

이산화탄소 배출 감축을 위한 보일러 대체용 공기열원 열펌프 기술 동향

진 심 원

(주)LG전자 에어컨 사업본부(swjin@lge.com)

개 요

전세계적으로 지구온난화 억제를 위한 이산화탄소 배출량 감축과 관련하여 강력한 규제와 인센티브 지원책이 강구되고 있다.

이산화탄소 배출량 저감을 위해서는 정부, 산업계, 학계, 일반 시민들이 광범위하게 참여하는 인식의 전환 문제와 모든 계층을 만족시키면서도 탄력적이고 일관성있는 정책이 수반되어야 한다. 특히 이러한 정책은 원래의 목적인 이산화탄소배출량 저감뿐 아니라 관련된 사업을 국가적 규모의 성장산업으로 발전시켜야 하고 경제성에 입각하여 기업 및 소비자에게도 이익이 되며 국제적으로 국가의 수준에 걸맞는 책임을 달성하는 것이어야 한다. 이러한 공공의 선을 기반으로 하는 정책과 사업은 사회적인 합의가 특히 중요하게 된다.

이산화탄소 배출 저감 정책과 산업을 주도하고 있는 유럽에서는 유럽의회의 주도로 국가와 사회적 합의에 기반하여 세가지 방향으로 정책이 전개되고 있다.

첫번째는 화석연료에 기반하는 발전 에너지를 다양화하여 원자력이나 신재생 에너지로 대체하는 방법이며 두번째는 사용되는 에너지 기기의 효율 개선을 위하여 효율 규제를 강화하고 혁신적 고효율화 기술 개발을 위한 정책적 지원을 함으로써 산업체에서 비용을 고려한 고성능 에너지 기기를 만들어 내도록 기술혁신을 유도하는 방법이다. 그리

고 세번째는 자동차, 난방, 급탕, 등 화석연료를 직접 연소시키는 산업 및 생활 기기의 에너지를 전기로 대체하는 방법을 강구하고 정책적으로 일반 소비자들이 경제성에 근거하여 제품 및 기술을 채용할 수 있도록 적극적 인센티브를 도입하고 있다.

이러한 정책 방안을 유럽에서는 20-20-20 전략이라고 한다. 즉, 2020년까지 주에너지 사용량을 20% 저감하고 이산화탄소 배출량을 20%를 감축하며 전체 에너지원 비중 중 신재생 에너지가 차지하는 비중이 20%가 되도록 하는 전략이다.

여기서 중요한 것은 신재생 에너지 사용 비중 증가의 목적이 이산화탄소 배출 저감에 있다는 것이다. 만일 신재생 에너지원의 Pay back기간이 너무 길거나 불가능할 정도로 비쌀 경우, 보급이 되지 않고 정부 보조 인센티브가 커지고 결과적으로 투입된 비용 대비 이산화탄소 배출 감축효과는 미비할 수도 있다. 따라서 경쟁력 있는 신재생 에너지는 화석연료 사용을 줄이면서 충분한 경제성이 있어 사용자가 자발적으로 채택할 수 있어야 하고 관련된 산업이 국가 성장산업으로서 자생력을 가지고 지속적으로 성장할 수 있는 요건을 갖추어야 한다.

히트 펌프는 이러한 요건을 갖추고 있는 매우 경쟁력 있는 후보이다. 최근 고온급탕이 가능하고 -20℃의 외기온도에서도 운전이 가능한 열펌프 기술이 완성되면서 화석연료를 사용하거나 전기로 직접 가열하는 난방용 보일러, 급탕기가 급속히 열펌프로 대체되고 있다.

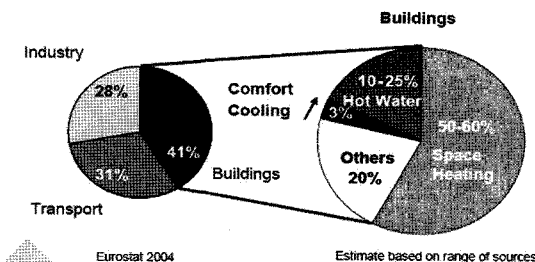


그림1에서 유럽의 에너지 사용 분석을 보면 전체 에너지 중 건물 에너지가 40% 이상의 비중을 차지하고 있다. 이중에서 60 ~ 85%가 난방 및 급탕용으로 사용되고 있다. 일반적으로 열펌프가 화석연료를 사용하는 보일러와 급탕기를 대체할 경우 이산화탄소 배출량이 40 ~ 60% 감축되는 것으로 알려져 있다. 유럽 열펌프 협회는 모든 가정용 보일러를 열펌프로 대체할 경우, 전체 이산화탄소 배출량의 10 ~ 15%를 저감될 수 있다는 감축전략을 제시하였다. 2020년까지 유럽 전체 이산화탄소 배출 감축량 목표가 20%이므로 가정용 보일러만 열펌프로 교체해 해도 유럽 전체의 감축량 목표를 현실적으로 달성할 수 있다.

