) 제주대학교 기계에너지시스템공학부
E-mail : ycpark@cheju.ac.kr
Tel : (064)754-3626 Fax : (064)756-3886

유지 된다는 것이다. 하지만 부하가 발생하더라도 순간적으로 축열조 내의 물을 모두 사용하는 것이 아니기 때문에 축열조의 온도를 사용가능한 온도로 유지하기 위해서는 축열 시간이 오래 걸릴 뿐만 아니라 다른 보조에너지의 사용도 많아 지기 된다.

따라서 축열조내의 온도 성층화를 이루도록 하는 기술이 축열에너지의 효율적 이용에 중요한 요인 중의 하나이다. 축열조내의 물의 온도 성층화를 저해하는 가장 중요한 요인은 외부에서 축열조 내로 들어오는 유체에 의한 혼합이다.¹⁾²⁾

본 연구에서는 축열조 내로 유입되는 유체의 축열조 내의 혼합을 피하고 필요한 위치의 유체 온도를 증가시키기 위한 구조로 분배기(Diffuser)를 설계/제작한 후 이를 태양열 이용 난방시스템에 적용하여 그 축열성능과 방열성능을 실증을 통하여 평가하였다.

2. 실험장치

Fig. 1과 Fig. 2는 본 연구에서 개발하고자 하는 분배기의 성능을 평가하기 위한 비교자료를 얻기 위하여 기초실험을 수행한 축열조의 사진과 설계도면이다. 기존의 분배기를 설치한 축열조는 운전효율을 높이기 위하여 열교환기가 2개 설치되어 있는 구조이다.

축열조는 체적용량은 0.9 m³이며, 온도측정을 위하여 수직방향으로 4개의 구간을 나누어

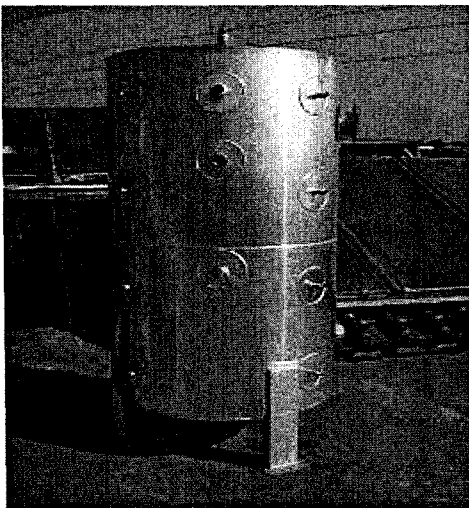


Fig. 1 Picture of reference storage tank

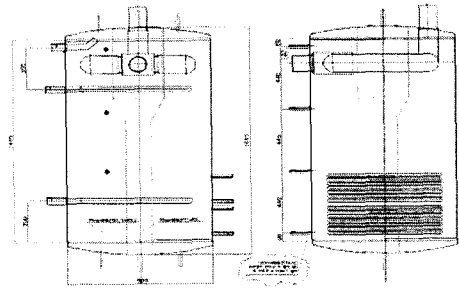


Fig. 2 Schematics of reference storage tank

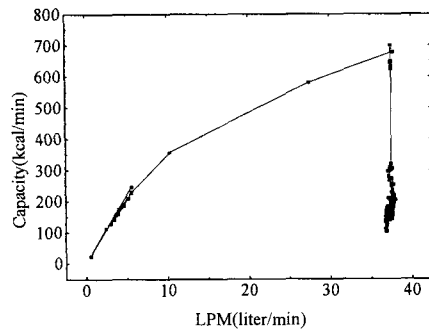


Fig. 3 Variation of capacity with flow rate

T-type의 열전대를 사용하여 각 구간의 온도를 측정하였다.

Fig. 3은 축열조에 공급되는 물의 유량변화에 따른 열용량을 나타낸 것으로 물의 유량이 15 lpm 일때 열용량은 100-300 kcal/min정도 이다. 본 연구에서 채택한 집열기의 집열면적은 30m²이며, 이 집열기는 최대일사량 조건에서 약 25,800 kcal/hr의 열량을 생산할 수 있으며, 생산된 에너지의 80%를 축열조에 공급할 수 있다고 한다면 약 20,000 kcal/hr의 에너지를 축열조에 전달할 수 있는 열교환기가 필요하다.

실험용 축열조는 온도성층화를 이루기 위하여 제작된 분배기를 축열조의 하단에서 상단으로 위치하도록 축열조의 하부에 부착한 구조로 제작되었다. Fig. 4와 Fig. 5는 실험용 축열조의 사진과 온도측정위치를 나타내고 있다.

