

# 학교건물용 천장형 인버터 냉난방시스템

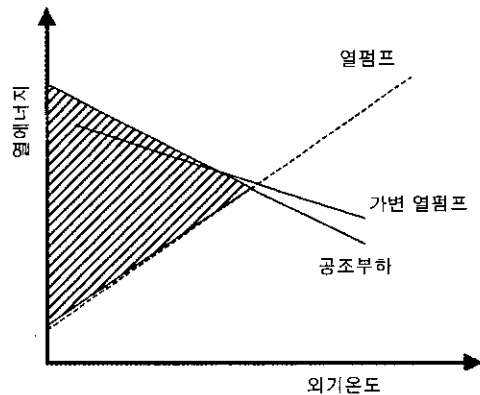
학교건물 특성에 적합하도록 개발하여 시범 운영한바 있는 새로운 냉난방 시스템을 소개하고자 한다.

황윤제, 박효순

수년간 관공서나 일반 건물 형태에 있어서 중앙 냉난방 공조 방식이 널리 보급되어 사용되어 왔다. 중앙냉난방 방식은 여러 가지 열원으로 나눌 수 있으나 대체로 운전비용이 저렴한 장점을 가진 흡수식이나 축열식을 선호하여 적용하고 있으며 특히 학교 건물의 난방은 석유난로를 제외하고는 가스 히터나 축열 심야전기를 주로 사용하고 있다. 중앙 공조 방식은 대규모 건물에 특히 적합하며 공기조화 장치가 기계실에 집중되어 있어 관리가 용이하지만 각방의 부하에 따른 온도 조절이 비교적 불리한 반면 개별공조인 경우는 기 건축된 중소규모의 건물에 용이하게 적용할 수 있고 보수 및 초기 설치비가 싼 장점이 있다. 중앙공조인 경우 존(zone)을 설정하고 풍량조절 장치 등의 개선을 통하여 정밀한 온도 조절로 지속적으로 단점이 보완되고 있으나, 관공서나 학교건물과 같이 대규모 건물이 아니며 실내 사용 인원의 변화가 다양한 경우에 개별 공조 방식의 적용이 적극 검토되고 있다. 최근에는 절전성능의 획기적인 개선을 통하여 운전비용을 줄인 증기압축 방식의 개별공조 장치가 급속히 보급되고 특히 가정예의 보급률이 증가하면서 증기압축 개별공조에 대한 인식이 널리 확산되고 있는 시기이다.

학교건물예의 적용에 있어서 개별공조방식예의 대표적인 두가지 방식인 정속형과 인버터형을 비교하면 다음과 같다. 일정 냉방능력을 유지하도록 설계

된 정속형 공조기는 냉방기간 중 시간에 따라 연속적으로 변하는 외기부하에 적절히 대응하지 못하여 실내온도가 설정온도에 도달하면 압축기운전이 정지하고 외기부하의 증가에 의해 다시 실내온도가 변하면 압축기운전이 시작되는 반복 시동 및 정지(on-off) 운전방식을 갖는다. 압축기예의 종류에 따라 약간 차이가 있지만 모터예의 기동시 토크(torque)는 운전시예의 약 2~3배에 이르므로 시동 및 정지운전에 따른 소비전력 증가가 공조기예의 운전비용을 증대시키는 주 원인이 된다. 따라서 외기부하에 적절히 대응하고 난방기능을 완전히 수행하기 위한 방법으로 가변속 압축기를 사용한 시스템이 확대되고 있는 추세이다. 이와 같이 인버터회로



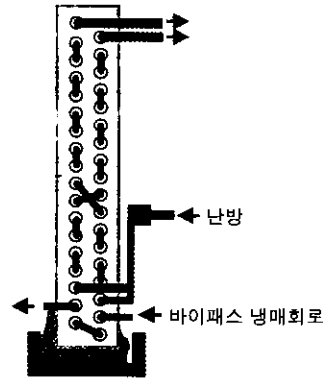
<그림 1> 정속형과인버터형예의 부하대응

황윤제 LG전자(주) 디지털 어플라이언스연구소 (hyj@lge.co.kr)  
박효순 한국에너지기술연구원 (hspark@kier.re.kr)