이러한 관점에서 2008년 유럽의회에서는 기존의 수열원 및 지열원 열펌프 이외에 공기열원(공랭식) 열펌프를 신재생 에너지로 지정함으로써 20-20-20 전략의 달성가능성이 더욱 높아졌다.

이미 신재생 에너지로서 지열원 또는 수열원 열펌프가 지정되어 있었지만 초기 설치비가 높고 적합한 설치장소가 제약을 받는 경우가 많아서 공기열원식의 보급을 더욱 원활히 하기 위하여 신재생 에너지로 지정한 것이다.

전기 사용기기가 화석연료를 대체할 경우, 국가의 발전 에너지원의 종류에 따라서 이산화탄소 배출량이 달라지는데, 원자력 비중이 높은 프랑스와 대한민국의 경우, 전기에너지가 직접적으로 화석연료를 대체함으로써 얻어지는 이산화탄소 배출량 저감 효과가 더 높아진다. 한국의 경우 열펌프가 가스보일러를 대체할 경우, 이산화탄소 배출 감축량이 50% ~ 60%가 될 것으로 예상된다.



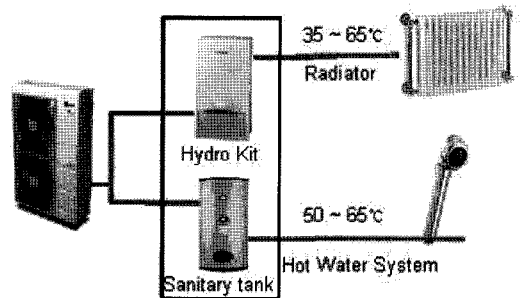
[그림 1] 유럽의 에너지 소비 현황

이러한 배경에서 이미 프랑스에서는 가정용 보일러를 대체하는 공기열원식 열펌프인 AWHP(Air to Water Heat Pump)를 신재생 에너지로 규정하고 제품가격과 설치비용을 포함한 전체비용의 40 ~ 50%를 인센티브로 지원하고 있다. AWHP는 Payback기간이 7 ~ 9년 정도로서 경제성이 높고 친환경에 대한 인식 수준이 높은 일반 고객들이 신축 주택 뿐 아니라 기존 주택의 개보수시에도 자발적이고 적극적으로 채용하고 있다.

현재의AWHP는 난방용으로만 사용되지만 열펌프의 특성상 냉방운전도 가능하다. 따라서 초기 비용 기준을 보일러와 냉방용 에어컨을 합쳐서 설정할 경우 Payback기간은 더욱 앞당겨 지게 된다. 결과적으로 보일러 시장은 매년 정체되어 있는 반면에 AWHP시장은 연평균 성장률이 29% 수준으로 매우 높다.

그림 2는 프랑스에서 사용되는 AWHP의 구성도이다. 공기열원식 실외기에 실내 난방기기인 Radiator를 순환하는 35 ~ 65℃의 온수를 만들어내는 Hydro kit이 연결되고 50 ~ 65℃의 온수를 200 ~ 300 liter저장하는 Sanitary tank와 연결이 된다.

주택의 단열과 기밀상태에 따라서 Radiator 및 급탕 온도가 결정되는데 65℃ 고온 출수가 가능한 R407C 냉매를 적용한 시스템과 최대 55℃ 출수가 가능한 R410A가 주력제품이다. 이산화탄소 냉매가 적용된 AWHP도 일본 업체들을 중심으로 검토되고 있지만 냉방 효율이 낮고 온수를 순환시키는 난방 시스템인 Radiator나 바닥난방에는 고온 응축조건에서 특히 효율이 낮은 이산화탄소 냉매특



[그림 2] 프랑스의 AWHP구성도

성 때문에 확대 되고 있지 않다.

이러한 유럽의 사례는 최근에 수립되어 발표된 도전적인 대한민국의 이산화탄소 배출량 감축 목표를 달성하기 위하여 고효율 공기열원 열펌프를 난방기기 및 급탕기기로 보급하는 것이 매우 효과적인 방안임을 제시해 준다.

그러나 공기열원 열펌프가 보일러를 대체하기 위해서는 많은 기술적 난제들이 있다.

