

태양열 온수기 실증연구를 통한 성능 평가

김 재열¹⁾, 곽 이구²⁾, 김 흥건³⁾, 양 동조⁴⁾, 최 철준⁴⁾

Performance Evaluation of Solar Water Heating System Using Proof Test

Jae-Yeol Kim, Lee-Ku Kwac, Honggun Kim, Dong-Jo Yang, Choul-Jun Choi

Key words : Demonstration test(실증실험), Solar hot water heater(태양열온수기)

Abstract : The advantages of solar energy are that it is renewable, infinite supplied and environmentally safe energy source. However, solar energy related products have the problems such as the limitation for installation, problems in maintenance and insufficient reliability, which have been the barrier to consumers to satisfy the purchase need for solar heat related products. In this regard, in order to support the solar energy related companies, the necessity for various technical information required for the commercialization of new products such as various performance test necessary for the certification of solar energy system, standardization for facilities and products, performance evaluation method and the measurement of performance is suggested. The purpose of this paper is to design the monitoring system for positive tests of system linked household hot water system using solar heat out of various solar energy systems, to establish an analysis and monitoring system for performance maintenance and operation technique, and to configure the centralized detection network by utilizing remote monitoring system.

This research also aims at conducting monitoring for operation and performance evaluation in relation to database establishment and analytical evaluation and at describing the method of enhancing the reliability of solar energy system through the development of performance evaluation program.

1. 서론

산업혁명 이후 에너지는 산업의 원동력을 제고하는 중요한 요소로 인식되어 왔다. 하지만 최근에 이르러 산업의 팽창에 따른 에너지의 과도한 소비로 인해 화석연료의 고갈, 그리고 이산화탄소의 대량 배출에 따른 기상이변이라는 매우 심각한 문제에 봉착하게 되었다. 특히 기후변화는 지구 생태계를 돌이킬 수 없는 혼란에 빠트리고, 이와 함께 현재의 인류문명을 밑바닥부터 뒤 흔들 것이라는 사실이 제기되어 왔고 최근에는 그것을 유발한 현재의 화석에너지에 기반을 둔 에너지시스템에 대한 대안을 모색하는 것이 급선무라는 인식이 확산되고 있다. 이에 1997년 교토협약이 2005년 2월에 발효됨에 따라 전 세계적으로 온실가스 감축방안에 필요한 많은 연구들이 지속적으로 이루어지고 있는 실정이다. 결국 이러한 제안은 신재생에너지의 개발로 귀착된다고 할 수 있다. 이러한 신재생에너지원 중에서 태양에너지의 장점은 재생 가능하고, 무한정 공급되

며, 환경에 무해한 에너지원이라는 것이다. 또한 에너지 공급의 방식이 소규모이며, 지방 분산적이다. 그러나 설치의 제한성, 관리상의 문제점, 제품의 신뢰성 결여 등으로 인하여 소비자들에게 태양열 제품에 대한 구매 목적을 충족시키지 못하고 있다. 이를 위해 태양에너지 시스템의 인증 시험에 필요한 각종 성능시험, 시설 및 제품에 대한 표준화/규격화, 성능평가 방법 및 성능

