

산업용 축냉기기 보급과 전력 부하평준화의 연계성분석

양승권
한국전력공사 전력연구원

The study for relation between distribution of industrial cold storage system and power load leveling

Seung Kwon Yang
Korea Electric Power Research Institute

Abstract - 전력 부하관리기인 축냉시스템은 그동안 건물 냉방 공조용을 중심으로 보급되었다. 기저부하를 증진시키고 주간의 피크부하를 낮추어 주야간의 부하불균형을 해소하는 축냉시스템은 그동안 전력부하율 향상 및 부하평준화에 많이 기여해왔다. 산업용으로의 축냉기기 보급의 타당성 및 부하평준화에 관한 연구시행 결과, 그 타당성과 보급확대의 필요성이 확인 되었다. 가스식 냉방기는 피크억제측면에서, 축냉식은 부하이전 측면에서 장점이 매우 크며, 전체 부하관리 측면에서 이들의 균형보급발전 노력이 필요하다. 산업용으로의 축냉기기 보급은 특히 주야간 부하불균형이 심한 하계의 부하평준화효과가 크며, 그 보급시장 및 전력절감 잠재량 규모를 감안할 때 국가적 편익과 추가 발전설비건설억제에 크게 기여할 것으로 예상된다.

1. 서 론

축냉시스템은 전력부하가 낮은 심야시간에 저렴한 전력요금으로 냉동기를 운전하여 얼음 또는 냉수를 생산하여 저장(Cool Storage)한 후 전력수요가 높은 주간시간대에 방냉(Cool Discharge)시켜 냉방에 이용함으로써 국가적인 측면에서는 최대전력수요를 저감하여 전력수급안정, 발전설비 건설투자 억제 또는 건설시기 지연 및 설비운용의 효율성을 높이는 효과가 있는 시스템이다. 또한 사용자의 입장에서 저렴한 요금을 통한 운전비 절감, 냉동기 및 수전설비의 용량감소, 냉방시스템의 고효율 운전 등의 편익을 얻을 수 있다. 축냉시스템은 최근 점진적인 지구 온난화에 따른 하계냉방부하 급증 및 주야간 부하불균형 지속증대에 따른 대안으로서 보급확대 필요성을 공감하고 있고, 하계 최대전력수요 증가에 따른 발전설비 투자비 저감대책과 기저부하 적정 활용을 위한 심야부하 개발 수단 확보가 절실한 상황에서 축냉시스템은 적절한 대응수단으로 인식되고 있다. 특히 현재의 축냉시스템 보급 확산속도로는 하계 주야간 부하격차의 증가율을 따라잡을 수 없으므로, 축냉시스템의 보급을 급격히 확대시키기 위한 특단의 대책 필요한 실정으로 판단된다. Peak 부하 이전방식의 축냉시스템이 전력부하 평준화 및 부하율 향상효과 가장 우수한 것으로 확인되고 있을 뿐 아니라 환경보호 차원에서도 국제적으로 교토의정서 발효에 대비한 환경친화적 설비보급 확대 필요성에 맞추어 축냉시스템의 장점이 크게 부각되고 있는 것이 사실이다.

2. 축냉시스템 보급

2.1 보급추세

축냉시스템은 '80년대 중반부터 국내에 처음 도입되었으나 당시 경제 환경에서는 초기투자비가 너무 높고, 냉열을 저장하는 축열조 설치공간을 크게 차지하는 등의 단점으로 인해 일반에 많이 보급되지는 못하였다. 이와

같은 문제점을 보완하기 위해 '90년도부터 빙축열식 냉방시스템이 도입되기 시작하였으며, '91년도에 한국전력과 정부에서 축냉시스템 보급지원정책을 시행하면서 축냉시스템이 본격적으로 보급되기 시작하였다. '01년 이후부터는 전력수요관리가 정부로 이관됨에 따라 현재는 전력산업기반기금으로 축냉설비 보급사업을 수행하고 있는데 최근 산업분야의 축냉시스템 보급 확대 필요성이 제기됨에 따라 이에 대한 연구가 활발해 질 것으로 기대된다. 전체적으로 축냉시스템의 보급 누적량이 증가되는 추세는 분명하지만 최근에는 시공 중인 건축물의 준공 지연 등 경기침체의 영향으로 중대형 축냉설비가 다소 감소하였고, 소형 축냉설비도 EHP(Electric Heat Pump) 등 경쟁상품의 확대로 다소 보급시장이 위축된 모습을 나타내고 있다. 따라서 기존 냉방공조를 포함하여 신규로 산업분야에의 축냉시스템 확대보급이 절실하다고 하겠다. '04년 현재까지 축냉기기 보급량이 약 20만KW내외로 나타나고 있어서 아직까지 절대량이 미흡한 편이며 지속적인 보급을 위한 장애요인해소와 정책적 뒷받침이 필요한 실정이다.

