

# 에너지절약 기술

소형에어컨의 대부분은 2004년까지 에너지절약법으로 정해진 목표기준을 달성하도록 의무화하고 있다. 또 오존층보호를 위해 신냉매로의 전환도 필요한 바, 본 보고에서는 소형에어컨의 에너지절약 기술과 신냉매 대응 기술에 관하여 소개한다. 그밖에 에너지절약법의 목표기준을 달성하기 위해서 필요한 향후 연구과제에 대해서 기술한다.

\*키워드 : 공기조화기( Air Conditioners), Heat pump, 에너지절약(Energy Conservation)



강 용 태

## 서론

에어컨은 최근 계속 늘어나고 있는 소비전력수요에 있어서 톱클래스를 차지하고 있는 바, 에너지절약 기술의 향상은 시장 수요일뿐만 아니라 사회적인 요청이기도 하다. 1999년 에너지절약법이 Top runner 방식으로 개정되고 높은 COP의 목표치가 설정되어 고시되어 있다. 소형 split type 에어컨의 대부분은 개정 에너지절약법의 공조형태로서 벽걸이 직접분사 heat pump 4.0kW 이하에 해당하고 2004년동년도에 가중평균으로 목표달성을 의무화하고 있다. 한편 소형에어컨에 사용되고 있는 냉매 R-22는 오존층보호를 위해 2004년에 사용량을 65%에 제한시키고 최종적으로는 폐지하게 되어 있다. 현재 이 기준들을 동시에 해결하는 것이 공조업계 전체의 과제로 남아있다.

당사는 1999년동년도 (1998년 10월 - 1999년 9월)에 고급 시리즈 전부를 신냉매대응용으로 대치하여 4.0kW 이하의 벽걸이 직접분사 Heat Pump의 Top Runner 위치에 올라 있다. 2000년동년도에 있어서는 당연히 에너지절약화를 꾀하고 동일 시리즈 전부에 대해서 에너지절약법 기준을 만족하게 제품화 할 수 있다. 본 고에서는 이들의 에너지절약기술 즉 신냉매 대응기술의 소개와 이후의 과제에 대해서 서술한다.

## 에너지절약 기술

소형에어컨의 에너지절약기술은 다음의 주된 요소기술로 분리된다.

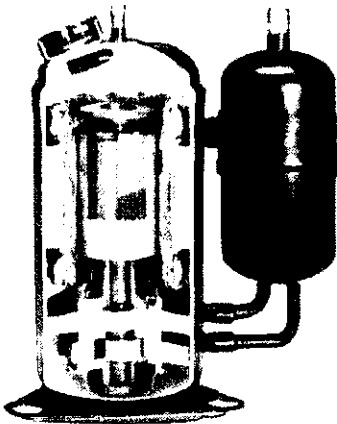
- 1) Compressor의 성능향상
- 2) Compressor 구동 제어계의 성능향상
- 3) 열교환기의 성능향상

- 4) 실내 송풍기의 성능향상
- 5) 실외 송풍기의 성능향상
- 6) Fan motor의 성능향상
- 7) 자기전력의 제어기술

이 요소기술들 외에 신냉매에의 대응기술이 있다. 소형에어컨의 신냉매로는 안전성, 신뢰성, 기기의 효율향상, 서비스성 등의 종합적인 평가 검토의 결과 R-410A가 채택되어지고 있다. R-410A는 R-32/ R-125(=50/50 wt%)의, 의이(疑異)공비 혼합냉매로 R-22와 비교해서 동일 능력을 갖기 위한 체적순환량이 약 70%로 작기 때문에 고순환량으로 운전하면 시스템 효율이 R-22에 대해서 높게 되는 특징을 갖고 있다. 이하에서는 각각의 주요기술에 대해서 당사의 소형 에어컨제품에서 실현된 내용에 대해 설명한다.