1) 책임저자 : 조선대학교 메카트로닉스공학과
E-mail : jykim@chosun.ac.kr

Tel : (062)230-7035 Fax : (062)230-7035

2) 발표자 : 전주대학교 기계자동차공학과

E-mail : kwac29@jj.ac.kr

Tel : (063)220-3063 Fax : (063)220-2859

3) 교신저자 : 전주대학교 기계자동차공학과

E-mail : hkim@jj.ac.kr

Tel : (063)220-2613 Fax : (063)220-2959

4) 공동저자 : 조선대학교 대학원 정밀기계공학과

E-mail : afkn96@chollian.net

Tel : (062)230-7745 Fax : (062)230-7035

측정 등 제품의 상용화에 필요한 여러 기술적 정보의 필요성이 제시되고 있다. 본 논문은 태양에너지 시스템 중에서 가정용태양열온수시스템의 실증 실험을 위해 모니터링시스템을 설계하고 각 시스템의 성능유지 및 운전기법 등에 대한 분석 및 감시체계를 구축하고 원격감시 시스템을 이용하여 중앙 감시식 네트워크를 구성하는 데 그 목적이 있다. 본 논문은 태양에너지 시스템 중에서 가정용태양열온수시스템의 실증 실험을 위해 모니터링시스템을 설계하고 각 시스템의 성능유지 및 운전기법 등에 대한 분석 및 감시체계를 구축하고 원격감시 시스템을 이용하여 중앙감시식 네트워크를 구성하는 데 그 목적이 있다.

2장 태양열 온수기 모니터링 시스템

2.1 시스템 구성

태양에너지시스템의 실증연구를 위하여 2002년 11월 광주광역시 조선대학교 실증연구단지를 조성하여 태양열 온수기 분야 11기, 태양광 발전 분야 6기를 설치하였다. 태양열 온수기 성능평가를 위하여 구성된 시스템은 Fig. 1과 같다. Fig. 1에서 나타난 바와 같이 Weather station에는 경사면 일사량, 수평면 일사량, 외기온도, 풍량계, 풍속계를 설치하였고, SDHWS에는 시수온도, 배수온도, 집열기 입구온도, 집열기 출구온도, 유량계, 펌프전력량계를 설치하였다. 또한 데이터를 획득하기 위하여 4대의 FLUK NetDAQ 2640A를 사용하였으며 컴퓨터에 의한 자동제어를 위하여 AD-Link사의 7296 DI/O와 컨트롤 판넬을 사용하였다. 또한 원격실험 및 모니터링을 위하여 에너지기술연구원과 조선대학교의 원격 컴퓨터에서 성능평가시스템의 서버를 핸들링 할 수 있도록 구성하였다. 컨트롤 판넬의 회로도도 Fig. 2에 나타내었다. Fig. 3에서는 컨트롤 판넬의 내부 사진과 계략도를 나타내었다. 각각의 주택용 태양열 온수기 성능평가를 위하여 7개의 센서를 설치하여 각각 시수온도, 배수온도, 축열조온도, 집열기 입구온도, 집열기 출구온도, 유량, 전력량을 체크할 수 있게 하였다.

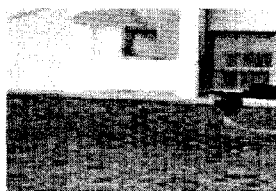


Fig. 1 Schematic diagram of solar heater monitoring system

공통데이터로는 시간, 외기온도1, 외기온도2, 경사면 일사량, 수평면 일사량, 풍속, 풍향을 취득하였다. Fig. 3에서는 컨트롤 판넬의 내부 사진과 계략도를 나타내었다. 각각의 주택용 태양열 온수기 성능평가를 위하여 7개의 센서를 설치하

여 각각 시수온도, 배수온도, 축열조온도, 집열기 입구온도, 집열기 출구온도, 유량, 전력량을 체크할 수 있게 하였다. 공통데이터로는 시간, 외기온도1, 외기온도2, 경사면 일사량, 수평면 일사량, 풍속, 풍향을 취득하였다.

