

중대형 냉방시스템의 비용 및 장단점 비교분석

황성욱* 원종률** 김정훈*
*홍익대학교 **안양대학교

A Comparison Analysis on Costs and Merits & Demerits of Medium and Large Air-Conditioning Systems

Sungwook Hwang* Jongryul Won** Junghoon Kim*
*Hongik University **Anyang University

Abstract - In this paper, a comparison analysis is executed about costs and merits & demerits of medium and large air-conditioning systems which are gas absorption chillers and thermal energy storages. These results will be applied to B/C analysis to propose advanced load management subsidy policies in the electrical and gas field.

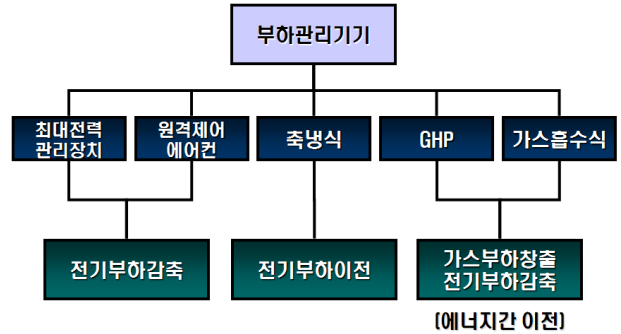
1. 서 론

최근 1년 사이에 유가(油價)가 두 배 이상으로 급등하여 배럴당 130달러가 넘는 시대에 직면하였다. 이러한 위기에도 전 세계적으로 석유, 가스 등 1차 에너지의 소비는 세계적인 호황과 경제 발전에 따라 지속적으로 증가할 것이 예상된다. 특히 가정 및 산업부문에서의 에너지 소비는 고도 정보화의 진전, 사회구조와 생활양식의 고도화에 따른 에너지 소비의 확대에 의해 높은 성장세를 유지하고 있다. 이러한 상황에 환경 문제가 더 가중되어가고 있으며, 우리나라는 OECD 가입 이후에 다른 선진국들과 마찬가지로 기후변화협약 대비에 관한 의무 사항 이행을 요청받고 있는 실정이다. 1차 에너지가 거의 전무한 국가로서 국가 발전과 에너지 문제 해결을 동시에 해결해야 하는 딜레마 상태에서 에너지의 보다 합리적인 사용이 강력하게 요청되고 있다. 본 논문은 에너지의 공급과 수요 가운데 수요측의 해결 방안에 초점을 맞추고 있으며, 그 중에서도 부하관리기기의 사용을 통한 부하의 감축 및 이전을 중심으로 한다. 이중 부하관리기기의 보급은 전력설비의 건설 및 연료 회피를 통해 국가적으로는 에너지 안보 차원에서 전력회사의 입장에서는 설비의 효율적 이용을 통해 그 이익을 증대시킬 수 있다. 소비자의 입장에서는 고효율기기에 비하여 전기요금 감소 등의 피부로 느끼는 이익보다는 오히려 불편함이 더 크게 나타날 수도 있으나, 국가 전체적인 입장에서 부하관리기기의 보급은 정책적으로 필요한 상황이다. 국내에서 보급 중인 부하관리기기로는 크게 전기설비와 가스설비로 나누어지며 축냉식 냉방설비, 축열식 난방온수기기, 가스흡수식 냉방기기, 전기열펌프, 가스엔진구동열펌프(이하 GHP) 등이 있다. 본 논문은 이 가운데 주로 상업용 및 산업용 부하에 사용되는 중대형 냉방설비인 가스흡수식 냉방기기(이하 가스흡수식)와 축냉식 냉방설비(이하 축냉식)에 초점을 맞추었다. 그 보다 앞서 보급확산모형 및 비용/이익분석을 기반으로 고효율기기의 직접 지원금 산정에 관한 연구[1]가 수행되었는데, 정부의 정책을 개선한다는 측면에서 이 연구와 같은 흐름에서 본 연구가 진행되었다. 그러나, 부하관리기기의 경우 그 보급 추이가 매우 불규칙적이어서 보급확산모형을 적용하기가 매우 난이하기 때문에 부하관리기기의 직접 지원금 산정 방안은 비용/이익분석을 기반으로 한다. 본 논문은 이 분석을 위한 전 단계로서 전기뿐만 아니라 가스도 연료로 사용하는 냉방기기가 있기 때문에 선행 연구에서 분석한 전기부하와 가스부하의 특성 비교와 관련 경제 주체들의 차이 분석을 간략하게 요약하고, 소형 냉방시스템의 비용 및 장단점 비교분석 연구[2]와 같은 방법으로 중대형 냉방시스템의 특성을 분석한다.

