

## 대형 냉동기 성능평가 기술

### Performance Test of Centrifugal Chiller and Absorption Chiller

고 회 환  
H. H. Koh  
범양냉방공업(주) 실험실



- 1955년생
- 전기공학을 전공하였으며 냉동공조 분야의 제어계측 및 실험설비 설계에 관심을 가지고 있다.

#### 1. 머리말

우리나라의 냉동 및 공조기기 시장은 지난 3년전부터 극심한 불황기를 겪고 있지만 '90년까지는 년10%이상 급팽창하는 시장의 신장세가 거의 10년 가까이 지속된 적이 있었다.

이때 급격히 보급된 냉동공조기에 의한 과도한 전력소비와, 국가의 기간산업인 발전설비 투자부진이 서로 맞물려 에너지 과소비의 주요인으로 지적되면서 제품의 성능, 특히 에너지 소비 효율(EER)이 문제되기 시작하였다. 산업용을 제외한 여름철 냉방용 냉방기 및 냉동기류는 1년중 2개월 정도만 집중적으로 사용됨으로 인하여 일시적인 피크(peak) 전력 문제를 야기시켰고, 이는 곧 전체적인 산업용 전력의 안정도를 위협하는 것으로 이어졌기 때문이었다.

이는 첫째, 냉방기나 냉동기류에서 소비되는 전력이 비교적 크고 여름철에는 거의 일정

한 시간에 한꺼번에 운전되는 특징을 피할수 없으며

둘째, 더 큰 원인으로는 국가의 장기적인 에너지수급정책\*의 불완전성 때문이었다.

이러한 에너지 수급문제와 관련하여, 자연스럽게 에너지 소비효율이 거론되기 시작하였으며, 이것은 매우 바람직스러운 현상으로 냉방, 냉동 및 공조기 업계와 관련해서는 다음과 같은 일이 구체적으로 진행되어 왔다.

첫째, '92년에는 룸에어컨 및 소형 패케지에어컨의 성능을 실측할 수 있는 공인 시험기관(공업기술원)의 시험설비가 가동되고, 전기용품 형식승인 규정에 따른 제품의 에너지 소비효율 등급 표시제도 시행에 의거, 공인 성능 시험 설비에서 공정하게 성능검정을 받은후 냉방능력, 소비전력, 에너지 소비효율(EER) 등의 표시사항을 승인받은 제품을 생산함으로써 소비자들은 보다 객관적인 품질평가를 받은 제품을 구매할 수 있게 되었다.

\* 注 충분한 여유를 가지고 추진되었던 발전소 건설사업이 과잉투자라는 잘못된 지적때문에 한동안 중지되었던 탓으로 여유 전력량이 거의없어 제한 정전까지 거론된적이 있었다.

물론 공인 성능시험설비가 생기기 이전에도 에어컨을 생산하는 각 회사마다 보유하고 있는 성능시험설비를 사용하고 있었으나, 제조 회사들이 제품 카탈로그에 표기해 놓은 냉방 능력과 소비전력은 공인 기관으로부터 보증받은 것은 아니었다.

제조회사마다 EER 표시등급을 높이기 위해 경쟁하다보니, 외국으로부터 효율좋은 냉매 압축기를 수입하게 됨으로써 냉방기 생산업체가 무역역조를 높이는데 한 몫 하게되는 부작용도 생기고 있으나, '92년부터 생산되는 7,100kcal/h 이하의 제품들은 그 이전보다 최소 15% 이상의 성능향상-소비전력 저감-이 되었다고 생각된다.

둘째, 이 글의 제목과 같은 대형냉동기의 성능평가에도 관심을 갖는 분위기가 조성되었다는 것이다.

그밖에도 공조기, 유도전동기, 대형 fan... 등 관심가져야 될 분야가 많지만 이 글의 주제와의 일이므로 생략하기로 한다.