가장 큰 문제는 실외기가 운전하는 외부온도가 낮아짐에 따라 난방력이 저하하고 발생 온도가 낮아지는 문제점이다. 반면에 외부 온도가 낮아지면 주택의 열투과 손실이 많아져 더욱 많은 난방 열량을 필요로 하게 되어 열펌프가 보일러를 대체하기에는 한계가 있다고 알려져 있다. 이러한 원인으로 유럽의 경우도 한랭지 지역에서 AWHP를 적용할 경우, 보조 보일러 또는 보조 전기히터와 결합되어 사용되고 있고 이것이 제품의 가격 상승과 운전 효율 저하를 초래하고 있다.

두번째의 문제는 급탕시 필요한 65°C도 이상의 고온출수가 제약을 받는다는 점이다. HFC냉매인 R410A는 고압냉매로서 압축기의 신뢰성이 보장되는 최대 물가열 온도가 55°C이다. 이러한 온도는 바닥난방이나 저온용 Radiator에는 적합하나 목욕 등을 위한 충분한 급탕온도에는 미치지 못한다. 이 경우, 고온 출수가 가능한 냉매의 채택이나 Cascade cycle 등이 필요로 하게 된다.

또 다른 문제는 공기열원 열펌프의 경우 난방운전시 외부공기에 존재하는 수분이 증발열교환기에 착상되어 서리가 성장하게 됨에 따라 이것을 제거하기 위한 정기적인 제상 운전이다. 이러한 제상 운전으로 인하여 전체 운전 시간 중 10 ~ 15% 정도의 구간에서 난방이 중지되고 실내 온도 저하에 따른 온열감 저하로 이어지게 된다.

최근 LG전자는 한랭지 조건에서의 난방 능력과 토출 온도의 저하에 대응하기 위한 신기술로서 2stage injection 사이클 기술과 고온출수를 위한 cascade cycle을 집중 연구하고 있다. 한편으로 난방성능을 저하시키는 제상에 따른 운전을 개선도 연구하고 있다. 이번 논문은 이러한 기술 연구 내용 및 동향을 공유하고 신재생 에너지를 활용하는 친

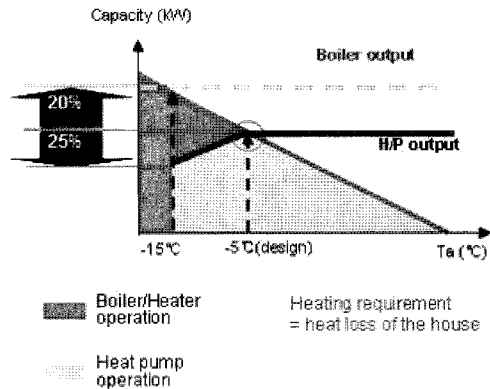
환경 고효율 냉방, 난방, 급탕 솔루션으로서의 공기열원식 열펌프가 이산화탄소 배출량 감축에 결정적 역할을 할 수 있음을 제고하고자 함이 목적이다.

기존 열펌프 제품 및 기술의 문제점

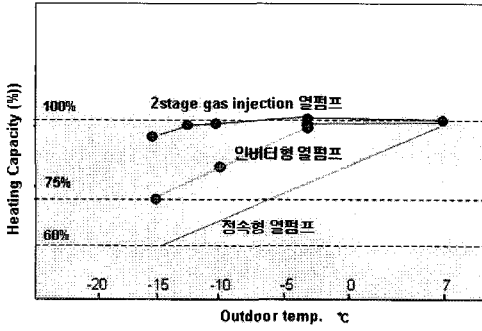
기존 공기열원식 열펌프의 난방 성능 설계 조건은 외기 온도 7°C 조건이다. 그리고 난방 운전시 발생하는 착상된 서리를 제거하기 위하여 제상 운전을 하는 조건은 외기온도 2°C 조건에서 설계된다. 이러한 조건은 공기열원식 열펌프가 mild한 외부 조건에서 운전하도록 설계되었음을 의미한다. 따라서 기존 열펌프는 한랭지 대응을 위한 충분한 난방성능을 발휘하기에는 제약이 있다.

실제 가정용 주택의 외기 온도에 따른 열투과 손실은 그림 3과 같이 외기온이 저하함에 따라 비례적으로 증가한다. 보일러의 경우, 이러한 열부하에 대응하도록 설계되는데 외기온 -5°C에서 난방능력을 100%라고 할 때 -15°C도에서의 난방능력을 120% 용량으로 설계된다.