2. 본 론

2.1 부하관리기기별 전력계통 부하 특성

부하관리기기 전력계통 측면에서 보면 크게 전기부하감축, 전기부하이전, 가스-전기 에너지간 이전 등 세 가지의 특성으로 구분할 수 있다. 먼저, 전기부하를 감축하는 것으로는 최대전력관리장치와 원격제어에어컨이 있고, 전기부하를 이전하는 것으로는 축냉식이 있다. 가스흡수식의 경우에는 가스부하를 창출하여 전기부하를 감축하는 에너지간 이전의 개념에서 부하관리라 볼 수 있다. 이러한 냉방기기의 특성을 다음 <그림 1>에 비교하였다. 단, 최대전력관리장치와 원격제어에어컨의 경우에는 에너지 절감의 효과도 있는 것으로 알려져 있으나, 상세한 분석은 향후에 추가적으로 진행되어야 한다.



<그림 1> 부하관리기기별 전력계통 부하 특성

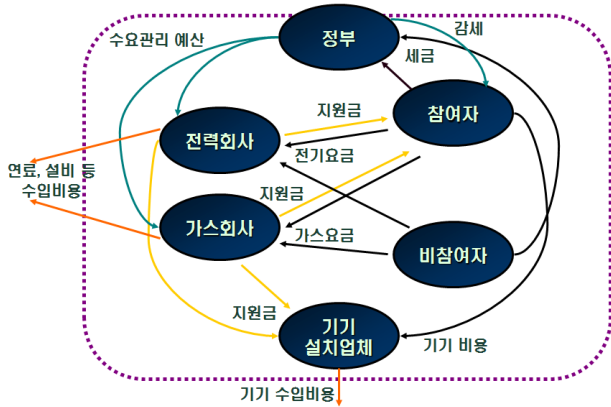
국내에 생산 및 판매되고 있는 냉방기기 가운데 지원제도에 의해 지원금이 지급되고 있는 것으로는 축냉식, 가스흡수식, GHP 및 원격제어 에어컨이 있다. 이중 축냉식과 가스흡수식의 경우에는 주로 200RT 이상의 중대형에 초점이 맞추어져 있으며, GHP는 소형에 초점이 맞추어져 있다. 원격제어에어컨의 경우에는 전력회사에 의한 제어를 하는 것으로서 그 특성이 타 냉방기기와 다르기 때문에 본 논문에서는 고려 대상에서 제외한다. 소비자는 기존에 널리 이용되던 터보냉동기와 축냉식과 가스흡수식을 상호 비교하여 구매하고 있는 실정으로서, 본 논문에서 역시 이들 기기를 대상으로 그 특성을 비교한다. 먼저 냉방기기의 비교 시에 쉽게 판단할 수 있는 기준이 될 수 있도록 정성적인 비교 분석을 행한다. 이러한 정성적 분석 결과를 바탕으로 한 경제적 분석과 같은 정량적인 비교는 [3]에서 수행한다. 본 논문에서 두 기기의 기준으로 삼은 대표 냉방용량은 500RT이다.

