

일반원고

하이브리드 지열원 열펌프시스템 기술

우정선
한국에너지기술연구원 책임연구원
김민성
한국에너지기술연구원 선임연구원
이세균
충북대학교 기계공학과 교수

1. 서론

지열원 열펌프시스템은 효율적인 냉난방 및 급탕 설비이나 기본 필수 구성요소인 지중열교환기 설치에 소요되는 비용에 기인하는 초기투자비가 많이 드는 단점이 있다.

지열원 열펌프시스템은 지중으로부터 회수하는 열량과 지중으로 방열하는 열량의 balance가 적합하게 설계되지 않으면 지중의 온도level은 점차 불리한 방향으로 변화하게 되며 장기운전 시 열펌프시스템의 냉난방 운전성능도 낮아지게 되어 결과적으로는 에너지절약 장치로서의 효용성이 없어지게 된다. 난방을 기준으로 보면, 전력의 1차에너지 기준환산량 2150 kcal와 보일러효율 95% 정도로 비교되는 열펌프의 계간난방운전성능이 2.63 정도이므로, 지열원 열펌프시스템을 적용하여 운영할 때 장기 운전시 지열원 열펌프시스템의 효용성 여부는 계간난방성능이 어느 정도 이상 유지되어야만 할 것인지 가늠이 가능할 것이다. 초기투자비를 고려하면 장기운전 시의 계간난방성능은 2.63에 비교하여 크게 높아져야만 한다는 것을 가늠할 수 있다.

하이브리드 지열원 열펌프시스템은 지중열교환기 설치에 소요되는 비용에 기인하는 초기투자비가 많이 드는 단점과 지중온도의 변화에 따른 냉난방 운전성능이 낮아지는 현상을 개선할 수 있

는 기술이다. 본고에서는 하이브리드 지열원 열펌프시스템의 적용 방향과 형식에 대하여 기술한다.

2. 본론

2.1 지열원의 효용성

열펌프시스템을 이용하는 천부의 지열이란 지표면으로부터 약 200 m 정도의 비교적 얇은 지층 사이의 토양이 갖고 있는 열에너지를 의미한다 (그림 1 참조).

이러한 지열의 특성을 보면 지표면에서 10 m 내외 정도 깊이까지는 외기 온도와 태양열의 변화에 따른 영향을 받지만 그 이하로 내려가면 영향을 거의 받지 않으며 연중 약 13 ~ 15°C 정도의 온도를 유지한다. 이러한 천부지열원은 토양이 있는 곳에서는 항상 존재하므로 어디서나 개발이 가능하다. 다만 천부지열은 온도level이 낮은 관계로 직접 이용은 어려우며 열펌프 기술과 접목하여야 유용한 에너지의 창출이 가능하다.

지열원 열펌프의 열원(혹은 히트싱크)으로 이용하는 지하 200 m 정도까지의 지중의 연평균 온도 15°C 내외는 지중의 열환경이므로, 공기는 물론 하천수 등과 같은 기타 열원에 비교하여 주변 환경의 영향을 받지 않으므로 연중 안정된 상태이다. 이와 같은 지열의 열원(혹은 히트싱크)으로서의 안정성을 공기의 온도레벨과 비교하면 그

큰 가치를 알 수 있다. 표 1은 서울지역을 예로 공기와 지중온도를 비교한 내용으로서 월평균기온은 연중 약 38.8℃ 변화하며 일최저(대)기온은 연중 약 61.5℃ 이상 변화하여 그 폭이 크지만, 지하 5 m의 평균지중온도는 연중 약 5.4℃ 정도 변화하며 지하 10 m의 평균지중온도는 연중 약 1℃ 정도 변화하여 지중의 온도 level이 안정성이 큰 것을 확인 할 수 있다.

<표 1> 공기온도와 지중온도 비교 (예)

구분		Temperature range
Air temperature	Month average	-3.5 ~ 25.3 ℃
	Day minimum(maximum)	-23.1 ~ 38.4 ℃
Ground temperature	Depth 5 m, average	11.4 ~ 16.8 ℃
	Depth 10 m, average	13.7 ~ 14.7 ℃

높은 범위를 보면, 난방기의 열원온도는 지열원의 온도가 공기온도 보다 약 37.8℃ 정도 높고, 냉방기의 히트싱크온도는 지열히트싱크의 온도가 공기온도 보다 약 24.7℃ 낮으므로 지열을 이용하는 시스템의 성능이 높은 원인과 정도를 가늠할 수 있다.

