

소형 히트펌프의 기술개발 동향과 전망

A technical prospects and trends in small size heat pump

황 윤 제
Y. J. Hwang
LG전자 리빙시스템 연구소



- 1963년생
- 가변속(인버터) 히트펌프의 비정상해석과 설계에 관심을 가지고 있다.

1. 머리말

5.0kW이하의 소형에어컨은 기존의 벽걸이형이나 창문형 위주에서 점차 고용량 및 시스템적 개념으로 옮겨가고 있으나 아직도 전세계적으로 연평균성장을 4%정도의 지속적인 성장이 계속되어 2000년에 2,600만대, 2003년에 3,000만대 수준에 이를 것으로 전망하고 있다. 1997년 2,270만대로 추측되는 전세계의 소형에어컨시장에서 북미지역의 30% 수요와 더불어 아시아 지역이 50%이상을 차지해 이 두 지역이 전체의 80%를 점유하고 있다. 아시아 시장은 향후 중국의 가파른 상승과 한국의 지속적인 성장이 예상되지만 약10년간 일본의 가정용 에어컨 수요를 표시한 그림 1에서 보듯이 5.0kW이하 소형 히트펌프가 꾸준히 증가하고 있는 일본이 가장 큰 비중을 차지하고 있다. 1997년(96,10~97.9)에 이르러서 소형에어컨의 총 수요는 800만대에 도달하였고 이중 실내기와 실외기를 냉매배관으로 연결하는 5.0kW급 이하의 분리형 수요가 90%에 가까운 710만대로 구성되어 있다. 또한 710만대 중 히트펌프가 93%로 일본은 이미 4계절 개념의 에어컨 사용이 정착되었다고 할 수 있으며 세대보급율이 80%를 넘고 있으나 대체수요가 매년

8% 수준을 유지하고 중복수요가 15%정도를 차지하고 있는 매우 성숙된 시장구조를 보이고 있다. 이와 같은 구조로 구성되어 있는 일본의 710만대 내수시장을 서로 차지하기 위하여 10여개가 넘는 에어컨 제조업체는 짧게는 3개월 길게는 6개월 주기로 첨단기술을 적용한 제품을 시장에 내 놓고 있다. 따라서 일본의 기술동향을 정확히 파악한다면 향후의 기술을 예측할 수 있고 관련특허를 조기에 파악하여 회피할 수 있는 효과가 기대되기 때문에 본지를 통하여 소개하고자 한다.

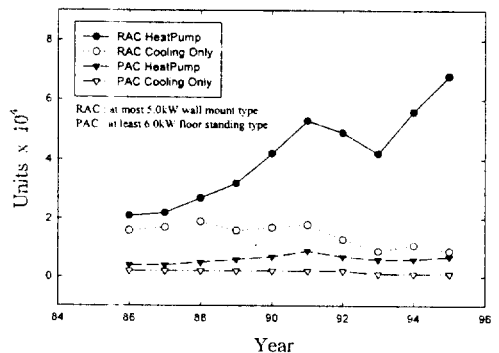


그림 1 일본의 가정용에어컨 수요변화

2. 기술동향

1982년 일본에서 압축기의 회전속도를 변화시킬 수 있는 인버터에어컨을 개발함에 따라 겨울철에 난방으로 사용하고자 할 때 보조열원의 필요성이 크게 줄어들었고 쾌적성과 에너지 효율을 급격히 향상시킬 수 있게 되었다. 1997년은 인버터에어컨이 시장에 출현한지 15년째가 되는 해로서 여러가지 측면에서 큰 진보를 하였으며 가장 두드러지는 기술이라 할 수 있는 4가지 경향을 정리하면 다음과 같다. 첫째는 저속운전의 확대로 연간에너지소비효율(seasonal energy efficiency ratio, SEER)을 향상시키고, 전자팽창변(linear expansion valve, LEV)등을 사용하여 실내온도와 설정온도의 차를 효율적으로 제어할 수 있는 알고리즘의 개발을 통한 절전 경향이다. 다른 가정용 기기에 비하여 전력소모가 큰 에어컨의 절전은 매년 다양한 기술이 필수적인 요소로 소개되고 있는데, 요소부품의 개선을 통한 절전으로는 전원을 인버터회로에 전달하는 중간단계의 역률 개선 및 인버터 자체의 효율을 높이는 기술, 압축기 모터부의 BLDC(brush-less direct current)화에 따른 드라이브 효율개선, 열교환기의 효율을 높여 응축온도를 내리거나 증발온도를 높이는 기술이 있겠다. 둘째는 네오지움과 같은 새로운 소재의 마그네트를 사용하거나 마그네트의 갯수를 늘려 자력을 향상시키는 한편 압축기의 부품을 줄이고 압축효율을 향상시키는 것으로 BLDC압축기의 성능을 개선하려는 경향이다.