설계된 분배기는 Fig. 6과 Fig. 7에 나타낸 바와 같이 환수되는 물의 온도에 따른 밀도차를 이용하여 축열조내의 물의 밀도와 같은 밀도 층으로 환수 할 수 있도록 하였다. 즉, 축열조에서 부하측으로 공급되는 고온의 유체가 요구되는 부하가 작을 경우에는 적은 열량을 사용하고 어느 정

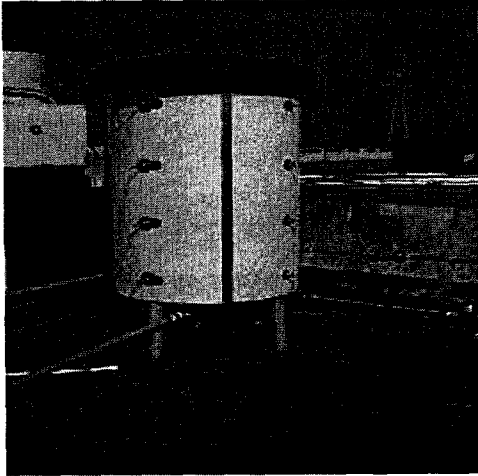


Fig. 4 Picture of storage tank with diffuser

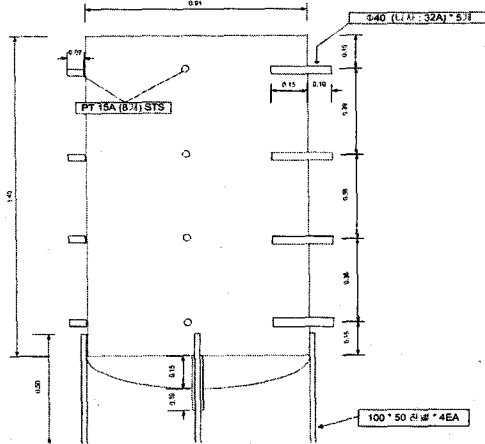


Fig. 5 Location of T/C of the storage tank

도 온도를 유지한 채로 축열조에 환수된다. 이때 환수되는 유체는 밀도차에 의하여 축열조의 하단에서 축열조로 배출되는 것이 아니라 축열조에서 환수되는 유체와 가장 근접한 온도를 나타내는 축열조 상단에서 배출된다.

반면에 부하가 클 경우에는 축열조에 환수되는 유체의 온도가 낮아지게 된다. 이때 온도가 낮은 유체는 축열조의 하단에 배출되어 상단에서 부하 측으로 공급되는 유체의 온도를 떨어뜨리는 역할을 하지 않게 된다.

3. 결과 및 고찰

3.1 방열운전

Fig. 8과 Fig. 9는 분배기를 개선하지 않았을

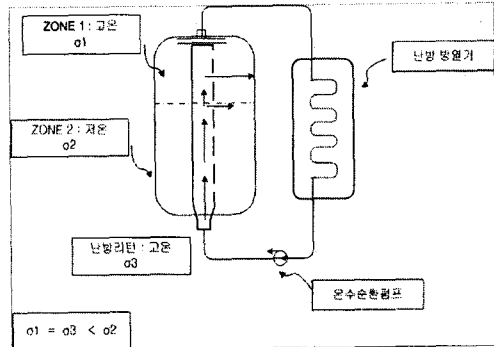


Fig. 6 Schematics of hot return water supply

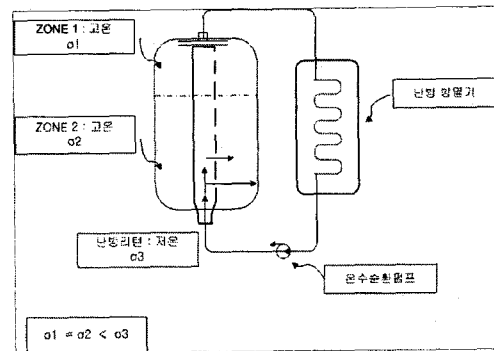


Fig. 7 Schematics of cold return water supply

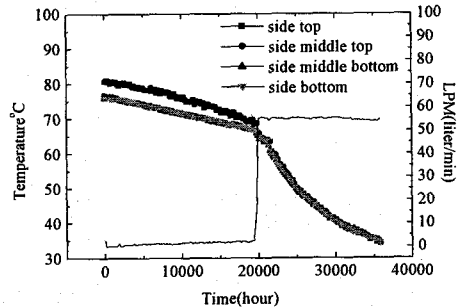


Fig. 8 Temperature and flow rate with time during discharge mode(tank side)