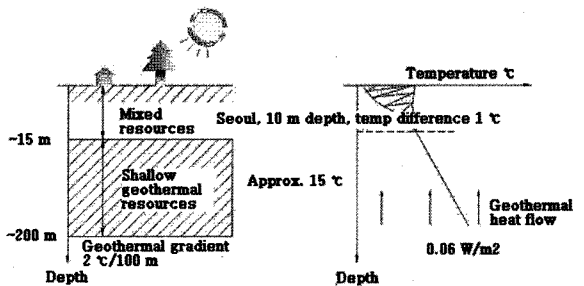
그러나 공기는 계속 유동하므로 온도가 일정하다고 볼 수 있으나, 지중의 암반은 고정된 상태이므로 지중으로부터 열을 계속해서 회수하거나 혹은 지중으로 열을 계속해서 유입시키게 되면 지중의 온도가 변화하여 열펌프 성능이 낮아지게 된다. 이런 현상을 최소화 하는 것이 지열시스템 설계와 시공 과정의 중요한 검토사항의 한가지이며, 지열을 이용하는 시스템의 설계와 시공이 어려운 중요한 이유 중의 한가지이다.

2.2 지열원의 열펌프시스템 적용

밀폐형 지중열교환기는 수평형과 수직형이 있으나 땅이 넓지 않은 우리의 현실을 고려하면 수직형이 보다 많이 보급이 될 것으로 사료된다. 건물의 밀도가 작은 교외 보다는 건물의 밀도가 큰 주

거 혹은 상업지역에 규모가 큰 냉난방설비를 비교적 많이 설치하게 되며, 건물 밀집지역은 특성상 가용 땅의 넓이가 충분하지 못하며 해결책으로 수직형 지중열교환기의 깊이를 깊게 하게 된다. 지중열교환기의 깊이를 깊게 한다는 것은 상대적으로 투자비가 증가한다는 것을 의미한다.

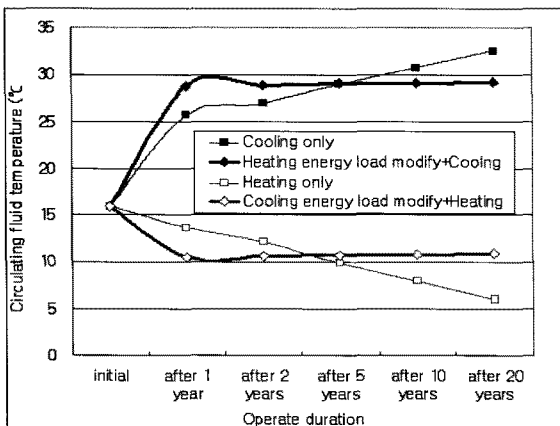
지열원 열펌프시스템을 설치하여 이용할 때 지열경사에 의한 열유속은 그림 1에서 보는 바와 같이 매우 적어(~ 0.06 W/m²) 시스템 성능에 큰 영향을 주지는 않는다. 실제로 지열원 열펌프 시스템의 성능을 크게 좌우하는 주요요인은 지중도양의 열물성치(열전도도, 체적열용량)이다. 즉, 지열원 열펌프 시스템에서는 난방시에는 필요로 하는 열량을 지중으로부터 회수하고 냉방시에는 지중으로 방열하게 되며 이와 같은 열에너지의 원활한 이동은 지중열물성치의 영향을 크게 받기 때문이다.



[그림 1] 천부지열원 개요도

이와 같이 지중의 열물성이 지열원 열펌프시스템의 성능을 크게 좌우하므로 건물의 냉난방 및 급탕 침투부하 뿐만 아니라 건물에서 연간 사용하는 냉난방에너지량의 정확한 계산이 필수적이다. 연간 사용하는 냉난방에너지량을 정확하게 계산하고 그 경향에 대한 대책을 적용하지 않아서 지중으로부터 회수하는 열량이 지중으로 방열하는 열량에 비하여 많게 되면 열펌프시스템 운전시간이 길어질수록 지중 온도는 점차적으로 낮아지고, 지중으로 방열하는 열량이 지중으로부터 회

