

태양열이용 하이브리드 난방 열펌프시스템

김지영, 고광수, 강병찬, 박윤철*

제주대학교 기계공학과, *제주대학교 기계에너지시스템공학부

The hybrid heat pump with solar energy for heating

Jiyoung Kim, Gwangsoo ko, Byungchan Kang, Youn Cheol Park*

Department of Mechanical Engineering, Cheju National University, 690-756, Korea

*Faculty of Energy and System Engineering, Cheju National University, 690-756, Korea

ABSTRACT: Recently, we interested in renewable energy due to cost increase of the crude oil, etc. In this study solar assisted hybrid heat pump system that uses the solar heat and air as heat source analyzed by experimentally. The system could runs at dual mode. One is thermal storage mode of solar energy at day time and the other is heat pump mode with low temperature air as heat source at night time. In case of setting temperature over the limited range, high temperature water heated at the solar energy collecting tubes supplied to the storage tank. As results, it is founded that the heat pump performance is higher than general heat pump which using the only air as a heat source. The developed system could be used as main heating equipment for the panel heating for the residential house.

Key words: Solar collector (집열기), Heat Pump(열펌프),

기 호 설 명

T-c-o : 집열기 출구 온도

T-s-o : 축열조 출구 온도

1. 서론

현재 우리나라는 생활수준이 향상과 더불어 많은 에너지를 소비하고 있다. 삶의 질이 향상되어

가정용 공조부터 산업용 공조까지 건물에 쓰이는 에너지양도 크게 증가하여 전체 에너지 사용에 많은 비중을 차지하고 있다. 그러나 이처럼 증가되어지는 에너지에 양에 비해 우리나라는 천연자원의 부재로 인해 에너지 수입 의존도가 97%를 넘고 최근에는 유가 상승으로 국가 경제에 막대한 손실을 주고 있다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해 현재 태양열, 태양광, 연료전지 및 풍력 등 다각적인 방향에서 연구가 이루어지고 있으며 그중에서 태양열은 다른 대체 에너지에 비해 많은 기술이 축적되어 있고 대체에너지로써 상업적으로 성공한 경우에 속한다. 이처럼 태양열은 현재

† Corresponding author

Tel.:+82-64-754-3626;fax: +82-64-754-3626

E-mail address: ycpark@cheju.ac.kr

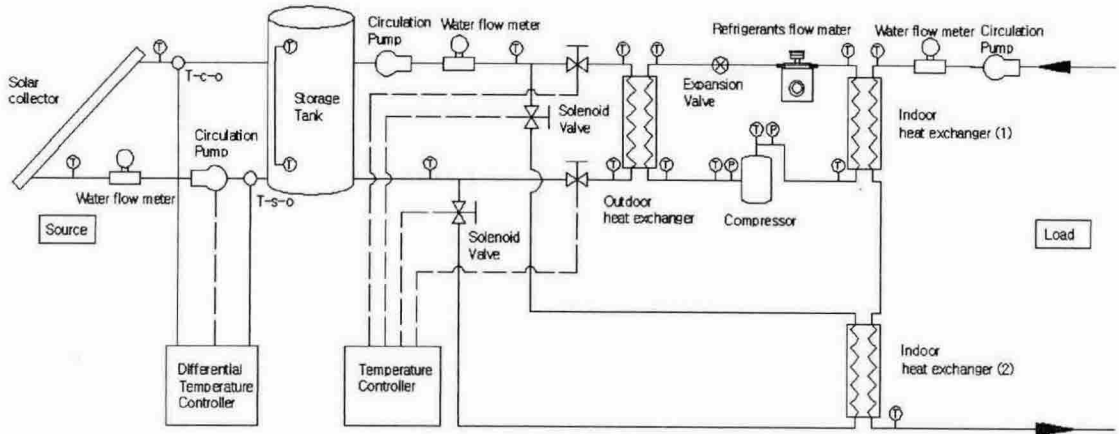


Fig. 1 System diagram

에너지 정책에 가장 현실적인 대안이라 할 수 있다. 그러나 태양열 시스템인 경우에 성능 대비 가격이 비싸고 태양에너지는 에너지 밀도가 낮고 야간에는 전혀 에너지원으로서 역할을 수행하기 어려운 구조적인 문제점을 갖고 있다. 이처럼 에너지 사용 패턴과 에너지 발생 패턴이 동일하지 않기 때문에 축열기술과 보조열원(전기히터)을 사용하는 것이 기존에 태양열 시스템이다.

