

**산업용 전력수용가의 축냉기기 투자 경제성평가**

양승권

한국전력공사 전력연구원

**The evaluation of economy for the investment of cold storage system to industry from a customer**

Seung Kwon Yang

Korea Electric Power Research Institute

**Abstract** - 효율적인 전력 부하관리기기인 산업분야로의 축냉기기보급은 국가와 전력회사, 그리고 고객 모두에게 편익이 극대화 되어야 한다. 하지만 국가와 전력회사 모두에 편익이 기대된다고 해도 고객의 투자 Merit가 적은 경우 기기보급효과는 얻기 어렵다. 전력시장에서 고객이 스스로 본 부하기기를 도입하고, 관련 설비투자를 확대하기 위해서는 초기 설비투자비 대비 적정 투자비회수 시기, 적정 지원금, 설비신뢰성 및 효율성에 대한 객관적 평가자료 확보 및 정부의 관련정책시행 일관성이 요구된다. 본 논문에서는 산업용 전력을 사용하는 일반고객이 비축냉 Chiller가 아닌 축냉기기를 도입한 경우의 경제성을 평가할 수 있는 설비투자비 회수기간 평가 알고리즘과 이 프로그램의 실제 적용결과에 대해 기술하였고, 이들 연구결과를 통해 효과적인 부하관리사업을 추진할 수 있는 기틀을 마련하였다.

당으로 연간, 월간 및 일간의 냉동기 부하지수를 산출, 이를 토대로 전력요금체계에 적용하여 산업용축냉시스템의 설치 투자비(지원비고려) 대비 운전비를 비교함으로써 투자회수시점을 결정하는 방법이다. 따라서 냉동기를 가동하고 있는 산업체(제조업체)에 축냉시스템을 적용하기 위한 사전 경제성평가 수행의 경우 본 발명에 의해 산출된 결과를 근간으로 투자비 대비 운전비 절감액에 의한 투자비회수시점 결정과 이를 바탕으로 설치에 따른 투자 경제성 정도를 판단할 수 있다. 이 밖에도 본 프로그램은 산업체에 설치 가능 중인 냉동기의 측정데이터를 기반으로 경제성평가를 수행할 수 있지만, 신규로 산업체에서 축냉시스템을 도입하기 전 도입, 설치에 따른 경제성 사전평가를 위한 분석, 평가방법으로 활용될 수 있다. 아울러 본 프로그램에 의해 구축된 냉동기 부하지수를 토대로 업종별 냉동기 전력부하 패턴의 추론이 가능하다고.

**1. 서 론**

산업용 전력수용가의 축냉기기 투자경제성을 평가하기 위해서는 다양한 요소를 고려해야 한다. 즉, 기술적 타당성을 포함하여 초기투자비, 운전비 및 지원금 수준 등이다. 이와 같은 요인을 고려하여 평가프로그램이 개발되었는데 이를 소개하면 다음과 같다.

본 프로그램은 냉동기의 운전패턴 및 파라미터를 측정하여 분석대상의 산업현장(예를 들어 냉동·냉장창고 및 각종 산업분야의 냉각공정)의 부하지수를 산정하고, 이를 심야전력요금을 포함하는 현 전력요금체계의 전력요금과 축냉시스템 설치투자비를 고려하여 최종적으로 기존 산업용 냉동기를 산업용 축냉시스템으로 대체하였을 때의 투자회수기간을 제시하므로써 산업용축냉 적용시 투자 경제성 평가예측을 할 수 있도록 하였다.

현재까지 국내에는 산업체가 아닌 건물공조용 냉방부하를 분석, 산출하여 이를 바탕으로 건물공조용 냉동기를 축냉시스템으로 대체하였을 경우의 투자비회수시점을 제시하는 알고리즘 및 프로그램이 개발된바 있다. 하지만 이 프로그램은 건물 냉방에 국한 것으로서, 건물 냉방부하량을 측정하여 단순히 이를 축냉시스템으로 대체하였을 경우의 투자비회수시점을 분석할 수 있는데 국한된다. 본 프로그램은 산업용 냉동기의 운전 파라미터 측정데이터를 기반으로 하되, 축냉시스템의 야간 축냉분량으로 주간의 냉동기 부하를 100% 담당할 수 있는 경우(전축열 방식)와 주간의 냉동기 부하의 일부분을 담당할 수 있는 경우(부분축열 방식)를 구분하되, 각각의 운전상황에서 전력요금 계약종별로 각 운전 시간대별(가령, 경부하, 중간부하 및 최대부하) 요금을 적용, 운전비를 산출하므로써 다양한 운전요금에 의한 투자비 회수시점을 제시할 수 있다. 즉, 기존 냉동기의 운전 파라미터(냉동기 출력, 내부온도, 외기온도)의 실시간 실적데이터를 바