수하는 열량에 비하여 많게 되면 열펌프시스템 운전시간이 길어질수록 지중 온도는 점차적으로 높아지게 되며 그에 따라 열펌프시스템의 운전성은 점차 낮아지게 된다. 그림 2는 침두난방부하 약 210 kW, 침두냉방부하 약 325 kW 규모의 건물에 설치된 지열원 열펌프시스템의 연간 사용하는 냉난방에너지량이 지중 온도변화에 미치는 영향을 검토한 내용으로서, 난방만을 운전하는 것으로 가정한 경우와 냉방만을 운전하는 것으로 가정한 경우 그리고 소요되는 연간 난방에너지량과 냉방에너지량이 큰 차이가 없도록 운전하는 경우를 가정하여 도시한 것이다. 그림을 통하여 지중으로부터 회수하거나 방열하는 열량에 따라 지중의 온도가 초기온도에서 크게 변화할 수 있으며, 결과적으로는 지열원 열펌프시스템 성능을 지중온도가 초기 지중온도가 영속적으로 유지되는 것으로 가정할 경우에 운전기간이 경과할수록 지중의 열환경이 변화하여 시스템 성능이 크게 악화될 수 있으며, 또한 지중으로부터 회수하는 열량과 지중으로 방열하는 에너지량을 적당하게 조절할 경우 운전기간이 경과되어도 지중의 온도가 변화하지 않도록 계획할 수 있음을 볼 수 있다.



[그림 2] 지열원 열펌프시스템의 지열 회수, 방열에 따른 지중순환수 온도 변화 (예)

이러한 현상에 대한 대책의 한가지는 설계 시에

건물의 침두냉난방부하와 함께 건물에서 연간 사용하는 냉난방에너지량을 정확하게 계산하고, 시스템을 장기간 운전하는 것으로 가정하여 난방과 냉방의 차이에 기인되는 지중의 열환경 변화와 목표수명년도에서의 최종 지중온도를 감안하여 지열원 열펌프와 지중열교환기 용량을 결정한다.

다른 대책의 한가지는 지열원과 함께 다른 유효한 열원을 병용 사용하거나 보일러나 냉각탑 등의 열원장치를 병용 이용하는 하이브리드 열펌프 시스템을 적용한다.

하이브리드 열펌프시스템은 지중열교환기 용량을 작게 선정할 수 있어서 초기투자비를 줄일 수 있으며, 열펌프시스템의 성능을 설치 초기상태로 장기간 유지할 수 있어서 에너지효율적이며 신뢰성을 유지할 수 있는 등의 장점이 있다.

2.3 하이브리드 지열원 열펌프시스템

열원으로의 이용과 히트싱크로의 이용 개념이 큰 차이가 없으므로 이하 열원으로의 이용 관점에서 기술한다.

2.3.1. 지열원, 공기열원 적용 2중열원 열펌프 시스템 형식

지열원은 연중 안정적이며 다른 요인에 크게 영향을 받지 않으므로 매우 이상적인 열원임에 틀림없으나, 전기한 바와 같이 지중열교환기 설치에 기인한 초기투자비가 많이 소요되는 문제점과 지중으로부터 회수 열량과 지중으로 방열량의 차이에 기인한 지중온도의 변화와 그에 따른 성능의 변화가 발생 할 수 있다.

일반 대기는 이용 가능성의 관점에서 시간적, 장소적인 측면에서 이상적인 열원이라고 할 수 있으며, 온도가 크게 변화하기는 하지만 필요로 하는 많은 열량을 회수 할 수 있고 또한 열펌프 설치 장소도 제약을 작게 받는 등의 장점이 있다. 그러나 압축식열펌프의 효율과 능력의 변화는 증발온도에 크게 의존되므로 외기온도가 낮아지면 증발기 표면에 서리가 착상하여 열전달을 방해하고

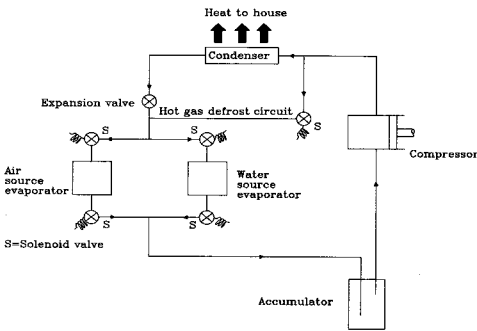
공기의 흐름을 방해하며 난방능력과 성능계수도 낮아지는 등 단점이 있다.

