

빙축열을 이용한 복합열원 히트펌프는 가능한가

■ 임 호 목 / 에스이테트(주), lhymook@yahoo.co.kr

■ 권 일 옥 / 뉴템즈 코리아, kiw0853@naver.com

슬러리 축열형 복합열원 히트펌프를 중심으로 시스템의 특징을 살피고 가능성을 검토코자 한다.

하이브리드 시스템과 복합 열원 시스템

열원으로 지열이나 공기열을 이용하는 히트펌프에 축열기능의 결합은 신재생에너지 활용에 있어서 경제적 타당성과 이용의 한계를 상당부분 보완해주는 것이 밝혀지고 있으며, 공기열 또는 지열을 이용한 열원방식에 축열식 히트펌프를 적용하는 현상이 계속적으로 늘어나고 있다.

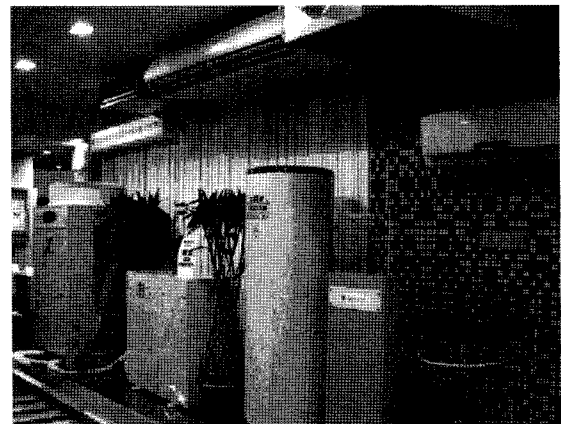
하지만 하나의 열원만을 사용하는 축열식 히트펌프는 실제로 시스템의 경제성 및 운전의 신뢰성을 저하시키는 원인이 되고 있다. 지열을 이용하는 곳은 대부분 공기열원도 동시에 얻을 수 있는 곳이며, 태양열 또한 쉽게 얻을 수 있는 경우가 많다. 지리적 조건에 따라서는 여러 가지 폐열 또는 미활용 형태의 열원으로서 하수열, 하천열, 호수열 및 해수열 등을 사용할 수 있는 곳도 있다. 이러한 좋은 조건에도 불구하고 현재의 수축열식 히트펌프나 비 축열식 히트펌프로는 이들 다양한 열원을 복합적으로 사용하기가 쉽지 않다.

두 종류 이상의 열원을 이용하는 데에는 열원 측에서 통합하여 단일 기기로 냉난방을 하는 방식과, 발생한 냉, 온열 측에서 통합하는 방식의 두 가지가 있다. 후자의 경우는 통합이라기보다는 추가 설비로 인정될 수 있으므로 설비 중복의 문제점으로 인해 경제성 확보에 별 도움이 되지 못한다. 설비를 별도로 마련하지 않고 열원을 교체하는 하이브리드 방식 역시 개별, 선택적으로 한 가지 열원을

사용하므로 열원이 많아도 주 열원 이외에는 활용하지 못하는 것은 마찬가지이다. 따라서 문제 해결은 열원 측에서 두 가지 이상의 열원을 통합하여 이용하는 방식에서 찾아야 할 것이다. 하지만 이들 여러 종류의 열원은 온도가 다르고 수시로 변동되며, 크기(열적 포텐셜) 또한 일정하지 않아 통합하여 열원으로 이용하는 것이 매우 어렵다는 데에 문제가 있다.

국내에서도 신재생에너지를 복수로 이용하고자 하는 시도가 최근에 여러 차례 이루어졌으며 하이브리드방식의 제품들이 일부 성과를 얻기도 하였으나 열원 측에서 대체에너지들을 통합하는 복합 열원 방식은 시도되지 못하고 있다.

최근 태양열과 히트펌프를 결합시킨 하이브리드 방식으로서 냉난방 및 급탕을 할 수 있는 설비가 국내 제조업체에 의해 개발, 보급되고 있다. 이와 유사한 시스템이 중국 베이징에서 개최된 2010제



[그림 1] 공기열, 지열, 태양열을 이용한 히트펌프 (베이징, 2010)

냉전에 출품되어 관심을 끌기도 했다. 이 시스템은 공기열원 히트펌프와 지열 히트펌프에 태양열 온수기 기능을 추가한 것으로 공기열과 지열을 히트펌프의 열원으로 사용하였으나, 태양열을 주열원이 아닌 보조열원으로 사용하였으므로 복합열원 히트펌프로 보기는 어렵다. 다만 공기열원, 지열원 및 태양열원을 동시에 이용할 수 있다는 측면에서 그 의미를 가진다. 한편, 국내 타 제조업체가 태양열과 공기열을 선택적 열원으로 이용할 수 있는 하이브리드방식의 히트펌프 냉난방기를 의욕적으로 선보였으나 기대만큼 큰 관심을 얻지는 못하고 있다. 이는 하이브리드방식이 여러 열원을 사용할 수 있는 장점은 있으나 열원을 동시에 복합적으로 이용하는 것이 아니어서 열원이 가진 한계를 완전히 극복하지 못함으로써 실질적인 해결책이 될 수 없다는 데에 그 원인이 있다고 본다.