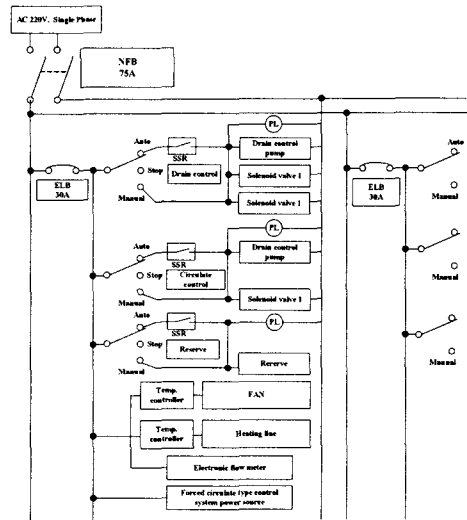


Fig. 2 Schematic diagram of control panel circuit

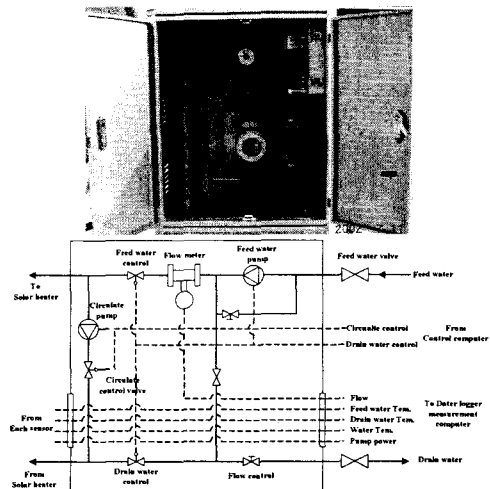


Fig. 3 Flow Circuit Housing

2.2 성능평가 방법 및 알고리즘

성능평가는 크게 보온성능 평가와, 집열성능 평가로 나누어 진행하였다. 태양열 온수기의 성능평가를 위해서 실제 사용자가 온수를 사용하고 있는 환경을 프로그램으로 시뮬레이션 하여 그 결과를 검증하는 것이 가장 이상적인 실험이므로, 이를 위하여 아래 Table 1과 같이 온수사용 패턴을 결정하였다. 온수사용패턴 기준은 국내 4

인 가족 기준으로 외국자료를 참조하여 결정하였다.

또한 위와 같은 온수사용 패턴을 가지고 태양열 온수기의 성능평가를 위한 시험 방법으로는 Fig. 4 일일교반식시험, Fig. 5 일일배수식시험, Fig. 6 연속배수시험의 알고리즘을 구성하였다. 이 알고리즘은 식 (1)과 (2)는 태양열온수기 축열조의 단열성능, 식(3)과 (4)는 집열기의 집열성능, (5)는 유효급탕 사용성능, (6)과 (7)식은 태양열 온수기의 예상 사용성능 함수에 기인하였다.

이와 같은 성능평가 함수를 이용하여 다음과 같은 성능평가 알고리즘을 구성하여 실증실험을 수행하였다.

Table 1 Use pattern of hot water

Drain Time	use rate(%)	Remark
AM 7:00	15	Forenoon : 30%
AM 8:00	15	
AM 11:00	10	Noon : 20%
PM 1:00	10	
PM 3:00	12.5	Afternoon : 50%
PM 4:00	12.5	
PM 5:00	12.5	
PM 6:00	12.5	

$$\overline{KA} = \frac{V \cdot C_p \cdot \gamma (\theta_s - \theta_e)}{T \cdot \Delta\theta} \quad (W/K) \quad (1)$$

$$\Delta\theta = \frac{\theta_s + \theta_e}{2} - \frac{\theta_1 + \theta_2 + \dots + \theta_n}{n} \quad (K) \quad (2)$$

$$S_c = \frac{V_c \cdot C_p \cdot \gamma (t_n - t_u)}{A_c} \quad (kJ/m^2) \quad (3)$$

$$S = \frac{20,930}{I} \times S_c \quad (kJ/m^2) \quad (4)$$

$$\eta \gamma = \frac{\theta_{h2} - \theta_w}{\theta_{h1} - \theta_w} \times 100(\%) \quad (5)$$