이와 같은 문제점을 개선하는 방법 중의 하나는 지열원과 공기열원 각각의 특징과 장점을 병용 적용할 수 있는 시스템을 적용하는 것이다.

하나의 열펌프를 이용하여 2가지 이상의 열원으로 부터 열을 회수하여 사용하는 열펌프를 다중 열원열펌프(multiple source heat pump)라 하며, 하나의 열펌프를 이용하여 2가지 열원으로부터 열을 회수하여 사용하는 열펌프를 2중열원열펌프(dual source heat pump)라 한다.

그림 3, 그림 5, 그림 6, 그림 7, 그림 8은 2중 열원열펌프 각 형식의 시스템 개요를 도시한 것이다.

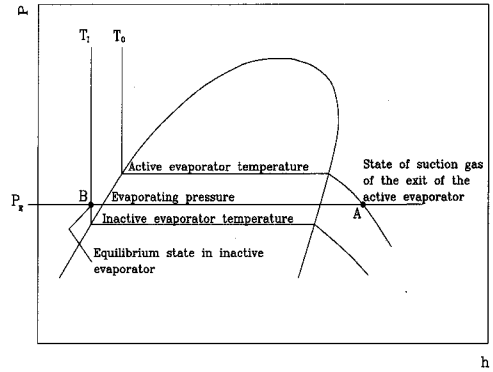
그림 3의 형식은 2개의 증발기가 장착되며 열원의 선정은 증발기에 장착되는 솔레노이드 밸브의 서모스탯에 의하여 조정된다. 공기를 열원으로 이용시 제상은 핫가스식 제상방식을 적용한다.



[그림 3] 열교환기 병렬 적용 형식

이 형식은 공기열원용 증발기를 이용하는 초기 운전은 문제가 없으나 공기온도가 너무 낮게 되어 제2열원용 증발기가 작동되면 열펌프 능력이 점차 감소하는 현상이 발생하는데, 온도가 낮은 증발기 쪽으로 솔레노이드 밸브를 통하여 냉매가 도피하여 응축되는 현상이 발생하는 현상 때문이다. 냉매는 계속 평형상태로 변화하며 공기열원용 증발기의 온도가 낮으므로 액상냉매로 계속 상변

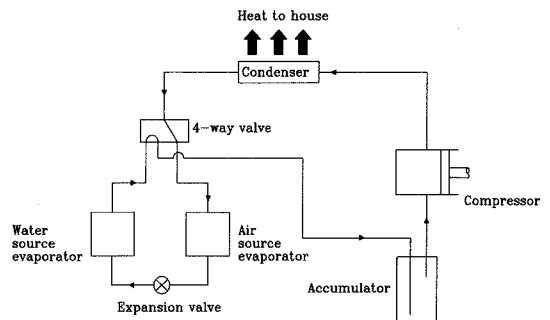
화가 지속된다. 그림 4는 이러한 변화과정을 도시한 것이다.



[그림 4] 다중열원 열펌프 증발기의 P-h선도

이러한 문제는 하나의 시스템 내에서 온도차가 발생하여도 냉매의 흐름을 완전히 차단할 수 있는 밸브를 적용하면 개선할 수 있으나, 얼마간 운전을 지속하면 성능을 완전히 보장할 수 없게 된다. 이러한 단점으로 그림 5의 형식으로 발전되었다.

그림 5의 형식은 팽창변 앞에 위치하는 증발기는 과냉각기로 작용하기 때문에 솔레노이드밸브가 필요하지 않다. 과냉각 기능은 증발기를 제상시키는 기능을 한다. 제2열원용 증발기가 작동하면 얼음이 생성되기 시작하며 제상이 필요하게