## 2. 대형 냉동기 성능평가 현황

에너지 소비효율 면에서 보면 대량으로 보급되어있는 소형 에어컨의 성능향상도 중요하지만, 더 크게 중요한것은 대용량 냉동기의 성능향상이 아닌가 하고 생각된다. 소용량 냉방기기는 여름 한 철에만 사용되면서 피크전력 문제를 야기시키지만 이것은 발전설비의 여유만 있으면 해결되는 것이다. 물론 에너지 소비효율은 지속적으로 향상시켜야 함이 당연하다. 우리나라에서는 소용량 냉방기를 사치품목으로 간주하여 특별소비세를 물리고 있지만, 쾌적한 환경에서 살고 싶어하는 사람들의 욕구와 그 권리는 당연한 것이며, 일상 업무의 효율을 고려하면 냉방기기의 운전은 필수라고 할 수 있다.

그러나 원심식(터보)냉동기, 흡수식 냉동기(냉온수기), 칠러냉동기와 같은 대형 냉동기는 대형 건물의 중앙집중 냉방용 또는 산업용

으로 사용되면서 소형과는 비교되지 않는 대전력 또는 이에 상응하는 에너지를 소모한다. 특히 산업용 대형 냉동기는 거의 년중 내내 운전됨으로써 에너지 소비효율(COP·대형 냉동기의 에너지 소비효율은 COP로 정의한다.) 향상에 의한 에너지절감 효과는 매우 크다고 하겠다.

대형 냉동기 출하량의 대부분을 차지하는 흡수식 냉동기는 원심식(터보)과 비교하여 에너지 소비효율이 월등히 낮은 편이다(최대값으로 비교했을때 1/3이하). 흡수식은 구동하는 주 에너지로 경유나 도시가스등을 사용하므로 전기에너지에 비해 운전경비는 낮으나 에너지 소비효율(COP)은 개선되어야 할 점이 많다.

대형 냉동기 제조회사들은 모두 독자적인 제품규격과 성능시험설비를 갖추고 품질보증을 위한 성능시험을 실시하고 있지만 공인기관에서 객관적인 성능 검증을 받은 후 사용하는 신뢰성 있는 시험설비가 아니다. 이는 에어컨처럼 비교검정할 수 있는 국가 또는 단체의 인증 시험설비가 없기 때문이다.

시험설비를 잘 관리하고 신뢰성을 높이기 위하여 냉동기 제조회사들은 온도, 유량, 압력, 전기량등 중요 계측센서 및 측정기를 3차 교정기관으로부터 정기적인 검교정을 받은후 사용하고 있으나, 성능시험설비 시스템을 자체를 검교정받은 것이 아니므로 제품 수요자 입장에서는 만족하기 어려운것이 사실이다. 따라서 소비자들은 제조업자가 주장하는 제품 성능을 믿고 사용하는 수 밖에 없는 실정이다.

당분간은 어렵겠지만 중/대형 냉동기류의 인증 시험설비도 탄생된다면 급속한 냉동기 효율개선과 더불어 유도전동기 제조업체까지 직접 영향을 받는 등 그 파장이 매우 클 것이라고 본다. 객관적인 제품의 인증시험을 수검하기 위한 시행에는 많은 어려움도 따르고, 제조업체들이 특히 힘들겠지만 품질향상에 의한 수요자의 만족과 국가 전체적인 에너지 절

약 효과는 돈으로 계산되기 어려운 것이므로 시도해 볼만한 가치는 충분하다고 판단된다.

에어컨 공인 시험설비가 가동되면서 전기용품 안전관리법에 의한 냉방능력과 EER 표시사항이 구체적으로 시행되자 냉방기의 효율도 좋아지고 카달로그에 표기되는 수치가 제품의 실제능력과 거의 일치하는 현상들이 나타났었다. 대형 냉동기의 경우도 비슷할 것으로 본다.

위와 같은 내용을 생각하면서 '대형 냉동기의 성능평가 기술'을 소개하고자 하였다.