본 연구에서는 기존에 개발된 태양열 시스템을 가정용 주 난방장치로 사용하기 위한 실증 연구를 수행하였다.

주요 연구주제는 태양열 집열기를 열펌프시스템과 연계하여 구성하여 안정적인 난방 및 온수 공급이 가능한 하이브리드(hybrid) 열펌프 난방 시스템의 기술개발이다. 본 연구에서 적용하는 시스템은 태양열이 부족할 경우에도 난방 혹은 급탕요구부하를 충족할 수 있도록 설계 및 제어되는 하이브리드 시스템으로써 재실자는 부하변동을 걱정할 필요가 없는 시스템의 개발이다.

태양열 집열기는 2중 진공관식 히트파이프가 진공관에 삽입된 형태에 최신 집열기를 활용하였고 열펌프와 하이브리드 시스템을 구성하여 태양열이 충분할 경우에는 태양열을 이용한 온수를 공급하고 태양열이 부족할 경우에는 축열된 태양

에너지 및 증기 압축식 열펌프 기술을 이용하여 난방 및 급탕을 하는 기술이다.

2. 실험장치 및 실험방법

2.1 실험장치의 구성

시스템은 크게 집열부, 축열부 및 열펌프로 구성되어 있다. 집열기와 축열조는 건물 옥상에 설치를 하였고 열펌프는 연구실 내부에 설치하여 펌프를 통하여 축열된 열매체와 열펌프를 연계 구성하였다. 시스템에 전체 흐르는 열매체는 순수한 물을 사용하였고 또한 데이터 계측을 위해 열전대 T type를 사용하여 각 부분에 온도를 측정하였다, 물용 체적 유량계와 냉매 질량 유량계를 설치하여 순환하는 유체의 유량을 측정하였고, 전력량 측정기를 사용하여 사용되는 전기에너지를 측정하였다. 시스템 제어는 온도조절기와 축열조에 열을 저장하는 시퀀스를 제어하는 차온제어를 사용하여 전체 시스템을 컨트롤 할 수 있게 구성하였다. Fig. 1은 본 연구에서 구성한 실험장치의 개략도이다.

2.1.1 집열기

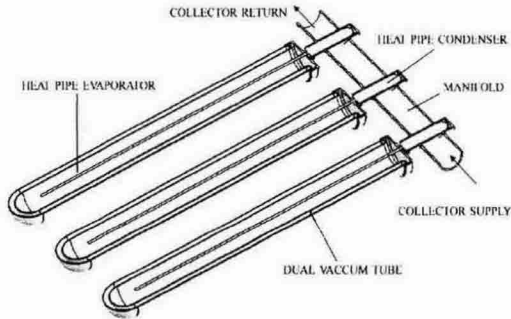


Fig. 2 Dual vacuum solar collector

태양열을 집열하기 위해 본 시스템에서는 Fig. 2에서 나타낸 바와 같이 2중 진공관식 히트 파이프 삽입 형을 사용하였다. 외부에 유리관 튜브가 2중으로 되어있어 튜브 안이 진공으로 가공 처리되었으며 대류 의한 열손실이 적고 집열된 열은 히트 파이프를 사용하여 열매체 열 전달하는 집열기이다. 설치의 위도 약 북위 32.5도 방향은 정남향이고 지면과의 각도는 33도이다.

2.1.2 축열부

축열은 200L용량에 PE 원형 물통에 단열을 위하여 외벽에 T=15mm 고무발포 보온재를 사용하였다. 차온제어기를 사용하여 집열기 출구온도와 축열조에 배출온도를 측정하여 일정온도 이상이 되면 순환 펌프에 물이 순환 되어지게 구성하였다. 집열기와 축열조에 매체 순환은 팽창탱크를 사용하지 않는 개방형 순환 시스템으로 구성하였다.