히트펌프 시스템이 여러 가지의 열원을 동시에 또는 선택적으로 사용할 수 있거나, 두 가지 이상의 열원을 복합적으로 통합하여 열원으로 이용할 수만 있다면 사용여건에 따라 이들 열원을 적절하게 혼합하여 복합적으로 사용할 수 있으므로 신재생에너지 시스템의 경제성 및 신뢰성 보완에 크게 기여하여 신재생에너지의 보급 촉진은 물론 국가

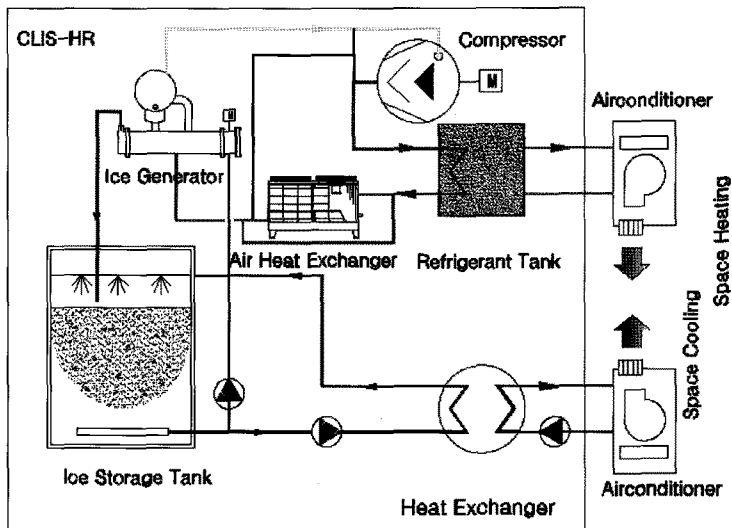
에너지 수급에 큰 역할을 할 것으로 보인다.

열원으로 하이브리드 혹은 복합 열원을 이용하는 시스템은 이미 유럽 및 북미에서 최근 개발되어 보급되고 있다는 사실은 알려졌으나 그 상세한 내용은 알려지지 않고 있다. 이 시스템이 상용화되면 국내뿐만 아니라 기후 여건이 우리나라와 비슷하거나 우리나라보다 열악한 조건의 해외에서도 크게 이용될 수 있을 것이다.

축열, 신재생에너지 및 열원의 복합화

열원의 복합적 이용이 실현되기 위해서는 대체 에너지원들의 단점 보완이 필요한데 축열이 적절성을 가진다. 따라서 복합열원에 접근하기 전에 축열이 대체에너지 이용에 있어서 어떠한 역할을 할 수 있는지를 먼저 검토해 보고 이들 대체에너지를 복합적으로 이용할 경우 어떠한 장점이 있는지를 검토해 보아야 할 것이다.

축열에 의한 에너지시스템 기능의 확장 방식은 크게 네 가지로 ① 부하 이전, ② 부하 균등화, ③ 용량 증대, ④ 열원 통합 등으로 구분할 수 있다. 이러한 역할은 신재생에너지와 축열이 결합하면 서로 그대로 나타난다.



[그림 2] 호텔 냉난방용 슬러리 빙축열식 냉난방시스템(일본 오사카,1997)



첫째 공기열부터 살펴보자. 축열을 이용할 경우 우선 전력 원가가 낮은 심야 전력을 활용하므로 에너지 비용 역시 크게 줄일 수 있다. 심야전기는 최근 다소 문제가 있기는 하지만 원가 연동에 의한 전력 요금 체제가 유지되는 한 주간 요금에 비하여 저렴할 수밖에 없으므로 에너지 비용을 줄이는 데 상당한 역할을 한다. 최근의 스마트그리드-양방향 수평적 협력적 분산전력수급 네트워크사업 역시 수요 및 공급에 따라 가격과 연동하는 시스템이므로 축열이 일정한 역할을 할 수 있다.

또한 공기열원 히트펌프의 용량을 상당부분 줄일 수 있다. 부하 시간이 짧을수록 피크부하 대비 시설 용량비를 적게 할 수 있으므로 제한된 수전용량 등의 문제가 있을 경우 이를 해결할 수 있도록 한다.

