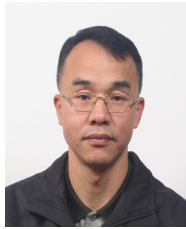


**해설논문**

(Special issue)

## 전력절감형 외기 냉방시스템

# Power Reduction Cooling System using Outdoor Air



김 영 민

Young-Min Kim

· (주)정인하이테크 이사  
· junginkky@naver.com



윤 정 인

Jung-In Yoon

· 부경대학교 교수  
· yoonji@pknu.ac.kr



손 창 호

Chang-Hyo Son

· 부경대학교 교수  
· sonch@pknu.ac.kr

### 1. 서 론

외기 냉수냉방 시스템은 건물에서 소비되는 냉방에너지를 절감하기 위한 목적으로 개발된 것이다. 즉, 저온의 외기 온도를 이용하여 실내의 열을 제거하는 냉방 시스템으로 냉각탑, 열교환기, 냉수 및 냉각수 배관 등으로 구성된다. 이러한 외기 냉수 냉방시스템은 현재 시스템의 효율, 초기 건설 및 투자비 상승문제, 인식 부족 등으로 인해 대형 빌딩 등에 국한되어 적용되고 있는 실정이다.<sup>1-4)</sup>

일반적으로 외기 냉방시스템은 각 기간별 즉, 동계, 하계, 중간기에서의 사이클 적용 과정을 살펴보면, 우선 외기 온도가 낮은 동계시, 오로지 외기에 의한 냉수 제조가 이루어지며 전력 소비는 압축기 모터의 구동용 전력 소비가 전혀 없는 냉동기의 일정 위치에 장착되어 있는 방열용 송풍기 모터와 냉수 순환을 위한 순환 펌프 모터에 의한다. 따라서 전력 소비가 가장 작게 나타나는 조건이 된다.(Fig. 1 참조) 하계시 외기 온도는

높으므로 압축기의 정상운전이 이루어지며 외기 냉방 코일로의 냉수 흐름은 이루어지지 않는다.

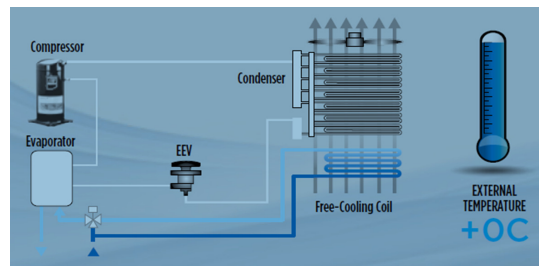


Fig. 1 동계시 외기 냉방시스템의 운전사이클

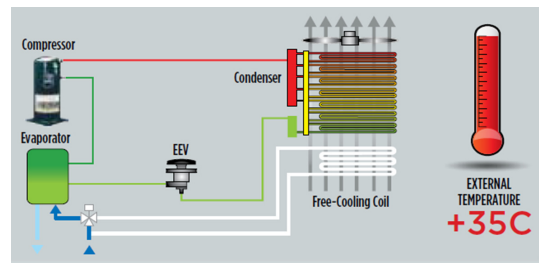


Fig. 2 하계시 외기 냉방시스템의 운전사이클

본 작동은 표준 증기압축 냉동사이클 상의 냉매 순환을 기본으로 이루어지며, 전력 소비량은 기존의 일반형 냉동기와 같은 운전을 한다.(Fig. 2 참조) 중간기 외기 온도가 조금 낮아지면 냉수 제조는 일부 압축기의 운전 및 외기와 열교환에 의한 복합적 제어에 의해 이루어지게 된다.(Fig. 3 참조)<sup>5-6)</sup>

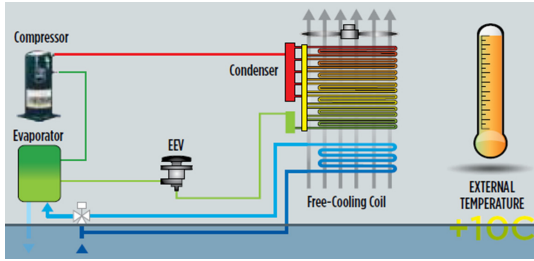


Fig. 3 중간기 외기 냉방시스템의 운전사이클

따라서 본고에는 동계 및 중간기에서의 외기로부터의 낮은 엔탈피 취득에 의한 열교환 작용으로 전력 소비율을 최대 50% 이상 절감할 수 있는 외기 냉수 냉방시스템을 소개하고자 한다.

