

# EEV를 적용한 열교환방식별 지열히트펌프 특성

차동안 선임, 권오경 수석, 박성구 대표  
한국생산기술연구원, (주)삼미지오테크

## 1. 서론

환경 친화적인 산업구조의 형태를 갖는 에너지 이용기술 도입의 확대에 따라 다양한 형태의 미활용 에너지 즉, 태양열, 태양광, 풍력, 수력, 지열 등의 이용기술이 활발해 지고 있다.

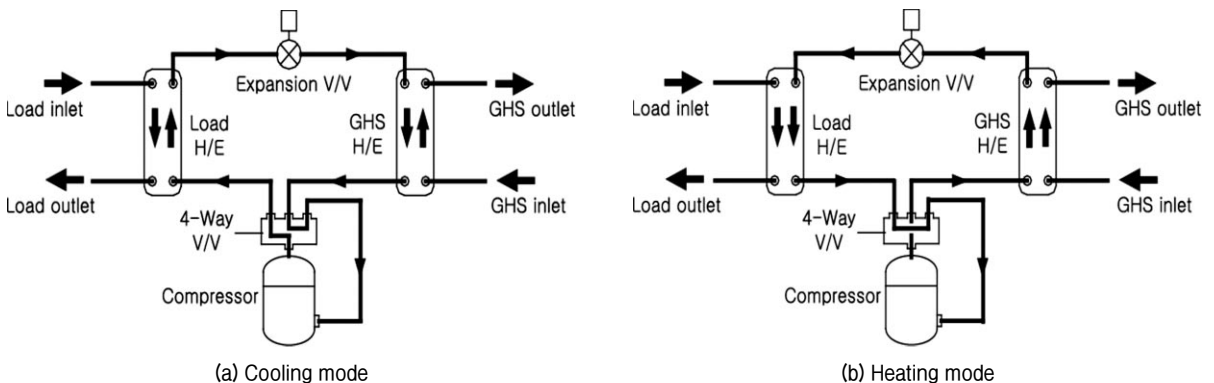
지열에너지의 경우 장소, 기후, 시간에 관계없이 적용이 가능하고 실효성 및 안정성 등의 우수한 장점으로 인해 냉방 및 난방의 열원으로 직접 또는 간접적으로 이용되고 있다.

지열을 이용한 히트펌프시스템은 지중 열원수를 냉방운전에서는 응축열원으로, 난방운전시에는 증발열원으로 활용하여 냉방과 난방을 가능하게

제안된 시스템으로 냉방에서 난방으로의 전환은 4-Way 밸브를 이용하고, 냉수 및 온수는 열교환기를 통해 일정온도로 부하 측으로 보내어진다.

그림 1은 지열을 이용한 히트펌프 시스템의 냉매절환 방식을 나타낸 것이다. 냉매의 흐름은 4-Way 밸브를 이용하여 냉방에서 난방으로 전환이 되고, 열원수와 냉수, 온수는 평행류와 대향류로 운전되는 흐름을 도시한 것이다.

히트펌프 시스템은 4-Way 밸브를 이용하여 냉방과 난방을 겸용으로 운전할 수 있는 시스템으로, 설계 기준에 따라 냉매와 열원의 열교환 방식이 냉방을 대향류로 유지하게 되면 난방운전시에 평행류로 전환되고, 난방을 대향류로 유지하게 되



[그림 1] Schematic diagram of ground source heat pump.

면 냉방운전시에 평행류로 전환되어 열교환 성능이 저하된다.

본 연구에서는 지열을 이용하는 히트펌프의 성능향상을 위한 방안으로 냉난방절환에서 열교환방식을 3-Way 밸브를 이용하여 냉수, 온수, 열원수와 냉매의 열교환을 대향류와 평행류로 운전 제어가 가능하도록 시스템을 설계, 제작하여 EEV (Electronic Expansion Valve) 개도 변화에 따른 시스템 성능을 비교분석하였다.