2.1.3 열펌프

열펌프 사이클은 두개의 판형 열교환기와 1마력 밀폐형 왕복동식 압축기 및 외부 균압형 온도팽창 밸브(TEV)를 사용하였다. 그리고 축열조에서 나오는 고온수를 직접 부하측과 열교환하기 위해서 별도로 판형열교환기와 전자밸브, 온도조

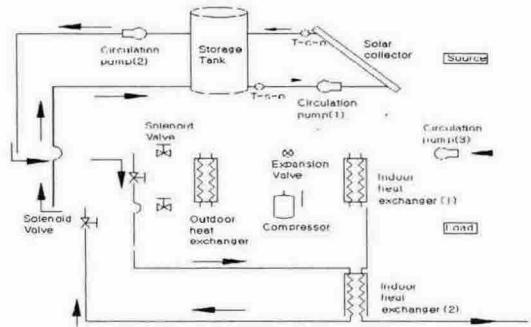


Fig. 3 Direct heating mode

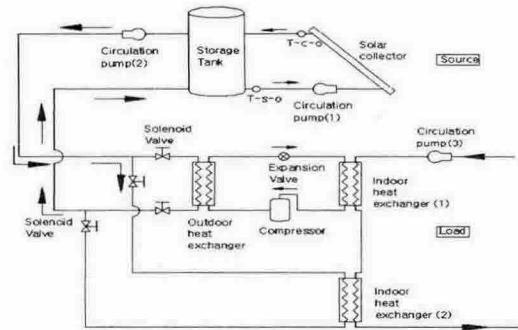


Fig. 4 heat pump mode

절기를 사용하여 물에 흐름을 조절 할 수 있게 구성하였다.

2.2 실험방법

실험은 주간에는 태양열을 축열조를 이용하여 축열하고 야간에 일정량의 부하를 주어 축열조에 온도가 15℃ 이하가 될 때까지 운전하여 시스템의 성능을 분석하였다.

본 시스템은 두가지 작동 모드를 가지고 있다. 하나는 태양열을 직접 사용하는 경우이다. 또 하나는 축열된 에너지를 직접 사용하여 난방이 어려운 경우로써, 축열조의 온도가 기준온도 이하로 떨어지거나 외기 조건에 의해 축열된 에너지가 직접 사용 할 수 있는 온도보다 낮아지면

Table 1 System specification and test condition

| | | | |
|-----------------------------|-----------------------|-------------|-----|
| solar collector | size(mm) | 1780×15606 | |
| | area(m ²) | 27 | |
| | slope(°) | 33 | |
| storage tank | capacity(L) | 200 | |
| different temp. control | difference temp(℃) | 3 | |
| | bias(℃) | 1 | |
| temp. control | Start- up temp. (℃) | 40 | |
| circulation flow rate (L/H) | pump (1) | 530 | |
| | pump (2) | 800 | |
| | pump (3) | direct mode | 200 |
| heat pump mode | | 400 | |
| heat exchanger type | plate | | |
| compressor capacity(Hp) | 1 | | |
| expansion valve type | TEV | | |

저온에 축열된 열매체를 열펌프의 열원으로 사용하는 운전방법으로 나눌 수 있다. 직접 운전 모드는 Fig. 3에서 열매체 흐름이 나타나 있고 열펌프 운전 모드는 Fig. 4에 나타내었다.

2.3 실험 조건

축열운전은 아침 6시 30분부터 12시간 동안 실시하였다. 주간에는 부하에 대한 영향을 배제하고 실험을 수행하였으며, 야간에는 축열된 열을 난방부하를 모사하기 위하여 설치한 저온형 칠러를 사용하여 일정한 부하 조건을 주어 시스템의 성능을 측정하였다. 시스템의 초기 운전시에는 직접 축열된 열을 사용하며 열원 공급 온도가 40℃ 이하가 되면 온도조절기가 릴레이와 솔레노이드 밸브를 작동하여 열매체 흐름을 열펌프에

증발기로 흐르게 하였다. 이 경우에는 열펌프가 작동하며, 그러나 증발기 열원의 온도가 40℃ 이상이 되면 열펌프의 사이클 측면에서 압축기 입구의 과열도를 증가시켜 열펌프의 압축기 토출 온도가 매우 높아 질 수 있으므로 증발기로 흐르는 열매체는 열원을 직접 사용하는 유량 경우에 1/2로 하여 흐르게 하였다. 기타 실험 조건 및 실험장치의 사양은 Table 1에 자세히 나타나 있다.