를 이용하여 회전속도를 변화시키는 압축기를 사용함으로써 냉, 난방운전이 가능한 공조기를 인버터 히트펌프(variable speed or modulating heat pump)라 한다. 인버터 압축기를 사용한 공조기는 외기부하에 따라 압축기 회전수를 조절하므로 시동 및 정지시 발생하는 기동토크에 의한 소비전력 증가를 줄일 수 있고 외기부하가 크게 변하지 않는 운전조건 일때는 설정온도 근처에서 회전수를 감소시켜 정지되지 않고 계속 운전할 수 있도록 제어함으로써 절전성능을 개선할 수 있다. 그리고 난방운전의 경우 실내기가 응축기 역할을 하여 상대적으로 응축기 크기가 작아져 불리한 면과, 낮아진 외기온도 때문에 저압측이 낮아져 냉매 질량유량이 감소해 결국 성능이 저하하는 현상에 대하여 역시 회전수를 증가시키는 것으로 그 문제를 해결할 수 있다. 이 외에 기동시 회전수를 증가시켜 적정 온도와 압력에 신속히 도달할 수 있는 등 정속형이 가진 한계를 여러면에서 극복할 수 있는 가능성이 있다.

### 천장형 인버터 히트펌프

금번 소개하고자하는 천장형인버터는 3.5마력의 히트펌프로써 -10℃의 한랭기후에서도 40℃이상의 온풍을 취출하여 하나의 시스템으로 냉,난방이 가능하다. 또한 부하에 따라 압축기 회전수를 가변하여 냉방시에는 6,000~12,000W까지 열량을 확보할 수있고 난방시에는 6,000~12,000 W를 얻을 수 있다. 본 히트펌프의 사이클 구성은 일반적인 냉동사이클과 유사하나 3.5hp급 스크롤 방식의 고효율 인버터 압축기와 냉매유량을 선형적으로 제어하기 위한 전자팽창밸브 및 착,제상시 운전율을 높이기 위한 과냉각 냉매회로를 부착한 것이 특징이며 정밀한 제어를 위해 5개의 온도센서를 이용하여 최적인운전을 재현할 수 있다. 난방운전중 발생하는 서리의 제거를 위한 제상 운전 후 난방 복귀시 하단에 흘러내린 잔류 응축수가 즉시 얼어붙어 발생하는 빈번한 제상 운전을 피하고 배수를 원활히 하는 설계가 필요하다. 그림 2는 응축기의 고온냉매를 바이



〈그림 2〉 실외기 과냉각 냉매회로

패스 시켜 증발기 하단을 통과하게 하는 과냉각 냉매 회로로서 이것으로부터 난방운전율을 93%까지 향상시키게 되었다. 난방운전 중에는 밸브에 의해 과냉각 회로의 기능이 차단되도록 하여 난방 효율의 저하를 방지하였다. 증기압축방식 히트펌프의 난방운전율을 높이려면 그림 3과 같이 온도정보로부터 서리의 성장을 정확히 판단할 수 있는 알고리즘이 매우 중요하다. 본 시스템인 경우 다양한 조건에서 정확히 제상시작을 실시할 수 있는 알고리즘을 채택하였고 그 결과 시간이 경과함에 따라 성장한 서리를 완전히 제거할 수 있었다.

압축기 회전수에 따라 토출유량이 변화하는 시스템에는 유량에 따라 적절하게 과냉을 확보할 수 있는 팽창 장치를 사용하여야 한다. 본 시스템은 그림 4와 같이 스텝모터로 유량을 정밀하게 다단계어 할 수 있는 전자팽창장치를 사용하여 성능과 신뢰성을 크게 향상시켰다.

그림 5는 저압 방식의 스크롤 압축기로서 흡입된 냉매가스가 압축실로 가는 동안 고온의 모터부를 지나면서 모터를 냉각시켜 주는 효과가 있기 때문에 모터 효율이 좋고 고온 과부하 운전시 토출가스의 압력 상승을 최소화할 수 있는 장점이 있다.