셋째는 2℃ 및 -10℃ 이하의 난방능력을 향상시키려는 저온능력 확대 경향이다. 이 경향은 특히 1996~1997년 이슈가 되고있는 주제이므로 주목할 필요가 있다. 국내에는 온돌난방이 보급되어 있어 히트펌프 시장이 저조하지만 일본은 겨울철에 에어컨을 난방기로 사용하는 것이 보편화 되어있기 때문에 난방운전시 발생하는 여러가지 문제를 해결하려는 기술이 많이 소개되고 있다. 겨울철 난방운전시에는 공기중의 수분에 의하여 실외기에 착상(着霜)현상이 발생하고

외기온이 저하하면 난방부하가 증가하여 시스템의 열량이 부족해지기 때문에 저온능력을 얼마나 확대할 수 있는가에 따라 히트펌프로서의 역할이 결정된다. 만약 히트펌프가 역할을 충실히 할 수 있다면 추가 보조열원이 필요없고 가옥구조가 협소한 가정에서도 추가 공간을 할애하지 않아도 되기 때문에 향후에도 이 부분의 기술이 크게 발전할 것으로 예상된다. 마지막으로 기능과 관련되어 제습, 광각 및 頭寒足熱을 실현하기 위한 냉난방 기류제어 적용 및 광측매 탈취필터등을 이용한 공기청정 경향으로 분류할 수 있다. 이상의 4가지 경향을 쉽게 파악할 수 있도록 주요 세부기술을 요약 정리하면 다음과 같다.

3. 세부기술내용

3.1 저온능력확대

전술한 바와 같이 히트펌프가 90%이상인 일본시장은 난방관련 성능을 매우 중요시 한다. 특히 실내 건습구 온도20/15, 실외 건습구 온도2/1인 2℃저온조건은 식(1)의 조건을 만족하는 착상조건이므로 이 조건에서 능력을 향상시키려면 제상(除霜)시간을 짧게하고 착상 발생중 높은 난방능력을 갖도록 하는 것이 중요하다.

$$T_p < T_{dew} \text{ \& } T_p < 0$$

$$T_{dew} = f(T_{db}, RH) \quad (1)$$

이를 위하여 압축기 회전수를 100Hz이상의 고속으로 운전하여 능력을 최대로 높이고, 증발기 역할을 하는 실외기에는 발수(撥水, hydrophobic)성을 높이기 위하여 표면과 물방울의 접촉각을 90° 이하가 되도록 하는 표면처리등이 요구된다. 뿐만 아니라 핀 형상도 물결핀(wavy fin)을 쓰거나 핀의 공기층 유입길이를 유출층에 비해 길게 구성한 편심핀을 이용하거나 유출층에 핀을 일부 잘라내는 방법을 적용하여 착상량을 균일하게 할 수 있다. 사이클 설계에 있어서는 공기층과 만나는 1열은 평판핀(plain fin), 2

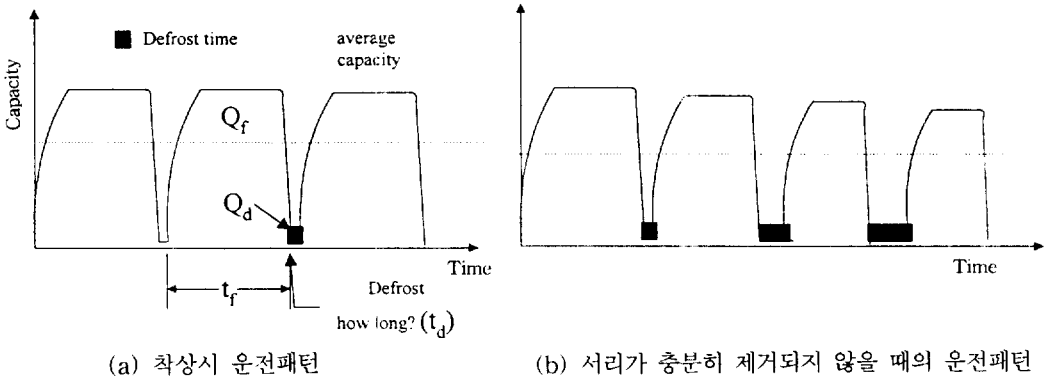


그림 2 2℃ 저온(착상)능력 시험

열은 슬릿핀(slit fin)을 적용할 수 있으며 1열의 핀 간격을 2열에 비하여 크게 구성하는 등의 방법을 이용하여 착상속도를 최대한 지연시킬 수 있도록 하여야 한다. 그림 2에서 보는 바와 같이 1회의 난방사이클이 끝난 후, 제상시에는 130Hz 이상의 고속으로 운전하여 신속히 서리를 제거하여 제상시간을 단축하는 것으로부터 2℃ 저온 조건에서 능력을 상승시킬 수 있다. 시험조건은 압축기 회전수를 제조자가 지정하는 값으로 하여 난방능력이 최대로 되는 상태로 하며 3회 사이클을 반복하여 측정한다. 저온능력은 그림 2의 점선으로 표시한 것과 같이 평균능력의 개념을 갖고 있으므로 제상운전시간의 설정에 있어서는 짧을수록 좋지만 그림 2의 (b)와 같이 1회 제상 운전시간이 너무 짧으면 2,3회로 갈수록 착상에 의한 공기막음현상(blocking effect)이 빨리 생기므로 주의해야 하며 1회 제상시간을 너무 길게 주면 난방이 정지되거나 감소되는 시간이 그만큼 길어지게 되므로 불쾌감을 유발하게 된다.

착상에 의한 능력저하가 있지만 난방에 사용되는 열량을 Q_f , 제상에 필요한 열량을 Q_d , 난방운전시간을 t_f , 제상운전시간을 t_d 라 하면, 유효열량 Q_{eff} 를 식(2)와 같이 표현할 수 있다. 1회 운전시의 유효열량을 나타낸 식(2)를 반복 운전기간동안 평균한 것이 결국 2℃ 저온능력이라 할 수 있다.