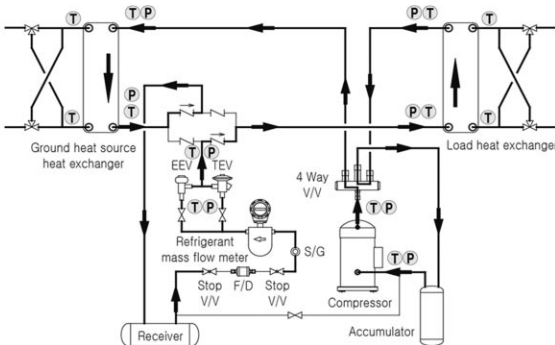
## 2. 실험장치 및 실험방법

그림 2는 지열을 이용하는 히트펌프 시스템을 모사한 것으로 지열과 부하 측 열교환기에 3-Way 밸브를 설치하여 대향류와 평행류 열교환 성능을 실험하기 위한 시스템 개략도이다.

히트펌프 실험장치는 압축기(compressor), 증발기(evaporator), 응축기(condenser), EEV (electronic expansion valve)로 구성되어 있으며, EEV는 0~480 step에서 0~100%로 개도가 조절이 가능하도록 하였다.

배관의 구성은 3-Way 밸브의 조작으로 인한 유량변화를 최소화하기 위하여 평행류와 대향류의 입구 출구 배관부품과 길이를 2 m로 동일하게 설치하였다.

표 1은 지열 히트펌프 시스템의 실험조건을 나



[그림 2] Schematic diagram of experimental setup for ground source heat pump.

타낸 것으로서 지중루프를 기준으로 하는 지열히트펌프의 인증 실험조건(KS B ISO13256-2)에 따라 실험을 실시하였다.

실험은 먼저 열원수인 GHS (Ground Heat Source)의 온도와 유량을 설정하고, 부하측의 온도와 유량을 일정하게 유지되도록 한 후 히트펌프 열교환기에 유입되도록 하였다. 히트펌프 시스템의 운전은 열원수와 부하측 열교환기의 입구 출구의 온도가 정상상태 즉, 온도의 변화가  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  이내, 유량의 변화가  $\pm 0.01 \text{ m}^3/\text{h}$  이내에 도달하면 압축기를 가동하여 인버터를 이용해 일정한 회전수로 설정하였다.

EEV 개도 변화에 따른 대향류와 평행류의 비교 실험은 압축기의 회전수를 60 Hz로 고정하고 부하측의 온도와 유량을 냉방  $12^{\circ}\text{C}$ , 난방  $40^{\circ}\text{C}$ ,  $5.6 \text{ m}^3/\text{h}$ , 열원수의 온도와 유량은 냉방  $25^{\circ}\text{C}$ , 난방  $5^{\circ}\text{C}$ ,  $6.6 \text{ m}^3/\text{h}$ 로 일정하게 유지되도록 한 후, EEV의 개도를 50~100%로 변화하여 시스템이 정상상태에 도달했을 때 시스템의 성능을 비교 검증하였다.

실험에서 지열히트펌프의 냉난방능력은 식 (1)을 이용하였으며 냉매와 냉온수의 열평형을 비교하여 시스템 열손실을 최소화하고자 하였다. 본 연구에서의 냉난방능력은 부하 측의 평균값을 사용하였다.

<표 1> Experimental conditions

Parameter	Conditions	
	Cooling	Heating
Load inlet temp ( $^{\circ}\text{C}$ )	12	40
Load flow rate ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	5.6	5.6
GHS inlet temp ( $^{\circ}\text{C}$ )	25	5
GHS flow rate ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	6.6	6.6
Compressor RPM (Hz)	60	60
EEV open degree (%)	50 - 100	50 - 100

$$Q = \dot{m} c_p (T_i - T_o) \quad (1)$$

여기서,  $\dot{m}$  와  $c_p$ 는 부하측의 질량유량과 정압 비열이며,  $T_i$ ,  $T_o$ 는 냉온수열교환기의 냉온수 입구, 출구온도를 나타낸다.

시스템 COP는 냉난방능력과 압축기 소비동력 ( $A_w$ )을 이용하여 식 (2)와 같이 구하였다.

