

트윈 실린더 로터리 압축기를 적용한 멀티에어컨의 기술적 특성

정속도형 용량 가변형 압축기인 트윈 실린더 로터리 압축기를 적용한 멀티 에어컨 대한 기술적인 특성을 설명하고자 한다.

남임우, 성기준, 김창덕, 임병국

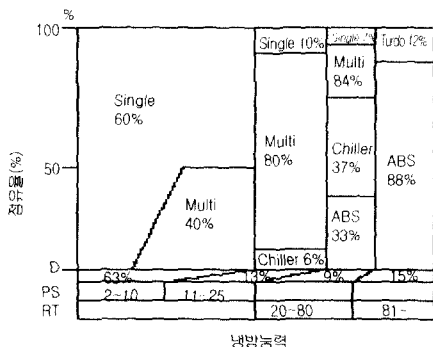
멀티 에어컨의 시장변화

멀티 에어컨이란 한대의 실외기에 복수대의 실내기를 접속하여 실내의 부분 냉방부하에 적절하게 대응할 수 있는 공기 대 공기방식의 개별 공조시스템을 가리킨다. 일본 및 유럽에서는 이미 다양한 형태의 시스템이 개발되어 시판되고 있으며, 국내의 경우 중·소형 건물 및 학교, 관공서의 개별 공조시스템으로 기존의 패키지 에어컨 시장을 대체하고 있다. 또한 최근에는 건설 초기부터 HVAC 설비를 기본적으로 채택하는 주상복합건물의 증가 및 건축물 리모델링 시장의 성장에 따라 복수의 개별공조가 가능한 멀티 에어컨 시스템의 수요확대도 예측되고 있다. 따라서 국내 멀티 에어컨 시장은 그림 1과 같이 일본 공조시스템 시장 구조에 비추어 볼 때 중·소형 빌딩을 중심으로 그

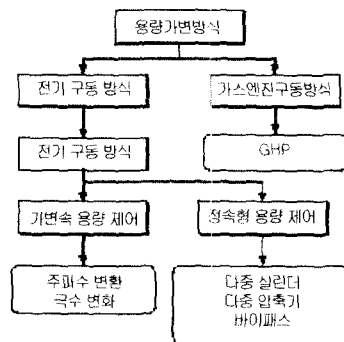
적용 범위가 확대될 것으로 예상된다. 초기 멀티 에어컨 시장은 일본의 Daikin, Hitachi, Matsushita, Sanyo 등의 제조업체를 중심으로 형성되었으나 최근 센추리, LG, 삼성, 만도 등의 국내업체에 의한 기술개발 및 보급이 이루어지고 있다.

용량 가변 방식에 따른 분류

시스템 특성상 멀티 에어컨은 개별 공간의 공조 여부에 따라 용량변화가 필요하며, 그 변화방식에 따라 그림 2와 같은 분류가 가능하다. 멀티 에어컨에 적용되는 용량 가변방식은 에너지원에 따라 전기 구동방식과 가스엔진 구동방식으로 분류할 수 있으며, 전기 구동방식은 다시 가변속도형 용량 제어방식과 정속도형 용량 제어방식으로 분류할 수 있다.



[그림 1] 공조 방식에 따른 용량별 점유율 비교



[그림 2] 용량 가변 방식에 따른 분류

남 임 우 (주)센추리 기술연구소 (namwoo@ecentury.co.kr)
성 기 준 (주)센추리 기술연구소 (suung8770@ecentury.co.kr)

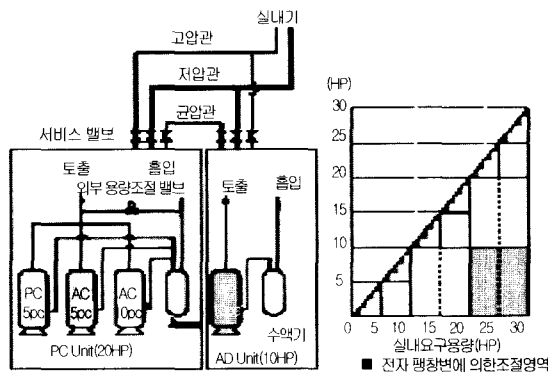
김 창 덕 (주)센추리 기술연구소 (cdkim@ecentury.co.kr)
임 병 국 (주)센추리 기술연구소 (highball@ecentury.co.kr)