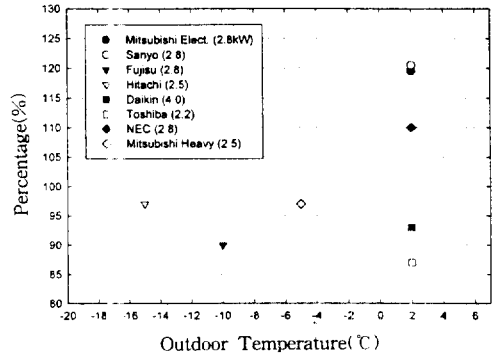


그림 3 각사별 난방저온성능(1997, 일본)

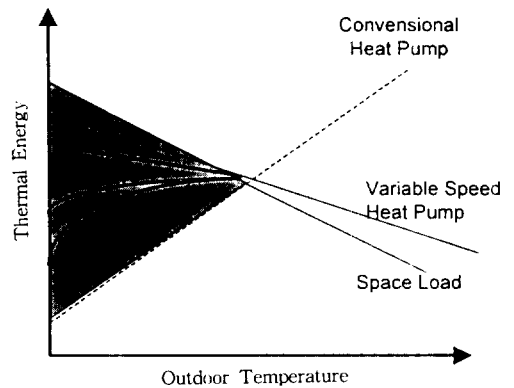


그림 4 외기온과 부하와의 관계

$$Q_{eff} = \frac{\int_0^f Q_f dt - \int_0^d Q_d dt}{t_f + t_d} \quad (2)$$

표 1 일본의 난방저온형 히트펌프 기술추이

	목 표	결 과	개 발 기 술
1단계 1982-1983	(1) 보조히터의 부착 및 열교환기의 계 상효율과 냉매회로의 개선을 통해, 기존 난방능력을 3.7kW부터 5.1kW 혹은 그 이상으로까지 향상시킴(외 기온도가 7℃일 때) (2) 차부하시 에너지 절약기능 첨가	(1) 외기온도 7℃, 난방COP 2.09~ 2.47일 때 난방능력 3.5kW 달성 (2) 세상주기를 기존장치의 절반이상으 로 줄여서 난방시간을 늘림 (3) 적절한 온도에서 히터의 ON/OFF 를 조절함으로써 에너지 절약	(1) 약 1kW정도의 보조히터 부착 (2) 냉동회로 개선(제상운전 조절방법 등)
2단계 1983-1985	(1) 외기온도가 -7℃일 때 3.5kW 이상 의 난방능력 달성 (2) 난방 COP를 30%정도 향상시킴(1 단계에서의 연구를 토대로하여)	(1) 외기온도가 -7℃일 때 난방능력 3.5~4.4kW 달성 (2) 난방 COP의 2.87~3.21 달성(30~ 37% 정도의 난방 COP 향상)	(1) 한냉지용 인버터 제어를 위한 고효율 압 축기 개발 (2) 저외기온용 냉동오일 채용 (3) 압축기 프리히팅 시스템 개발 (4) 냉동제어의 최적화 (5) 신적상감지 시스템 개발 (6) 적상감소 기술개발 (7) 실외기의 공기역학적 특성개선
3단계 1985-1989	(1) 외기온도가 -10℃일 때 3.5kW 이 상의 난방능력 달성 (2) 난방운전시 COP를 3.25 혹은 그 이상으로 향상시킴	(1) 외기온도가 -10℃일 때 3.5~4.4kW 달성 (2) 난방 COP 3.30 달성 (3) 압축기 개선으로 실외기의 진동을 66% 정도까지 줄임	(1) 실외열교환기의 성능 향상 (2) 인버터 제어시스템 개선 (3) 제상성능 향상 (4) 고효율 압축기 및 고난방 능력 (5) 고효율 팬 및 노이즈 절감
4단계 1989-1996	(1) 외기온 -20℃에서도 높은 난방 능 력 확보 (2) 외기온이 내려가는 경우에도 연속 운전 가능 (3) 외기온이 내려가는 경우에도 45℃ 이상의 온풍 도출 (4) 에너지 소비량 삭감	(1) field시험기에 의해 냉난방 신기술 의 기능 검토 및 과제의 유출(복해 도, 동북지구) (2) (1)에서의 과제를 극복한 모니터 기로 최종 시험(복해도, 동북지구 22대)	(1) 새로운 사이클기술 개발

지난 수년간 대부분 90%선에서 머물던 저온 능력은 그림 3에서와 같이 7/6℃ 정격운전 조건의 100%이상으로 높아지고 있고, 이 부분의 경쟁이 계속될 것으로 예상된다. 난방시에는 저온 열원으로 부터 열을 빼앗아 고온의 공간으로 열을 전달하므로 그림 4에서와 같이 외기온이 낮아질수록 부하는 증가하는 반면 압축기 흡입압력과 온도가 떨어져 냉매의 흡입 비체적과 압축비가 증가되므로 열량은 부족해지고 압축일은 증가한다.

이러한 이유때문에 실내온도 20/15℃이하, 실외온도 -10℃이하에서의 운전은 매우 어려운 기술이 요구되지만, 표 1과 그림 5에서 보듯이 매년

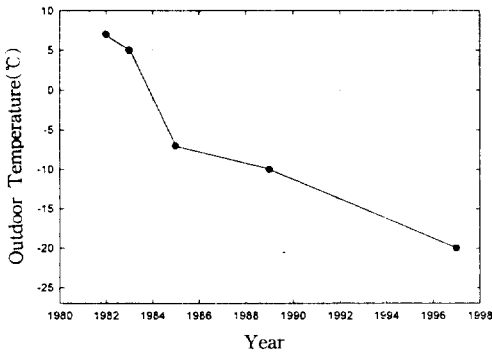


그림 5 난방저온성능개선추이 (난방정격의 80%이상, 일본)

꾸준히 성능을 향상시키려는 노력을 기울여 왔다. 계속된 노력의 결과 1997년에 이르러 -20℃에서 정격능력의 90%를 발휘하는 8kW급 히트펌프가 개발되게 되었는데, 사용된 주요기술로는 ①中間壓 液injection ②고압축비 inverter scroll comp. ③냉매 sub-cooler, ④제상시의 실내풍량제어(fan-stop, hot-start)로 요약할 수 있다.