$$Q = a_1 H + a_2 (t_{a(day)} - t_{main}) + a_3 \quad (6)$$

$$t_{d(max)} - t_{main} = b_1 H + b_2 (t_{a(day)} - t_{main}) + b_3 \quad (7)$$

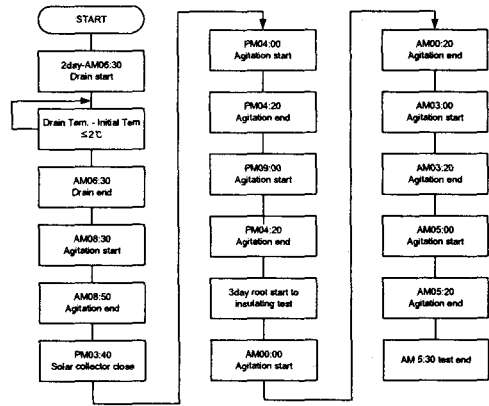


Fig. 4 Control algorithm of agitation test

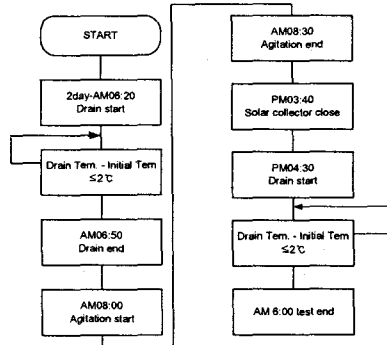


Fig. 5 Control algorithm of drain test

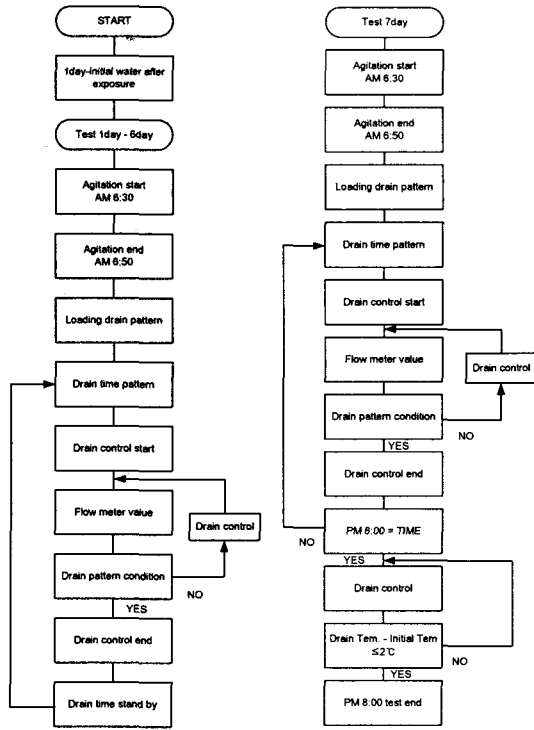


Fig. 6 Control algorithm of continuous drain test

2.3 모니터링 프로그램

프로그램은 제어프로그램과 모니터링프로그램으로 구성되며 비주얼베이직 6.0을 사용하여 개발하였다. 성능실험을 통하여 얻어진 태양열온수기의 다양한 데이터는 엑셀데이터로 저장하여 성능분석을 용이하게 하였으며, 구성부품의 상태를 별도 Log 데이터 파일로 컴퓨터 하드디스크에 저장하여 장비들의 고장진단을 용이하게 하였다. 아래 그림은 프로그램 개발 결과인 프로그램 화면을 나타내었다.

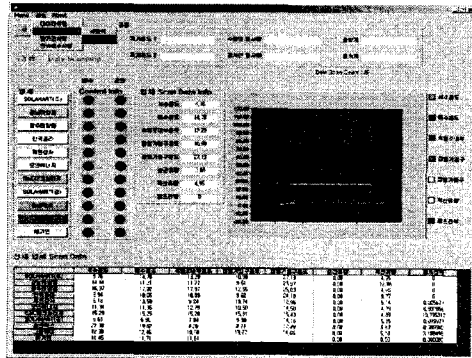


Fig. 8 Test window of monitoring program

4. 결과 및 고찰

이상과 같이 실증연구단지에 태양열온수 시스템을 구성하고 성능평가 함수에 따른 알고리즘을 설계하여 실증시험을 수행하였으며 각기 다른 태양열온수기의 성능을 평가하여 다음과 같은 결과를 얻었다. 태양열온수시스템의 축열조에 대한 단열성능 평가를 수행하여 Fig. 9와 같은 결과를 도출하였으며 단열지수인 5.81을 초과하는 제품은 5개에 달하였다.