또 하나의 큰 장점은 공기열원의 주요 단점인 외기온도 하강 시 공기의 엔탈피 저하에 따른 능력 저하, 시스템 허용 범위를 벗어난 낮은 중발온도로 인한 토출가스의 과열과 같은 불안정한 시스템 문제를 축열에 의하여 상당 부분 완화할 수 있다는 것이다. 또한 온도가 매우 낮은 시간대에 부족되는 난방 능력을 외기온도가 높은 시간대에 축열을 함으로써 시스템을 보완하는 것이 가능하며 보조열원과의 연계를 쉽게 할 수 있으므로 극단적인 외기온도 하강에 따른 운전상의 어려움을 상당부분 해소시킬 수 있다. 경우에 따라서는 축열된 온수를 이용하여 실외기의 제상 및 순간적인 운전 불안의 해소가 가능하다.

둘째 지열에 축열을 적용할 경우 역시 큰 장점은 에너지 비용이 상당히 저렴하다는 것이다. 또한 지열의 경우 사용 온도와 가용 열량이 비교적 안정적이므로 난방뿐만 아니라 급탕까지 가능하게 해준다. 축열한 열을 쉽게 사용할 수 있으므로 배관 연결을 통해서 쉽게 급탕 등을 이용할 수가 있다.

지열과 축열을 결합시켜 이용할 때의 가장 큰 장점은 지열공의 숫자를 부하에 따라 사용자가 임의적으로 줄일 수 있다는 데 있다. 지하에서 얻을 수 있는 순간열량이 10시간 이용할 때 보다 줄어들기는 하지만 가동 시간이 24시간으로 늘어나므로 지열시스템 용량뿐만 아니라 지열공 자체도 상당 부분 줄일 수 있다. 축열을 결합시킬 경우 비 축열 방식의 60 ~ 70 %의 지열공을 사용하여 동일한 난

방 용량을 사용할 수 있는 것으로 알려져 있다. 이는 지열공의 특성에 따라 달라지므로 일률적이지 못하며 부하 시간 역시 현장 마다 차이가 나므로 정확한 것은 사용 현장에서 지열공의 열 성능테스트를 통해서 결정될 것이지만 운전 시간이 길어짐에 따라 시설 용량이 줄어드는 것은 사실이므로 축열시스템에 대한 지원이 있을 경우 초기 투자비에서 상당 부분 보완이 되어 부족한 경제성을 확보하는 데 크게 도움이 되고 있다.

셋째 축열이 태양열과 결합할 경우 보다 큰 장점을 갖게 될 것으로 예상된다. 태양열의 경우 반드시 축열과 연결이 되고 보완 수단이 있어야 하는 만큼 축열과 결합시켜 열원으로 이용한다면 많은 장점이 있을 것으로 보인다. 몇 해 전 어느 연구기관에서는 빙축열 시스템과 태양열 시스템을 결합하면 많은 장점이 있음을 이론적으로 검토하였고 상용화에 이르지는 못했지만 많은 주목을 받은 적이 있다. 특히 태양열의 경우 동절기에 열량이 줄고 외기 온도에 의한 손실까지 크게 늘어나면서 거의 역할을 못하고 있는 것을 생각할 때 열원으로 사용하는 온도를 5℃ 이하까지 낮출 수만 있다면 태양열로 얻을 수 있는 40℃의 온수열량에 비하여 10배 이상 늘어나 1,500 kcal/m².일 이상이 되므로 이용 가능한 수준이 되어 복합 열원으로 이용할 경우 상당한 이익을 가져다 줄 것으로 보인다. 이 경우 동절기에는 열원으로 이용이 되지만 하절기에는 독립적인 계통에 의하여 온수를 직접 공급하는 시스템으로 활용하는 것이 보다 경제적인 것으로 보인다.

넷째 하수, 폐수, 미활용 하천수 등을 축열과 연결하여 열원으로 할 경우 축열은 이들을 이용하는 시스템의 근간 역할을 할 것이다. 이들의 경우 대부분 시간적인 연속성의 부족, 공간적인 제약 등에 의하여 축열에 의하지 않고서는 그 열을 효과적으로 사용하는 것은 거의 불가능하기 때문이다. 공간적으로 제약이 되는 하천수, 해수 등은 시간적인 제약과 함께 공간적인 제약이 있어 효과적인 열수송 매체가 필요하다. 이 경우에도 축열은 시스템 운전에 대한 안정성 확보에 상당한 역할을 할 수 있을 것이다.