그림 4에서 보듯이 영상 7°C도의 외기온도에서 표준 설계된 정속형 공기열원 열펌프의 난방능력은 영하 15°C도에서 요구되는 난방열량의 50 ~ 60% 수준이며 인버터형의 경우 75 ~ 85% 수준이다. 따라서 기존의 공기열원식 열펌프가 난방용 보일러를 대체하기 위해서는 난방성능이 외기온에 따라 저하되지 않고 -15°C에서 100 ~ 120% 난방



[그림 3] 주택 난방 부하 및 난방기 특성



[그림 4] 공기열원 열펌프의 외기온 대응 특성

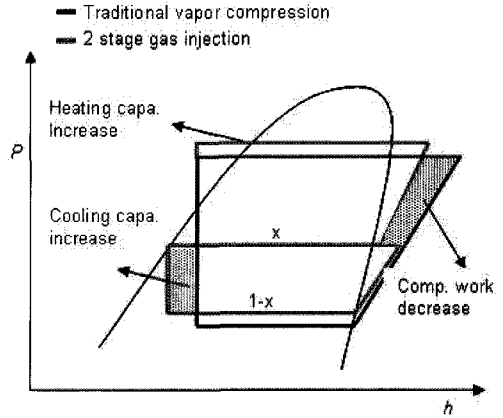
능력을 발휘하여야 한다.

두번째의 공기열원 열펌프의 문제는 외부에 설치되는 실외기가 난방시 증발기 역할을 함으로써 발생하는 열교환기 착상 문제이다. 이 문제는 공기열원 열펌프의 피할 수 없는 문제이다. 해결방법으로는 착상을 지연하고 제상시 물흐름성이 우수한 핀 형태를 가진 열교환기를 적용하는 방법과 착상 후 신속히 제상하기 위한 제상 사이클이 필수적이다. 그러나 이러한 제상 사이클은 제상 중에 실내기 열교환기가 증발기로 운전되면서 발생하는 차가운 기류 토출 방지를 위하여 실내기 운전이 중지된다. 따라서 실내온도가 낮아지고 고객이 Cold draft를 느끼게 되며 난방 성능이 10% 이상 저하되는 등 문제가 발생한다. 또 제상 완료 후 초기 기동시 충분하지 않은 온도의 토출 기류가 발생하여 온열 쾌적감을 훼손하게 된다.

한편 제상 사이클은 짧은 시간에 압력 및 온도가 크게 변동하는 비정상 특성이 매우 심하다. 나아가 진공 저압이 발생하거나 압축기 흡입 과열도가 충분하지 못하여 습압축이 발생하거나 압축기 오일 토출량이 증가하여 윤활문제가 발생하는 등 신뢰성에 심각한 문제가 발생한다.

한랭지 대응을 위한 2stage gas injection cycle

기존의 공기열원 열펌프에서 한랭지 성능을 확보하기 위해서는 제품의 크기를 증가시켜서 증발 및 응축 열교환기를 확대 설계한다. 또, 정격난방에



[그림 5] Two stage gas injection cycle

필요한 압축기 용량보다 큰 용량을 적용하거나 보조 전기히터를 사용함으로써 저외기온에 따른 능력 저하를 보완하였다. 그러나 이러한 방법은 난방 능력의 보상은 가능하지만 제품 크기 증가에 따른 비용 문제와 용량이 큰 압축기를 사용함에 따른 소비전력 증가의 문제로 영하의 외기온에서 운전 COP가 2.0이 되지 않는 낮은 효율을 보였다.

그림 5와 같은 2stage gas injection cycle은 난방 운전시 압축 과정을 2단으로 나누어 압축함으로써 압축기 엔트로피 효율을 개선하여 압축기 입력이 10 ~ 12% 감소된다. 이 효과를 통하여 두가지의 장점이 발생한다. 첫번째는 좀 더 높은 압축비에 대응함으로써 저압과 고압의 차이가 매우 큰 한랭지 난방 사이클을 가능하게 하며 두번째는 압축기의 신뢰성에 크게 영향을 미치는 토출온도의 상승을 억제하여 기존보다 5°C 정도 더 높은 온도의 기류나 온수를 얻을 수 있다.

또 응축 후 팽창과정에서 기체와 액체 냉매를 분리하여 기체를 압축기의 중간압에 injection하고 나머지 냉매를 액체 상태로 증발기 입구에 투입함에 따라 냉매 순환량이 증가하여 응축열량이 증가하고 증발기 입구건도가 낮아짐에 따라 증발 열량이 증가하게 된다. 이러한 효과로 난방시 응축열량은 약 30% 정도 증가하게 되며 증발열량은 5% 정도 증가하게 된다. 따라서 저외기온에서 열교환기를 증가시키지 않고도 난방 성능과 효율을 동시

에 증가시킬 수 있다.

이 기술의 bottle neck은 다음과 같다.