## 2. 본 론

### 2.1 기술의 정의

본고에서 소개하고자 하는 “전력절감형 외기 냉수 냉방시스템”은 증기압축 냉동사이클을 기본으로, 우리나라에서의 4계절 특성에 적합한 중간기, 동계에서의 냉동기 운전시 외기의 낮은 엔탈피의 이용으로 산업용 냉수제조 시스템, 데이터센터 등 항온항습 시스템에서의 전력절감에 최적 시스템이 된다.

본 시스템은 부하의 온도를 소정의 값으로 설정 및 유지하기 위한 냉각매체(냉수)의 온도설정을 외기온도에 따라 달리하는 것이다. 즉, 외기온도가 냉각매체(냉수) 부하로 공급되는 부하공급측 냉각매체(냉수) 온도 보다 낮은 경우에는 외기와 냉각매체(냉수) 사이에 직접 열교환이 되고, 외기온도가 냉각매체(냉수)의 부하측에서 나오는 온도 보다 높은 경우에는 Fig. 4의 증기압축 냉동

사이클을 구동하여 냉각매체에서 부하측 열을 제거한다.

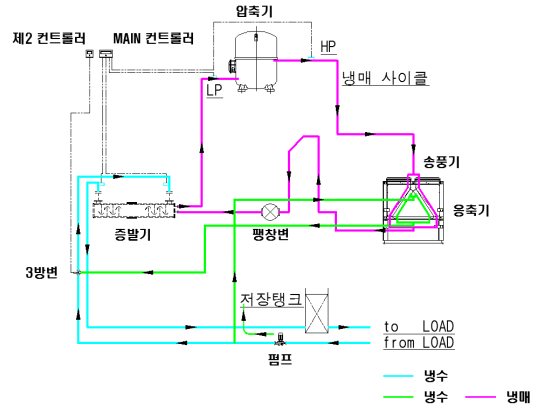


Fig. 4 전력절감형 외기 냉수 냉방시스템의 개략도

외기 온도에 의한 사이클 운전, 압축기 구동의 운전범위가 그 사이 범위 즉, 중간기에 있을 경우에는 외기와 냉각매체(냉수)와의 열교환 및 증기압축 냉동사이클의 작동유체(냉매)와 냉각매체(냉수)와의 컨트롤러 제어에 의해서 선택적으로 열교환된다. 이로 인해 동계 및 중간기에 각각 냉동기의 주 전력 소모 요인인 압축기의 운전시간을 획기적으로 단축함으로써 전력을 절감할 수 있다.

또한 냉동기의 효율화 운전으로 사용 냉매량의 절감에 의한 지구 오존층 파괴 방지, 지구 온난화 방지, 압축기 구동시간 및 COP 향상에 의한 냉동기 내구성 향상 등 시스템 안정화에 크게 기여할 수 있다.

### 2.2 기술의 용도 및 적용분야

본 기술은 “전력절감형 외기 냉수 냉방시스템”에 관한 것으로, 현재까지 국내에서는 연구 및 개발된 바 없는 기술로서, 주로 스크류 압축기에 의한 공랭식 냉동기, 수냉식 냉동기 범주에서 산업용 도장 및 화학 플랜트 공정의 냉수 제조 공급시스템, 소형에서부터 대형까지의 데이터 센터 냉각시스템, 국내외 금융기관 전산 냉각 시스템 등에 활용될 수 있는 기술이다.