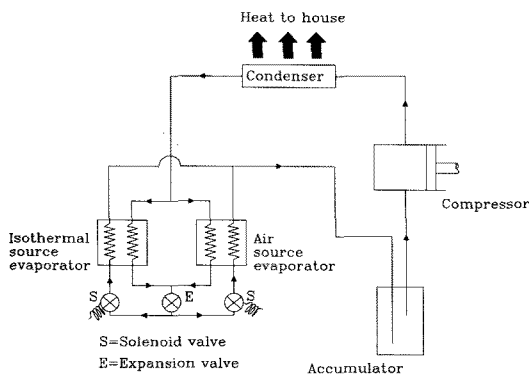
[그림 5] 열교환기 직렬 적용 형식

된다. 4방향밸브를 작동시켜서 응축기로 부터 송출되는 고온의 액상냉매를 제2열원용 증발기로 보내면 제상작용이 진행된다. 이 방법은 핫가스를 이용하는 방식에 비하여 반응은 느리지만, 제상이 진행되는 과정 중에도 다른 열원으로 부터 열을 회수하여 계속 공급할 수 있는 장점이 있다. 이 제상방식의 효과는 기간성능계수를 높게 한다.

그러나 이 형식에는 다음과 같은 단점이 있다.

- ④ 한 개의 증발기는 항상 과냉각기로 작용을 하므로 많은 양의 냉매를 필요로 한다.
- ⑤ 열원을 전환시키면 과냉각기로 작용하던 증발기 내에 있던 액상의 냉매는 어큐물레이터로 보내야 하는데 일반 열펌프에 사용하는 어큐물레이터를 사용하는 경우 어큐물레이터에 보내진 액상냉매는 흡입압력과 어큐물레이터 온도에 의해서 비등하여 기상으로 변할 수 있다. 이와 같은 증발과정은 시간이 오래 소오되므로 시스템이 정상적으로 작동될 때까지 오랜 시간이 걸리게 된다.

그림 3의 형식은 열펌프시스템에 여러개의 증발기를 부착시킬 수 있는 장점이 있으며, 그림 5의 형식은 과냉각에 의한 제상을 할 수 있는 장점이 있으므로 그림 3과 그림 5의 형식을 조합시키면 2가지 형식의 장점을 모두 이용할 수 있으며 그림 6은 동 형식이다.

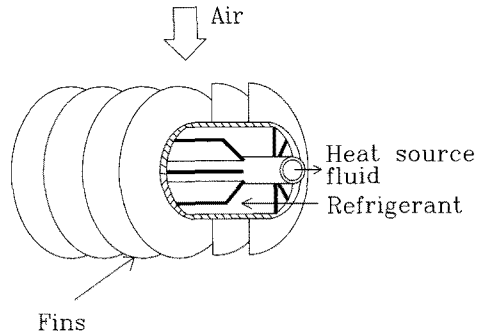


[그림 6] 과냉각 기능을 반영한 열교환기 병렬 적용 형식

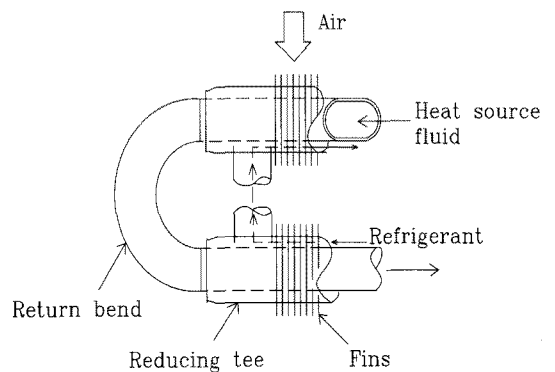
응축기를 통과한 냉매는 2개의 증발기에 동시에 공급하여 작동하지 않는 낮은 온도의 증발기로 과냉각온도까지 높임으로서 작동하지 않는 증발기로 냉매가 도피하는 것을 방지하고 또한 증발기에서의 냉매 응축을 방지한다. 이 작용은 증발기 뒤의 솔레노이드 밸브의 필요성을 없게 한다. 솔레노이드 밸브가 닫치면 증발작용이 멈추고 과냉각열이 증발기 주변으로 확산되어 제상을 하게 된다.

이 형식의 단점은 증발기에 2개의 냉매유로가 필요하고 증발기 형상은 주변과의 열교환 효과가 크도록 설계되어야 한다.