한편, 국내 전력계통 부하 중 냉방부하가 첨두부하의 약 20%를 차지하고 있으며, 경제 성장과 주거 및 업무 환경의 개선에 따라 이 수치는 점진적으로 증가하고 있는 추세이다. 또한, 하계의 냉방수요가 증가하는 한편, 저렴한 심야전기요금에 기인한 냉난방을 겸용으로 하는 전기 설비의 보급에 따라 동계 난방부하 역시 증가하고 있어서 하계에 버금가는 동계 첨두부하도 발생하고 있다. 이에 따라 과거에 비해 연중 부하율의 편차가 점점 감소하고 있다. 주택용 동계부하의 경우 오히려 야간이 더 커져서 동계 전력수요가 하계보다 더 크게 나타나는 경향을 보이고 있다. 이러한 계절별 부하 격차의 평준화는 전력계통의 부하율 및 예비율을 개선하는 한편, 첨두설비 회피를 가능하게 하기 때문에 정부 및 국가 측면에서는 부하관리기기의 정책적인 지원을 할 명분이 있다. 가스의 경우에는 난방수요로 인하여 동계에 첨두부하가 발생하고 있는데, 난방을 하지 않는 하계와 동계의 소비량 차이가 크다. 한편, 국내 천연가스의 수입량은 대체로 연중 일정한 편이기 때문에 가스를 사용하지 않는 하계에는 이를 저장하기 위한 비용이 추가적으로 발생하게 되고, 경우에 따라서는 설비를 증설해야 할 수도 있다. 따라서, 가스의 하계 수요 창출을 통해 연중 소비를 평활화하는 것에 가스부하관리의 초점이 맞추어져 있다. 이를 가능하게 하는 것이 하계의 전기냉방수요를 가스냉방으로 이전하는 것인데, 가스냉방의 경우 전기냉방에 비하여 초기투자비가 많이 들기 때문에 정책적인 지원이 필요하다[2].

2.2 부하관리기기 지원 관련 경제 주체간 관계

먼저 언급한 바와 같이 전기 및 가스 부하관리기기는 사용하는 연료가 다르기 때문에 지원 관련 경제 주체도 서로 상이하므로 이에 대한 비교 및 분석이 필요하다. 먼저, 부하관리기기의 지원이 없다고 가정하면, 부하관리기기를 구입하는 참여자는 자체적으로 기기 구입비용을 해결해야 하고, 정부는 이에 관여하는 바가 없다. 전기 및 가스를 사용하

므로 전력회사, 가스회사와 요금 지불로 관련되어 있고, 설치업체와는 기기 구입 및 기기 비용 지불로 관련되어 있다. 우리나라는 대부분의 원자재와 설비를 수입하기 때문에 전력회사, 가스회사 및 기기 설치업체는 각기 생산을 위한 원자재 및 설비의 구입 또는 수입에 있어서 해외와 관련되어 있다. 단, 본 논문에서는 해외의 관련 부분은 고려 대상에서 제외하고, 나머지 경제 주체들의 관계를 분석하였다. 각 주체간의 관계를 다음 <그림 2>에 나타내었다.



<그림 2> 부하관리기기 관련 경제 주체간 관계[2]

