

전력수요관리를 위한 축냉식 냉방시스템 보급 및 기술개발

정금영 유재홍 유정수*
한국전력공사 전력수급처

Dissemination and Technical development of Cool Storage System for Demand Side Management

Jung Geum-young, You Jae-hong, You Jeong-soo
Power Trading and DSM dept, KEPCO

Abstract - For the sake of a stable power supply, an electric power company must have power generation facilities that can generate more electricity than the maximum demand of the year. Due to the fact that the maximum electricity demand will also continue to increase, enormous investments are needed annually to build power plants. For that reason, electric power companies are propelling 'Demand Side Management' which improve the form of electrical usage for the customer in a positive way. This paper presents the concept of 'Cool Storage System' which is the most representative program, which lowers the peak demand during the on-peak time periods in a day and creates a base load simultaneously during the night time hours among the DSM programs.

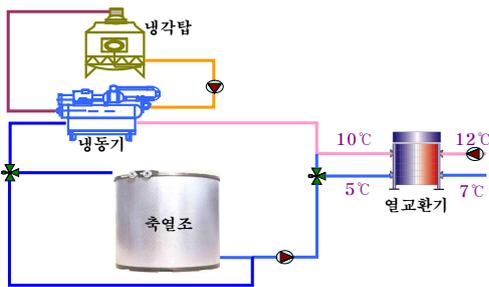
1. 서 론

전기는 특성상 생산과 소비가 동시에 이루어지고 저장에 불가능하기 때문에 안정적인 전력공급을 위해서는 연중 최대수요 이상의 전력생산 설비를 갖추고 있어야 하며, 최대수요 또한 계속하여 증가하기 때문에 국가적으로는 매년 막대한 투자비를 들여 전력공급설비를 건설해야 한다. 하계냉방부하는 연중 최대전력수요의 가장 큰 원인으로 지구온난화로 인한 이상고온 현상 및 경제발전으로 인한 생활수준의 향상으로 증가일로에 있다. 따라서, 전력회사가 고객의 전기사용에 개입하여 전력공급에 유리한 방향으로 수요의 형태를 개선하는 전력수요관리의 중요성은 날로 커지고 있다. 본 논문에서는 여름철 냉방부하 억제와 심야부하 조성에 가장 효과적인 수단인 축냉식 냉방설비 현황과 현재 주로 건물 냉방용으로만 설치·보급되고 있는 축냉설비의 응용분야를 다양화할 필요성을 느끼고 축냉시스템을 간접 이용하는 방식으로 개발하고 있는 빙 축열을 이용한 축냉식 쇼케이스에 대해 소개하고자 한다.

2. 본 론

2.1 축냉시스템

축냉 시스템은 차가운 냉열(冷熱)을 생산하여 얼음 또는 냉수의 형태로 저장하였다가 필요시 저장된 냉열을 효과적으로 공급하는 시스템을 말한다. 냉동기가 처음 보급되기 시작한 19세기부터 단기간에 냉방부하가 집중되는 교회나 극장과 같은 건물 또는 유가공 공장 등에서, 냉방 또는 냉각용 공조설비의 소형화를 목적으로 축냉 시스템이 이용되어 왔다. 그러나 현재는 요금이 저렴한 심야시간대 전력을 이용하여 냉열을 생산·저장하였다가, 기타 시간대에 저장된 냉열을 건물의 냉방에 활용하는 시스템을 의미한다. 즉, 축냉 시스템이란 <그림 1>에서와 같이 냉열이 거의 필요 없는 심야시간대에 냉동기 또는 히트펌프를 가동하여 냉열을 생산, 축열조에 저장해두었다가, 주간시간 대에 저장해 두었던 냉열을 부하로 공급하여 냉방 또는 냉각에 활용하도록 하는 설비이다.