2.2 산업분야 적용경도

산업체에서 가동 중인 대부분의 냉동기는 특별한 경우(극저온, 특수 부하패턴 등)를 제외하고는 축냉시스템 적용이 가능하다. 하지만 축냉시스템이 적용되기 위해서는 기술적 측면이외에도 경제성, 설치 환경 등 다양한 측면의 타당성 검토를 통해 결론을 내리는 것이 바람직하다. 또한 고객이 스스로 그 필요성을 인정하여 도입하지 않는 한 보급이 어려우므로 본 시스템에 대한 충분한 이해가 꼭 필요하다. 전체적으로 산업분야의 축냉시스템이 적용 가능한 곳은 제조업체의 생산 공정, 작업실공조, 보관창고와 유통업체의 쇼케이스, 활어양식장 및 유통 보관창고, 농, 수, 축산용으로는 농사용 저온창고, 버섯, 특수작물 재배시설 등이 적용타당성측면에서 매우 유리한 것으로 파악되고 있다.

3. 산업용 냉각부하특성

3.1 냉각부하 구성

산업용 냉각부하는 크게 공정부하(Process), 냉방공조 부하(Working Area), Warehouse(보관창고) 등으로 구분 가능하다. 특히 산업용 냉각 부하 특성은 주야간 생산라인 가동에 따른 연속냉동기 운전 패턴을 가지는 경우가 대부분이며, 냉각 목표가 서로 다른 다수냉동기의 냉매 Line을 함께 공유한 상태로 운전하는 사례가 많다. 또한 냉각(Process), 냉장(보관 창고), 공조(작업실) 등 냉동기 담당 부하는 물론 제어온도 및 운전방식도 다양하다. 특히 축냉시스템 적용 시 이점을 극대화 할 수 있는 냉각 프로세스상의 간헐부하(특히 음식료 제조업종)도 많이 존재한다. 보편적으로 공장의 냉각, 냉장, 공조부하에 대해 냉동기 상시운전 사례가 많

으며, 특히 외기온도가 높은 하계 기간에는 대부분의 공장들이 집중적으로 주야간 냉동기를 운전하는 경향을 보이고 있다. 한편으로 산업용 축냉시스템에서 소요되는 열원은 일반 공조용 열원과 구별되는 몇 가지 특성을 갖는데 이러한 특성 조건은 산업용에 축냉시스템의 적용을 까다롭게 하고 있지만 시스템 설계 시에는 이런 점들이 충분히 반영되어야 한다.

3.2 냉동기전력(냉각)부하 특성

산업용 냉각부하패턴은 업종별로 매우 다양하여 각 업종별로 대표적 부하패턴을 일괄적으로 규정하는 것은 어려운 일이다. 하지만 일일 운전기준으로 개략적인 운전부하를 특징적으로 분류할 수 있는데, 보통 주야간 상시부하, 주간 위주, [주야간 상시+간헐부하], [주간위주+간헐부하] 등 4가지 형태로 간략히 분류가능하다.

기본적으로 주야간의 냉각부하격차가 많이 존재할수록 특성상 축냉시스템 적용타당성이 증가 하므로 주야간 상시부하 구조를 가지는 업종인 경우 적용상 불리한 위치에 있다고 볼 수 있다. 하지만 일반 제조업체의 경우 대용량 수용가가 많고, 여러 공장에서 각각 공장단위로 냉각이 이루어지고 있으므로, 제조업체 전체 냉각부하보다는 각각의 공장별로 각각의 일일 냉각부하에 대한 주야간 부하격차가 축냉적용성 부분에 있어서 더 큰 의미를 갖는다고 볼 수 있다. 따라서 일반적으로 보통 공장의 경우 공장그룹단위로 상시 부하를 가지지만, 개개의 공장단위 별로는 일일 냉각부하 특성이 각각 상이하므로 이를 면밀히 분석하여 축냉시스템 적용 가능성은 기술적, 경제성 등 다양한 측면에서 검토 할 수 있을 것으로 판단된다.

3.3 일일 냉각부하 패턴

<주야간 상시부하>

주야간 상시부하는 산업체의 일반적인 냉동기 부하 특성이며 음식료 제조업종이나 일반 제조업종에 이르기까지 산업체 전반의 흔한 냉동기 운전 부하패턴이다. 보통 주야간 부하격차가 적은 경우 축냉적용 관점에서 불리한 부하패턴이지만, 공장단위로 전체 가운데 일부 냉각 부하를 때어 축냉시스템을 적용하기 때문에 방법에 따라 적용가능성은 충분히 찾아낼 수 있다.