### Compressor

소형 에어컨의 소비전력에 대해 가장 큰 비율을 차지하는 것이 Compressor이다.〈사진 1〉에어컨의 에너지절약화에 있어서 Compressor의 효율을 어떻게 향상시키는가가 가장 중요한 문제이다. 당사의 경우 Compressor는 역사적으로 Twin Rotary방식, DC방식 및 신냉매방식으로 택해왔다. 특히 최근 수년은 신냉매에 어떻게 지속적인



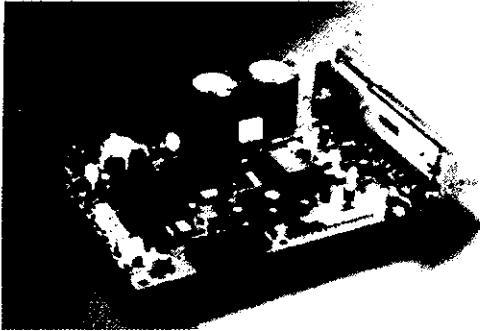
〈사진 1〉 신냉매용 DC Twin Rotary Compressor

로 대응하고 효율을 향상시키는가가 중요한 연구과제였다.

신냉매용 Twin Rotary Compressor의 개발에 있어서는 고압력, 저순환량인 R-410A의 특성을 최대한 살리기 위해서 기계부의 구조, 재료조합의 최적화 및 신냉동기유의 개발을 실시했다. 냉동기유는 HFC냉매와 상용(相溶)성이 있는 폴리 에스테르유의 분자구조를 개량해서 가수분해 안정성을 확보하였고, 기름으로 되돌아오려는 성질, Compressor내의 유면확보를 이룩하였다. 또 배제용적의 적정화, Dead Volume의 최소화, 압축기 부품조립시의 bolt 마감 등 부품의 변형해석과 형상의 변경에 따라 마이크론단위의 부품정도향상과 변형방지 등을 연구하였고, 기계부의 밀폐성 향상, 수동부의 마찰저항 경감을 통하여 실행 효율의 향상을 이룩하였다. 한편 Compressor motor의 개량도 수행하여 에너지절약형 에어컨은 직류 brushless motor를 탑재한 DC Compressor가 주류를 이루고 있다. 당사의 Twin Rotary Compressor에는 박판전자강판적층의 영구자석을 박아 형구조의 brushless 직류 Motor를 탑재하고 있다. 이 Motor는 고주파자속에 따라 생기는 과전류손실을 크게 저감하고 효율을 향상시키고 있다. 더욱이 유효자속을 증가시키기 위해 영구자석의 배치를 역원호형으로 합과 동시에 자석내부의 입자배향을 방사성 이방성으로 하고, 고정자 권선의 통전구간에 집중해서 자속이 증가하도록 하여 효율을 향상시키고 있다. 또 고정자에 직접 코일을 실행하는 집중 코일방식을 채택하고 종래의 코일방식에 대해서 동선의 사용량을 35% 절감하여 동선의 손실을 저감하고 있다.

### Compressor 구동제어계

DC Compressor를 구동하는 제어기(Inverter, 〈사진 2〉)는 Motor의 자계를 회전시킬 필요가 있고 Rotor의 회전에 따른 고정자 코일에 생기는 유기전압으로부터 Rotor의 위치를 파악하고 있지만, 당사에서는 코일단자전압을 아날로그 필터에





〈사진 2〉 하이브리드 인버터

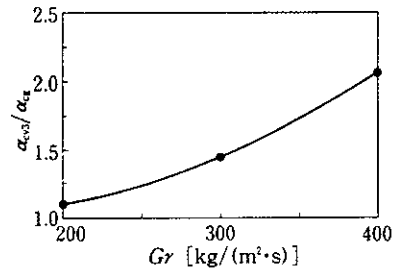
통하지 않고 직접 검출시켜 Real time에서 고속 디지털 신호처리를 하는 방식을 개발했다. 그 결과 Compressor Motor의 구동에 따라서 항상 최적의 통전진행각을 부여하고, 통 전체 변환시의 코일잔류전류를 전원측에 역류시키지 않는 역류방지제어 등 전력절약제어를 가능케 하여 Inverter를 포함한 Compressor의 종합효율을 종래의 AC Compressor 와 비교하여 약 20% 향상할 수 있게 되었다. 1998년도에는 Compressor의 구동을 일정 전압의 펄스 통전시간을 변화시켜서 행한 PWM(Pulse Width Modulation) 제어를 덧붙여 Inverter의 정류회로도에 고역률회로를 만들었고, 승압 펄스를 전원의 위상에 맞춰서 출력하여 인가 전압을 높인 PAM(Pulse Amplitude Modulation) 제어를 동시에 행하는 hybrid Inverter를 개발했다. 이 승압 펄스의 출력폭·타이밍을 Compressor의 회전수와 PWM 출력폭에 대해서 최적화하고 입력역률을 약 99%까지 높여서 전력을 유효하게 활용하고 있다. 이 방식은 강제 스위치방식(Active 방식)에 따른 PAM 제어와 비교해서 펄스 스위치 횟수가 상당히 작고, 에너지절약·저소음이라는 특징을 가지고 있다. 또 신냉매의 채택에 따라 냉매 및 유통유의 비유전율이 높고, 누설전류가 증가하는 경향이 있기 때문에 Compressor로부터 흘러나온 전류를 대폭적으로 저감하는 누설전류보상회로를 개발해 채택하고 있다.