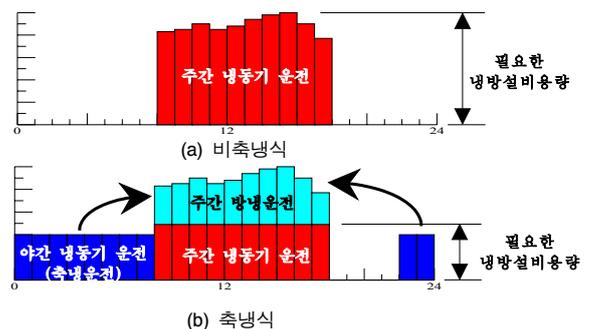
<그림 1> 축냉식 냉방시스템 개념도

2.2 축냉시스템의 효과

축냉시스템은 기본적으로 전력소비가 감소하는 심야시간대에 냉열을 생산하고 저장하였다가, 이를 주간의 냉방에 이용함으로써 주간 최대 전력수요를 줄이려는 목적을 갖고 있다. 축냉 시스템이 보급되어 여름철 주간 전력소비가 감소하게 되면 발전설비의 추가건설을 억제할 수 있을 뿐만 아니라, 전력예비율이 증가하여 발전설비 운용에 여유가 생기게 된다. 또한 여름철 주간의 피크부하를 담당하는 발전용 에너지원은 부하변화에 능동적으로 대처하기 위하여 상대적으로 고가인 천연가스 등을 사용하므로, 이에 따른 경제적 부담도 경감시킬 수 있게 된다. 이러한 이유 때문에 전력회사 및 국가에서는 축냉 시스템의 보급을 위하여 저렴한 심야전력 공급 외에 다양한 지원혜택을 부여하고 있다.

축냉 시스템은 축열조 등의 추가설비를 갖추어야 하므로 기존 냉방설비에 비해서 초기투자비가 증가하게 된다. 그러나 수요자가 축냉 시스템을 채용하게 되면, 일반 전기료의 약 1/3 수준인 저렴한 심야전력을 이용할 수 있게 되어 냉방용 운전비를 대폭 절감할 수 있다. 이와 함께 <그림 2>에서 알 수 있는 바와 같이 실제 냉방시간보다 긴 시간 동안 냉열을 생산·저장해서 이용하므로, 일반 비축냉식 냉방 설비보다 적은 용량의 냉열원 기기로 냉방이 가능하고 따라서 냉열원 기기 비용이 감소하는 장점이 있다. 또한 수요자의 최대 소비전력이 감소하므로 계약전력 및 수전설비가 감소되며, 설치지원금 등 전력회사 및 정부로부터의 각종 지원제도를 이용할 수 있어 경제적 이익을 실현할 수 있다. 이러한 각종 지원에 따라 대략 2~3년 내에 축냉 시스템의 초기투자비를 회수할 수 있다.

한편 전력은 원자력, 석탄, 석유, 천연가스, 수력 등 다양한 에너지원을 이용하여 생산된다. 따라서 한 종류의 에너지원 단가가 크게 상승한다고 해도 전력요금의 큰 변화는 나타나지 않는다. 최근 2~3년 동안 유가가 급등하였으나 전력요금은 거의 변화가 없는 것이 대표적인 예이다. 그러나 천연가스를 이용하는 흡수식 냉동기의 경우는 천연가스 요금의 변동에 그대로 노출될 수밖에 없는 취약성을 갖고 있다. 즉, 축냉 시스템과 같은 전기 이용 냉방설비를 이용하는 경우가 그렇지 않은 경우보다 중·장기적으로 안정적인 운전비용을 유지할 것으로 기대할 수 있다.



<그림 2> 비축냉식과 축냉식 시스템의 운전 비교

축냉 시스템을 도입하고 효율적으로 냉방운전 계획을 세운다면 열원 기기는 냉방부하 변동에 관계없이 항상 정격운전을 할 수 있게 된다. 이러한 열원기기의 정격운전은 기기의 수명을 연장시키기도 하지만 효율 향상에도 크게 기여하여 에너지를 절약할 수 있게 해준다. 이와 함께 축냉 시스템은 외기온이 낮은 심야시간에 주로 운전되므로, 주간 운전되는 경우보다 응축온도가 낮아 열원기기의 효율상승도 기대할 수 있다.