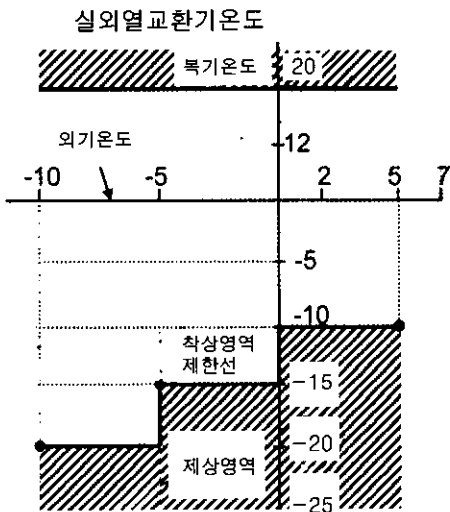
운전 주파수는 30~120Hz로 설계하여 초저속 운전에의한 쾌적절전 효과와 한랭기후에서 충분한 난방능력을 확보할 수 있는 장점이 있다. 그림 6은 습

동부 저속 윤회특성 강화를 위해 설치한 급유펌프를 나타낸다. 본 급유펌프 설치로 60Hz이하의 영역에서 원심펌프에 비해 최대 400cc/min.의 유량을 더 확보 할 수 있었다. 또한 30Hz근처의 저속시 발생하는 누설을 최소화할 수 있도록 실링력을 확보하는 것이 중요한데 선회부와 고정부에 작용하는 반경방향 및 축방향 누설해석을 통한 슬라이드 부

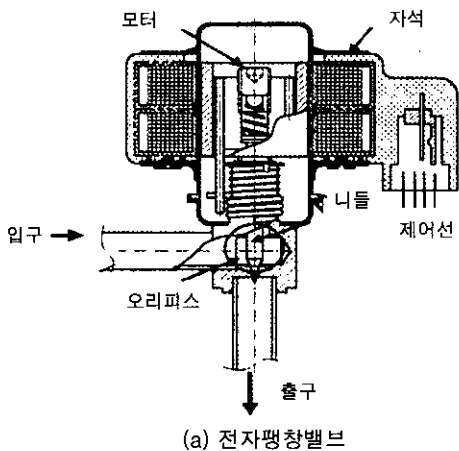
위의 각도최적화로부터 100N이상의 실링력을 확보하였다. 그림 7은 고정부와 선회부에 작용하는 힘의 방향과 슬라이드 부위의 각도등을 나타낸다. 그림 8은 회전각 74도 일 때 포켓에 작용하는 실링력을 나타낸 것으로 랩 선단부 형상을 최적화하여 중속 및 고속 운전시 최대 발생 응력을 개선하여 효율을 높일 수 있었다.

실내기로는 기류분포가 우수하고 소음이 적어 학습환경에 유리한 천장형 카세트를 사용하였으며 개략적인 형상을 그림 9에 나타내었다. 대구경 터보팬의 특성에 따라 중앙 허브부에서 유동방향이 90°로 꺾여 흡입된 공기가 터보팬을 둘러싸고있는 열교환기를 통과한 후 4각 외측의 4방향으로 토출되는 구조를 갖고 있다.

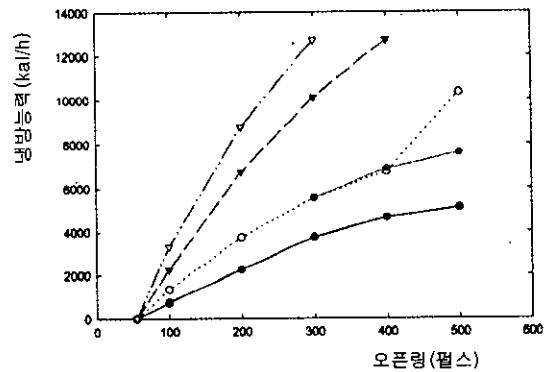
그림 10은 구조변경으로부터 공력 소음을 개선한 내용과 그 결과이다. 벨 마우스의 형상을 최대한 공기유동 방향에 일치시키고 흡입 그릴 및 루버를 공기저항이 감소할 수 있는 구조로 설계한 결과 1000Hz이하의 저주파 영역 소음을 46dBA에서 44dBA까지 개선하였는데 실제 학생이 앉은 자세로 듣는 소음은 36dBA에 불과해 학교 환경에 적합한 설계이다. 그림 11은 초정음 터보팬의 형상과 소음강도를 나타낸 것이다. 터보팬 블레이드 설계시 팁(tip)과 슈라우드(shroud)부위에서 발생하는