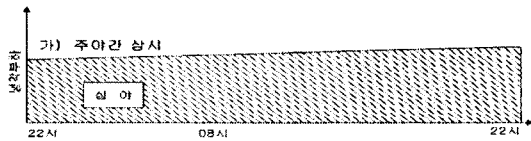


그림1 주야간 상시

<주간위주>

주간위주의 부하형태는 관련 현장조사에 따르면 주로 일반제조업종 가운데 화학물, 화학제품제조나 트럭 등 운송제조업체에서 볼 수 있다. 음식료 제조업종의 경우 하절기에는 주야간 상시운전패턴을 보이다가 기타계절(비수기)에는 주간위주운전으로 전환하는 경우도 많다. 주간위주의 운전패턴은 회사의 주야간 근무환경도 영향을 주고 있으며, 혹은 제품생산출하 상황에 따라, 혹은 공장 운영 상 필요에 따라 야간운전을 지양하고 주간운전위주로 운영하는 사례도 많다.



그림2 주간위주

<혼합 : 주야간상시+간헐부하>

주야간상시/간헐 부하는 주로 음식료제조업종에서 많이 나타나며, 식료제조 보다 음료제조업종에서 더욱 많이 나타난다. 특히 건강음료, 주류나 일반 음료제조업종 가운데 공정상 주간에 대량의 냉각수가 필요로 하는 경우가 많아 간헐부하 발생 요인으로 작용하고 있다. 축냉시스템의 적용관점에서도 양호한 부하패턴이다. 특히 작업공정 상 일시에 대량의 냉각수를 요하는 Process의 경우, 이 때문에 냉동기 가동이 불가피한데, 축냉시스템을 적절히 활용한다면 설비규모를 줄일 수 있어서 유리한 점이 많다.

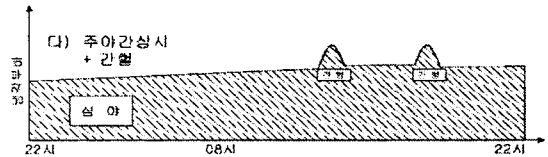


그림3 혼합(주야간상시+간헐)

<주간위주/간헐 부하>

[주간위주+간헐 부하]는 주로 음식료제조업종 가운데 성수기(하절기중심)를 제외한 비수기(하절기이외의 기타절기)에 주간위주의 냉동기 운전 가운데 간헐부하가 형성되는 패턴이다. 보편적으로 일시적으로 큰 냉각부하가 발생하는 간헐부하의 경우 비교적 음식료 제조업종에서 많이 형성되는데, 이는 축냉시스템 적용 관점에서 매우 적합한 부하 패턴이다. 물론 이 경우에도 제조업체의 특성상 약간의 야간냉동기 운전부하 (작업실, 보관창고 등)가 형성되고 있는 것이 일반적이다.

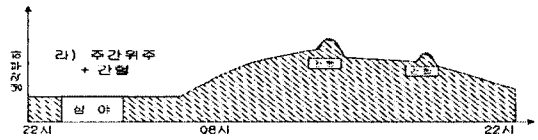


그림4 혼합(주간위주+간헐)

3.4 연중 부하패턴

연간운전 기준으로 살펴보면 일반적으로 산업용 냉각부하는 기타 계절에 비해 여름에 집중적으로 부하가 형성되는 경우와 하계가 비교적 높으나 4계절 비교적 고른 부하 형태를 가지는 경우로 간략히 구분 가능하다. 보편적으로 일반제조업체의 경우 하계에 냉각부하가 집중되는 경우가 대부분이지만 영상, 음향, 통신업종을 포함(일부 음식료 제조업종까지)하여 그림5와 같은 냉각부하 패턴을 보이는 경우가 많고, 기타 일반 제조업종의 경우 그림6과 같은 패턴을 보이기도 한다. 일반제조업종의 경우 특히 하계에 냉동기 가동률이 다른 계절에 비해 매우 높은 경우도 일부 존재하는 것으로 나타났다.