이러한 대체에너지들을 보다 효율적으로 이용하기

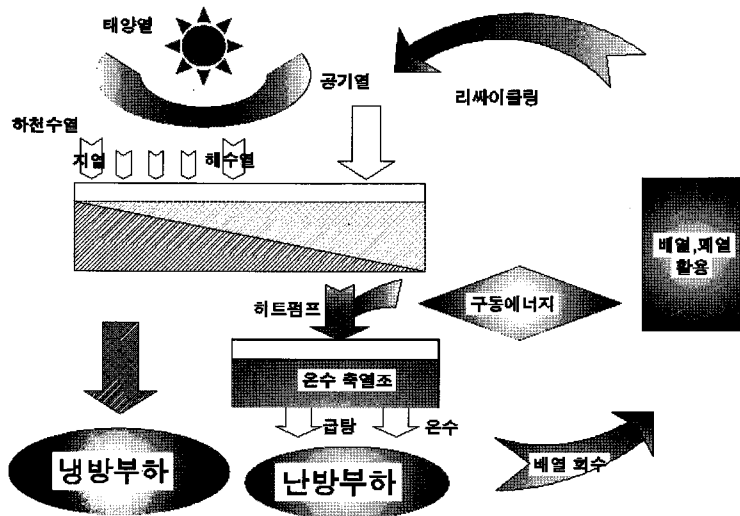
위해서는 축열 뿐만이 아니라 복합화 열원이 필요하다. 우선 양적인 면에서 복합화 열원이 필요하다. 많은 건물이나 주거시설에서 냉난방 및 급탕 부하를 이들 신재생에너지로 대응시킬 경우 단일 열원만으로는 불가능한 경우가 많다. 가용한 지열 공간, 태양열, 공기열, 그리고 생활 하수열까지 모두 모아서 쓸 수만 있다면 필요한 열량에 근접하여 경제성이 확보 될 것이므로 복합화 열원은 꼭 필요하다.

양적인 면에서 뿐만이 아니라 단일 열원시스템의 한계를 극복하기 위해서도 복합화 열원은 필요하다. 앞서 언급한 바와 같이 지열의 경우 난방 및 온수 부하가 커지는 경우 지하에서 꺼내 쓰는 열량이 하절기 축열하는 양보다 지나치게 커질 경우 심부에서의 열전달 등에 의한 자체 복원 능력 범위를 벗어날 수 있어 이 경우 폐열 혹은 공기열 등의 보조적인 열원을 공급 수단으로 얻은 열량을 이용하여 지중으로부터 꺼내 쓰는 열량을 줄여주어야 한다. 이 경우 복합화 열원을 이용할 수만 있다면 매우 안정적인 시스템 구성이 가능하며 열원 온도를 높여 고효율 운전이 가능하게 된다.

특히 태양열시스템을 히트펌프 시스템 열원으로 이용하기 위해 축열과 연동할 경우 복합화 열원은 반드시 필요로 하며 복합화가 되지 않을 경우 태양

열은 열원으로 사용할 수가 없다. 용량에 따라서 지열, 공기열 등을 복합적으로 이용할 수도 있으며 대체에너지 이외의 폐열, 심야전력, 화석에너지 등을 연동할 수도 있을 것이다.

공기열원은 쉽게 얻을 수 있는 장점에도 불구하고 희박한 열밀도와 변화의 기폭이 큰 사용조건, 결정적으로 가장 큰 열량이 필요한 시점에 열량 공급이 가장 적어진다는 수급상의 불균형 문제로 인하여 반드시 보조적인 수단이 필요하다. 이를 해결하기 위해 여러 가지 냉열기술이 적용되고 있기는 하지만 근본적인 문제는 해결하지 못하고 있는 상태이다. 가스엔진을 이용한 시스템은 비교적 완벽하다는 것으로 알고 있으나 가스엔진 형식 자체가 갖는 운전 유지 측면에서의 번거로움과 과다 비용, 엔진 가동에 의한 대기 오염 등의 문제로 역시 한계를 보이고 있다. 이러한 이유로 공기열원의 불합리한 문제는 복합화 열원으로 해결하는 것도 가장 좋은 해결 방법 중의 하나가 될 것으로 보인다. 공기 열원 문제를 복합화 하는 것은 다른 연료수단이나 대체에너지 시스템을 공기 열원과 연동시켜 비상시에 대비할 수 있다면 시스템의 용량을 과다하게 설계하지 않아도 될 뿐만이 아니라 수급상의 불균등 문제로 수년에 한 번씩 찾아오는 한파로 인한



[그림 3] 에너지 리사이클링



난방문제 불능에 따른 분쟁을 막을 수 있을 것으로 생각된다.

이상과 같이 대체에너지원을 복합화 열원으로 하여 사용할 경우 여러 가지 장점이 있다는 것은 이해할 수 있을 것이나 문제는 이러한 복합화 열원을 어떻게 이용할 것인가? 복합화 열원을 이용할 마땅한 방법을 찾지 못하고 있었기 때문에 문제는 이러한 복합화를 이용할 수 있는 방법을 찾는 것이라 할 수 있다.