첫번째는 가장 효율이 우수한 중간압을 설정하고 완벽한 기액 분리기와 다수의 팽창장치 제어로직을 통하여 모든 운전 조건에서 중간압을 안정적으로 제어하는 것이고, 두번째는 경쟁력있는 가격과 제품 크기를 위해서 2stage의 복잡한 기능이 포함된 한 개의 압축기로 설계하기 위하여 수준 높은 구조 설계 기술이 요구된다. 세번째는 한랭지 난방 운전과 제상운전에서 필연적으로 발생하는 불충분한 압축기 흡입과열도에 의한 습압축과 윤활유 부족에 대응하는 높은 신뢰성을 가진 인버터 압축기를 개발하는 것이다.

이러한 높은 신뢰성의 2stage 인버터 압축기는 그림 6과 같은 운전 영역의 확대가 필요하고 확대된 운전점에서 운전시간 및 운전횟수에 대해서 장기간 보장해야 한다. 또 높은 난방 성능을 위하여 고속회전이 가능한 인버터 모터의 채용이 필수이므로 모터제어 로직 설계 및 고효율 드라이브 설계, 고속 회전에 따른 회전축과 토출밸브의 변형과 파손을 방지하는 강건 설계 등 높은 기술 수준을 요구한다. 그림 7은 Twin Rotary type의 2stage 압축기를 보여주고 있다. 가격은 스크롤 압축기보다 크게 낮지만 중간압의 특성상 상하 실린더의 체적이 다르고 축계 변형 문제가 발생한다.

이러한 2stage gas injection 사이클을 적용한 열펌프는 다음의 특징을 가지고 있다. 그림 4에서 보듯이 외기온 -15℃까지 설계된 난방 용량의 95 ~ 100%를 유지하게 된다. 2stage gas injection을 적용

하지않은 기존 시스템과 비교할 경우 -15℃에서 약 20%의 난방 성능과 15% 효율 증가가 이루어진다.

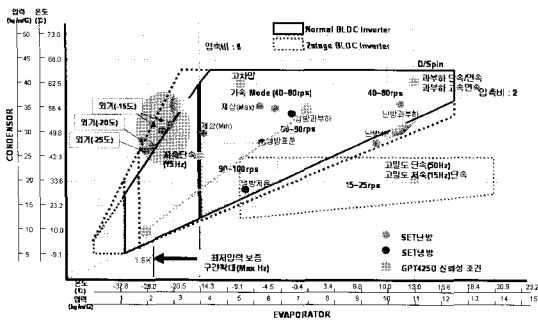
여기에서 중요한 것은 기준이 되는 열펌프 시스템의 난방 능력이 얼마나 높은가 하는 것이다. 만일 기준이 정속형 압축기를 사용하는 열펌프일 경우, 2stage gas injection 사이클을 적용해도 난방 증가폭은 제약이 된다. 최근 정속형 압축기를 적용한 2stage gas injection 사이클을 적용한 제품들이 있지만 외기온에 따라 급격히 난방 능력이 급속히 저하되는 정속형의 한계로 기본 난방 성능 자체가 낮으므로 한계를 벗어날 수 없다.

따라서 2stage gas injection 사이클의 경우 외기온에 따른 능력 저하를 고속회전으로 충분히 대응할 수 있는 인버터 열펌프가 가장 적합한 기준 시스템이 된다. 즉, 2stage gas injection 사이클은 인버터 시스템과 결합될 경우 난방성능의 증가량이 극대화된다고 할 수 있다.

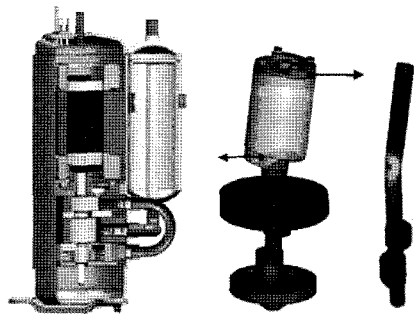
2stage gas injection 사이클은 외기온이 낮을수록, 토출온도가 높을수록 난방능력 증가폭이 커지는 특성을 가지는데 물을 가열하는 난방기기인 AWHP에 적용될 경우 더욱 확대되어 나타난다. 그림에서 보면 Radiator나 바닥돌을 순환하는 순환수의 온도가 높을수록 저외기온에서 난방력 보완 능력이 우수해 지고 효율 개선폭도 좋아 진다.

또 다른 gas injection 장점은 초기 기동이나 제상 운전 완료 후 난방 재기동시에 기존보다 빠르게 높은 토출온도 상승 속도를 보이게 되므로 실내 설정온도 도달 시간을 10분 이상 단축하게 된다(그림 9).