그림 7과 그림 8은 다른 형식인 SUDS (Single Unit Dual Source) 증발기 형태를 도시한 것으로서 그림 7의 형식은 G.M. Reistad 등의 모델이며,



[그림 7] G.M. Reistad model의 SUDS열교환기 형식



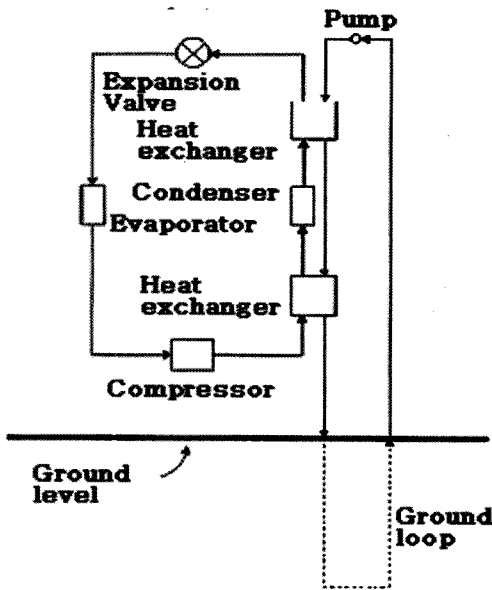
[그림 8] D.L. Ewert model의 SUDS열교환기 형식

그림 8의 형식은 D.L. Ewert의 모델이다. SUDS 증발기는 하나의 열교환기만을 이용하여 2중열원으로 부터 열을 회수하는 기능이 있으며, 증발기는 하나이면서 냉매, 공기, 제2열원유체의 3종류 유체의 통로가 있는 것이 특징이다.

발전되어 온 SUDS증발기의 개념은 외부에 편이 부착된 동일축형의 열교환기이다.

공기를 열원으로 이용할 때는 공기-공기 열펌프와 같이 팬을 이용하여 공기를 송풍시킴으로서 공기로 부터 열을 회수한다. 공기의 온도가 낮아져서 공기를 열원으로 하는 기능의 효율이 낮아지거나 증발기에 서리가 착상되면 공기 송풍을 정지시키고 펌프를 이용하여 내측 튜브를 통하여 제2열원유체를 순환시킴으로서 제2열원으로 부터 열을 회수한다.

그림 9는 공기와 지열을 히트싱크로 이용하는 2중열원 열펌프 시스템의 한가지 예로서, 공기와 지중열을 함께 적용하고 있는 시스템 개요도이다. 부하가 작을 때에는 공기를 이용하다가 부하가 크게 발생하는 경우에 냉방부하(응축열)를 지중 열교환기를 보조히트싱크로 활용 대처하는 방법



[그림 9] 열펌프시스템의 히트싱크 다변화 (예)

이다. 동 시스템은 미군이 자국 내 군기지(Georgia 주 Fort Stewart)에 설치한 시스템으로서 동 시스템이 설치된 지역은 냉방도일이 2414, 난방도일이 1713 정도로 난방보다는 냉방이 연중부하가 큰 지역이다. 냉방시의 응축열 방열을 지중에 계속할 경우에 지중 온도가 상승하여 효율이 저하될 수 있는 관계로 응축열의 일부를 공기로 방열한다. 동 형식의 시스템은 2~20 RT 정도의 소규모 시스템에 주로 적용된다.

지중열교환기 용량을 줄일 수 있고 에너지효율도 크게 향상된다. 표 2는 동 시스템 적용의 효용성을 나타낸다. 고효율 공기열원 열펌프는 물론 지열만을 열원으로 이용하는 시스템에 비하여도 효율이 크게 향상된 것을 보여준다.

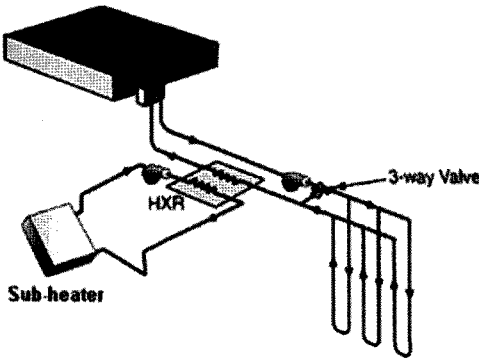
<표 2> 시스템별 연간 에너지효율비, 운전비 비교

Heat Pump Type	Energy Efficiency Ratio	Annual Operation Cost
Average Air-Source Heat Pump	8 SEER	\$889
High Efficiency Air-Source Heat Pump	13 SEER	\$594
Ground-Source Heat Pump	15.2 SEER	\$474
Dual-Source Heat Pump	18.3 SEER	\$442