그림 6의 사이클 개략도를 따라가보면 압축기에서 토출된 냉매는 4방면에서 응축기인 실내기로 전환되어 액상(liquid phase)으로 바뀐 후 제1팽창장치를 그대로 통과하여 액상태를 유지한 채로 실외기의 서브쿨러로 들어가 과냉도를 높인다. 일부의 냉매는 액 인젝션을 위하여 제2팽창장치에서 부분팽창을 거쳐 중간압으로 압축기에 유입되고 나머지는 제3팽창장치에서 완전 팽창된 후 증발기에서 증발하여 압축기로 되돌아 오는 사이클을 형성한다. 이때 액 인젝션의 역할은 모터냉각과 함께 고압축비 때문에 압축기 토출측의 온도가 상승하는 것을 방지하며 서브쿨러는 응축기 출구측의 과냉을 증가시켜 냉매순환량을 증가시키고 제상운전시 배수성능에 기여하는 역할을 수행하므로 저온에서 우수한 성능을 발휘할 수 있는 기술이다. 저온에서의 성능을 높이기 위한 기술을 정리하면, -10℃ 일때는 유량이 현저히 감소하므로 열교환기가 고정된 조

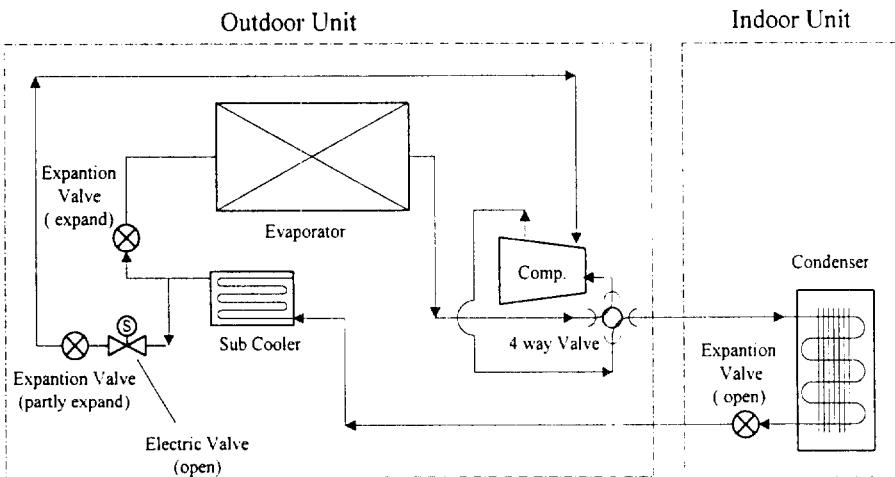


그림 6 저온능력 향상 사이클

건이라면 실외엔 고풍량운전이 필요하고 압축기 회전수는 유량에 비례하므로 100Hz이상의 고주파운전을 통하여 부족한 유량을 증가시켜야 한다. 또한 온도가 낮으면 냉매와 오일의 용해도가 저하로 냉매가 액화 체류하게 되고 이때 기동하면 냉매가스 주변에 오일막이 형성되는 오일포밍(foaming)이 발생하므로 저온용 냉동기유 사용과 동시에 오일회수 대책이 필요하며, 고속운전시 압축기의 흡입및 토출 압력손실을 줄이는 고효율 설계가 뒷받침 되어야 한다. 또한 가스인 제선 사이클을 구성하여 압축기 입구 비체적을 감소시켜 유량증가를 시도하고 열교환기 크기는 기존의 냉방 중심 설계에서 탈피한 재설계가 필수적인 요소이다.

3.2 제 습

냉방시 공기가 증발기에서 냉매와 열교환할 때 잠열전달에 의한 제습이 발생하지만 장마철에는 토출공기의 온도를 낮추지 않으면서 더 많은 습기를 제거할 경우가 생기게 되므로 이를 구현하기 위한 새로운 사이클이 필요하게 된다. 습공기의 냉각과정을 보면 유입된 실내공기는 건구온도와 비습도 및 엔탈피가 높고 상대습도가 비교적 낮은 상태에 있는데 냉각된 표면을 통과하면서 공기온도,비습도,엔탈피가 낮아지고 상대습

도는 상승하는 과정을 통하여 비습도 차이만큼 제습된다. 따라서 제습을 많이 하려고 할수록 온도를 내리지 않으면 안되므로 실내의 열교환기를 재열기와 증발기의 기능으로 나눠 사용할 수 있도록 사이클을 구성하는 방식이 대부분이다. 이런 재가열방식의 장점은 냉각공기를 재가열함으로써 토출공기의 온도저하를 방지할수 있다는 점이지만, 바이패스에 따른 압력의 증가와 밸브류에 의한 가격상승, 복잡한 구성이 단점이라 하겠다.

그림 7은 2개의 체크밸브와 1개의 4방향밸브로 구성된 냉방전용 사이클로서 압축기에서 나온 냉매는 응축기인 실외기를 통과한 후 바로 팽창하지 않고 실내열교환기의 일부인 재열기로 들어간다. 재열기 통과 후 팽창장치에서 온도,압력이 보통의 냉방사이클일때 보다 더 낮아진 상태로 증발기로 들어가기 때문에 제습량을 늘릴 수 있게 된다. 실내의 공기는 증발기를 통과하여 냉각된 후 재열기에서 가열되어 적절한 온도가 되어 실내로 보내지게 된다.