또한, 축냉 시스템이 주로 사용하는 심야전력은 천연가스는 물론 주간 전력에 비해서도 CO₂, NO_x, SO_x 등의 발생이 적은 에너지원(원자력 발전 등)의 사용비율이 높다. 물론 원자력 발전에 내재되어 있는 위험성과 환경문제가 있지만, 일단 화석에너지를 사용할 때 발생하는 오염물질의

배출이 적다는 점은 확실하다. 이러한 이유로 축냉 시스템의 도입은 지구온난화 물질인 CO₂와 각종 오염물질을 억제하는 효과가 있다. 또한 화석에너지를 이용하여 전력을 생산하는 발전소의 경우는 까다로운 규제에 의해 대규모 오염물질 처리시설을 갖추게 된다. 따라서 도심지에서 개별적으로 천연가스를 연소시키며 냉열을 생산하는 흡수식 냉방 시스템에 비해, 축냉 시스템 등 전기 이용 냉방 시스템은 환경오염을 방지하는데 기여한다. 일본 관서전력의 자료에 의하면, 축냉 시스템이 배출하는 CO₂는 개별분산방식인 경우 가스 흡수식 냉방 시스템의 약 30%, 중앙집중방식인 경우 약 50%이며, NO_x는 흡수식에 비해 약 10~20% 정도 밖에 배출되지 않는 것으로 조사되었다.

2.3 축냉시스템 종류

축냉시스템은 여러 가지 분류방식이 존재하는데 보통 냉열저장수단(축열제)과 운전방식(축열매체)에 따라 다음과 같이 분류할 수 있다.

- 1) 냉열저장수단에 따른 분류
 - 수축열시스템(축열매체 : 물)
 - 빙축열시스템(축열매체 : 얼음)
 - 잠열축열시스템(축열매체 : 얼음, 화합물)
- 2) 운전방식에 따른 분류

축냉시스템은 운용 및 설치 방법에 따라 크게 전축열방식[심야(감)]과 부분축열방식[심야(을)]으로 구분할 수 있으며, 전축열방식은 야간 축열, 주간방냉 운전패턴을 가지며 주간에는 심야용 냉동기를 가동할 수 없다. 반면 부분축열방식은 전축열방식과 동일하게 야간축열, 주간방냉운전패턴을 가지나 주간에 심야용 냉동기 운전이 가능하다는 차이점이 있다. 부분축열방식은 야간의 축냉운전시 기타시간대 소요되는 냉각부하량의 최소 40%이상 축열률을 만족하면 적용 가능하다.

2.4 축냉시스템 보급현황

국내의 축냉시스템은 1988년 11월 심야전력(을) 요금제도가 신설되고 수축열식 히트펌프를 한전 사옥에 시범설치하면서 보급이 시작되었다. 그러나 초기 도입된 수축열 히트펌프는 우리나라의 취약한 시공기술과, 축열조 설치공간에 대한 단점 등으로 일반 보급에 어려움을 안고 있었기 때문에 이를 보완하기 위하여 얼음의 잠열을 이용하여 축열조의 부피를 크게 축소한 빙축열 냉방시스템이 1990년도에 도입되기 시작하였다. 1991년 3월 한국전력공사의 “빙축열 보급촉진을 위한 지원제도”에 의한 축냉설비 설치 지원제도 및 1992년 7월 통상산업부 고시 “건축물의 냉방설비에 대한 설치 및 설계기준”에 의한 축냉설비의 설치 의무화 규정 등의 적극적인 보급촉진 정책이 힘입어 축냉식 냉방시스템은 꾸준히 보급이 확대되어 시장 도입기를 지나 이제 성장기에 이르고 있다. 현재 25개의 업체가 수축열, 빙축열, 잠열축열, Ice Slurry 등 다양한 축냉식 냉방설비를 공급하고 있으며, 그 외 많은 업체에서 다양한 연구개발을 통하여 축냉시스템 시장으로의 진입을 적극적으로 추진하고 있다.

