

스마트 히트펌프

이 지 혜
코텍엔지니어링(주)

1. 개요

근래 들어, 화석연료의 이용에 의한 환경오염과 더불어 화석연료의 고갈 등의 문제로 인해 친환경 대체에너지 분야가 급성장하는 가운데, 효율이 우수하며 날씨에 영향을 받지 않고 지속적으로 열원을 이용할 수 있는 지열에너지 분야가 크게 각광받고 있다. 최근에는 지열을 이용한 열교환 분야, 특히 실내 냉난방 분야에서 기술개발이 활발히 진행되고 있다.

지열을 이용한 냉난방 시스템은 크게 열교환을 위하여 지중에 매설되는 지중열교환기, 히트펌프, 실내(부하측) 등으로 구성된다.

특히, 히트펌프는 지중열교환기와 더불어, 지열 시스템 전체의 효율향상에 중요한 역할을 하는 구성이나, 지금까지의 지열시스템용 히트펌프는 공급되는 물의 온도를 맞추기 위하여 단순한 기동 및 정지 동작만을 수행하고 있다.

이에, 지금까지는 지중열교환기의 열교환 효율을 향상시키거나 히트펌프의 각 구성(압축기, 증발기 등)별로 독립적인 효율을 향상시킴으로써, 전체 지열시스템의 효율을 향상시키는 방법으로

기술개발이 이루어지고 있다.

그러나, 이와 같이 독립된 구성에 대한 개별적 효율향상은 지열시스템 전반에 걸쳐 영향을 미치기에 부족함이 많았다. 지금까지의 지열용 히트펌프는 계절별 온도편차가 적은 지중환경을 감안하여 지열시스템의 COP의 향상을 기대하기 어렵다는 문제점이 있었다.

이에 본 스마트 히트펌프는 측정한 외기온도를 바탕으로 최적의 냉온수를 공급하여 히트펌프를 가동하는데 필요한 에너지를 절약하는 한편 고장 진단을 수행하여 사전에 예방하는 데 목적을 두고 있다.

2. 본론

위와 같은 문제점을 해결하기 위해서 외기 온도에 따라 부하(실내)측으로 공급되는 온수 및 냉수의 온도를 제어함으로써, 에너지효율을 크게 향상시킬 수 있도록 한다.

특히, 공급온도를 변화시켜 히트펌프의 용량을 가변적으로 제어함으로써 히트펌프 시스템의 COP를 향상시키고 시스템의 운전 데이터를 수집

하여 고장의 전조증상을 파악함은 물론 고장의 전조증상이 감지되면 이를 관리자에게 통보함으로써 시스템의 안전성을 확보할 수 있다.

2.1 제어방법

앞서 언급한 목적을 달성하기 위해서 스마트 히트펌프는 몇 가지 단계를 거치게 된다. [그림 1]은 스마트 히트펌프 시스템의 흐름도이다. 히트펌프는 외기온도센서를 통해 실외온도(외기온도)를 측정하고 동작제어부는 온도데이터수신부로 수신된 외기온도를 확인한다. 이때 히트펌프는 측정된 외기온도에 대응하여 가변용량으로 제어하는데 부하측의 LWT(Leaving Water Temperature)를 제어하는 등 부하측으로 공급되는 냉수 및 온수의 온도를 변화시킨다. 이러한 과정을 통하여 사용자에게 쾌적한 실내온도를 제공함은 물론 COP 향상을 도모하여 에너지효율을 크게 향상시킬 수 있다.

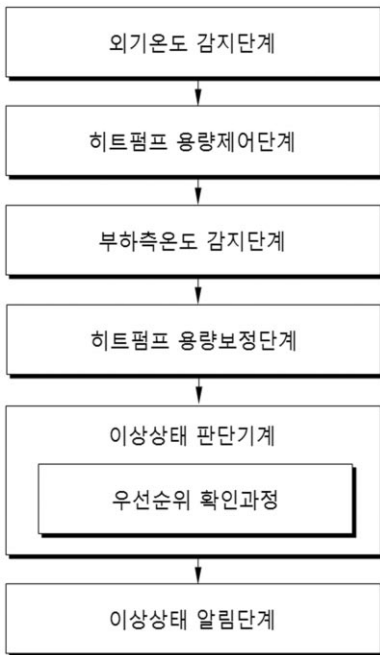
또한 이상상태 판단단계에서는 히트펌프에 순환

되는 유량, 공급측 EWT(Enteringing Water Temperature)/LWT, 부하측 EWT/LWT, 소비 전력 등을 측정하여 이론값이나 실험값 중 적어도 하나와 비교하여, 오차범위를 벗어나는 데이터에 대해 이상 유무를 판단한다.