결론적으로 공기열원식 인버터 열펌프와 결합된



[그림 6] Two stage 압축기 운전 Map 범위 확대



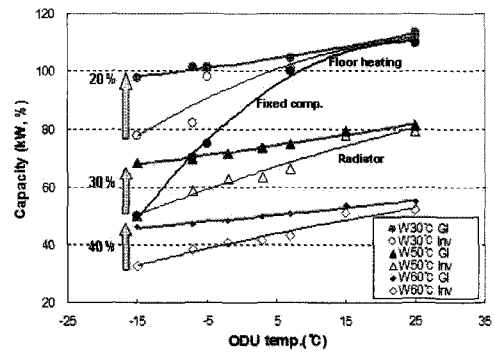
[그림 7] Two stage 압축기 구조 및 축계 변형 특성



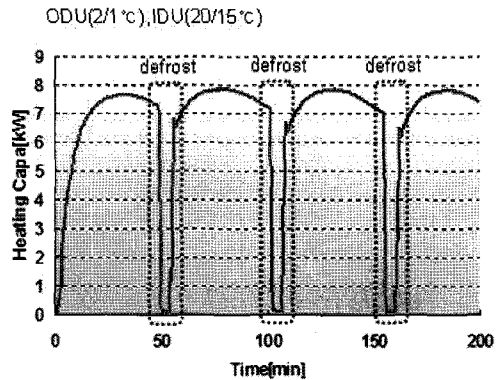
2stage gas injection 사이클은 한랭지에서 난방 성능의 저하없이 충분한 토출온도를 발생함으로써 기존 보일러를 대체할 수 있는 핵심 기술이며 향후 2stage gas injection 열펌프가 보일러를 대체할 경우, 위에서 언급된 수준높은 관련기술이 요구되는 특성상 중국 등 후발 국가에게 기술적으로 진입장벽을 마련할 수 있을 뿐 아니라 일본의 선진 경쟁사들보다 우수한 성능과 제품 가격을 확보할 수 있어 국가의 성장 산업으로 자리잡을 가능성이 매우 높다고 하겠다.

보조열원과 Hot gas bypass를 통한 무제상 운전 열펌프

일반적인 공기열원 열펌프는 통상 외기 조건에서



[그림 8] Two stage injection cycle의 고온수 발생 특성

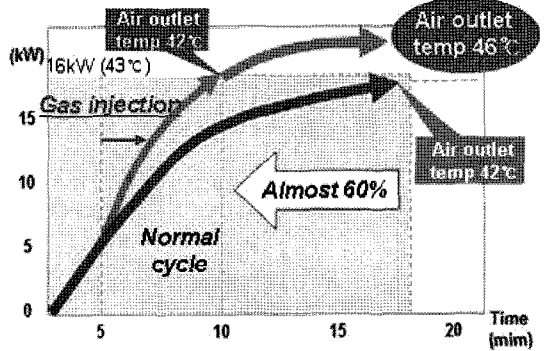


[그림 10] 일반 공기열원 열펌프의 제상 특성

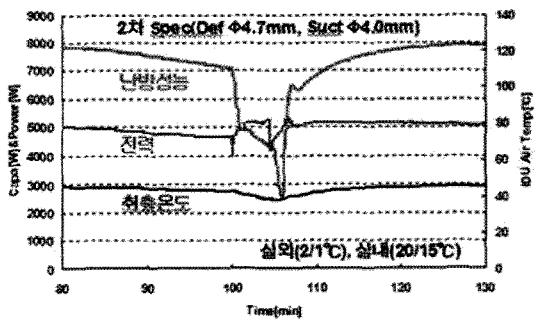
난방 운전시 공기 중에 포함된 수분이 열교환기에 착상됨에 따라서 열전달이 저하되고 Blockage에 의한 풍량 감소로 인하여 급격히 증발온도가 떨어지면서 더욱 착상을 가속시키게 된다. 이 경우 대체적으로 1시간 마다 제상 운전을 하게 되는 데 역 사이클을 운전하여 실외기를 고온의 응축기로 운전함으로써 서리를 빠르게 제거한다(그림 10).

반면에 실내기측은 증발기가 됨에 따라 냉풍이 토출되는 것을 방지하기 위하여 실내기운전을 정지하게 된다. 문제는 이때 발생하는 실내온도 저하가 5°C 이상이며 이 경우 고객이 바로 온열적으로 불쾌감을 느끼게 되고 난방능력도 10% 이상 저하된다. 나아가 난방이 중지되었음에도 불구하고 제상 운전 때 따른 전력은 계속 소비되므로 효율까지 낮아지는 문제가 있다(그림 11).