**2. 투자 경제성 평가알고리즘**

**2.1 평가 알고리즘 구성**

본 프로그램은 현재 산업용 냉동기운전패턴을 측정, 분석한 결과를 바탕으로 다양한 산업체의 냉동기운전패턴에 따른 냉동기 상대부하지수를 산출하고, 이를 바탕으로 전적으로 심야전력요금을 적용받는 심야운전 동안 저장된 냉열을 주간의 모든 냉동기 운전부하를 담당하는 전축열방식과 심야운전 동안 저장된 냉열로 주간의 일부 냉동기 운전부하를 담당하는 부분축열방식 각각의 경우에 설치 투자비, 지원금을 고려하여 투자비 회수시점을 제시할 수 있다.

본 프로그램의 큰 특징은 측정된 냉동기 운전부하파라미터(운전부하 및 온도)를 토대로 상대부하지수를 산출하는 방법과 이를 축냉시스템 전축열, 부분축열 운전 방식에 연계하여 전력요금을 바탕으로 운전비를 비교, 산출하는 방법을 구현하였다는 점이다.

상대부하지수 산출은 냉동기 설계부하기준 및 실적 운전부하 연중 최대치 기준의 두 가지를 함께 고려하므로써 연중운전부하 편차가 매년 크게 상이한 경우를 포함할 수 있도록 했다. 측정된 운전파라미터는 냉동기 부하에 영향을 주는 외기온도를 고려하였으며, 이를 토대로 객관적인 상대부하지수 산출이 가능토록 했다. 산출된 상대부하지수를 냉동기 전력부하로 환산하여 이를 현재의 전력요금(심야전력요금)을 고려하여 축냉시스템(전축열, 부분축열)으로 대체하였을 때 각각의 경우 운전요금이 얼마나 되는지 평가할 수 있도록 고려하였다.

특히 보다 상세한 경제성 평가를 위해 운전요금을 심야전력 대신 전력부하가 큰 산업용(병)의 경우 야간 경

부하요금을 적용한 경우를 고려, 심야전력요금을 고려한 경우와 비교가 가능하도록 구성하였다. 본 프로그램은 산업용뿐만 아니라 계약종별에 따라 일반용(유통업체 포함) 및 농사용 종별도 비교분석이 가능하도록 고려하였다.