### 3. 대형 냉동기의 성능평가

우선 '대형 냉동기'라고 하면 너무 범위가 넓어지므로 다음과 같이 한정하여 '실험실에서 정격 냉동능력 평가'를 목적으로 기술하였다.

- 1) 일반 냉방용으로 사용되는 냉동용량 100 R/T 이상의 수냉식으로써 흡수식 냉동기(냉온수기), 원심식(터보) 냉동기, 각종 칠러 냉동기를 기준으로 하였다. 그러나 100 R/T 이하의 냉동기도 그 시험평가 방법은 기본적으로 같다.
- 2) 공냉식, 열 회수 방식등과 같은 것은 제외하였고 Field Test (예를 들어 수요자의 설치현장에서 시행하는 TAB시험)와 관련된 내용도 제외하였다.

#### 3.1 성능평가 시험기준

원칙적으로 우리나라 국가 규격인 K.S 기준에 의거하여 모든 성능시험을 행한다. 에어컨은 정격 성능시험 과정에 표준/과부하/저온조건등 온도기준과 기타 여러가지 시험조건이 규정되어 있으나, 대형 냉동기의 규격은 상대적으로 안전과 관련된 내용이 더 상세히 기술되어 있다. 정격 냉동능력 시험 자체는 비교적 간단히 측정할 수 있기 때문에 그러한 것 같다.

대형 냉동기는 수요자가 납품받기전에 시행

하는 입회검사시 제조업체 제품사양에 지정된 온도조건에 의한 냉각성능만 측정하므로 성능시험이 비교적 간단하다. 수요자 입장에서는 상세한 시험방법이 규정되어 있지 않거나 공인기관의 인증이 없어 성능보증에 대해 불만을 가질 수 있지만 현재로서는 제조회사를 믿는것 이외에 다른 방법이 없다. 그러나 대형 냉동기는 안전사고가 발생하면 그 파급범위가 커질수 있으므로 안전이나 내구에 관련된 사항에 대해서는, 각 제조회사 마다 매우 철저하게 최초 설계 단계부터 검사/시험하고 있으므로 안심해도 좋을것이다.

근래들어 수요자나 제조업체에서의 필요성을 감안하여 냉동공조 관련 협회에서 단체규격으로 시험방법이나 안전규격등을 제정, 책자로 발간하고 있음은 다행한 일이라고 하겠다. 이러한 일들이 발전하여 정식 인증규격이 되고 더 나아가 공인된 성능시험 평가 설비가 신설/운영된다면 수요자 품질과 성능에 대한 확실한 보증과 더불어 에너지 효율을 높이는 커다란 촉진제 역할을 할 것으로 기대된다.

우리나라 국가규격(K.S) 중 KS B 6270, 6271, 6275는 각각 원심식 냉동기, 흡수식 냉동기, 워터 칠링유닛등의 제품 규격을 나타낸다. 이것들의 내용은 모두 일본 국가규격인 JIS를 원문 그대로 번역해 놓은것이며, 우리나라에서 발행되고 있는 일부 단체규격들도 거의 동일한 형편이다.

냉동기 관련 JIS 규격은 일본의 관련 정부기관, 학계, 주요 냉동기 제조회사, 엔지니어링회사, 냉동공조설비 제조회회, 자동차/철도/냉동식품 공업회와 같은 냉동기 사용자등 각 부분의 전문가들이 냉동장치 전문위원회를 구성하여 심의한 후 만들어진 것이다. 어떤 JIS 규격 해설란에는 JIS 규격 제정시 ISO, ARI, ASHRAE등 관련 국제 규격을 참고하였다는 내용이 있었다.