전기 부하관리기기의 경우 정부는 전력회사에 수요관리 예산을 배정하고 전력회사는 이를 부하관리기기를 구입하는 참여자와 이를 설치하는 설치업체에 지원금으로 지급한다. 참여자는 또한, 설치 시 세금 면제를 받기도 한다. 이에 따라 참여자는 전기요금 감소와 지원금 취득이라는 이익이 발생하고, 기기비용을 지불하게 된다. 전력회사 입장에서는 부하이전 및 삭감에 따라 설비회피 이익이 발생하나, 전기요금 수익 감소 및 지원금 지급이라는 비용이 발생한다. 지원금은 정부의 예산에 의해 상쇄가 되나, 전기요금 수익 감소는 비참여자에게 할당이 되는 셈이다. 따라서, 경제성 분석 시에는 비참여자의 입장이 고려가 되어 손해가 발생하지 않도록 할 필요가 있다. 가스 부하관리기기의 경우 정부는 가스회사에 수요관리 예산을 배정하고 가스회사는 이를 부하관리기기를 구입하는 이를 설치하는 설치업체에 지원금으로 지급한다. 참여자는 또한, 설치 시 세금 면제를 받기도 한다. 이에 따라 참여자는 전기요금 감소와 지원금 취득이라는 이익이 발생하나, 가스요금이 증가하며 기기비용을 지불하게 되는데, 가스요금 증가가 전기 부하관리와 다른 점이다. 전력회사 입장에서는 하계 부하삭감에 따라 설비회피 이익이 발생하나, 전기요금 수익이 감소한다. 가스회사의 경우 가스 판매 증가를 통한 이익이 발생하고 저장설비 회피를 통한 이익 또한 발생한다. 지원금은 정부의 예산에 의해 상쇄가 되는데, 전기 부하관리와 달리 가스 판매 수익이 증가하기 때문에 비참여자에게 할당될 임무는 없다. 이 부분이 경제성 분석 시 다르게 적용되어야 할 점으로서, 전기 부하관리의 경제성 분석과 그 평가지표가 다른 점이다[2].

2.3 가스흡수식과 축냉식의 장단점 비교

가스흡수식은 기존의 압축식 냉동기와 냉매 이송 방법에서 차이가 난다. 흡수기와 재생기가 부착되어 있는데, 재생기에서 냉매증기가 흡수제에 흡수, 재생되는 작용을 이용하여 냉매를 응축기로 이송하고, 재생기에서 냉매증기를 발생시키는 열을 가스 연소열로 이용하는 방식이다. 우리나라는 현재 겨울철 난방수요로 인해 가스소비의 집중현상이 나타나고 있는데 반하여, 기존 압축식 냉동기는 하계 주간에 전기를 사용함으로써 하계 냉방수요의 증가를 야기하고 있다. 여기서, 가스흡수식을 이용하여 하계 가스부하의 창출을 통한 전기부하의 감축전력을 가져올 수 있음을 알 수 있다. 이에 따라 가스이용률 평활화 효과 또한 기대할 수 있으며, 가스저장시설에 대한 회피효과 역시 얻을 수 있다. 그러나, 안전도 및 미관 차원에서는 전기냉방보다 불리한 편이다. 이와 관련하여 전력/가스 상대적 비용이익 비교분석과 가스저장시설에 대한 회피비용 분석이 필요하다. 한편, 축냉식은 0℃에서 물이 얼음으로 상변화할 때 발생하는 잠열 (80kcal/kg)을 이용하는 것으로서, 심야전력을 이용하여 야간에 빙축열조에 얼음을 저장하고, 이 저장된 얼음을 주간에 이용하여 냉방운전을 한다. 운전방식에 따라 축열운전, 해빙단독운전, 동시운전으로 구분하는데, 동시운전(빙축열 약 40%)이 경제적이라고 알려져 있다. <표 1>에서는 보는 바와 같이 심야전력이 주간요금보다 저렴하기 때문에 주야간 전력부하 이전 효과가 있는데, 주간/심야 요금의 향후 변동 및 상대적 가격변동에 따른 절감효과와 비교분석이 필요하다. 또한, 교육용 전기요금의 인하에 따른 EHP의 보급 증가가 축냉식의 보급에 부정적 영향을 끼치고 있는 문제 역시 고려되어야 한다.