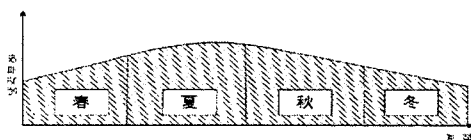


그림5 산업체 일반 부하 패턴

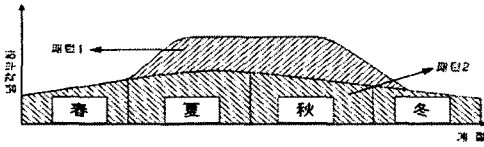


그림6 하계집중형 & 4계절 균일형 부하 패턴

4. 절감 잠재량 및 전력부하평준화

4.1 잠재량 산출

산업체의 축냉시스템 적용에 따른 부하 평준화효과를 분석하려면 먼저 국내 산업용냉동기 전력부하량 규모산정이 필수적이다. 국내 산업용 냉동기 냉각부하(전력부하)에 대한 공식통계가 현재 없으므로, 규모산출을 위해 산업체의 업종별 조사에 따른 내용과 간단한 추론에 의해 냉동기 전력부하량을 산정하는 방법을 선택하였다. 2004년 6월 현재의 국내 산업용 계약전력 총 규모는 73,002,571KW(호수 : 304,958호)이며, 각 계약종별 계약전력 현황을 보면 산업용(갑)은 272,026호(16,075,257kw), 산업용(을)은 12,318호(18,400,691kw), 산업용(병)은 4,973호(38,526,623kw)를 나타내고 있다. 업종별 계약전력 현황을 살펴보면 계약전력 총 규모가 67,075,490kw로 나타나 산업용 총 계약전력 규모(73,002,571KW)와 약간의 차이를 나타내고 있다. 이 차이는 업종별 계약전력 통계의 생산부문에서 일부(생산부문을 제외한 기타 부문)가 제외됐기 때문으로 판단된다. 공식적으로 국내 산업용 전체 보유 냉동기 통계자료가 없기 때문에 냉각부하량을 산정하기 위해서는 추론이 불가피하다.

총 냉각 전력부하량을 산출하기 위해 업종별 계약전력 부문에서, 각 제조업체의 설문조사 및 현장조사를 통해 얻어진 각 업종별 냉각 전력부하율 수치와 조사수치가 확인되지 않은 일부 업종의 경우에 대한 보수적 수치(5%)를 적용, 산정한 결과 대략 전체적 냉각전력 부하량 추정 결과는 계약전력 기준 약 933만kw 잠재량을 갖는 것으로 평가되었다.

4.2 전력부하 평준화효과

이 잠재량 규모는 기본적으로 모두 축냉시스템으로 대체되는 경우를 상정할 때, 이론상으로 최대 약 900만kw이상의 주야간 전력 부하평준화 효과를 기대할 수 있는 것을 의미한다(운전부하기준으로 산정 시 계약전력대비 약 30%를 적용하므로 약 300만KW 내외 규모로 추정). 그런데 축열방식 즉, 전축열(주간에 심야용 냉동기 사용금지)과 부분 축열방식(주간에 심야용 냉동기 사용가능)의 적용에 따라 부하평준화효과는 각각 다르게 나타나므로 이 두 가지방식의 보급비율에 따라 산정규모는 가변적이다.

축냉시스템이 심야의 기저부하를 상승시키면서 동시에 주간 피크전력을 줄이기 때문에 부하격차를 줄이는 정도, 즉 부하평준화효과 정도는 단지 피크감소(부하이전 기능이 없고 피크삭감 만 수행)를 나타내는 부하관리기에 비해 대략 2배의 효과를 나타낸다. 따라서 주야간 전력부하불균형해소를 위해서는 축냉시스템이 매우 유용한 수단임을 알 수 있다.

5. 결 론

지금까지 산업분야의 축냉시스템 확대보급의 필요성과 보급에 따른 부하평준화 기대효과를 분석해보았다. 전력부하관리는 전력요금제도, 고효율기기, 부하관리기기 등 다양한 수단에 의해 이루어지고 있다. 그 가운데 전력부하평준화효과가 매우 큰 축냉시스템의 산업분야로 적용을 확대하는 것은 전력부하 평준화효과증진에 크게 기여

할 것으로 판단된다. 부하관리 효과에 비해 보급량은 현재 매우 미미한 편으로 향후 산업용 냉동, 냉장 분야로의 확대보급은 필수적이다. 한편으로 산업용 전력요금구조가 계절별, 시간대별로 피크억제 구조를 갖고 있어서 일차적으로 부하관리가 이루어지고 있는데 이와 같은 산업용 요금체계에서 심야(갑)와 함께 심야(을)로 축냉시스템이 공급가능 할 경우 산업체의 경쟁력강화는 물론 더욱 효과적인 전력수요관리에 기여할 것으로 기대된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 전력연구원, "산업용축냉시스템의 전력부하평준화효과분석 및 적용타당성연구",2003-4
- [2] 한국생산기술연구원, "축냉 기술세미나", 2002
- [3] Woolrich, W.R. : Handbook of Refrigerating Engineering, AVI Pub., Co., 1965.
- [4] Stoecker W F, Refrigeration and Air Conditioning, McGraw-hill, New York, 1958
- [5] Ryall, A.L & Lipton, W.I. : Handling, transportation & Storage of Fruits and Vegetables, AVI Pub. Co., 1979