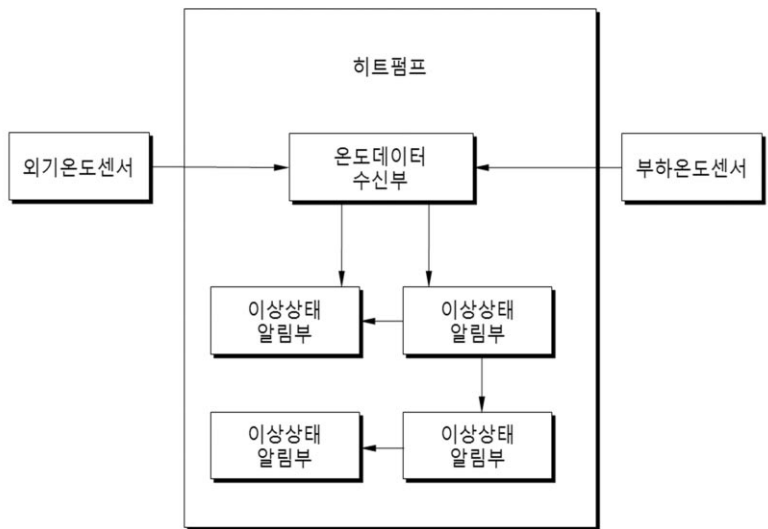
더불어 히트펌프의 정상상태를 기준으로 다양한 유형의 고장을 유도하여 해당 상태별 데이터를 측정하고 추후 운전 시 비슷한 경향을 보일 경우 어떠한 고장이 일어날 수 있는지 판단 할 수 있다

이상상태알림단계에서는 판단결과에 따라, 현장관리자, 전문관리자 및 중앙통제실에 이상상황을 통보하는 것으로 사항별 대처방법에 따라 주의, 점검, 긴급 등으로 구분하여 통보할 수 있다. 예를 들어 주의가 필요한 이상이 발생한 경우에는 현장관리자에게 통보할 수 있고 점검이 필요한 이상이 발생한 경우에는 전문관리자에게 통보할 수 있으며 긴급이 요구되는 이상이 발생한 경우에는 중앙통제실로 통보할 수 있다.

한편 복수의 문제가 발생한다면 이상상태가 발생된 원인의 해결우선순위를 확인 할 수 있다. 특



[그림 1] 스마트 히트펌프 시스템 흐름도



[그림 2] 스마트 히트펌프 시스템 블록도

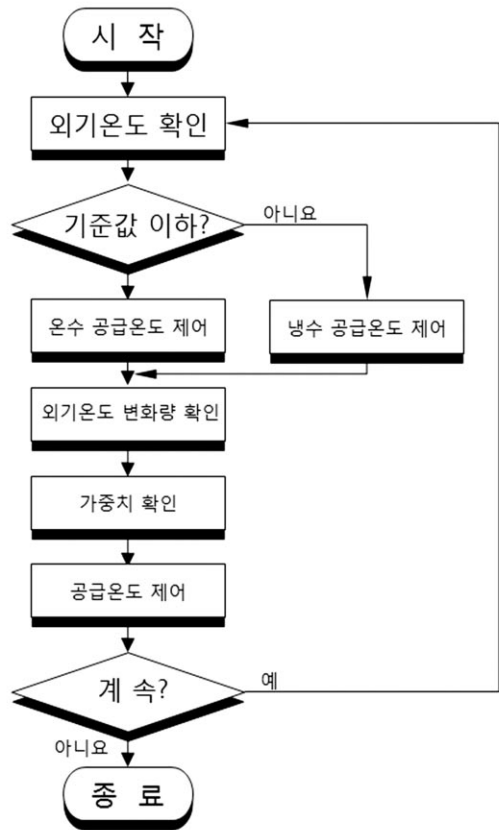
정 이상상태에 대한 해결방법 중 중요도가 높은 방법을 우선적으로 선택할 수 있게끔 하여 시스템에 미치는 영향을 최소화 할 수 있다.

이러한 고장의 전조증상을 파악하는 것은 일정 지역의 지열시스템을 통합관리함에 있어 전문성이 다소 낮은 현장관리자, 전문관리자 및 중앙통제실 등의 역할을 효율적으로 부여할 수 있다. 소수의 전문관리자만으로도 광범위한 지역의 관리가 가능해짐은 물론 전문인력의 부족현상을 해결하고 시스템의 운용 및 유지관리 비용을 절감할 수 있다.

그림 3은 그림 1에 나타난 단계의 구체적인 순서도이다. 히트펌프의 동작제어부는 온도데이터 수신부를 통해 외기온도를 확인하고 확인된 외기온도가 기준 값 이하인 경우 겨울철로 판단하여 온수 공급온도를 제어한다.