그림 8은 2개의 2방향밸브로 구성된 히트펌프 사이클로서 그림 7의 방법과 동일하지만 히트펌프에 적용할 수 있고 2방향밸브 2개만 추가되므로 더 우수하다고 할 수 있다. 그 외 실내기에 별도의 히터를 달아 냉각공기를 가열하는 방법

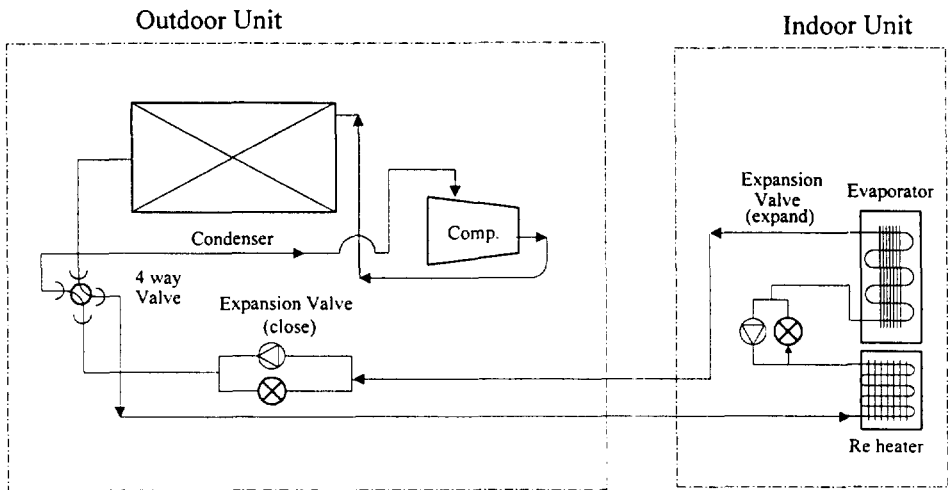


그림 7 재가열방식의 사이클(2 check valve & reversing valve)

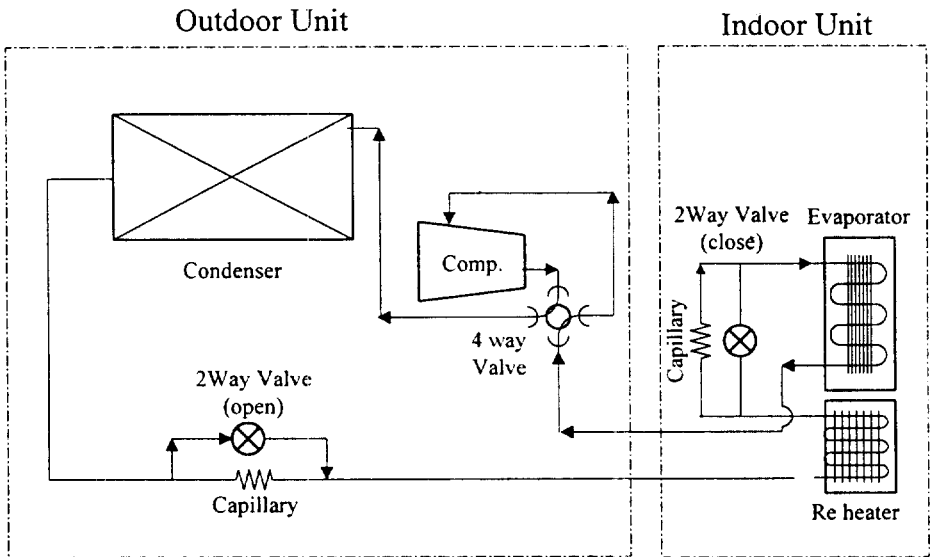


그림 8 재가열방식의 사이클(2 two way valve)

이 있으나 소비전력이 과다(500W정도)한 단점이 있다.

3.3 착상지연 및 제상

식(1)의 조건이 만족되면 실외측 증발기에 공기중의 수분이 달라붙어 서리가 생기는데 서리는 실외송풍기의 풍량을 감소시켜 열전달을 방해하므로 일정량 이상이 되면 제거해야 정상적인 난방이 가능하게 된다. 따라서 제상시간을 짧게하고 1회 제상운전까지의 시간을 확대하는 진보된 착상검출방식을 적용하며 제상중에도 난방이 가능하거나 능력을 확대하는 기술이 소개되고 있다.

대표적인 제상방식으로는 ①quick 또는 배속 제상 ②non-stop제상 ③축열이용제상 ④double제상등으로 역방향사이클 방식 또는 바이패스 사이클구성 방식으로 나눌 수 있다. quick 또는 배속제상을 간단히 소개하면 그림 9에서와 같이 압축기에서 나온 고온의 냉매를 압축기 출구에 설치된 바이패스 회로로 보내 증발기에 고온의 가스를 직접 통과시키게 함으로서 서리를 신속하게 녹일 수 있는 방법이다. 이때 팽창장치로 사용하는 전자밸브는 전폐하여 냉매가 바이패스