한편 제상 운전시에는 통상 조건에는 문제가 없



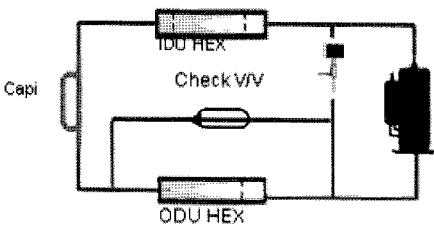
[그림 9] Two stage gas injection cycle의 초기 기동특성



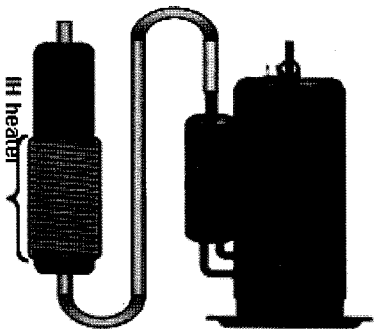
[그림 11] 제상시 난방성능과 전력소모량 특성

지만 외부공기의 습도가 높거나 겨울철 갑작스러운 강설에 노출되어 실외기 열교환기에 두꺼운 착상이 발생하는 경우와 강한 바람에 실외기가 노출될 경우 응축온도가 너무 낮아져 압축기가 습압축의 위험에 노출되거나 압축기 내부 윤활유를 유지하지 못하게 된다. 이럴 경우 통상적으로 압축기 보호를 위하여 토출측의 고온 고압 gas를 압축기 입구측으로 분사하는 Hot gas bypass를 구성하여 신뢰성을 높이게 된다.

최근의 기술은 이러한 hot gas bypass의 효과를 더욱 강화하여 사용하고 있다. 난방 운전시 실외 열교환기에 착상이 감지되면 난방을 중지하고 역사이클을 운전했던 기존 제상운전 방식 대신에 난방 중에도 제상을 할 수 있는 무제상 운전 기술에 hot gas bypass 기술이 활용되고 있다. 즉, 난방시 착상이 감지되면 압축기 토출 가스를 압축기 입구와 증발기 입구에 Hot gas bypass시켜서 제상이 가능한 온도로 증발온도를 상승시킨다. 결과적으로 실외 열교환기의 서리가 녹으면서 동시에 실내 난방운전이 지속될 수 있게 된다(그림 12).



[그림 12] Hot gas bypass cycle 구성도

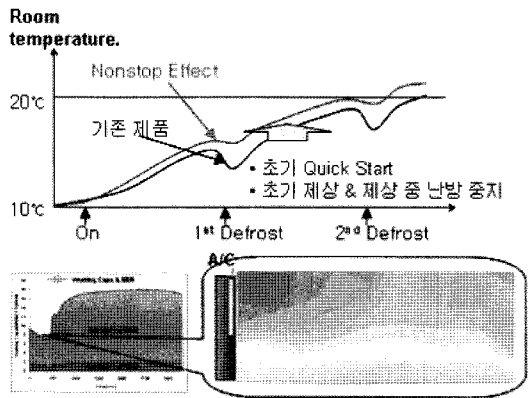


[그림 13] Induction Heater를 결합한 압축기

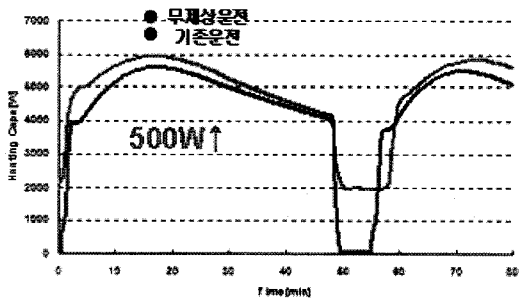
그러나 이러한 Hot gas bypass방식만으로는 영하의 외기온에서 무제상 운전은 한계가 있다. 따라서 이 대안으로 부가 열원으로서의 히터가 제안되고 있다. 기존 기술에서는 통상 Sheath히터를 사용하고 있다. 그러나 이 히터는 너무 고온이고 열량 제어가 정밀하지 못하여 안전성에 문제가 있고 열전달 매체와 접촉 면적이 작아 빠른 가열 응답성을 보이지 못한다.

이것을 개선한 방법이 Induction Heater 이다. IH Heater의 장점은 DC인버터를 사용함에 따라 열량의 정밀 제어가 가능하고 안전성이 높다는 점이다. 또 유체를 직접 가열하는 것이 아니라 유도체를 이용하여 가열함으로써 빠른 이상 유동 특성을 가지는 냉매를 넓은 면적에서 신속하게 가열할 수 있는 장점이 있다. 최근 연구에서는 압축기의 Accumulator에 IH히터를 장착함으로써 Hot gas bypass기술과 결합하여 영하 10℃까지 무제상 난방 운전 기술을 완성시키고 있다. 그림 13은 그 구성도를 보이고 있다.