〈그림 3〉 제상판단 알고리즘에 의한 서리의 제거

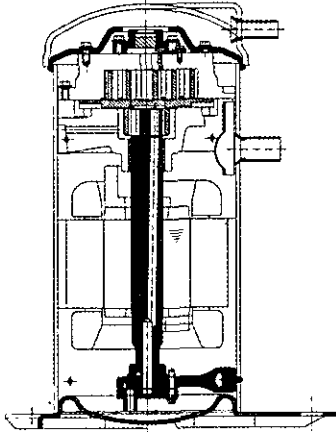


(a) 전자팽창밸브

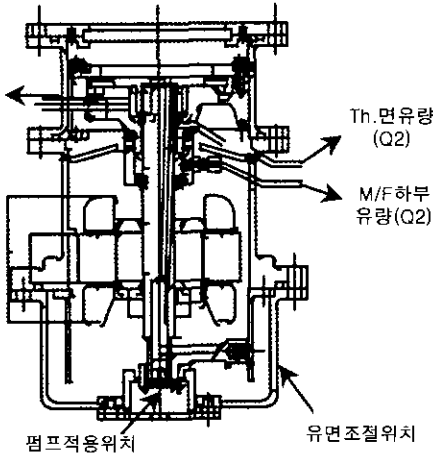


(b) 유량특성

〈그림 4〉 전자팽창밸브와 유량특성



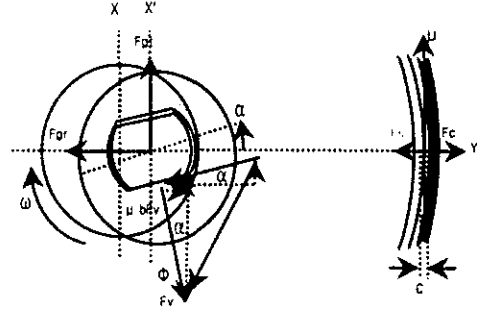
〈그림 5〉 고효율 스크롤압축기



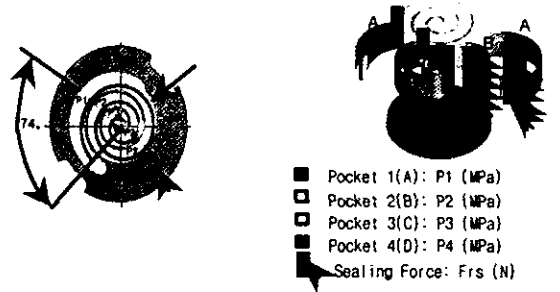
〈그림 6〉 스크롤압축기의 급유시스템

난류영역에 의한 소음을 최소화하기 위하여 입구측은 내외경비를 크게 하고 허브(hub)측은 내외경비를 작게함과 동시에 허브 바닥면을 줄임으로 인해 발생하는 압력 저하를 보완하였다.

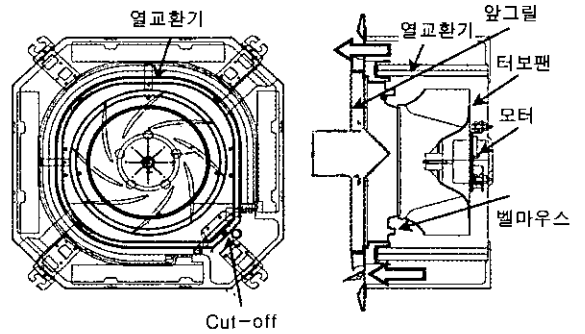
학교건물은 대부분 천장에 보가 지나가고 있기 때문에 천장형카세트 설치시 주의가 필요하나 본 시스템은 두께가 30cm이내로서 보내측으로 삽입 설치되므로 외관상 위화감 없이 설치가 가능하며