3. 결과 및 고찰

3.1 집열기와 축열 성능

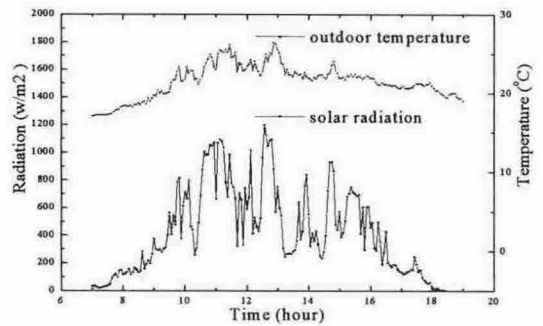


Fig. 5 Solar radiation and outdoor temperature with variation of time

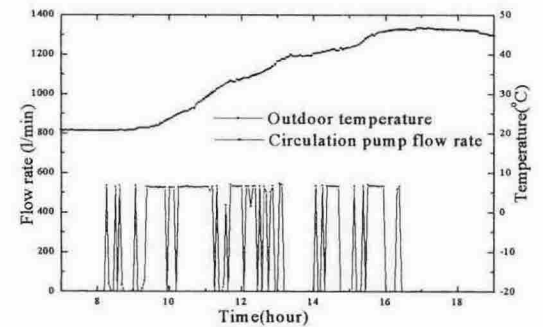


Fig. 6 Circulation pump flow rate and Storage temperature with time

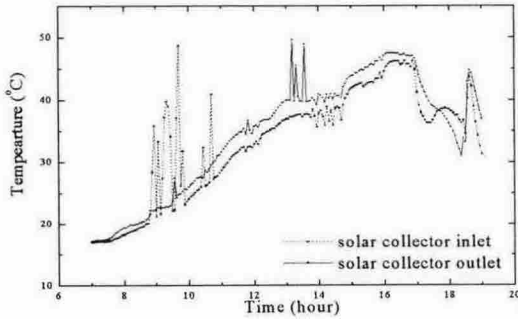


Fig. 7 Solar collector inlet and outlet water temperature with time

Fig. 5는 하루 동안에 일사량과 외기 온도를 나타내고 있다. 차온 제어를 3°C 로 편차는 1°C 로 설정되었기 때문에 일사량의 작은 변화에도 Fig. 6과 같이 집열기와 축열조에 펌프 동작이 민감하게 켜짐과 꺼짐에 반복이 이어지는 것을 알 수 있고 일사량이 많은 시간대에 축열조 온도 상승 폭이 크다는 것을 알 수 있다. 또한 Fig 7를 보면 집열기에 양단에 온도차는 제어 온도차에 범위를 크게 벗어나지 못하는 것을 알 수 있다.

3.2 직접 난방 모드

축열된 열매체에 온도가 직접 사용할 수 있는

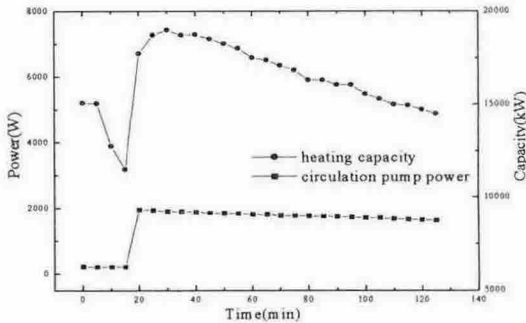


Fig. 8 Heating capacity and power consumption with time

온도인 경우 열원을 부하에 직접 사용을 했을 경우를 Fig. 8에서 나타내고 있다. 초기 축열조에 물은 약 44°C 에 물로써 $40^{\circ}\text{C} \pm 1$ 에서 열펌프로 전환되어 소비동력이 급격히 증가 되는 것을 알 수가 있고 난방능력은 점점 감소하다가 열펌프 작동과 함께 증가 하는 곳을 알 수 있다. 또한 축열된 열을 계속 소모함에 따라 계속적으로 난방능력이 감소하는 것을 알 수 있고 직접 모드에서 열펌프 모드로 전환되는 시간은 약 20분 정도이다.

3.3 열펌프 모드

열펌프 모드에서는 Fig. 9에서 나타난 바와 같이 기존의 열펌프 시스템보다 높은 COP를 나타내고 있는 것을 알 수 있다. 또한 열펌프에 입력되는 열원 온도가 감소함에 따라 비례하여 COP 또한 감소하는 것을 알 수 있다. Fig. 10은 열펌프에 공급되는 열원의 온도가 감소에 따라 냉매에 흐름도 점차 감소한다. 즉 증발온도가 감소함에 따라 온도 팽창밸브에 의해 냉매유량이 감소하는 것을 알 수 있다. 이처럼 열펌프에 성능을 증가시키기 위해서는 열원의 에너지 수위가 가장 중요하다는 것을 알 수 있다. Fig. 11에서 일사량이 증가 할수록 축열되는 에너지에 수위도 증가하고 열펌프에 운전시간도 연장 할 수가 있다.