열교환기

종래의 열교환기에 사용하고 있는 전열관의 내면에는 나사모양으로 작은 홈을 붙인 나사모양 구침부관 - 홈을 판 관 -이 널리 사용되고 있다. 본 개발에서는 R-410A에 적합하고, 관내열전달율을 향상시키기 위해 〈표 1〉에 표시한 것 같은 다른 방향의 홈을 3개 조합시킨 V3 구침부관 - 홈을 판 관 - 을 개발했다. 이 V3 구침부관은 전열성능을 향상시키면서 압력손실은 증가하지 않는 형상으로 특징은 홈의 방향이 변화하는 부분에 폭 0.3mm의 평골부를 부착하고 있다. 이로 인하여 증발시의 압력손실에 있어서 약 20%의 저감효과를 이룩하였다. 〈그림 1〉에는 나사모양의 관에 대한 V3 구침부관의 열전달 향상율을 표시하고 있다. 그림으로부터 알 수 있듯이 이 전열관은 나사 모양의 관에 비해 질량속도가 커짐에 따라 열전달율이 높게 되는 특징을 가지고 있다. 따라서 가능한 한 질량속도가 크게 되도록 냉매유로를 최적화했다. 본 개발기종에서는 V3 구침부관을 채택하여 COP에서 4%의 개선을 실현할 수 있었다.

〈표 1〉 신 냉매용 전열관

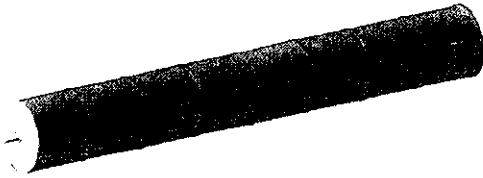
냉 매	R22	R410A
전열관종류	심(seam)없는 관	용접관
구호칭	나사구	V3 구
구형상단면도		



〈그림 1〉 나사구에 대한 V3 구의 응축열전달율비

### 실내송풍기

실내송풍기의 대부분은 횡류 Fan을 채택하고 있으나 fan blade의 설치 간격을 불규칙적으로 한 random pitch 날개 fan을 개발하여 fan 회전에 따른 일정 주파수의 날개 pitch 소음을 저감하였다. 또한 날개에 skew (비틀음)을 넣어서 소음 에너지 자체를 분산시킨 random skew fan을 개발·채택했다<사진 3>. 날개형상·형구조를 고안하여 주조(mold) 성형품으로 skew를 실현할 수 있기 때문에 skew의 각도를 크게 하고 날개 단면형상도 알맞은 것으로 하는 것이 가능해졌다. 이번엔 개발한 송풍기는 simulation으로 압력 분포를 해석하고 흡입 grill의 단면형상을 최적화하여 송풍성능의 향상을 이룩하였다. 따라서 정음(靜音)화 와 대풍량화 모두를 이룩한 셈이다.

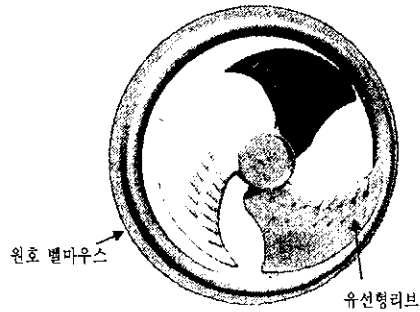


<사진 3> 실내 횡류 fan

### 실외송풍기

실외송풍기에는 프로펠러 fan<사진 4>을 채택하고 있고, 열교환기에서 공기저항의 증가를 커버하기 위해 복합곡면 프로펠러 fan을 개발하고 있다. 프로펠러 fan의 송풍소음을 저감(blade 표면의 경계층의 난류, 후류와(後流渦), 상류의 난류를 저감)하기 위해서 종래의 blade는 앞 테두리에서 뒤 테두리까지 일정한 곡률로 구성되어 있는 반면, 본 제품에서는 blade 전후 테두리에 형상이 다른 복합곡면을 구성하여 앞 테두리에는 변곡점을 붙이고, 앞 테두리와 변곡점 사이를 흡입측인 부압면 - 압력을 받는 면 - 측에 만곡시켜서 공기 흐름을 blade 표면에 빨아 들여 경계층 난류를 저감하고 있다. 뒤 테두리 측에도 날개면을 흡입측인 부압면 측에 만곡형성하기