일반적으로 가스엔진 구동방식은 여름철 실내 냉방 부하의 변화에 따라 엔진의 회전수를 조절함으로써 압축기의 회전수를 변화시켜 용량을 조절하는 방식을 채택하고 있으며, 냉·난방이 가능한 열펌프로 가동할 경우 엔진의 배열을 이용하면 겨울철 난방능력 증대를 이룰 수 있다. 또한 에너지원이 가스이므로 여름철 소비전력 부하가 큰 국내 상황을 비추어 볼 때 에너지원의 다양화에 기여하므로 상대적으로 고가인 외국제품의 대체를 위한 국산화가 진행되고 있다. 그러나 멀티 에어컨 시스템은 대부분 전기 구동방식을 채택하고 있어 전기요금 누진제에 따른 소비전력 비용 증가가 소비자의 부담이 되고 있다. 이에 따라 각 제조업체들은 소비전력 감소와 능력향상을 목표로 연구 개발에 박차를 가하고 있다.

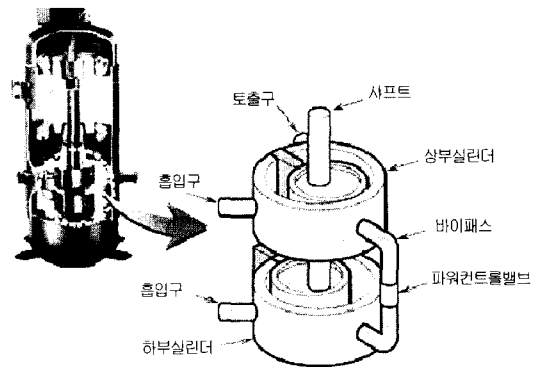
전기 구동방식의 멀티 에어컨에서 용량제어는 가변속도형과 정속도형으로 분류하며, 가변속도형은 인버터를 이용한 회전수 제어가 주종을 이루고 있다. 특히 일본의 경우 BLDC 전동기를 채용한 압축기가 개발되어 적용단계에 있으나, 현재에는 교류전원의 주파수 변환방식을 사용한 인버터 구동형 멀티 에어컨이 시장을 주도하고 있다. 정속도형은 종래의 바이패스만을 사용하는 방식에서 벗어나 압축기 내부에 설치된 PWM (pulse width modulation) 밸브에 의한 용량 제어방식을 사용하는 디지털 스크롤 압축기와 하나의 압축기내에 두 개의 실린더를 내장하여 토출 냉

매유량을 변화시키는 방법으로 소비전력을 감소하는 트윈 실린더 로터리 압축기 등이 개발되어 제품에 적용되고 있다. 회전수 제어형 압축기는 실내의 냉방부하에 따라 세밀한 제어가 가능하나 인버터의 자체 손실과 노이즈, 저속 및 고속영역에서의 연속 운전시 내구성 문제 등의 단점을 갖고 있다. 반면에 정속도형 압축기를 적용한 멀티 에어컨은 단계적으로 용량을 변화시켜야한다는 단점이 있으나 노이즈의 발생량이 인버터에 의한 회전수 제어방식보다 상대적으로 미미하고 기기의 내구성이 뛰어난 장점이 있다.

탠덤형(tandem) 용량제어 시스템은 그림 3과 같이 정속도형 추가 압축기(AC: additional compressor)와 용량 가변형 압축기(PC: power control compressor)를 연결하여 하나의 사이클로 구성한 것이다. 이는 용량 가변형 압축기를 이용하여 부분부하에 따라 용량을 단계적으로 제어하고 요구되는 용량이 증가하는 경우 정속도형 압축기와 함께 사용하여 용량제어 범위를 증대시킨 시스템으로서 저속영역에서 효율이 떨어지는 가변속도 압축기의 특성 보상과 함께 단일 배관으로 광범위한 용량변화에 효과적으로 대응할 수 있는 시스템이다. 이와 같이 다양한 용량제어 방식을 갖춘 멀티 에어컨 시스템은 기존 시스템에 비하여 뛰어난 부하 적응성을 보유하게 됨으로써 SEER(seasonal energy efficiency ratio)을 향상 시켜 소비자에게 적은 전기료 부담과 함께 쾌적한 공조환경을 제공할 수 있다.