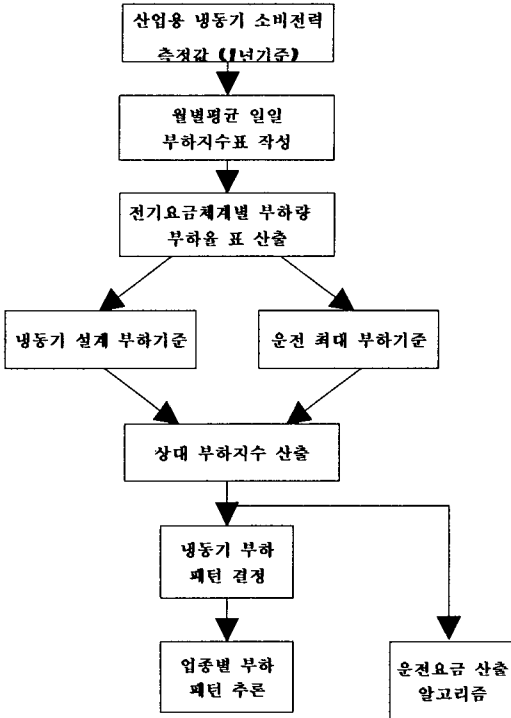


그림1 경제성평가 흐름도

프로그램의 전반에 걸친 계통도는 그림1과 같다. 그림에서 상대부하지수는 본 프로그램의 가장 기본적이면서 필수적인 부분으로 연간 측정된 산업용 냉동기 운전 파라미터, 특히 소비전력량을 토대로 월별 시간대 평균 값 및 연중 최고일의 시간대 값을 백분율로 환산(단위 없음)한 값의 분포를 나타낸다. 상대부하지수 표에 근거하여 냉동기의 용량을 선정하고 기본요금 계산의 중요 factor인 최대/평균소비전력, 축열전용 냉동기 용량 등이 산출된다.

운전요금산출알고리즘은 위에서 언급한 상대부하지수 결과를 활용하여 평가대상인 기존의 일반식(비축냉식 냉동기 단독운전) 대비 축열식에 대하여 심야전력요금을 포함하는 전력요금을 각 계약종별(농사, 일반, 산업용(감),(울),(병) 등), 축냉시스템 적용방식(전축열, 부분축열)에 따라 운전비를 비교, 산출하는 알고리즘이다. 운전요금 산출 알고리즘을 이용하여 비교 대상 시스템간의 운전비를 계산하여 그 차액을 산출한다.

## 2.2 상대부하지수 산출

그림2는 상대부하지수를 산출하는 과정과 이를 바탕으로 최대일, 최대 월 부하 및 주야간의 부하패턴 등을 정하고, 일반시스템 및 축열시스템 (전, 부분축열)에서의 냉동기 용량을 계산하며, 운전조건 등을 파악할 수 있는

계통도를 나타내고 있다.

본 프로그램 구성 중 상대부하지수 부분의 가장 중요한 것은 상대부하 지수표를 작성하는 것이다. 실제 취득되는 데이터를 근간으로 일련의 계산과정을 거쳐 상대부하지수표가 요구하는 데이터를 도출하여 정해진 양식의 엑셀 형태의 표로 작성 완료되어야 한다.

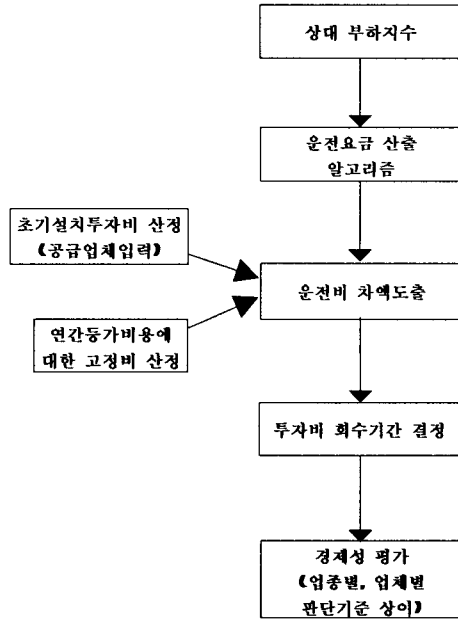


그림2 상대부하지수 산출

## 3. 경제성 평가 사례

경제성 평가를 위해서 실제 냉동기를 가동중인 업체를 선정하였다. 이 업체의 비축냉 설비에 대한 설계부하 및 운전부하, 비축냉 설비초기투자비 및 축냉도입시 설비투자비, 운전시간에 따른 전력요금, 연간 등가비용 등을 고려하여 평가 프로그램을 통해 전축열방식으로 평가한 결과는 표1과 같다. 참고로 본 업체는 축냉시스템 구현시 냉열을 저장하는 축열조를 기존 냉각수조 시설을 활용함으로써 초기투자비를 줄였는데, 만일 여기서 초기투자비에서 축열조 비용을 고려했다면 투자비 회수기간이 최대 약 2배로 증가했을 것으로 판단된다.

계산결과 표1과 같이 투자비 회수기간이 약 3.9년 정도로 추정되며, 이는 심야전력 적용에 따른 지원금을 포함한 산정결과다.