〈그림 7〉 슬라이드부쉬 개선

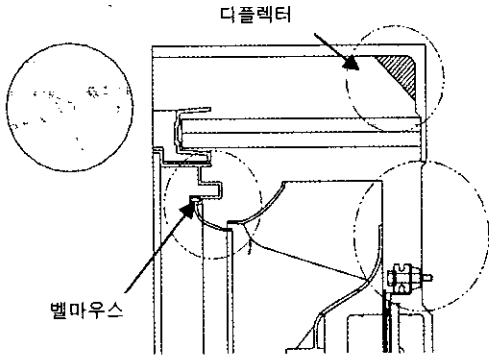


〈그림 8〉 포켓에 작용하는 실링력

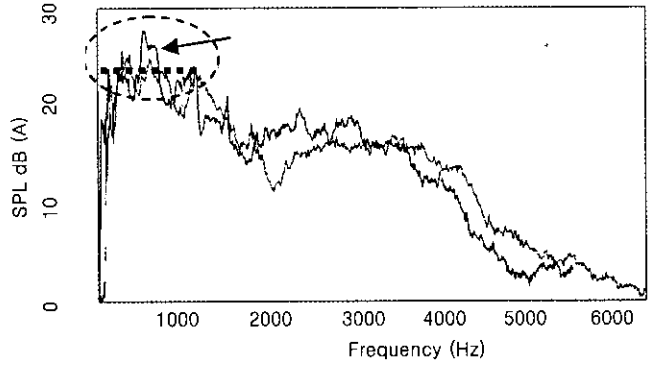


〈그림 9〉 천장형카세트의 구조

천장마무리 재료로 마감시에는 냉난 토출구만 노출되므로 학습환경을 저해하지 않고 설치할 수 있다. 4방향 토출의 본 시스템은 취출구에 따라 20% 또는 30%의 풍량을 얻을 수 있으므로 학생이 밀집되어 있는 곳이나 교단, 외부 창측등으로 설치 방향을

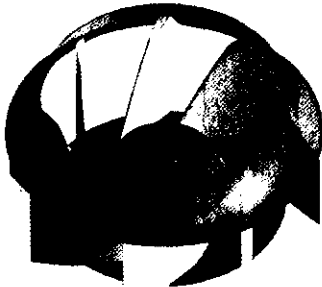


(a) 천장형 카세트

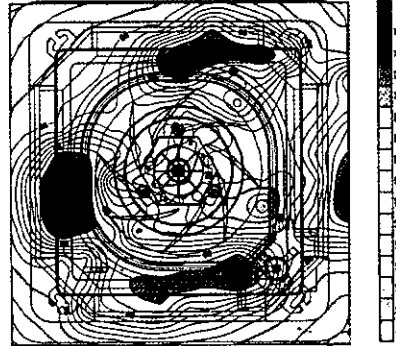


(b) 송풍소음개선

<그림 10> 천장형 카세트의 송풍소음개선

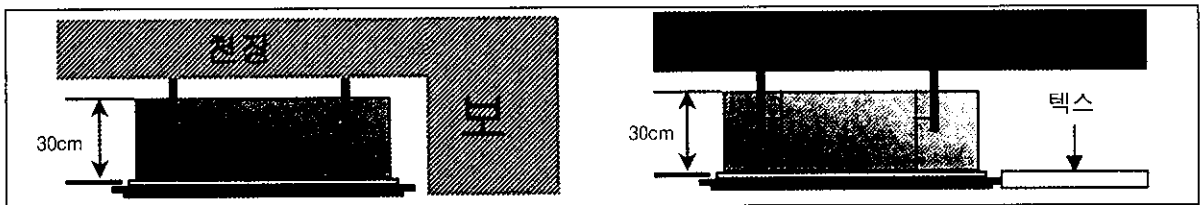


(a) 초저음 터보팬의 형상



(b) 소음강도

<그림 11> 초저음 터보팬의 형상과 소음강도



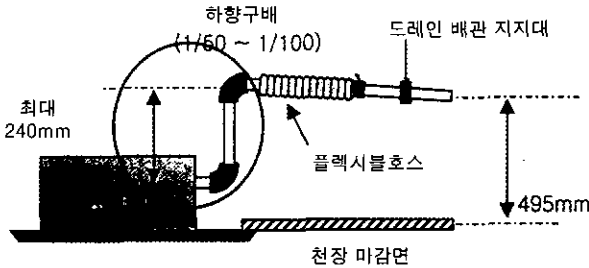
(a) 교실 중앙 보와 천장사이에 설치

(b) 천장 설치후 텍스로 마무리

<그림 12> 천장형 실내기 학교 설치 예

조절할 수 도 있다. 그림 12는 설치예를 나타내었다. 그림 13은 실내기에 삽입된 배수 펌프 설치시 확보 공간에 대한 시방을 나타낸다. 필요한 양정은 최대24cm로 충분하여 배수에 전혀 지장이 없으며 하향 구배는 1/100까지이다.