우리나라의 경우, 에너지 수입 의존도가 96.5%

에 이르고 OECD 국가 중 에너지 소비량이 10위에 해당될 정도로 많은 에너지를 소비하고 있다. 따라서, 냉방 수요처에 대한 실질적 효과가 있는 고효율 냉동기 시스템 개발 및 이용의 필요성이 절실히 요구된다. 그러므로 본고에서 소개하고자 하는 전력절감형 외기 냉수 냉방시스템이 완제품으로 개발될 경우, 해외 메이커의 제품을 도입해 적용하고 있는 현실에서 수입대체 효과 또한 상당할 것이다.

### 2.3 기술의 경쟁력 및 비교 우위

본 시스템은 냉동사이클 구성 및 기계 구조적 형상에 있어 동절기 증기압축 냉동사이클 상의 냉매 순환회로와 별도의 냉수이용 회로, 즉 “외기 냉수 냉방시스템”에서의 외기 이용이라는 측면에서는 동일한 기술로 볼 수 있다. 하지만, 본 기술은 기존의 외기 냉수 냉방시스템과 달리, 하절기에는 대부분 증기압축 냉동사이클의 운전에 의존하여 필요 냉수를 취득하는 점, 외기의 온도가 일정한 설정 범위 이내일 경우(일반적으로 중간기)에는 외기 이용에 의한 열교환으로 냉수를 취득하는 점, 동절기에서는 전적으로 외기와 열교환에 의하여 필요 냉수를 취득한다는 점이다. 더욱이 일체화된 본 기기의 기계적 구조는 일반형 기기와는 다르게 외기와 열교환 냉수 사이클이 추가되어 냉수 순환용 열교환기가 설치된다.

다만, 일체화되어 전적으로 자동제어에 의하여 냉각 시스템이 완성되는 바 외기 온도 센서, 각 메인 컨트롤러(main controller), 슬라브(slave controller)의 개발, 상호 연계 및 조합 운전 로직, 모드의 기술 개발이 중요하며, 기계 구조적으로 컴팩트한 열교환기, 컨트롤 박스의 설계로 기술적 차별성을 가질 수 있다.

일반적으로 기술의 경우 기술 도입기, 발전기, 성숙기, 포화기, 쇠퇴기라는 Life Cycle 속성을 보이는데, 냉동공조 부문에서의 본 냉수제조 시스템은 우리나라의 냉동공조 개념이 도입된 시점인 1980년대부터 그간 30년간 큰 기술 개발상의 변화가 없었다. 다만, 초기의 냉동 냉장 및 공조 시스템의 압축기로서, 초기의 왕복동식 압축기에서

스크롤 압축기 및 스크류 압축기로의 중요한 변화 모습은 보이고 있는데 이 경향은 국내 기술에 의한 것이 아닌 해외 글로벌 제조 업체의 기술력에 의한 결과이다.

따라서 본 기술은 해외의 경우 도입 후반기로서 앞으로 상당 기간 성숙기를 가질 것이며, 국내의 경우에는 기술 도입기로 평가되어 장기간의 발전기와 성숙기를 보일 것으로 예상된다.

본 기술은 국내에서 증기압축 냉동시스템의 하드웨어적 측면 및 출시 제품에서 본다면 Life Cycle상 포화기로 평가할 수 있다. 그러나, 외기 이용 냉수 제조 및 냉방 시스템의 관점에서 본다면 아직도 기술 도입기로 판단된다. 따라서 본 기술은 한층 진보된 기술로서 기존의 일반형 냉각 시스템을 대체할 수 있을 뿐만 아니라, 신규 투자 또한 가능하다.

단, 본 기술이 기존의 증기압축 냉동사이클을 적용한다는 기본 원리에 있어서는 이견이 없으나 시스템의 하드웨어적인 측면, 연합에 의한 운전을 위한 컨트롤 시스템의 개발적 측면을 고려했을 경우에는 최적의 운전 로직이나 기기 신뢰성을 위하여 대학 등 연구기관, 기타, 공인 시험기관과의 원천 기술에 대한 상호 협력이 기술의 발전기 및 성숙기를 더욱 앞당기며 안정적으로 이끌어 갈 수 있을 것으로 판단된다.