복합화에 절대적으로 필요한 조건은 우선 다양한 크기와 온도의 열을 어떻게 이용 가능한 형태로 통합시켜 열원으로 히트펌프시스템에 공급할 수 있도록 하는 것이다. 이러한 통합은 열원으로부터 얻을 열을 축열시켜 통합시키는 방법을 통해 부분적으로 달성할 수 있다. 예를 들자면 지열과 폐열을 통합시킬 경우 통합된 열원이 연속적으로 일정한 온도와 크기를 가졌다면 통합된 열원의 온도로 축열하면 된다. 특히 수축열조에서는 온도차를 이용한 성층화 방식이 편리하므로 일정한 온도를 갖는 열원을 수축열조에 보관하며 이를 이용하여 히트펌프를 가동하면 쉽게 통합 열원을 얻을 수 있다.

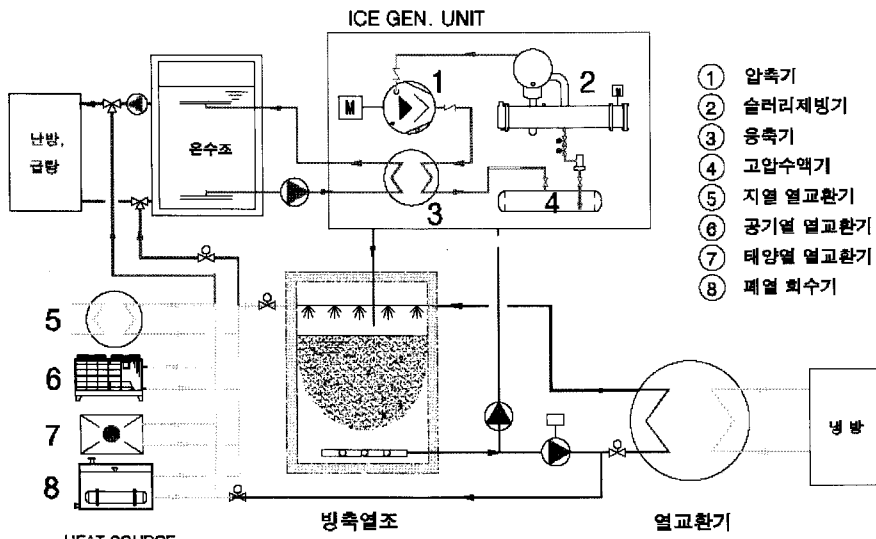
하지만 실제에 있어서 이러한 조건의 가능성은 희박하다. 지열의 온도는 일정하며 크기 또한 일정

하지만 폐열의 경우 발생하는 조건에 의하여 수시로 변화하게 되므로 두 열원을 혼합할 경우 일정 온도를 얻는 것은 기대하기가 어렵고 성층화에 의한 축열은 거의 불가능하다. 공기 열원과 통합할 경우 역시 수시로 변화하는 외기 온도에 의한 공기 온도와 지열과의 온도차로 인하여 통합하여 사용하는 것은 대단히 어렵게 된다.

슬러리형 빙축열시스템과 복합열원 시스템의 가능성 검토

다양한 열원을 복합적으로 통합하여 이용하려면 새로운 방식이 필요하다. 슬러리형 빙축열 방식은 축열조 상층 얼음 베드층을 이용하여 축열하는 방식으로 빙축열조 내 슬러리에 주목하여 복합 열원으로서의 해결책을 모색할 수 있다.

빙축열조를 열원 축열조로 활용함에 있어서 축열조 상층 얼음층은 일종의 열 저항 층을 형성하여 얼음층 온도를 기준으로 하여 이 온도 이상의 열을 일정온도로 통합시키는 역할을 하게 된다. 열원으로 사용되는 여러 가지 열원들은 축열조의 상부에 공급되어 얼음층을 통과하면서 얼음층을 해동시키며 축열조에 열을 공급하게 된다. 얼음층의 상변



[그림 4] 복합 열원시스템 계통도

화 온도 이상의 열은 모두 상변화를 위하여 우선적으로 사용되므로 서로 다른 온도의 열원을 하나로 통합 시키게 된다.

물론 이 경우 첨가제를 사용한 아이스슬러리 상변화 온도는 빙점 이하이므로 가용한 열원의 온도보다 상당히 낮게 된다. 따라서 낮은 온도를 기준으로 열원의 온도를 하향 평준화하여 효율성을 떨어뜨린다고 생각할 수 있다. 하지만 실제 운전에서 열원 용량이 수시로 변하며 열원들의 용량의 합이 사용하는 열원보다 클 경우에는 보다 높은 온도영역에서 운전이 이루어지게 되므로 수축열과 같은 역할을 가지며, 효율저하 문제는 효율 저하를 통한 용량 확대와 연결되어 우려할 바가 아니며 다양한 열원을 통합시키는 기능에 보다 주목할 필요가 있다.