<표 1> 국내 축냉시스템 보급실적(2006년 준공기준)

연도	전력 현황			축냉시스템 보급실적			
	발전용량 (MW)	최대부하 (MW)	평균부하 (MW)	설치 대수	냉방면적 (1000m ²)	설비용량 (MW)	피크절감 (MW)
1992	24,120	20,438	14,919	59	612	9.6	8.6
1993	27,654	22,112	16,488	31	610	21.2	17.4
1994	28,750	26,696	18,835	52	910	14.7	10.6
1995	32,184	29,878	21,080	66	1,331	18.6	13.8
1996	35,715	32,282	23,394	56	1,350	20.8	15.1
1997	41,042	35,851	25,622	54	1,609	23.9	17.3
1998	43,406	32,996	24,578	57	2,056	37.2	25.1
1999	46,978	37,293	27,320	146	1,340	26.6	15.1
2000	48,451	41,007	30,328	523	1,983	43.0	24.5
2001	50,859	43,125	32,560	1,428	3,323	80.1	43.7
2002	53,801	45,773	34,986	1,173	3,408	86.3	47.1
2003	56,053	47,385	36,810	753	3,336	69.2	37.2
2004	59,961	51,264	39,058	616	4,142	67.4	36.5
2005	62,258	54,631	41,626	380	3,793	63.5	34.6
2006	64,778	58,994	43,514	317	3,599	77.5	57.7
계				5,711	34,402	649.9	396.3

<표 1>은 2006년 말까지의 국내 축냉시스템 보급실적을 종합하여 나타낸 것이다. 우리나라의 축냉시스템 보급실적은 2006년 말 기준으로 5,711(소형 4,359호, 중대형 1,352호) 개소에 649.9 MW 용량의 축냉시스템이 설치되어, 396.3MW의 피크부하 이전효과를 나타내고 있다. 설치호수 면에서는 1999년부터 보급이 시작된 소형빙축열시스템(패키지형 축냉시스템)이 가장 많은 비중을 차지하고 있다. 또한 근래에 들어 EHP 및 GHP와 같은 냉난방 겸용식 Heat Pump의 보급이 확산되면서 축냉시스템에서도 수축열시스템을 중심으로 냉난방이 가능한 Heat Pump형

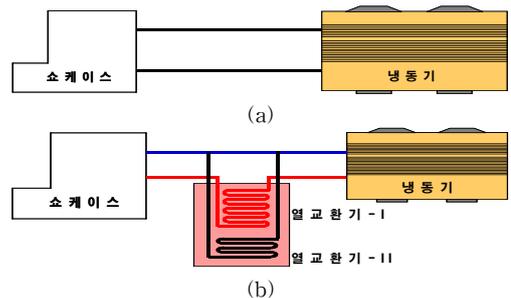
축냉시스템의 보급이 시작되어 전체적인 축냉시스템의 보급이 확산되고 있다. 그러나 현재 모든 축냉시스템이 건물 냉난방용으로만 사용되고 있는 실정이며, 축냉설비의 보급활성화를 위해서는 산업용 및 상업용 등으로의 적용분야 확대가 요구되고 있다. 이에 따라 축냉시스템의 응용분야를 다양화 할 필요성을 느끼고 축냉시스템을 간접 이용하는 방식인 빙축열을 이용한 축냉식 쇼케이스를 개발하게 되었다.

2.5 빙축열을 이용한 축냉식 쇼케이스 개발

편의점이나 슈퍼마켓 등에서 냉장/냉동을 요하는 식품의 보관 또는 진열을 위해 사용하는 쇼케이스(show-case)는, 연중 -15~8℃ 정도의 낮은 온도를 계속 유지해야 하는 운전비용이 높은 에너지 다소비형 냉열기기이다. 쇼케이스의 냉각은 함께 설치된 전기구동 압축기를 채용한 냉동기가 저온의 냉매(프레온)를 생산하고, 생산된 저온의 냉매가 쇼케이스 내부에 설치된 열교환기로 공급됨으로써 이루어지고 있다.