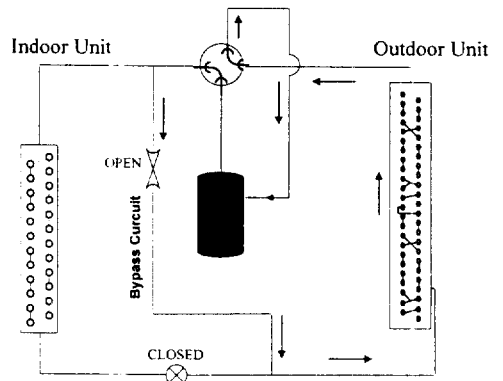


그림 9 Quick 또는 배속제상 사이클

회로로만 흐르게하고 실내의 팬은 정지시켜 기존 제상시간을 반으로 줄이는 효과를 얻었다. non-stop제상은 제상중에도 실내팬이 작동하여 난방을 하면서 실외기의 서리를 제거하는 방식이다. 제상용 이방밸브를 제상시 전개하여 압축기 토출가스를 증발기에 보냄과 동시에 전자밸브 역시 전개하여 일부의 냉매는 실내측으로 보내는 방식인데 난방열량이 크지 않은 단점이 있다. 축열방식은 압축기에서 외부로 방출되는 폐열을 저장했다가 제상에 사용하는 방법이며, double제상은 증발기를 2분할하여 기존경로뿐 아니

라 열교환기 상부에 응축가스를 직접 주입하여 제상시간을 대폭 단축하는 기술이다. 한쪽으로는 유입할 경우 응축열이 열교환기 입구에서 출구로 이동할수록 온도가 낮아져서 제상효율이 감소하는 단점을 보완한 방법이다. 한편 착상검출 방식을 개선하여 착상량이 적고 성능감소가 발생하지 않는 영역에서는 불필요한 제상운전을 하지 않도록 개선하는 방법을 사용하는 것도 효과가 있다.

3.4 가슴 및 환기

흡습제를 이용하여 난방운전시 건조감을 해소하고 환기를 통하여 실내의 불순물(CO₂) 제거를 위한 기능으로 대형건물의 제습시스템 등으로 이미 사용하고 있으나 소형공조기에 적용되기는 처음이다. 그림 10은 흡습재인 제올라이트(zeolite)를 이용한 무급수가습 기능의 개념도로써 시로코폰에 의해 실내의 습공기가 흡습되면 분당 1/2회전하면서 움직이고 있는 원형의 제올라이트 판을 지나면서 수분의 흡착이 일어난다. 제올라이트판은 수분을 흡착한 채로 하단으로 이동하여 세라믹히터에 의한 가열에 의해 흡착된 수분을 실내로 방출하므로 가슴이 이루어진다. 실내공기가 흡착되어 수분이 없는 건공기로 되면 제올라이트판 뒤에 있는 배기팬에 의하여 외부로 배출되므로 환기의 기능도 수행할 수 있다. 흡습제는 표면적이 일반물질에 비해 10배 이상 큰 물질로 흡습재표면에서 매우 빠른 속도로 물 분자를 흡착한 후 확산에 의해 벌크공간(bulk volume)으로 빨아들이는 물질이다. 흡착과정중 물분자와 흡습제의 표면력에 의한 흡습제의 온도

상승효과 때문에 흡습재 표면은 가열되며 반대로 흡습재에 열을 가하면 수분이 빠져 나오는 원리를 이용한 것이다.

3.5 Ø6mm 열교환기용 고성능분배기

열교환기의 고성능화는 다양한 방법으로 시도되고 있다. 공기측 성능을 개선하여 소형화, 고효율화를 꾀하기 위하여 Ø6mm 전후의 세경관(細經管)을 사용하고 호형굽힘(arc shaped bending), 다면구형(multi face shaped), 고효율핀, Ø4mm의 그물형 열교환기 같은 기술을 적용하고 있는 사례가 증가하고 있다. 한편으로는 냉매측 성능개선을 위하여 관내측을 V형상으로 만드는 V형 나선관(V-shaped groove tube) 적용 기술도 소개되고 있다. 사이클적인 측면에서 볼 때 열교환기의 성능이 향상되면 압축기의 고·저압차를 줄일 수 있고 냉매량도 최소화 되는 등 많은 장점이 있지만 열교환기의 입구측에 설치하는 분배기의 설계가 미흡하면 열교환기의 성능을 충분히 발휘할 수 없게 된다. 특히 Ø6mm 이하 관 사용시에는 압력강하의 증가로 반드시 3분지 이상을 사용해야 하므로 고성능 분배기 설계기술은 매우 중요하다고 하겠다. 특히 히트펌프로 사용할 경우 실내기와 실외기의 역할이 목적에 따라 바뀌므로 2개의 열교환기 모두 입·출구의 위치 선정과 분배기를 잘 설계하여야 한다. 설계의 기본개념을 요약하면 기체는 동압이 정압보다 크기 때문에 분배기 형상의 영향을 많이 받으므로 적절한 형상으로 설계하여 동압을 정압으로 바꾸어서 분배하고, 액체는 높이 등 중력의 영향을 받으므로 설치위치에 주의한다. 따라서 분배기는 형상과 설치위치를 중요한 자로 고려해야 하지만 설치위치의 영향을 받지 않도록 액상을 기상으로 바꿔 분배하는 방법이 가장 유리하다고 하겠다. 그림 11은 분배의 개념과 실제 설계된 분배기의 형상을 나타낸 것이다. 분배기가 3경로로 나누질 때 (a)의 경우에는 ①로 유입된 냉매가 ②쪽으로 많이 흐르고 ③, ④로는 ①경로보다 적은 양이 흐르게 되는데 그 이유는 ⑥경로의 동압항이 크기 때문이다. 식(3)은 비압축성유체에 대한 간단한 유동식으로서 속도