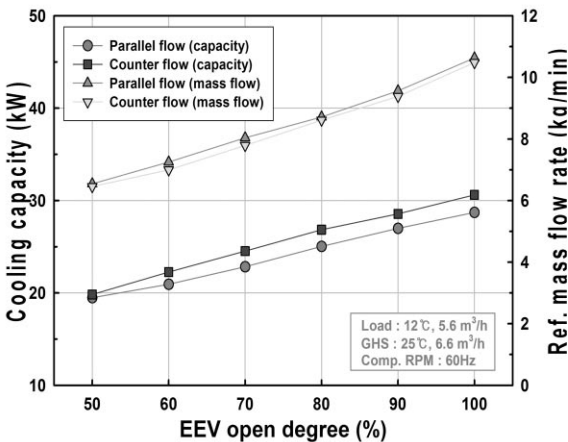
$$COP = \frac{Q}{A_w} \quad (2)$$

### 3. 실험결과 및 고찰

그림 3은 EEV 개도 변화에 따른 대향류와 평행류 열교환 방식의 냉방능력 및 냉매순환량을 나타낸 것이다.

EEV 개도가 커짐에 따라 냉방능력과 냉매순환량은 증가하는 경향으로 나타났으며 냉방능력은 대향류가 최소 19.8 kW, 최대 30.6 kW로 평행류 방식보다 평균 5.5% 이상 높은 것으로 나타났다.

그림 4는 냉수 입구온도 12℃, 압축기의 회전수 60 Hz에서 EEV 개도 변화에 따른 시스템 성능과 압축기 소비전력을 나타낸 것이다.



[그림 3] Variation of cooling capacity & Ref. flow rate with EEV open degree.

EEV 개도가 커질수록 냉방COP와 압축기 소비 전력은 대향류와 평행류에서 동일하게 증가하였다. 압축기 소비전력이 대향류 방식에서 2.2% 정도 낮게 소비됨에 따라 냉방COP는 대향류가 평균 7.7% 이상 높은 영역에서 증가하는 경향으로 나타났다.

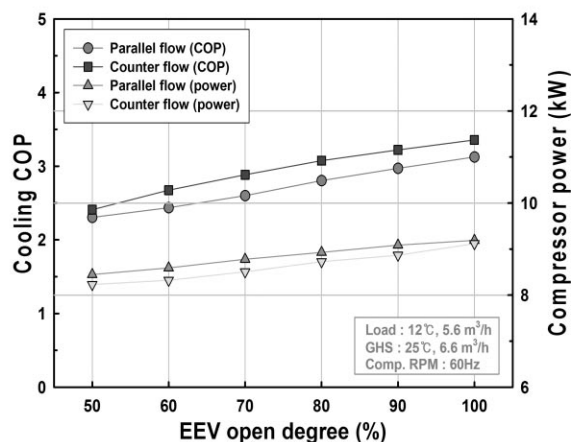
이는 대향류 방식에서 냉매의 과냉구간이 커짐에 따라 증발기로 유입되는 냉매의 온도가 상대적으로 낮아져 냉수의 입출구 온도차가 커지는 것으로 판단된다.

그림 5는 EEV 개도 변화에 따른 대향류와 평행류 열교환 방식의 난방능력 및 냉매순환량을 나타낸 것이다.

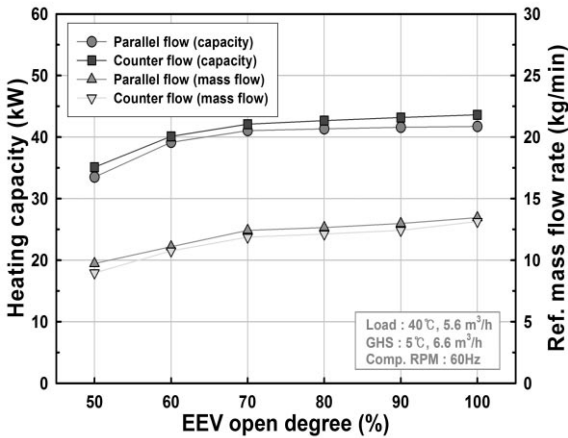
EEV 개도가 커짐에 따라 난방능력과 냉매순환량은 미세하게 증가하는 경향으로 나타났으며 난방능력은 대향류가 최소 35.1 kW, 최대 43.6 kW로 평행류 방식보다 평균 3.5% 이상 높은 것으로 나타났다.