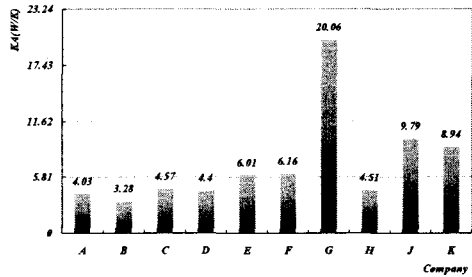


Fig. 9 Average of heat loss factor each company

집열성능에 대한 평가는 fig. 10과 11에서와 같이 예상급탕온도와 집열성능을 평가하였으며 지면관계상 대표적인 제품에 대해 그 결과값을 표시하였다.

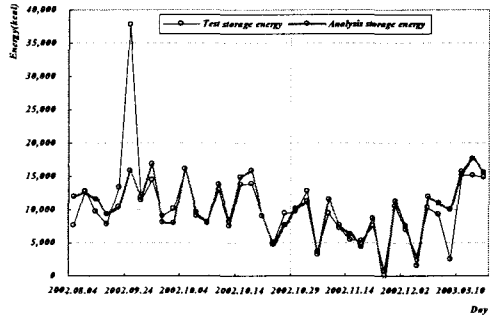


Fig. 10 Comparison of test collect energy-analysis collect energy in A

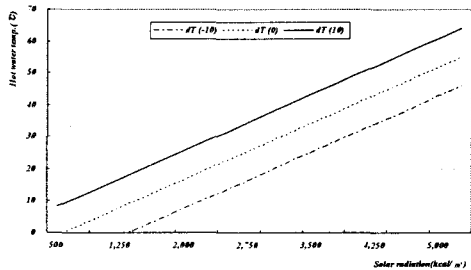


Fig. 11 Diagram of hot water temp. - solar radiation in A

연속배수시험을 통한 유효급탕 사용성능면에 서는 Fig. 12와 같이 유효급탕(온수의 개념인 5

0°C)온도 이상의 배수온도 프로필을 통해 평가하였다.

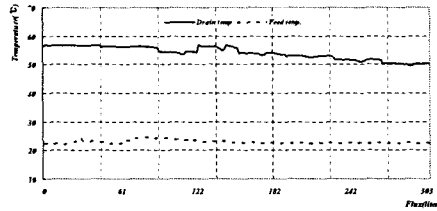


Fig. 4-24 Distribution drain temperature of continuous drain test in A

4. 결론

본 연구는 이러한 태양에너지 보급을 위한 일환으로 수행되었으며 개발된 태양열 온수기 성능 평가를 위한 모니터링 프로그램을 통하여 태양열 온수기업체들의 기술적 문제점을 찾아내고 분석하여 보다 나은 제품을 개발 할 수 있는 여건을 조성하고자 하였다. 따라서 본 연구개발을 통하여 얻어진 결과는 다음과 같다.

1. 태양에너지시스템의 실증시험에 따른 성능을 평가하기 위해 원격 모니터링 시스템을 구축하였고 이를 기반으로 하는 실증시험 알고리즘을 설계하였으며 태양에너지제품의 신뢰성을 향상시키기 위한 연구를 수행하였다.

2. 11기의 태양열온수시스템에 대한 실증시험을 약 40개월에 걸쳐 수행하고 각각의 제품에 대한 문제점을 정량적으로 제시하였으며 집열부에 대한 집열효율과 예상급탕온도, 온수사용 성능이 비교적 낮은 것으로 판단된다.

References

- [1] Dong-Jo Yang, Jae-Yeol Kim et al., "The Development of Monitoring System for Experiment Demonstration of the Solar Energy System", ISES Asia-Pacific 2004, pp. 740~745