[그림 3] 탠덤(Tandem)형 용량 제어 시스템

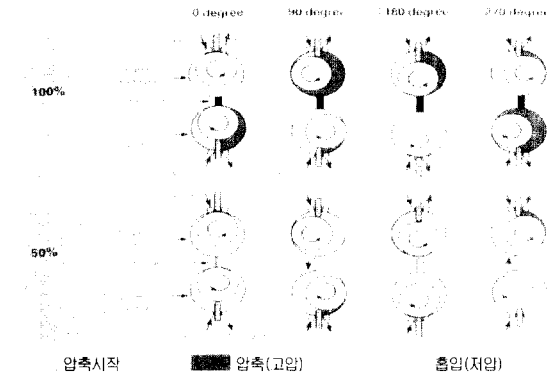


[그림 4] 트윈 실린더 로터리 압축기 구조

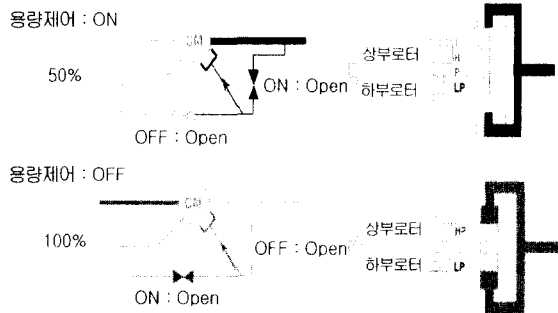
트윈실린더 로터리 압축기

트윈 실린더 로터리 압축기는 정속도형 용량제어 방식으로써 다중 실린더를 가지고 있는 용량 가변형 압축기이다. 트윈 실린더 로터리 압축기는 그림 4와 같이 상·하 실린더로 구성되어 있으며, 바이패스관을 실린더 사이에 부착하고 파워 컨트롤 밸브(power control valve)를 장착하여 용량을 조절한다.

그림 5에서는 100%와 50%의 냉방운전시 샤프트 각도에 따른 압축기의 용량제어의 방법을 보여주고 있다. 100% 운전시에는 컨트롤 밸브를 폐쇄하여 상·하부 실린더가 독립적으로 흡입·압축·토출을 하게 되며, 50% 운전시에는 파워 컨트롤 밸브를 개방하여 상부 실린더의 압축행정 시작시 50%의 용량을



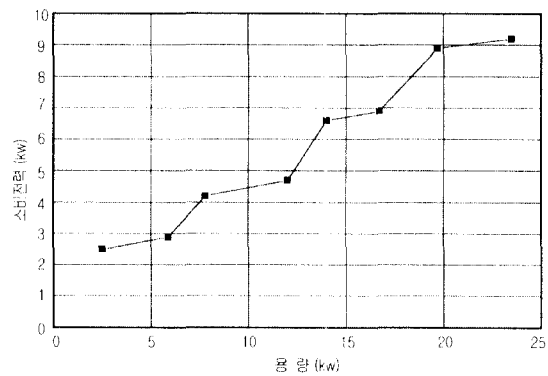
[그림 5] 트윈 실린더 로터리 압축기의 용량 제어



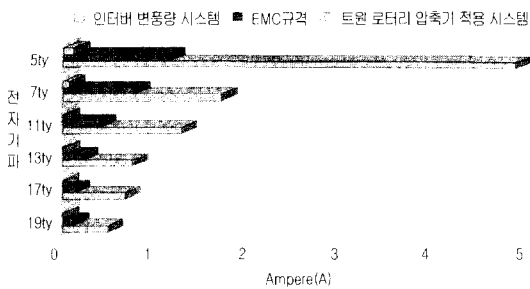
[그림 6] 파워 컨트롤 밸브의 작동 원리

하부 실린더로 송출하여 시스템의 순환 냉매량을 감소시켜 준다. 또한 추가적으로 외부 용량 제어밸브(external save valve)를 부착하여 토출 냉매유량의 일부를 수액기로 보내 줌으로써 25% 단위의 용량 제어가 가능하다. 그림 6에서는 트윈 실린더 로터리 압축기의 용량변화를 위한 파워 컨트롤 밸브, 저압밸브(low pressure valve), 고압밸브(high pressure valve) 등의 구성 부품과 작동 원리를 보여주고 있다. 그림에서 50% 용량 운전시 파워 컨트롤 밸브와 저압밸브를 작동하여 냉매 압축량을 절반으로 감소시키고 여분의 냉매유량은 저압밸브를 통하여 송출시킴으로써 냉매 순환량에 따른 흡입압력을 유지한다. 용량 100% 작동시에는 파워 컨트롤 밸브를 폐쇄하고 고압밸브를 개방하므로써 토출되는 냉매량의 일부를 송출시켜 고압측 압력을 일정하게 유지시켜 준다.