<표 1> 심야전력요금 현황

심야전력(갑)	▶ 전력량 요금(원/kWh) - 겨울철 : 52.10, 기타계절 : 37.90 - 월 최저요금 : 20kWh에 해당하는 요금
심야전력(을)	▶ 기본요금(원/kW) - 5.710 X (기타 시간 사용전력량/월간 총사용전력량) - 월 최저요금 : kW당 570원 ▶ 전력량요금(원/kWh) - 심야 시간 : 52.10(겨울철), 37.90(기타 계절) - 기타 시간 : 70.60

터보냉동기와 두 기기의 비용 및 장단점을 비교하면 다음과 같다. 냉방용량 500RT를 기준으로 할 때 설치비용은 터보냉동기의 경우 340,000천원, 가스흡수식은 400,000천원, 축냉식은 570,000천원으로 축냉식이 가장 고가이며, 운영비의 경우에는 터보냉동기와 가스흡수식이 축냉식에 비해 각각 20%, 30% HP가 20% 더 소요된다. 터보냉동기는 별도의 지원금이 없고, 30RT 초과하는 냉방설비에 대하여 가스흡수식은 1만원/RT, 축냉식은 절감전력 1kW당 48만원(설비용량에 따라 차등)의 지원금이 지급되고 있다. 냉방기기별 비용과 장단점을 아래 <표 2>에 요약하였다.

<표 2> 냉방기기별 비용 및 장단점 비교

냉방기기	터보냉동기	가스흡수식	축냉식
사용 연료	전기	가스	전기
초기투자금 (지원금 제외)	100	120	160
운영비	120	130	100
수명	15년	15년	15년
지원금	없음	1만원/RT	절감전력당 48만원/kW
장점	운전사려 많음 설비 간단	수변전 용량 작음 소음 작음	피크 절감 안정적 냉방
단점	수변전 용량 큼	대형 공조실 필요	설치면적 가장 큼 시스템 복잡

3. 결 론

본 논문에서는 가스흡수식 및 축냉식 냉방설비를 중심으로 중대형 냉방시스템의 비용 및 장단점 등 특성을 비교분석하였다. 두 기기는 사용하는 연료가 전기와 가스로서 서로 다르기 때문에 먼저 전기부하 및 가스부하의 특성을 비교하고, 부하관리기기의 지원과 관련된 경제 주체간의 관계를 분석하여 두 기기의 특성 비교를 위한 기초 자료로 삼았다. 또한, 두 기기의 기술적 특성과 설치 시 관련 비용 등 장단점 비교를 통해 정성적인 분석을 수행하였다. 두 기기는 현재 심야전력요금의 인상과 교육용 전기요금의 인하에 따라 보급에 영향을 받고 있으며, 이러한 상황에 유리한 EHP의 보급으로 악영향을 받고 있다. 향후에는 가스요금, 가스 부하관리기 지원금, 심야전기요금, 축냉식 지원금 등의 조정을 고려한 경제성 분석을 통해 적절한 수준의 전기 및 가스 부하관리기기 지원 정책 개선 방안 도출 연구가 요청된다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부의 지원에 의하여 기초전력연구원(R-2005-7-150) 주관으로 수행된 과제임

[참 고 문 헌]

- [1] 산업자원부, 고효율기기 지원 실태조사 및 합리적 개선 방안 연구 최종보고서, 2007
- [2] 황성욱 외, '소형 냉방시스템의 비용 및 장단점 비교분석', 대한전기학회 전력계통연구회 춘계학술대회, 2008
- [3] 원종률 외, "축냉식과 가스흡수식의 회피비용분석", 대한전기학회 하계학술대회(발표 예정), 2008
- [4] 한국전력거래소 홈페이지, www.kpx.or.kr
- [5] 에너지경제연구원, 에너지통계DB, www.keei.re.kr
- [6] 한국전력공사, 냉방수요해태 조사분석 및 예측, 1994
- [7] 한국가스공사, 가스냉방 보급확대를 위한 중장기 로드맵 수립, 2005
- [8] 산업자원부, 냉방기기 운영실태 조사 및 냉방방식별 경제성분석 연구, 2006
- [9] 에너지관리공단, 천연가스 냉방 보급확대를 위한 지원제도 연구, 2007