때 축열조내의 온도분포를 나타내고 있다. 시스템이 운전되고 있지 않을 때는 축열조 최상부의 온도가 약간 높다. 이때 온도강하는 축열조의 열손실에 의한 온도 강하이다. 시스템이 운전을작 하면 최상부의 온도뿐만 아니라 모든 위치에서의 물의 온도가 같아지며, 열량의 공급으로 일정하게 온도가 떨어지는 현상을 보여주고 있다. 이 결과에서 알 수 있는 것은 축열조의 방열운전시 온도의 강하는 포물선의 형태로써 초기에 온도강하

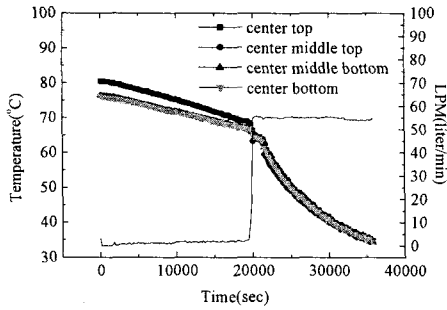


Fig. 9 Temperature and flow rate with time during discharge mode(tank center)

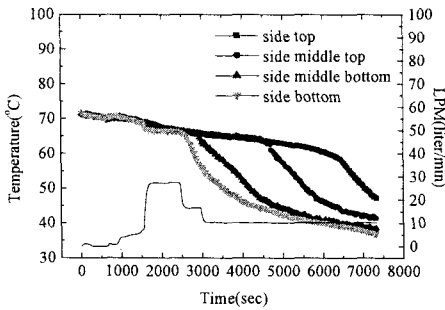


Fig. 10 Temperature distribution with diffuser

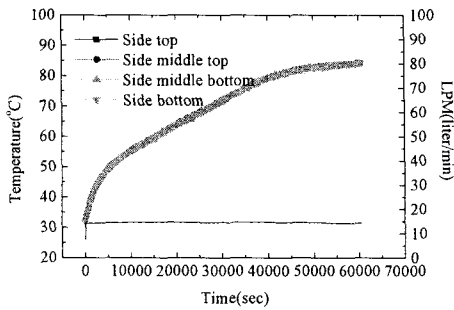


Fig. 11 Temperature increment during charging mode

가 크고 시간이 지남에 따라 축열조의 온도가 떨어져서 부하측에 공급하는 열량이 감소하여 온도 강하의 기울기가 줄어들게 된다.

이와 같이 시스템의 운전시에 축열조내의 각 위치에서의 균등한 온도분포는 암상식 온수기에는 적절한 구조일 수 있으나 축열조내의 물을 순환시키면서 난방을 하는 난방운전에서는 부적절하다는 것을 알 수 있다.

분배기의 구조를 개선한 후 시스템의 운전상태는 Fig. 10과 같다. Fig. 10에서 축열조 내의 온

도는 축열조 상부의 온도와 하부의 온도차가 매우 크며, 축열조의 수직방향에 대하여 온도의 성층화가 이루어져 있다는 것을 알 수 있다. 이러한 온도 성층화는 본 연구의 목표로서 상단의 고온의 유체가 먼저 난방에 필요한 온열을 공급하며, 하단의 저온의 유체는 시간의 지연에 따라 온도가 증가된 이후에 부하측에 공급되게 된다.

3.2 축열운전

개발된 분배기를 설치하였을 경우에 대한 축열 운전특성을 살펴보면 Fig. 11과 같다. 축열조의 온도가 유효온도까지 도달하기 위해서는 상당히 긴 시간이 소요된다는 것을 알 수 있으며, 축열시 탱크 내부의 온도변화패턴이 축열조의 수직방향에 대하여 동일한 온도를 나타내고 있다. 즉 축열조 전체가 같은 온도를 가지고 축열이 이루어지고 있다는 것을 알 수 있다. 이와 같이 축열조의 전구간에서 고온 온도상승이 일어나기 때문에 축열운전에 필요한 시간이 증가하게 된다. 이와 같이 축열시간의 지연은 시스템의 단점이 되므로 본 연구에서는 Fig. 12와 같은 축열열교환기를 설계 제작하였다. 축열열교환기는 축열조의 층을 분리하여 선택적으로 축열을 할 수 있도록 하였다. 축열열교환기는 두개의 부분으로 나뉘어져 상단의 축열열교환기와 하단의 축열열교환기를