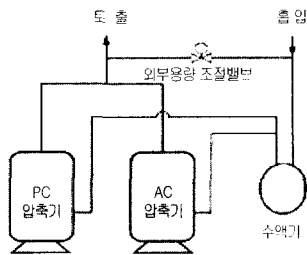
그림 7에서는 개별 공조 시스템의 용량변화에 따른 소비전력 변화를 보여주고 있다. 그림에서 냉방능력의 조절은 8단계까지 가능하며, 실내기에 설치된 전자팽창밸브가 각 실내기로 유입되는 냉매유량을 조절함으로써 각 실의 냉방부하에 적절히 대응할 수 있다. 이러한 트윈 실린더 용량변화 방식은 인버터에 의한 주파수 변환 시스템에서 발생할 수 있는 인버터 자체 손실이 없으므로 EER(energy efficiency ratio) 향상과 구성부품의 단순화로 제어기의 원가절감 효과가 있다. 또한 그림 8과 같이 인버터 방식에서 나타나는



[그림 7] 용량 변화에 따른 소비전력 변화



[그림 8] 용량제어 방식에 따른 노이즈 비교(3Φ, 380V)



운전 용량	12.5%	25%	37.5%	50.0%	62.5%	75%	87.5%	100%
PC 압축기	100%	OFF	OFF	ON	ON	OFF	OFF	ON
AC 압축기	50%	ON	ON	OFF	OFF	ON	ON	OFF
외부용량 조절밸브	ON	ON	OFF	OFF	ON	ON	ON	OFF

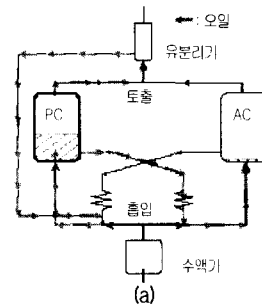
[그림 9] 탠덤형 멀티에어컨 시스템

전자파가 매우 적으므로 환경적인 측면에서도 우수한 특징을 가지고 있다.

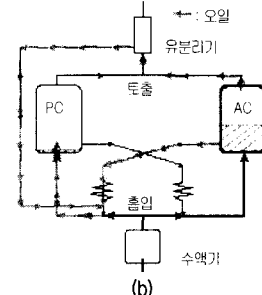
탠덤(Tandem)형 멀티 에어컨 시스템

탠덤형 멀티 에어컨 시스템은 용량제어가 가능한 트윈 실린더 로터리 압축기와 일반 압축기를 병렬로 연결하여 그림 9와 같이 냉매배관 회로를 구성한 것으로써 하나의 용량제어형 압축기를 사용한 시스템보다 정밀한 제어와 대형 공조시스템의 구축이 가능하다.

그림과 같이 두대의 압축기를 하나의 사이클로 구성하기 위해서는 각각의 압축기 토출부에 역류방지밸브가 채용되어야 하며, 압축기 내부에 쌓인 냉동기유가 일정 수위 이상이 되면 압축기에서 배출되어 반대편 압축기로 유입되게 하는 냉동기유 분배량 조절 가능한 사이클 구성이 필요하다.



(a)



(b)

[그림 10] 탠덤형 멀티 에어컨 시스템의 압축기유 수위 조절

맺음말

산업의 발달과 더불어 생활수준이 향상되면서 건축물 건립 초기부터 개별공조가 가능한 냉·난방시설을 요구하고 있으며, 이러한 수요를 충족시키기 위하여 기존의 중앙 집중 공조설비와는 다른 개별 공조에 능동적으로 대응할 수 있는 공조시스템이 주목을 받고 있다. 개별 공조시스템은 실내의 부분부하에 대응하기 위하여 용량제어형 압축기가 채택되어야 하며 압축기의 운전특성에 따라 시스템은 특성은 크게 달라질 수 있다. 현재 인버터 구동형 압축기를 사용한 시스템, 용량가변이 가능한 2실린더, 탠덤 압축기, 트윈 실린더 로터리 압축기 등이 개발되어 가격과 성능면에서 대외 경쟁력을 갖춘 공조 시스템이 출시되고 있다.

향후 국내 시장 상황은 용량가변형 멀티 시스템이 주류를 이룰 것으로 예상되며, 정부의 전기요금누진제 적용과 소비자의 요구수준 향상에 따라 이에 대응할 수 있는 고효율, 고성능 제품의 출시가 가속화될 것으로 보여진다. 