때문에 수직원심력 성분을 압축력으로 작용시켜 경계층 난류를 저감하고 있다. 그 결과 후류와(後流渦)는 1/2로 감소되고, 소음은 2dB을 저감함과 함께 fan 효율을 종래의 57%에서 65%로 향상시켰다. 또 실외 송풍기에는 날개 부압 전의 테두리 부에 2열의 유선형 rib를 붙여서 날개면 흐름의 박리를 유도하여 소음저감을 이룩한 fan을 개발하였다. 또 동시에 bell mouse 흡입구를 약원호형상으로 하여 흐름을 정류화하기 때문에 바람의 토출부에 발생하는 소용돌이를 유도하여 소음저감과 송풍효과의 향상을 이룩하였다.



<사진 4> 실외 프로펠러 fan

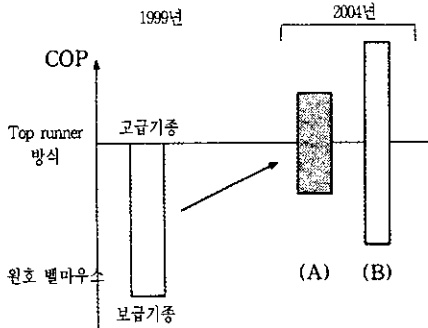
### fan motor

동일 출력에서의 저전류화와 고속회전화를 에너지절약에 종합적으로 응용하기 위해 지금까지 AC의 DC화, 고전압화, overlap 제어, 정현파 구동제어 등을 추진하여 왔다.

### 대기전력의 제어기술

실내 fan Motor 에 고전압타입 직류 Motor를 채택하고, 전원회로의 고효율설계, 운전정지중의 불필요한 부하를 차단함에 따라 에어컨 운전정지중의 대기전력을 종래의 4W에서 0.8W로 저감할 수 있었다. 대기전력저감의 포인트는 아래의 3가지다.

- 1) fan motor의 고전압화에 따른 SW 전원 손실 저감



〈그림 2〉 가정용 에어컨 기종구성상의 COP 분포추이

- 2) 전원회로·트랜스의 최적설계에 따른 효율화
- 3) 릴레이를 사용한 대기시의 부하차단

**아후 과제**

지금 소개했던 당사의 에너지절약 기술의 대부분은 시장에서의 구성비가 약 25% 정도인 고급기종에 대한 것이다. 에너지절약 기술은 막대한 투자가 필요하므로 에너지절약 범을 달성하기 위해서는 에너지절약기술이 어려운 고급기종

보다는 나머지 약 75%를 점유한 보급기종에서 에너지절약화를 추진하는 것이 포인트이다. 이 때문에 투자를 최소로 한 에너지절약 기술의 개발이 급선무이고 반대로 이것을 할 수 없다면 보급기종은 축소해 가게 된다. 2004년의 에너지절약 범의 목표치를 달성하는 구도로서 그림-2에 표시한 것처럼 A 또는 B 패턴이 생각되어진다. 현재의 기술 수준에서는 A 패턴으로 가는 것이 예상되지만 2004년부터 목표를 이룩하도록 하기 위하여 서서히 연구를 시작하여야 한다. 그 때문에 본문에서 서술한 것 같은 요소부품의 건설한 기술개발이 필요하고, 이는 에어컨 개발에 부과되어진 사명이라고 생각된다.

〈참고 문헌〉

- 1) 수마(須摩): 소형 에어컨을 중심으로 한 에너지절약 기술, 일본냉동공조화학회사추진위원회 (관서)발족 10주년기념 심포지엄(1990-10), pp.47-52
- 2) 수마(須摩): 가정용 에어컨의 에너지절약, 냉동공조설비, No.301(1992-12), pp. 24-27