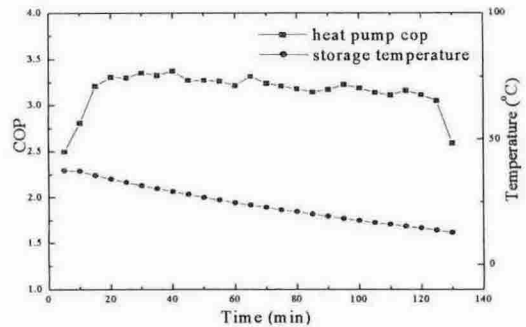


Fig. 9 COP and storage temperature variation with time

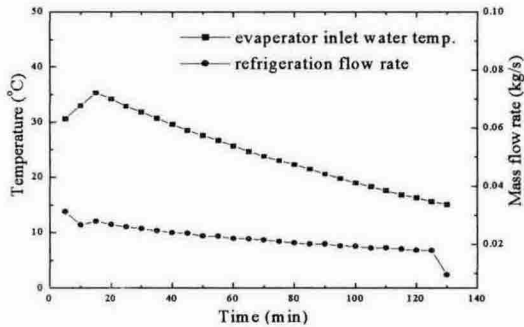


Fig. 10 Evaporator inlet water temperature and refrigerants flow rate variation with time

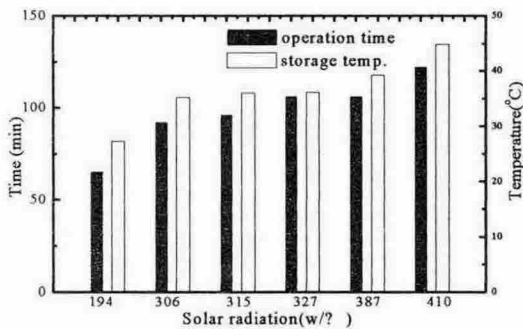


Fig. 11 Storage temperature and operation time with variation of solar radiation

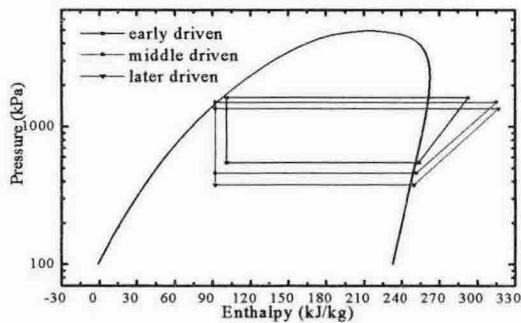


Fig. 13 P-H diagram

Fig 12는 가동시기에 따른 P-H선도이다. 증발 온도가 점점 감소하는 것을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 주간 태양에너지로부터 축열된 열원을 이용해 난방을 하는 연구이다. 그러나 기존에 시스템에서의 전기히터와 같은 보조열원을 제거하면서도 안정된 운전이 가능하고 재실자에게는 안정된 열원 공급과 동시에 비용을 절약함으로써 소비자에게 사용에 대한 부담을 줄일 수 있는 방법으로 태양열 열펌프 하이브리드 시스템으로 접근해 보았다. 결과를 보면 우선 한번 사용되어진 열원을 사용함으로써 난방운전 중 열펌프 가동시간 단축과 열펌프 가동시 다른 열원을 쓰는 열펌프에 비해 높은 COP를 나타낼 수 있다는 것을 알 수 있다. 그러나 좀더 나은 효율에 시스템을 위해서는 각각의 모듈에 성능 향상과 더불어 집열기와 축열조 그리고 열펌프가 난방능력에 맞게 유기적으로 설계 되어야 할 것이다.

참고문헌

1. C. D. Kim, I. J. Hwang, T. W. Lee, J. Lee 1999, Performance of a heat pump system with solar thermal storage, SAREK 1999 summer conference, pp 265-272
2. U. C. Shin, N. C. Baek, 2005 Performance of Solar Thermal System by On-Off Differential Temperature of Differential Temperature Controller, journal of the Korea solar Energy society Vol. 25, No.2
3. N. C. Baek, J. K. Lee, B. H. Song 2001, Performance of Dual Source Heat Pump System with Solar with Solar-Assisted evaporator SAREK 2001 summer conference, pp 1334-1338