이때, 동작제어부는 외기온도의 단위시간당 변화량을 확인하고 확인된 외기온도 변화량에 대응하여 히트펌프의 동작을 가변용량으로 제어 할 수 있다. 예를 들어 외기온도가 -8°C 에서 2°C 로 10°C 상승한 경우, 동작제어부는 부하측 공급온도를 48°C 에서 43°C 로 5°C 낮출 수 있다. 다른 예로, 외기온도가 -2°C 에서 8°C 로 10°C 상승한 경우, 동작제어부는 부하측 공급온도를 45°C 에서 40°C 로 5°C 낮출 수 있다.

한편, 온도변화에 따라 부하측 공급온도를 동일하게 변화 시킬 경우 봄이나 가을과 같이 외기온도와 실내온도의 차이가 적은 계절에는 효과적으로 대응하지 못할 수 있다. 이에 동작제어부는 외기온도의 변화량을 확인하고 외기온도에 대응하여 설정된 가중치를 확인한 후 확인된 가중치를 외기온도의 단위시간당 변화량에 적용하여 히트펌프의 동작을 가변용량으로 제어할 수 있다. 이 또한 예를 들면, 외기온도가 -8°C 에서 2°C 로 10°C 상승하고, 2°C 에 가중치가 0.5로 설정된 경우, 동작제어부는 부하측 공급온도를 48°C 에서 43°C 로 5°C 낮출 수 있다. 다른 예로, 외기온도가 -2°C 에서 8°C 로 10°C 상승하고, 8°C 에 가중치가 0.4로



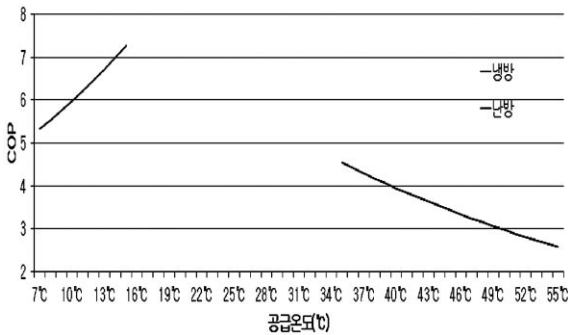
[그림 3] 스마트 히트펌프 시스템 순서도

설정된 경우, 동작제어부는 부하측 공급온도를 45°C 에서 41°C 로 4°C 낮출 수 있다.

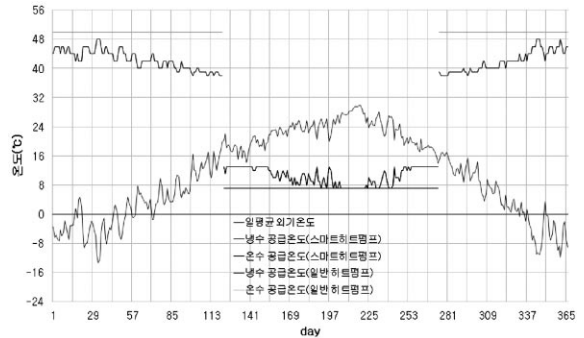
따라서 이발명의 히트펌프는 그림 5에 나타난 바와 같이 최적화된 공급온도의 용량제어가 가능해 질 수 있다. 가중치의 부여는 계절별로 다양하게 설정할 수 있으며 지열시스템이 시공된 환경 등에 따라 설정할 수 있음은 당연하다.

2.2 시뮬레이션

스마트 히트펌프를 실제 시스템에 적용하기 전에 타당성을 검증하고자 다양한 데이터를 시뮬레이션하였다. 제어방법은 앞서 설명한 제어방법을 따르고 직접 제어가 불가능한 지중온도에 대해서



[그림 4] 공급온도에 따른 COP 변화



[그림 5] 외기온도에 따른 공급온도 변화

는 단순히 스마트히트펌프와 일반히트펌프의 성능을 비교하는데 목적을 두고 있으므로 일정하게 설정하였다.

그림 4는 지열 히트펌프 시스템에서 공급온도에 따른 COP변화를 나타내는 그래프이다. 냉방을 위하여 공급되는 냉수의 공급온도가 높아질수록 COP가 상승하고, 난방을 위하여 공급되는 온수의 공급온도가 낮아질수록 COP가 상승하는 것을 알 수 있다.