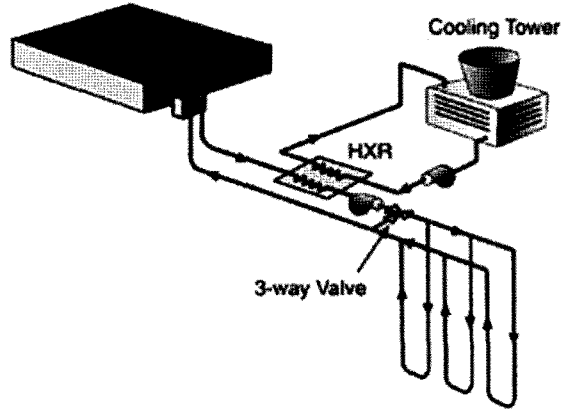
주) Dual-Source Heat Pumps, from technology profiles, FEMP, EREN

2.3.2. 지열 이용 설비, 기타 설비 병용 하이브리드 시스템

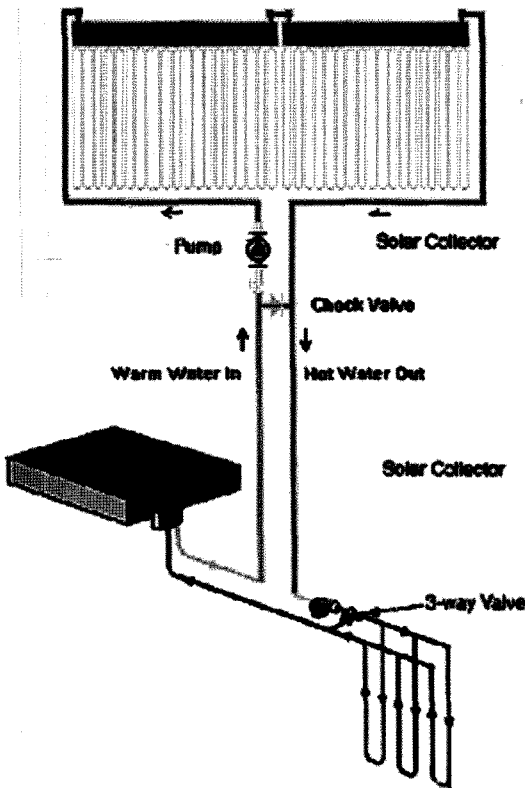
그림 10은 지열 이용 하이브리드 열펌프 시스템 형식의 하나인 보일러를 병용 이용하는 시스템의 개요도이다. 냉방부하에 비하여 난방부하가 큰 경우에 지중열교환시스템은 냉방부하를 기준으로 설치하고, 부족한 난방부하를 보조열원으로 대처하는 방법이다. 보조열원로서는 전기저항식 가열기, 보일러를 이용한다. 그림 11과 같이 보조열원을 태양열집열기와 접목하여 각 열원의단점을 보완하는 형식으로 이용하기도 하나, 태양열집열기를 병용하는 방식을 적용할 때에는 태양열집열기 설치비용도 크므로 초기투자비를 비교한 타당



[그림 10] 보일러 등 열원장치 이용 하이브리드형식



[그림 12] 냉각탑 이용 하이브리드형식



[그림 11] 태양열집열장치 이용 하이브리드형식

성 검토가 필요하다.

그림 12는 지열 이용 하이브리드 열펌프 시스템의 다른 일종인 냉각탑을 병용 이용하는 시스템의 개요도이다. 난방부하에 비하여 냉방부하가

큰 경우에 지중열교환시스템은 난방부하를 기준으로 설치하고, 부족한 냉방부하(응축열)을 냉각탑을 보조히트싱크로 대처하는 방법으로서 난방부하에 비하여 냉방부하가 큰 지역(건물)에 적합하다.

2.4 하이브리드 지열원 열펌프시스템 적용의 타당성 검토

하이브리드 지열원 열펌프시스템은 지중열교환기 설치에 소요되는 비용에 기인하는 초기투자비가 많이 드는 단점과 지중온도의 변화에 따른 냉난방 운전성능이 낮아지는 현상을 개선할 수 있는 기술이지만, 여러 가지 방향으로 타당성을 검토해야만 한다.