본 설비를 부분축열 시스템으로 설치하였을 경우는 전축열 시스템에 비해 상당히 다른 결과를 기대 할 수 있다. 부분축열 시스템을 적용했을 때의 평가결과는 표2와 같다. 여기서 투자비 회수기간이 상당히 단축된 것을 확인할 수 있다. 따라서 본 알고리즘을 적용한 프로그램 활용을 통해 고객의 축냉시스템 도입 검토 시 경제성 판정을 위해 투자비 회수기간을 제시함으로써 축냉기 보급확산에 매우 유용하게 활용될 수 있다. 실제적으로 산업용 전력요금체계를 살펴볼 때 경부하시간대의 전력요금이 중부하 혹은 최대부하시간대의 전력요금에 비해 상당히 높게 책정되어있어서 가능한 고객 스스로 경부하시간대에 최대한 전력사용을 하도록 하는 것이 보편적이다. 하지만 하계의 경우 냉동기 가동률이 높아 부득이

중부하, 혹은 최대부하시간대의 냉동기 가동이 불가피한 경우가 많다. 따라서 축냉시스템을 적절히 활용한다면 업체의 원가절감과 경쟁력 확보에 매우 유리할 것이 분명하다. 하지만 축냉시스템 도입 시 투자비회수기간이 2-3년 내에 이루어지지 않는다면 고객이 설비도입을 꺼려할 수도 있다. 따라서 투자비회수의 3가지 결정적 요소인 초기투자비, 지원금수준 및 운전요금을 포함하여 개발된 경제성 평가 프로그램은 전력수용가는 물론 전력회사에도 유익하게 활용될 것으로 기대된다.

제하는데 매우 유익하게 활용될 수 있다. 전력 부하평준화 효과가 매우 큰 축냉시스템의 보급 확대를 위해서는 관련정책수립, 적정 지원금수준, 축냉시스템의 고효율화 등과 함께 고객의 투자유인을 위한 경제성 평가가 매우 중요하다. 이런 의미에서 본 경제성 평가 알고리즘이 매우 유용하게 사용될 수 있으며, 축냉시스템 보급확대를 위한 전력부하평준화 효과를 증진시키는 데 크게 기여할 것으로 판단된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 한국전력공사, "수요관리기술 워크샵", 1999.10
- [2] 한국전력공사, "전기요금표", 2002.6
- [3] 전력연구원, "축냉시스템 설계/시공기준 및 최적운전 프로그램 개발", 1998. 6
- [4] Stoecker W F, Refrigeration and Air Conditioning, McGraw-hill, New York, 1958
- [5] 에너지관리공단, "수요관리법 조사연구", 2000.12

	수축열(300RT)	상온용(300RT)	비 고
초기투자비	397	38	초기투자비에서 축열조는 기존설비비용
연간운전비	14	65	
시스템수명	15-20년	15-20년	
주요열원	심야(갑)	산업용(병)	
지원금(한전+법인세)	159	0	
투자비차액/운전비차액	3.9년 (투자비회수기간)	기준	운전비 차액=> 상온용 대비

표1 전축열 설계기준 경제성  
(축열조비용 제외/업체 제공자료/단위 : 백만)

	수축열(300RT)	비축열(300RT)	비 고
초기투자비	300	150	부분축열시 전축열에 비해 냉동기규모 및 축열조 규모 감소/지원금 감소
운전비	28	65	
고정비	25	13	
연간운전비 (운전비+고정비)	43	78	
운전비차액	35	기준	
시스템수명	15 20년	15 20년	
주요열원	심야(을)	산업용(병)	
지원금 (한전+법인세)	80	기준	
순수초기투자비 (초기투자 지원금)	220	기준	
투자비 증가분	70	기준	
투자비차액/ 운전비차액	2년 (투자비회수 기간)	기준	운전비 차액 > 상온용 대비

표2 부분축열 설계기준 경제성(추정/단위 : 백만)

4. 결 론

지금까지 심야전력을 사용하는 산업용 축냉기기 도입을 고려하는 고객의 투자경제성을 판단할 수 있는 경제성 평가프로그램에 대해 기술하였다. 본 프로그램은 연간 비축냉 냉동기 실측데이터가 뒷받침될 경우 측정 데이터를 기반으로 기존설비를 새롭게 축냉시스템으로 대