난방 부하가 커질 경우 축열조의 물 성분을 상변화 시키면서(물론 이때 가용한 열원은 계속해서 축열조로 공급되므로 부족한 양만큼만 상변화하게 된다) 상변화 잠열을 열원으로 하여 난방열을 확보하며 가용한 모든 다양한 열원으로 상변화된 축열조 내 열을 녹임으로써 시스템이 연속 가동할 수 있게 하는 방식으로 여러 열원들을 통합시킬 수가 있다.

히트펌프 시스템이 유의미한 시스템이기 위해서는 전기 에너지의 변환 효율이 40% 수준임을 고려하여 COP가 최소 2.5 이상은 되어야 한다고 볼 때 슬러리형 시스템이 히트펌프로 적용될 경우 유용한 40℃ 이상의 난방열을 생산하면서 제빙을 할 때 운전 COP가 최소 이 수준 이상이 되어야 한다. 실제로 응축온도가 45℃일 때 만액식 냉동 시스템을 적용한 제빙장치의 이코노마이저를 적용한 반밀폐 스크류형 압축기를 사용할 경우 이론적인 COP는 3.6 ~ 3.7 정도이며 왕복동 압축기에서도 이와 비슷하다. 축열조의 열원의 온도가 상승하여 5℃에 이르면 COP는 상승하여 4.1 ~ 4.2에 이르게 되어 시스템 구성에 의한 효율 저하를 고려하더라도 지열 히트펌프의 성능기준인 3.45를 충분히 초과하고 있어 충분한 경제성과 효율을 확보할 수 있다고 할 수 있다.

이 시스템에서 열원으로 사용할 수 있는 열원은 제약이 없다. 공기열원의 경우 축열조의 하부에서

취출한 브라인 또는 아이스슬러리를 공랭식 열교환기 혹은 글리콜 쿨러 등에 순환시켜 0℃ 이상의 공기 열을 이용하여 승온시키는 방법으로 활용할 수 있으며, 시스템 구성에 따라서 이는 하계의 응축열 배출 장치로 활용될 수 있다. 지열, 하천수열 등 수열원의 경우 브라인 또는 아이스슬러리와 판형, 스파이럴형 등의 열교환기를 이용하여 열교환할 수 있으며 폐열의 경우 폐열 열교환기를 폐수조에 두고 여기에 브라인을 순환 시키는 방법 등을 적용할 수 있다. 폐열이 공기열 형태일 경우 공기 열교환기를 사용할 수 있을 것이다. 장거리에 떨어져 있는 열원을 이용하기 위해서는 아이스슬러리를 직접 수송하여 열을 흡수해 올 수 있도록 함으로써 수송 배관 및 수송 동력의 크기를 줄일 수 있어 장거리로부터의 열원 확보에서도 경쟁력을 갖게 된다.

슬러리 축열형 복합열원시스템의 적용 가능성과 장점

아이스슬러리 축열형 복합 열원시스템은 신재생 에너지의 열원 시스템 적용에 있어서 문제가 되고 있는 여러 가지 문제를 해결할 수 있을 것으로 기대 된다.

우선 가장 큰 역할은 경제성 확보에 큰 도움이 된다는 것이다. 지열과 공기열을 복합 열원으로 사용할 경우의 예를 들어 보면 우선 지열 공을 줄일 수 있다. 공기열원을 보완 하므로 난방에너지를 충분히 사용할 수 있어 난방 및 급탕이 모두 가능해진다. 또한 지열 시스템 배관 비용을 줄일 수 있다. 거기다가 축열 시스템의 투자비 일부를 보조 받게 되므로 전체 투자비도 상당 부분 줄일 수 있다. 운전 유지비는 심야 전력을 적용 받을 수 있으므로 더욱 크게 줄일 수 있어 에너지 사용량이 많은 곳의 경우 정부의 지원 자금 없이도 경제성 확보가 가능하다. 특히 클럽하우스 등 야외의 독립된 시설의 경우로 급탕 등에 의한 에너지 사용량이 많을 경우 초과되는 투자비는 1 ~ 2년 이내에 회수될 수 있는 것으로 회수년수가 짧아 경제성이 좋고 시설투자 에 대한 정책적 지원 자금이 없어도 보급이 가능한 신재생 에너지 시스템이 된다.