그림 6은 온수 입구온도 40℃, 압축기의 회전수 60 Hz에서 열원수의 유입온도변화에 따른 시스템 성능을 나타낸 것이다.

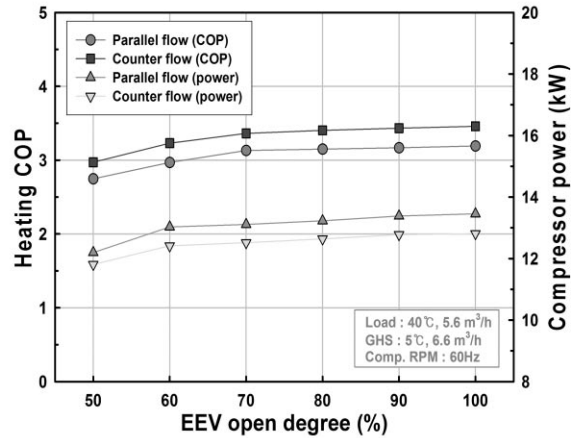
EEV의 개도가 커질수록 난방COP는 대향류와 평행류에서 동일하게 증가하는 경향으로 나타났으며 압축기 소비전력 또한 증가하는 경향을 나



[그림 4] Variation of cooling COP & Comp. power with EEV open degree.



[그림 5] Variation of heating capacity & Ref. flow rate with EEV open degree.



[그림 6] Variation of heating COP & Comp. power with EEV open degree.

타내었다. 난방COP는 대향류방식이 평행류 방식보다 7.5% 높게 나타났으며, 압축기 소비전력은 대향류방식이 4.5% 절감되는 것으로 나타났다.

#### 4. 결론

EEV를 적용한 열교환방식별 지열히트펌프의 냉난방 특성 실험을 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

EEV 개도가 커짐에 따라 냉난방능력과 냉매순환량은 증가하는 것으로 나타났으며 냉방능력은 대향류가 평균 25.5 kW, 난방능력은 평균 41.1 kW로 평행류 방식보다 평균 5% 이상 증가하는 경향으로 나타났다.

냉방COP와 난방COP는 EEV 개도가 커질수록 증가하는 경향으로 나타났고, 대향류방식의 냉난방COP는 2.9와 3.3으로 평행류방식 보다 평균 7.8%의 성능향상이 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과를 토대로 수질환 방식과 부하변화에 따른 EEV 개도 조절방식을 적용함으로써 지열히트펌프의 냉난방성능 향상이 가능할 것으로 판단된다.

#### 후 기

본 연구는 2010년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(과제번호 : 20103030110030)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.

#### 참고문헌

1. Lee, J. Y., Chung, J. T., Woo, J. S. and Choi, J. M., 2010, "Influence of the secondary fluid flow rate on the performance of a GSHP System", Korean Journal of Air-conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 22, No. 10, pp. 649~656.
2. Hepbasli, A., Akdemir, O., Hancioglu, E., 2003, "Experimental study of a closed loop vertical ground source heat pump system", Energy Conversion and Management, Vol. 44, pp. 527~548.
3. Cha, D. A., Kwon, O. K., and Park, S. G., 2011, "A study on heating characteristics

- of ground source heat pump using water switching methods”, Proceeding of the KSME, pp. 465~470.
4. Cha, D. A., Kwon, O. K., Park, C. S. and Park, S. G., 2011, “A study on cooling characteristics of ground source heat pump with variation of heat exchange methods”, Proceedings of the SAREK, pp. 1093~1096.
5. Cha, D. A., Kwon, O. K., Kim, H. J., Park, S. G. and Oh, M. D., 2011, “The performance characteristics of ground source heat pump with change of cooling and heating”, Proceedings of the SAREK, pp. 49~52.