국내외에서는 편의점과 중대형 슈퍼마켓의 증가로 쇼케이스 사용이 점차 증가하고 있다. 또한 쇼케이스는 그 사용연한이 7년 내외로 비교적 짧아 그 수요가 매우 안정적으로 증가하는 추세이다. 이러한 쇼케이스의 사용은 전기에너지 소비를 증가시킬 뿐만 아니라, 하절기 주간의 피크부하를 더욱 심화시켜 국가적 에너지 부하평준화를 저해하는 중요한 요인 중 하나라고 할 수 있다. 일본에서 조사된 자료에 의하면, 중대형 슈퍼마켓의 경우 총 광열비 중 쇼케이스 냉각에 소비되는 비율이 약 60%로써, 공조용으로 소비되는 비율 15%와 매장의 조명등에 사용하는 기타비율 25%에 비해 매우 큰 비중을 차지하고 있다.

이러한 쇼케이스의 에너지 이용효율을 향상시키고 주간 전력소비를 줄이기 위한 방법으로 심야전력을 이용하여 냉열을 생산·저장하였다가 공급하는 빙축열 시스템을 쇼케이스의 냉각 시스템에 적용하는 방식을 채택하게 되면 쇼케이스의 주간 전력소비를 줄여 전력부하 평준화에 기여할 수 있다. 물론, 빙축열 시스템의 보급확대에도 기여할 수 있다. 이처럼 쇼케이스의 냉각에 빙축열 시스템을 활용하게 되면 하절기 주간의 피크부하를 억제하여 에너지의 효율적 이용과 국가적 전력부하 평준화에 기여할 뿐만 아니라, 냉동기의 용량축소가 가능하여 에너지 절약 및 설비비 감소효과도 얻을 수 있다.



<그림 3> 기존 쇼케이스(a)와 빙축열 이용 쇼케이스(b) 개요도

현재 개발중인 쇼케이스 시스템은 <그림3>처럼 기존 쇼케이스 시스템(a)에 판외작빙형(ice-on-coil) 빙축열조가 추가되는 시스템(b)이다. 심야시간에 빙축열조에 얼음을 생산하여 저장하였다가, 냉각부하가 많은 주간시간에 빙축열조에 저장된 냉열을 이용하여 쇼케이스내 열교환기로 유입되는 냉매를 과냉각시키는 방식이다. 이러한 방식에 의해 주간 냉동기 소비전력을 줄일 수 있으며, 결국 개발대상 제품인 빙축열 이용 축냉식 쇼케이스는 효율적인 냉각은 물론 전력부하 평준화에 기여하게 된다.

3. 결 론

지금까지 살펴본 바와 같이 축냉식 냉방설비는 피크억제를 통한 전력수급안정, 건설투자 억제의 효과가 있을 뿐만 아니라 심야부하조정으로 화력발전의 효율향상 등 전기 생산원가를 절감하는 가장 효과적인 프로그램이다, 따라서 향후에도 국가적 차원의 에너지 자원의 합리적 이용을 위해 보급확대를 위한 정책적 뒷받침이 지속되고 더욱 강화되어야 할 것으로 생각된다. 물론 이를 위하여 한국전력도 자체적인 노력을 한층 강화하여야 하며 빙축열을 이용한 축냉식 쇼케이스 개발과 같이 산업용 및 상업용 축냉시스템, 냉동, 냉장설비에 대한 빙축열 이용 등 지금까지 보다 더욱 다양한 축냉시스템을 개발하여 보급할 필요성이 대두되고 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] 한국전력공사, “산업용축냉시스템의 전력부하 평준화 효과분석 및 적용타당성 연구”, 산업자원부, 2005
- [2] 박승상, “축냉시스템 보급현황 및 발전방향”, 한국전력공사, 2005
- [3] 공조냉동설비연구조합, “잠재력이 큰 수요관리제도 활성화를 위한 구체적 추진방안에 관한 연구”, 산업자원부, 2004
- [4] 한전, “빙축열을 이용한 축냉식 쇼케이스 개발”, 한전, 2007