### 2.4 국내외 시장 규모 및 전망

BSRIA 데이터에 의하면 2013년 전세계 냉동기 시장 규모는 5조 9백여 억원으로 추정되며 이중 냉동기는 1조 4천 6백여 억원으로 추정된다. 스크류 냉동기가 차지하는 비중이 왕복동식 냉동기, 흡수식 냉동기, 흡수식 냉온수기, 터보 냉동기, 스크류 냉동기로 구성되는 전체 냉동기 시장 규모에서 약 28.8% 차지할 것으로 보여 이는 전 세계적 경제상황 및 수요처의 투자계획, 설계 요구에 의해 변화 가능한 범위 내에 있다.

전 세계 냉동기 시장 분할은 유럽 33%, 아시아, 태평양 지역이 29%, 아메리카 20%, 중동, 인도, 아프리카 지역이 18% 로 나뉜다. 또한 본 기술의 고효율 스크류냉동기의 전 세계에서

형성은 전체 스크류 냉동기 시장에서 약 30%, 4천 4백여 억원으로 형성 된다고 본다.

이는 해외 글로벌 메이커에 의해 국내에서 형성되고 있는 고효율 냉동기 시장의 최소 약 40배, 최대 100배 시장 규모가 형성되고 있는 것으로 추정된다. 이는 우리나라의 경제 규모를 고려할 때 시장 진입 가능면에서 청신호가 될 것으로 보인다.

본 기술, 본 사업은 설비 구축에 대한 초기 투자비용, 열용량 효율성, 전력 소비량 문제, 환경보호 문제, 운전 및 유지보수의 편의성, 자동제어의 신뢰성, 기기의 내구성 등 일반 소비자를 대상으로 하는 시장과는 다른 고려해야 할 사항이 많이 있는 시스템 제품으로 볼 수 있다. 전 세계 및 국내에서의 설비투자 계획, 경기 상황과 밀접하게 관련이 되어 있다고 본다. 그러나 시스템의 특성상 사업 초기 진입시 국내 시장에서는 대형 메이커, 글로벌 제조업체에서의 여러 수요 및 요구 부문에서 필수적인 부문은 설비 투자금액의 상승에도 불구하고 열효율, 시스템의 안정성 및 신뢰성의 중요성에 프리미엄급 시장을 형성할 것으로 보인다. 지식경제부의 에너지 정책을 연구해 보면 본 연구대상 시스템은 양산개발 완료되면 프리미엄급 시장뿐 아니라 그간 일반형 시스템이 적용되었던 시장 까지도 충분한 대체 시장이 형성될 것으로 예상 되는데 이는 국내의 어려운 전력사정에 밀접한 관련이 있으며 투자대비 효과가 충분히 예상되기 때문이다. 물론 국제적 환경 보호의 압력 측면에서 자유로울 수 없는 입장에서든 우수한 대응책이 되기도 한다.

일반형 대비 외기 온도 조건에 따라 소비전력 절감율이 다르게 나타나나 국내 춘천지역의 기상 자료를 보면 외기온도 8℃ 이하에서 일일 평균기온 기준 137일 이상 Free Cooling이 가능한 것으로 나타나고 있으며 냉동기와 기타 기기의 시스템 구성 특성상 냉기 공급온도 변화 즉, 냉각 수요처에서의 요구 부하 조건에 따라 적극적 압축기의 구동 및 외기와 열교환을 연함한 운전으로 효율을 최대화 할 수 있다. 외기 온도 12℃ 부터 Free Cooling을 개시하여 온도가 낮아질수록

압축기의 구동, 운전시간이 줄어들게 된다. 따라서 최대 약 50% 이상 전력절감 효과가 나타나게 된다.