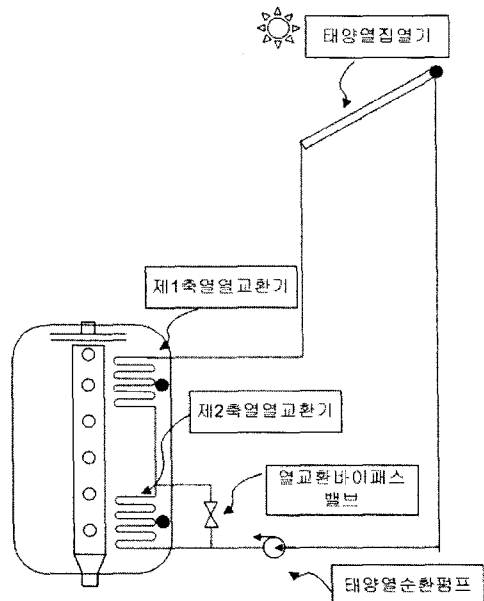


Fig. 12 Schematic of the storage tank with alternative heat exchanger

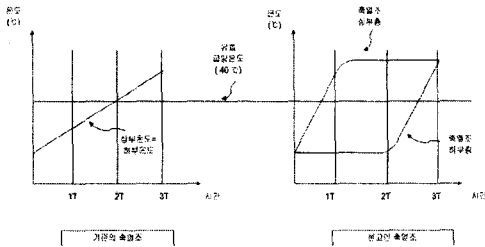


Fig. 13 Schematic of effective hot water temperature difference between reference tank and storage tank with diffuser according to time

선택적으로 운전할 수 있도록 하였다. 축열열교환기의 운전은 바이패스밸브를 사용하였다. 이와 같은 구조개선을 통하여 집열기에서 집열된 고온의 에너지는 상단의 가용저장조가 먼저 흡입하여 축열하게 되고 하부층은 이후에 축열이 이루어지게 된다.

이러한 축열구조의 개선효과는 Fig. 13에 나타난 바와 같이 유효급탕온도에 이르는 시간을 1/3 정도 단축할 수 있으며, 태양열의 집열효율도 높일 수 있다. 또한 부가적으로 보조가열원의 가동 시간을 단축시킬 수 있다.

4. 결론

태양열을 주 열원으로 사용할 때 대용량의 축열조가 같은 온도를 유지하고 전체적으로 온도가 유효온도가 되어야 부하에 열량을 공급하는 구조를 필요한 가용열량을 쉽게 공급할 수 있는 구조로 분배기와 축열열교환기의 구조변경을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

부하측에서 환수는 유체가 축열조의 하단에서 축열조에 공급될 경우에는 축열조의 온도가 전체적으로 높아져야 부하측에 열량을 공급한다. 그러나 환수되는 유체에 분배기를 축열조의 하단에서 상단으로 설치할 경우에 부력의 영향으로 고온의 유체가 상단으로 공급되고 온도가 낮은 저온의 유체는 하단으로 공급되어 축열조의 온도성층화를 달성할 수 있다. 밀도차에 의한 온도의 성층화는 공급라인에 가까운 축열조 상단의 유체의 온도를 증가시켜 빠른 시간에 부하측에 높은 열량을 공급할 수 있다.

반면에 축열운전시에는 온도성층화가 이루어

지지 않기 때문에 전체 축열조의 온도를 유효온도로 높이기 위하여 많은 시간이 소요되나 축열열교환기를 두 부분으로 분리하여 선택적으로 축열열교환기를 이용함으로써 빠른 시간에 부하측에 필요한 열량을 공급할 수 있는 시스템을 개발하였다.

후기

본 연구는 산업자원부 에너지관리공단 신재생에너지 기술개발사업의 "태양열난방일체형 복합시스템개발" (과제번호 2005-N-S002-P-03)사업의 지원으로 수행되었습니다.

References

- [1] 정계동, 박주혁, 조성환, 2004, "축열조 성능에 미치는 디퓨저 형상의 영향", 설비공학논문집, 제 16권, 제 4호, pp. 374-382.
- [2] 이영수, 이상남, 김종률, 2005, "온도 성층축열조 가시화 및 실증분석에 관한 고찰", 설비공학논문집, 제 17권, 제 11호, pp. 990-997.