그림 14는 무제상 운전에 따른 실내온도 변화를 기존 시스템과 비교한 결과이다. 실외기에서는 제상이 일어나고 있지만 실내 취출기류 풍량과 온도가 유지되어 실내 온도 분포가 쾌적한 상태를 유지하고 있다. 결과적으로 설정온도에 빨리 도달하면서 기존 제상 운전시에 발생하던 실내온도 저하현상이 개선되었음을 볼 수 있다.



[그림 14] 무제상 난방 운전 성능 및 실내환경



[그림 15] 무제상 운전 성능 비교

그림 15에서 무제상 운전은 10% 이상의 난방 성능 개선 효과를 보여 준다. 초기 난방시 빠른 응답 특성을 보이고 제상시에도 난방이 중지되지 않고 운전됨으로서 기존 시스템과 비교할 때, 한 개의 난방-제상 주기에 500 W의 난방 성능이 개선되었다.

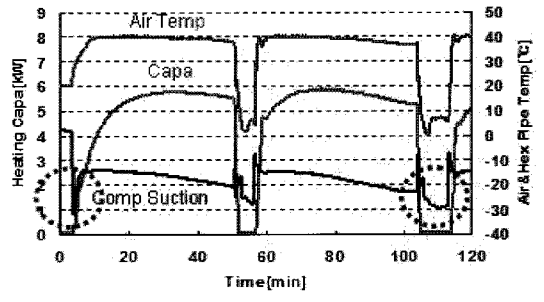
또 그림 16은 기존 시스템에 대비하여 무제상 열펌프가 제상시에 압축기 저압이 높아져서 습압축이나 윤활유 부족 관련 신뢰성 문제가 발생할 여지를 제거하였음을 보여주고 있다.

결론

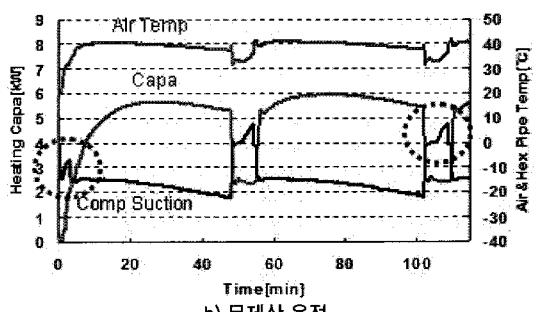
지금까지 한랭지에서 난방 성능과 효율이 유지되는 2stage gas injection 기술이 적용된 공기열원식 열펌프의 특성과 난방 운전시 발생하는 제상 운전을 대폭 개선한 무제상 운전 열펌프에 대하여 기술하였다.

본 연구들은 화석연료를 사용하는 보일러와 급탕기를 공기열원식 열펌프가 대체하기 위한 핵심 기술로서 이산화탄소 배출량을 획기적으로 감축할 수 있는 구체적이고 실행 가능한 대안을 제시하는 데 큰 의미가 있다고 생각한다.

바닥난방과 급탕이 발달해 있는 한국을 포함해서 난방, 급탕 시장이 대규모로 형성되어 있는 유럽, 미국, 중국, 일본 등, 매력적이고 광대한 시장이 존재하고 있다. 이산화탄소 배출을 절감하기 위한 전 세계적인 노력과 강력한 환경 규제에 인하여 열펌프에 매우 큰 기회가 오고 있으며 특히 열펌프 산업에 있어 한국은 이미 선진국이며 기술 및 사업역



a) 기존



b) 무제상 운전

[그림 16] 무제상 난방 운전특성 비교

량을 갖추고 있어 국제적 규모의 성장 엔진으로 발전시킬 수 있다고 확신한다.

LG전자는 열펌프 산업에 있어 이미 국내외적으로 대규모의 사업 규모를 확보하고 있으며 핵심 기술을 선도하고 있다. 본 논문의 2stage gas injection 기술과 무제상 난방 운전 기술은 2008년과 2009년에 지식경제부가 선정한 NET(New Excellent Technology)를 취득하였으며 이 기술들은 향후 난방 시장에서 새로운 Green technology로서의 공기열원식 열펌프의 핵심적 이고 차별적인 기술이 될 것이다.

향후 열펌프에서 추진할 연구과제는 80°C 이상의 고온 출수 사이클 기술 개발이다. 관련 기술로는 GWP(Global Warming Potential)가 낮고 저압 특성을 가지는 자연냉매나 신냉매를 적용한 열펌프 사이클과 Cascade cycle 사이클 설계이다.

향후 이러한 연구 과제를 대해서 관련 산업체, 국가 연구기관, 학계, 정부 등이 협력하여 국제적 성장 산업이 육성될 수 있도록 희망해 본다.