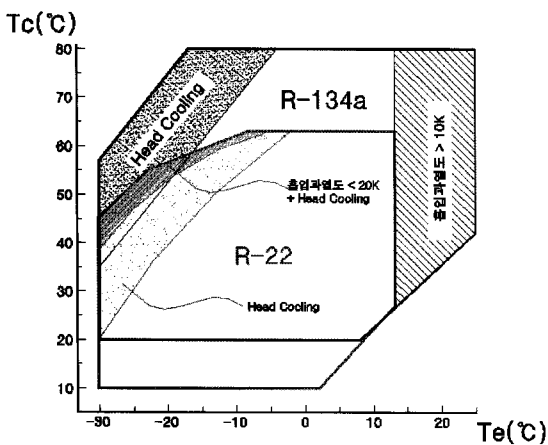
이용 가능한 열원의 복합화를 통한 신재생 에너지의 양적 확대를 통해 그 동안 공급이 불가능한 아파트 등의 냉난방, 급탕 설비로 신재생 에너지 시스템이 사용될 수 있도록 한다. 현재 아파트 등에는 부분적으로 공기 열원, 지열원 등의 히트펌프 시스템이 적용되었으나 공기 열원의 경우 거의 실패로 알려졌고 지열의 경우 아직 판단하기 이르나 전체적인 열 공급량이 필요량을 맞추기 어려운 것으로 보인다. 하지만 복합 열원 시스템의 경우 지열, 공기열, 태양열, 기타 폐열 등을 모두 활용할 수 있으며 비상 시에 대비한 보조 열원 수단과 쉽게 연동할 수 있으므로 일정 용적율까지는 보조 열원 없이 복합 주택에서 소요되는 냉난방, 급탕 등에 소요되는 모든 에너지를 냉방에 필요한 전기 용량 수준으로 해결할 수 있는 것으로 판단된다.

그 동안 활용하기 어려웠던 다양한 열원을 복합화를 통해 열원으로 활용할 수 있다. 하천수나 하수열 등은 아직도 활용을 위한 구체적 방법이 뚜렷하지 않다. 이는 이들 열원이 단독으로 사용하기에는 변동성이 너무 커서 다른 보조 열원이 반드시 필요하기 때문이다. 하천수나 해수는 열원의 크기보다는 열원과의 거리라는 공간적 제약이 커서 활용하기 힘든 열원이나 복합화를 전제로 할 경우 많은 문제를 해결할 수 있어 활용 가능성이 커진다. 특히 아이스슬러리의 경우 현열과 잠열을 동시에

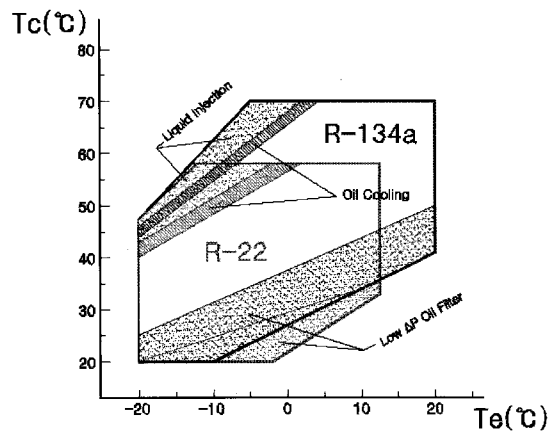
수송하는 방식이므로 많은 열량을 수송할 수 있기 때문에 장거리에 있는 열원을 활용할 수 있도록 할 수 있어 하천수나 해수열을 이용하는 데 크게 도움이 될 수 있을 것이다.

극단적인 경우를 상정하면 서울 시청의 난방열원으로 한강물을 이용하여 경제성 있는 난방 시스템을 구성할 수도 있다. 한강물의 아래층은 표면이 얼음층이 형성되더라도 4℃의 온도를 유지하고 있다. 이를 열원으로 이용하여 시청의 난방에너지에 사용할 수도 있다. 물론 이 4℃ 물을 시청까지 이송시키는 것은 수송에 필요한 펌프의 크기와 소요 동력이 너무 커서 경제성은 없다. 하지만 아이스슬러리를 한강까지 수송하여 열교환하여 사용하면 수송유량을 1/4 ~ 1/3으로 줄일 수 있으므로 경제성이 훨씬 커진다.

해안을 끼고 있는 도시의 경우 해수열을 이용하여 난방을 할 수 있는 장소가 해안으로부터 상당한 거리까지 가능하며, 조수에 의한 해수면의 변화가 심한 곳에서도 밀물 시간대의 해수를 열원으로 이용 가능하고 이를 축열할 수 있어 난방열원으로 사용할 수 있게 된다. 정확한 경제성 분석을 해 봐야 어느 정도 거리까지 경제성 있는 시스템의 구성이 가능한지 알 수 있겠지만 이렇듯 장거리 열수송을 통한 열원확보가 가능한 것도 경제성 확보에 큰 도움이 될 것이다.



a) 반밀폐 왕복동식 압축기의 운전 영역(B사 제품)



b) 반밀폐 SCREW 압축기의 운전 영역(R사 제품)

[그림 5] 상용 압축기의 운전 한계 영역

시스템의 보급을 위한 기술적, 제도적 해결 과제

복합열원 설비가 보급되기 위해서는 몇 가지 기술적인 제약과 제도적인 제약이 우선 해결되어야 한다. 기술적인 제약 사항으로는 제빙을 하면서 50℃ 부근의 난방 및 급탕용 온수를 생산할 수 있는 냉동 사이클이 안정적으로 운전될 수 있도록 해야 한다. 제빙을 하기 위하여 최소 냉매의 증발온도가 -7 ~ -10℃가 필요하며, 난방 및 급탕에 사용하기 위해서는 응축온도 55℃ 이상으로 운전이 이루어져야 하므로 이러한 운전 조건을 만족하기 위해서는 현재 상용화된 단단 압축기를 이용하는 경우 매우 정교한 시스템 구성이 필요하다.