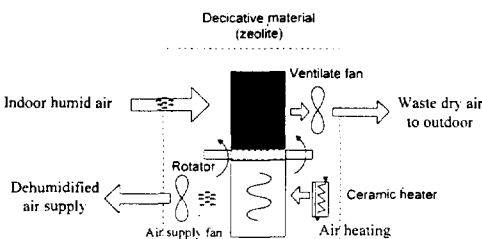


그림 10 무급수 가슴

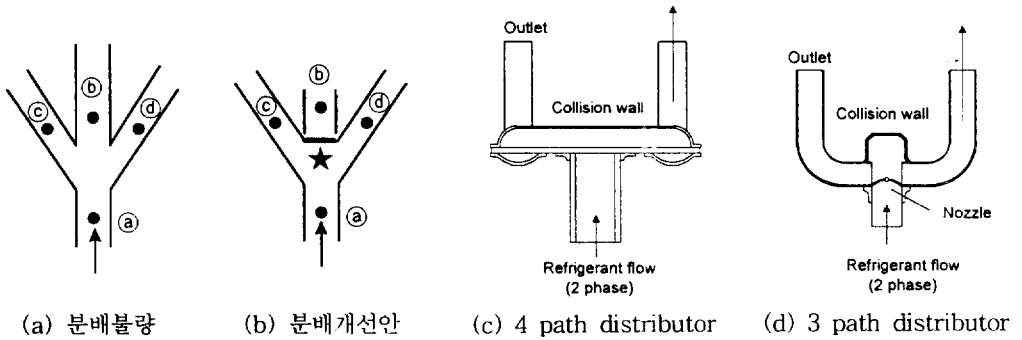


그림 11 분배기의 개념과 형상

가 큰 동압항이 스칼라량인 정압항으로 바뀔 수 있다는 것을 보여 준다.

$$\frac{P}{\rho} + \frac{1}{2} v^2 + gz = \text{constant} \quad (3)$$

따라서, 동압항의 영향을 줄이기 위한 개선책인 (b)의 경우를 고려해보면 경로에서 냉매가 충돌(★표지점)하면서 동압항이 줄어들고 정압항만 남게 되는데 동압항은 벡터량 이지만 정압항은 스칼라량이므로 ⑥~④경로로 냉매가 균일하게 흐르게 할 수 있다. (c), (d)는 이러한 개념을 적용하여 제작한 고성능 분배기의 형상이다. (c)는 4개의 경로로 분배되는 경우에 사용하는 평판형분배기(flat type distributor)로서 4각형의 모체를 가운데 위치시키고 양끝을 필렛용접하여 제작하며 (d)는 3개로 분배되는 경우에 사용하는 원통형분배기(cylindrical type distributor)로서 가운데 노즐을 설치하여 이상류를 가급적이면 기상류로 만들려고 의도하는 예이다. 일본은 $\phi 6\text{mm}$ 전후의 세경관을 실내외기에 모두 적용하면서 반드시 고성능 분배관을 채용하고 있으며 각 회사별로 비슷한 개념의 분배관을 독자적으로 제작하여 사용한다.

3.6 열교환기 용량제어

압축기 회전수에 따라 팽창장치와 함께 열교환기의 면적을 조절하여 쾌적감을 높이는 기술로서 면적 자체를 줄이는 것은 다소 의외로 받아들여 질 수 있다. 실제로 가변속기의 경우 저속운전시 에너지소비효율(energy efficiency ra-

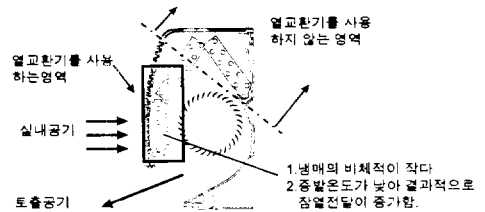


그림 12 열교환기 용량제어

tio, EER)이 향상되는 큰 이유중의 하나가 실제 용량보다 큰 열교환기를 사용하기 때문인데 열교환기 용량제어기술은 절전보다는 쾌적감 향상에 초점을 맞췄다고 할 수 있다. 그림 12에서 보는바와 같이 열교환기의 일부에 냉매가 흐르지 못하도록 바이패스 밸브를 설치하여 열교환기를 1/2만 사용한다. 설정온도 가까이에서 압축기 회전수가 낮아지면 열교환기는 상대적으로 과잉설계(Over sized)상태가 되어 효율이 상승하는 장점이 있으나 열교환기 내부를 밀도가 낮은 냉매로 채우게 되므로 열교환기의 증발온도가 상승하여 잠열에 의한 열교환 효과가 감소하게 된다. 이러한 효과에 의해 냉방감이 줄어들게 되어 소비자가 불쾌감을 느끼게 되므로 열교환기 용량제어를 통하여 냉매밀도를 향상시켜 토출공기의 온도도 낮추고 그 결과 잠열교환을 증대시켜 쾌적감을 향상시키는 기술이다. 3.2절에 소개한 제습기술의 일종으로 분류할 수도 있겠으나 특이한 기술이므로 별도로 소개하였다.