계산된 침두난방부하와 침두냉방부하를 비교하며 침두부하가 작은 쪽을 기준으로 하여 큰 쪽의 부하에 비교하여 작은쪽 부하와의 차이에 상당하는 부하량에 대하여 앞에 기술한 각 형식의 제2의 장치로 분할 설치 타당성을 검토한다.

침두난방부하와 침두냉방부하 그리고 건물의 운전schedule, 지열원 열펌프 성능, 순환펌프 성능 등의 특성을 고려하여 연간 난방에너지부하와 연간 냉방에너지부하, 연간 난방지열에너지부하, 연간 냉방지열에너지부하를 계산 비교하여 절대량을 비교 검토한다.

지열원 시스템 설계용 전용프로그램을 이용하여 지열원시스템 목표수명기간 동안의 냉난방 지중순환열유체 온도의 변화 정도를 검토한다. 시스템 설치 초기의 지중온도에 비교하여 온도차가 변화하는 정도를 고려하여 지열로 담당할 지중열교환기 사양과 열펌프 유닛 용량을 조정 검토한다.

3. 결론

우리나라에 지열원 열펌프시스템이 본격적으로 도입된 시점을 2000년경으로 보아도 큰 무리는 없을 것으로 판단된다. 그동안 정부의 신재생에너지 시설비 보급 정책에 힘입어 각종 시설물에서의 보급이 크게 증가하고 있다.

그러나 설치되는 지열원 열펌프시스템 형식은 거의 일률적이며 시스템 효율 향상을 위한 적용 기술의 발전은 담보되고 있는 것으로 사료된다.

건물의 침투냉난방부하와 함께 연간냉난방에너지부하는 주거용건물, 사무소건물 등 건물의 유형에 따라 차이가 크다. 건물부하에 따른 지열에너지부하 특성을 반영하여 지열원 열펌프시스템을 계획하면 초기투자비 축소와 함께 에너지효율도 크게 향상시킬 수 있으며, 시스템의 목표수명기간 동안 높은 효율을 변화없이 유지할 수 있다.

본고는 동 목적에 유효하다고 판단되는 하이브리드 열펌프시스템에 대하여 기술하였다.

하이브리드 지열원 열펌프시스템의 계획은 침투냉난방부하와 함께 반드시 연간 냉난방에너지부하와 연간 냉난방지열에너지부하를 정밀하게 계산하여 지열원 시스템 최종목표 수명년도에 지중순환수 온도가 어떻게 변화하는지를 검토하여야만 한다. 가능한 초기지중온도에서 변화하는 정도를 최소화 할 수 있는 방향에 초점을 두고 계획되어야만 한다.

하이브리드 지열원 열펌프시스템의 적용은 소용량의 주거용건물에서부터 대용량의 사무소용건물까지 적용가능하다. 특히 대용량의 지열시스템은 지중열교환기 매설이 조밀하며 수량이 많은 관계로 지중열환경 변화에 민감하므로 지중순환수 온도 변화를 작게할 수 있는 방향으로 계획되어야만 하며, 하이브리드 시스템은 동 목적에 유용한 시스템으로 판단된다.

4. 참고문헌

1. 우정선, 김대기, 이세균, 2004, 지중열원 열펌프시스템의 난방성능 해석, 대한설비공학회 논문집 제16권 제12호, pp.1175-1182
2. Steven G. Penoncello, Daniel L. Ewert, 1982, "The Development of a Single Unit-Dual Source(SUDS) Heat Pump Evaporator", Proceedings of 6th Heat Pump Technology Conference, pp. XII.1-XII.7
3. G.M. Reistad, J.G. Griffiths, S. Lang, 1984, "Evaluation of Dual-Source Evaporator for Residential Heat Pumps", ASHRAE Transactions Volume 90, Part 1B, pp. 1026-1041
4. D.L. Ewert, 1985, "The Development, Design and Performance Testing of a Single-Unit Dual-Source(SUDS) Heat Pump Evaporator", ASHRAE Tech. Data Bull., Vol. 1, No. 8, pp. 1-20
5. Dual-Source Heat Pumps, FEMP
6. Assessment of Hybrid Geothermal Heat Pump Systems, FEMP
7. IEA Heat Pump Center Newsletter, Volume 24, No.4/2006