압축기의 운전 한계는 주로 압축과정에서 발생하는 열에 의한 냉동유의 탄화와 관련 된다. 대부분의 냉동유는 140℃ 이상의 온도에서는 탄화되기 시작하며 탄화될 경우 윤활 기능의 상실, 산성화에 의한 내부 침식 및 모터 권선 침식 등이 문제가 되어 치명적 하자로 연결된다. 특히 오일의 탄화는 천천히 일어날 수 있으며 건식 증발 방식에서는 정상 조건에서 발생하지 않다가도 열교환 불량, 냉매 누설 등의 상황에서 급속히 탄화되는 경우가 발생하므로 주의가 하여야 한다.

또한 낮은 응축압력은 차압 급유방식의 압축기 경우 차압이 적어 윤활유의 공급이 원활하게 이루어지지 않게 되므로 사고로 연결되기 쉽다.

따라서 제빙과 높은 응축압력이 필요한 운전 조건에서는 만액식 시스템의 증발방식 채택, 냉매 인젝션 시스템의 채택, Head Cooling, 오일 냉각, 이코노마이저 시스템의 도입 등의 방식으로 시스템을 보완하여야 한다. 반밀폐 압축기 보다는 개방형 압축기를 사용할 경우 보다 운전 영역이 넓어지므로 보다 까다로운 조건에서는 개방형 압축기를 사용하는 것도 좋은 방법 이긴 하지만 가장 바람직한 것은 단단 원심형 압축기를 사용하는 것이다. 구체적인 것은 각 제조사의 기술사항에 속하므로 생략하겠지만 냉동유 탄화, 냉동유 캐리오버, 효율 저하 방지가 필수적이다.

제빙 부분에서는 슬러리형 제빙장치의 용량 및

효율문제, 가격 경쟁력 문제가 해결되어야 한다. 또한 기존의 제빙 장치가 갖는 구조의 복잡성을 극복한 단순하면서도 안정적인 운전이 가능한 제빙 장치가 필수적이다. 열원시스템에 사용하는 장비의 년 중 운전 가동 시간이 매우 길게 되므로 운전 신뢰성에 대한 충분한 검증이 필요하다. 또한 시스템의 복잡성을 해결해 줄 각각의 장비들에 대한 신뢰성과 이들 장비들을 효과적이고 효율적으로 제어할 수 있는 제어시스템 개발이 필요하다.

하지만 보다 시급한 것은 기술적인 해결 보다 현재의 제도적인 부분의 보완이다. 현재 복합열원시스템의 보급을 막고 있는 가장 직접적인 규제는 한전의 전력 수요관리 규정 중 난방용으로 사용할 경우에는 온수 축열율 40% 이상을 유지하여야 한다는 부분이다. 심야 전력을 사용하는 전기 히터 방식 온수기의 축열을 규제에 사용하던 온수 축열을 규제를 히트펌프를 사용하는 난방용 심야 전력기기 기준으로 사용하게 되면서 형평성을 이유로 냉난방이 가능한 복합열원 시스템에 난방 기준과 난방 기준 모두를 만족하도록 요구하고 있다. 이는 냉방에서의 피크 이전 효과로 충분한 역할을 하고 있는 복합 냉난방시스템에 2중 규제가 된다. 냉방 설비로 축열설비가 되기 위해서는 40% 이상의 축열율을 요구하는 것은 이해가 되나 냉방에서의 피크 이전 효과를 기준으로 한 이 규정이 난방에 그대로 적용되는 것은 이해하기가 어렵다. 더구나 실제로 시스템 가동에 꼭 필요하지 않은 온수 축열조를 크게 확보해야 함으로써 비용 및 설치 공간 면에서 경쟁력을 떨어뜨리고 있는 상황이다.

슬러리형 복합열원 시스템은 하절기에 축냉설비로 피크 컷 설계가 가능한 하절기 냉방 전력 피크를 가장 효과적으로 이전하는 축냉 설비이며, 난방 부하의 형태에 따라 필요한 만큼의 축열을 통해 심야 시간 초기의 피크를 줄여줄 수 있으며, 고효율 히트펌프 운전이 가능하게 하는 시스템으로써 겨울철 전력 수요관리에도 도움이 되며 신재생에너지를 가장 합리적으로 절감할 수 있는 한 방법이 되는 시스템임에도 현재는 제도적인 문제로 상용화에 큰 어려움을 갖고 있어 안타까운 실정이다. ●