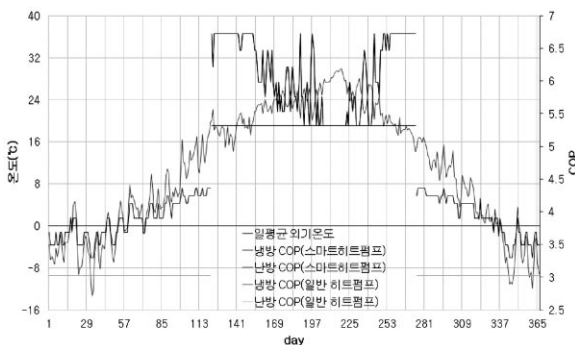
Output(히트펌프 생산열량)/Input(히트펌프 소비동력)으로 정의되는 COP는, 냉수 또는 온수를 최대온도로 공급하지 않아도 되는 상황(예를 들어, 봄이나 가을철)에서, Input의 소모를 줄일 수 있기 때문에 COP를 향상시킬 수 있다.

결과적으로 일반적인 히트펌프의 경우 일정한 온도의 냉수 또는 온수를 공급하기 때문에 COP

의 변화가 없으나 외기의 온도에 따라 공급되는 냉수 또는 온수의 온도를 제어하기 때문에 COP가 향상됨을 알 수 있다.

그림 5는 히트펌프 시스템에서 외기온도에 따른 공급온도변화를 나타내는 그래프이다. 일반적인 히트펌프의 경우 외기온도와는 무관하게 일정한 온도의 냉수 또는 온수를 공급하는 반면 스마트 히트펌프는 외기의 온도에 따라 공급되는 냉수 또는 온수의 온도를 조절할 수 있다. 그래프에 나타난 바와 같이 겨울철 외기온도가 상승하면 온수의 공급온도를 최대온도로 유지하지 않아도 되기 때문에 부하측 공급온도를 낮추고 여름철 외기온도가 하강하는 경우에도 부하측 공급온도를 높임으로써 COP를 향상시킬 수 있다.

그림 6은 지열 히트펌프 시스템에서 외기온도에 따른 COP변화를 나타내는 그래프이다. 외기온도



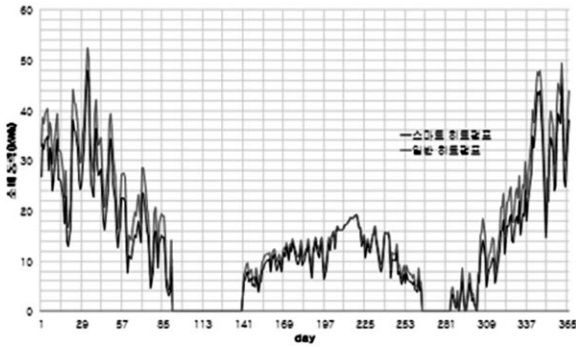
[그림 6] 외기온도에 따른 COP 변화

<표 1> 스마트 히트펌프와 일반 히트펌프의 공급온도 비교

구분	스마트 히트펌프	일반 히트펌프
냉수	7~13°C	7°C
온수	38~50°C	50°C

<표 2> 스마트 히트펌프와 일반 히트펌프의 성능 비교

구분	스마트 히트펌프	일반 히트펌프
COP _c	5.3~7.2	5.3
COP _h	3.0~4.5	3.0
SPF _c	6.1 (15%℃)	5.3
SPF _h	3.9 (29%℃)	3.0



[그림7] 소비동력 변화

에 따라 냉온수의 공급온도를 높이거나 줄일 수 있기 때문에 COP의 상승효과를 볼 수 있었다. 마찬가지로 표 2에 나타난 바와 같이 SPF(Seasonal Performance Factor)가 향상됨을 알 수 있다.

그림 7은 소비동력변화를 나타낸 그래프이다. 그림 6에 나타난 바와 같이 COP가 향상됨에 따라 일반적인 히트펌프에 비하여 약 17%의 냉난방 비용을 절감할 수 있었다.

<표 3> 소비동력 변화

구분	스마트 히트펌프	일반 히트펌프
소비동력	4,822.9 kWh (17.8%)	5,682.2 kWh

3. 결론

스마트 히트펌프는 외기온도에 따라 부하(실내) 측으로 공급되는 온수 및 냉수의 공급온도를 제어함에 있어 히트펌프의 용량을 가변적으로 제어함으로써 히트펌프 시스템의 COP를 크게 향상시킬 수 있었다.

또한, 시스템의 운전 데이터를 수집하여 고장의 전조증상을 파악하고 이를 감지하면 관리자에게 통보함으로써 시스템의 안전성을 확보할 수 있다.

각 시스템별로 수집된 데이터를 실시간으로 수집 및 통계화하여 통합관제센터로 전송 및 모니터링함으로써 지역별 및 국가적 차원에서 에너지 관리가 가능하도록 할 수 있다.

따라서 지열을 이용한 냉난방 시스템 및 이와 연관된 분야에서 신뢰성 및 경쟁력을 향상시키는 데 큰 도움을 줄 것이다. 