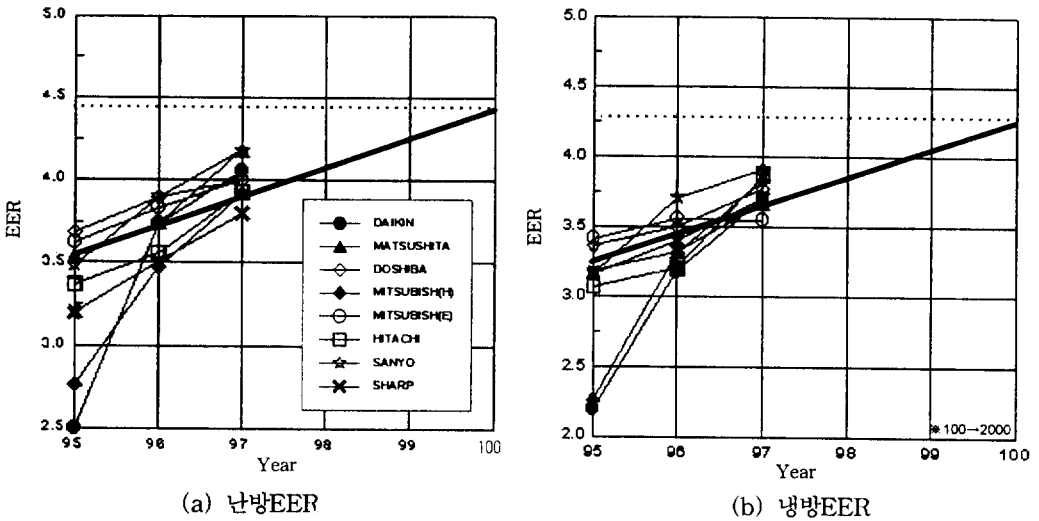


그림 13 2.5kW급 소형공조기의 EER 예측 (일본)

4. 향후전망

이상과 같이 일본은 절전과 쾌적을 실현하기 위하여 다양한 기술을 전개한 결과 사이클을 구성하고 있는 요소부품의 성능이 뚜렷이 향상되는 가시적 성과를 거두었으나, 최근에는 일본통 산성 주관으로 모든 가전제품의 에너지 절감 등급기준을 강화하는 내용의 Top Runner방식을 도입하여 절전을 더욱 강화하고 있는 추세이다. Top Runner방식은 업계에서 평균적으로 달성 가능한 수준을 에너지절약 기준으로 하였던 종래와 달리 시장의 모든 소형공조기를 비교 시험하여 각 용량별 최고 EER(kcal/hW)을 달성한 모델을 에너지절약 기준으로 하여 규제하는 방식이므로 현행 기준보다 최고 30%까지 기준이 강화될 전망이다.

이러한 추세를 반영하여 소형공조기의 에너지 소비효율(EER)을 예측한 그림 13으로부터 2000년에는 냉·난방 모두 EER 4.0을 넘어설 것으로 예상하고 있다. 열역학적으로 가능한 EER이 7.0 이고 현실 가능한 EER을 4.8로 계산하였을때 2000년대 중반 전에 이 수치에 도달하게 될 것이다.

일반적으로 일본시장에서 주력인 2.5kW급과 다소 용량이 큰 4.0kW급의 EER차이가 큰 원

인은 시리즈성을 고려한 2.5kW급 기준으로 압축기를 설계하여 사이클에 적용할 뿐만 아니라 열교환기의 크기도 이 용량급에서는 과잉설계되어 있고 반대로 4.0kW급에서의 압축기 및 열교환기는 상대적으로 과소설계 되어있기 때문이다. 그러나 2.5~2.8kW급에서 4.0kW급으로 급속히 주력기종이 바뀌고 있어 주목 된다. 그 이유는 과거의 냉방 위주의 구매패턴에서 난방위주로 바뀌고 있고 외기온이 낮을때 난방을 충분히 이용하려면 다소 큰 용량이 필요하기 때문으로 저온능력이 충분히 확보되기까지는 당분간 이러한 경향이 지속되리라고 전망하고 있다. 향후에도 역시 절전등의 기본성능은 지속적으로 강화시켜 나가고 동시에 소음, 진동을 줄이는 기술, 제습성능을 높이는 기술, 저온성능개선과 더불어 인버터 회로의 고조파(高調波)대응 및 R-410A를 이용한 대체냉매 관련기술이 계속 소개될 것으로 예상된다. 특히 1998년에는 출력승압방식의 능동역율제어를 이용하여 일부 고회전수 구간에서 PAM(pulse amplitude modulation)제어를 적용하는 복합인버터(hybrid inverter) 기술의 확대 적용과 이미 1996년 출시되어 냉매자체의 열물성이나 열전달특성 및 오일에 대한 연구가 많이 진행된 R-410A냉매를 적용한 제품생산이 본격화되고 있다. 궁극적으로 모든 면에서 소비

자의 욕구를 만족시킬 수 있는 이상적인 제품이 출현될 때까지 새로운 기술이 계속 소개될 것이기 때문에 대한민국 독자의 기술로 세계시장을 선도할 구체적인 노력이 절실한 때이다.

참 고 문 헌

1. Groff, G. C., 1997, Heat pump markets-an International status review, 3th International conference on heat pumps in cold climates, pp.5.
2. Hiroaki, K., Shinichi, I., Osamu, A., Osao, K., 1989, 小型高效率 熱交換器, National Technical Report, Vol.35, No.6, pp. 653-661.
3. 堀内紀昭, 1996, 寒冷地向 ヒートポンプバックスエアコン式 開發, 日本冷凍協會學術講演會講演論文集, 8月, pp. 81-84.
4. Minagawa, T., Yamaguchi, Z., 1987, Operating experience with heat pump type room air conditioners for cold districts, Heat pumps: technology and marketing, pp33-44.
5. 編輯部刊, 1997, 住宅空調の商品と技術動向, 週刊エアコン流通人6-25, Vol.18, No. 593, 特別臨時増刊, pp116-125.