본 천장형 냉난방 시스템은 학교건물의 특징인 학습시간과 휴식시간이 반복적으로 발생하며 방과 후 특별활동이 있다는 점을 고려하여 교무실에서 각 개별 교실의 온도와 운전 시동 정지를 제어할 수 있는 기능이 부가되어 있어 절제된 사용 또는 합리

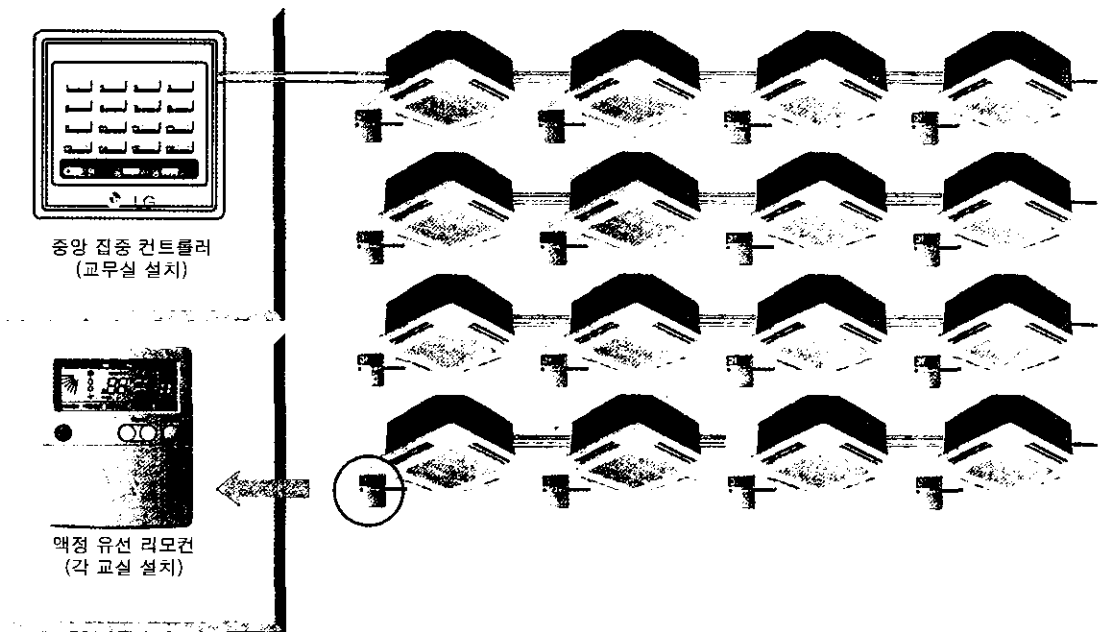


〈그림 13〉 천장형 실내기 배수펌프 학교 설치 예

적인 시간 운용으로 실제 전기료를 절감할 수 있도록 하였다. 그림 14와 같이 중앙 컨트롤러는 128실 까지 제어가 가능하며 연결전선을 200m까지 확보하여 사용할 수 있다.

히트펌프 기술이 발전하기 전에는 겨울철 난방능력 저하와 여름철 소비전력량 증가로 사용이 제한되었던 증기압축식 히트펌프 시스템은 가변용량형 시스템 적용으로 획기적인 전환기를 맞이하게 되었다. 특히 인버터 히트펌프 시스템은 탁월한 절전 효과와 더불어 한랭기후에 대응하는 것이 가능하므로 일본을 중심으로 널리 보급되고 있으며 특히 학교 환경과 같이 유지보수를 위한 별도의 관리 인력이 없는 동시에 안전성과 초정음 운전을 필요로 하는 건물에 적합하다고 할 수 있다.

이미 전국 16개 시,도 교육청의 협조를 받아 시범 학교를 운용하여 좋은 반응을 얻은바 있으나 향후 기기의 신뢰성을 지속적으로 확보 유지하고 효율 향상을 위한 연구개발을 통하여 더욱 경제성을 갖춘 인버터 냉난방 시스템이 개발될 것으로 기대한다. ●



〈그림 14〉 간편한 중앙제어 및 개별제어 기능