## 2.5 기술 적용



Fig. 5 도장 플랜트 냉수 제조 시스템

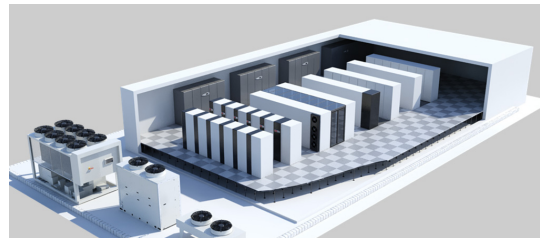


Fig. 6 데이터 센터 냉방시스템

본 기술은 냉동공조 분야에서 도장 및 화학 플랜트 냉수제조 공정, 원자력발전소/화력발전소 냉각시스템, 데이터 센터 냉각시스템, 금융 전산망 냉각시스템, 항온항습 시스템, 대형 및 초고층 빌딩 HVAC 시스템에 적용 가능하다. 그리고 조선, 자동차, IT 산업, 금융 산업의 확장 및 빌딩의 초고층화로 인해 그 수요가 증가하고 있는 국가 기간산업의 필수 시스템으로 발전하고 있으며 그 시장의 규모가 날로 커지고 있다.

기계공업의 한 분야로 압축기, 냉매 열교환기, 냉수 열교환기, 냉매 및 냉수 열교환기, 송풍기, 모터, 전장품, 컨트롤 박스, 전기 배선류, 케이싱, 단열재 등 각 부속기기 제조 분야에서도 생산 파

급의 효과가 발생된다.

본 기술이 제품화되어 양산화가 이루어진다면 일반 공조시스템과 달리, 특화 기술로서 Life Cycle상 성숙기를 길게 가져갈 수 있을 것으로 판단된다.

### 3. 결 론

지금까지 본고에서는 전력절감형 외기 냉수 냉방시스템의 기술의 정의, 용도 및 적용분야, 기술 경쟁력 및 비교 우위, 기술 적용 등에 대해서 살펴 보았다.

우선, 본 시스템은 기간별로 증기압축식 냉동 사이클과 저온의 외기를 순차적으로 이용하여 냉방하는 시스템으로, 기존의 시스템에 비해서 우수한 에너지 절감효과를 기대할 수 있다. 또한, 이 시스템은 일체화되어 전적으로 자동제어에 의하여 냉각 시스템이 완성되는 바 외기 온도 센서, 각 메인 컨트롤러(main controller), 슬라브(slave controller)의 개발, 상호 연계 및 조합 운전 로직, 모드의 기술 개발이 중요하며, 기계 구조적으로 콤팩트한 열교환기, 컨트롤 박스의 설계로 기술적 차별성을 가질 수 있다.

따라서, 국가 에너지 수급 문제 및 지구 환경 문제를 해결하기 위한 방안으로서, 향후에도 지속적으로 전력절감형 외기 냉수 냉방시스템의 연구 개발 및 보급 확대가 필요할 것으로 판단된다.

### References

1. ASHRAE, 2009, "Particulate and Gaseous Contamination Guideline for Data Centers", ASHRAE Technical Committee 9.9.
2. Y. L. Yury, 2010, "Waterside and airside economizers, design considerations for data center facilities", ASHRAE Transaction, Vol. 116, No. 1, pp. 688-693.
3. M. T. Scofield et al., 2009, "Reduce data center cooling cost by 75%", Engineered System.
4. Y. S. Lee, 1992, Study on heat transfer

characteristics of R-22, MS thesis, Hankuk University, Seoul, Korea.

5. H. C. Yu et al., 2012, "A Study on the Effect of Free Cooling by Natural Ventilation in Department Store", Journal of the architectural institute of Korea : Planning & design, Vol. 28, No. 5, pp. 267-274
6. M. Y. Kim et al., 2011, "Reduction of Cooling Load using Outdoor Air Cooling", Transactions of the Korea society of geothermal energy engineers, Vol. 7, No. 1, pp. 51-58