국내 냉동공조 업계에도 우리 스스로 만든 제품 규격에 의해 제품도 만들고 우리 실정에 맞는 시험평가도 시행해야 되리라고 생각된

다. 더 발전적으로는 인증시험이 가능한 공인 시험설비까지 구비할 수 있다면 최상이겠다. 그리고 어떠한 규격 또는 기준이 만들어 진다면, 지금보다도 과감하게 각 부문의 실무경험이 많은 전문가들이 중심이 되는 방식이 되어야만 할 것이다.

**3.2 성능 시험설비의 특징**

대형 냉동기 성능 시험설비는 그 구조가 비교적 간단하다는데 특징이 있다. 다만 제품의 냉동능력이 대용량이므로 냉수/냉각수 펌프, 원심식 냉동기의 경우 수전설비, 흡수식 냉동기의 경우 연료(가스, 경유, 증기...) 공급설비가 커진다는 것 뿐이다.

냉동기의 성능시험을 위하여 시험설비에서 시운전을 할때 냉동기의 증발기측에서는 냉수(냉열부하)가 발생되고, 응축기측에서는 냉각수(방열부하) 수온이 상승하게 된다. 이러한 냉열부하를 서로 혼합시키는(냉수와 냉각수를 섞는다) 방법으로 성능시험을 한다. 냉각수로 제거해야 할 열량은 냉수측에서 발생하는 열량과 전동기(흡수식의 경우 오일버너의 연소열)에서 발생한 열량과의 차(差)이므로 냉각탑의 용량은 바로 전동기에서 발생한 열량과 같다.

따라서 원심식 냉동기 성능시험용 냉각탑은 그 크기가 의외로 작지만, 흡수식 냉동기와 겸용으로 사용하기 위한 설비를 할때에는 냉각탑의 용량이 상당히 커지게 되므로 주의해야 한다. 흡수식 냉동기의 에너지 소비효율은 매우 낮은 편이다. 시험설비의 용량은 냉동기의 효율과 반비례 한다. 즉 냉동기 효율이 낮으면 시험설비 용량은 커진다.

원심식과 흡수식의 시험을 겸용하기 위한 냉각탑설비 및 관련 시험설비의 설계/시공이 잘못되면 설비투자비 과대, 운전경비 상승, 유지보수비 과대, 제어계측 정도 저하등이 나타나게 된다. 국내에는 설계 및 시공 실적이 거의 없는 설비이므로 시험설비를 만들때에는 경험자의 조언을 얻는것이 좋을 것이다.

**3.3 시험설비 구조**

**(1) 냉각탑 및 급수설비**

다음의 그림1은 대형 냉동기 성능시험장치의 개략도이다. (2)에서 설명하는 제어계측 설비를 제외한 급수조, 냉수/냉각수 펌프, 냉각탑 및 배관설비를 보여주고 있다. 점선 부분은 시험용 냉동기를 나타낸다.

원심식 냉동기의 경우에는 대용량 수전설비, 흡수식의 경우 연료 공급설비 및 연료 유량계 등이 필요하나 그림에서는 생략하였다. 겨울철에는 냉수 및 냉각수의 온도가 낮아져 있을경우 물을 데우기 위한 증기공급이 필요하다. 성능 시험중에 낮아진 냉수의 온도는 냉각수를 섞어줌으로써 온도를 높이고 온도가 높아진 냉각수는 냉각탑에 의해 온도가 낮아진다.

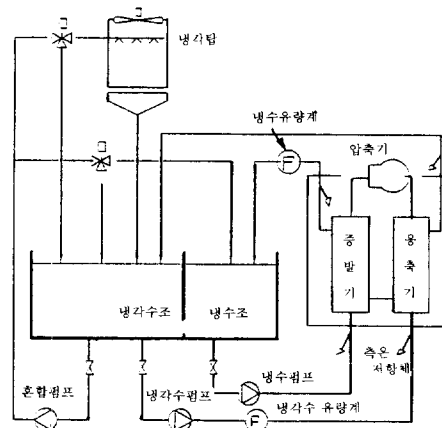


그림 1 대형 냉동기 성능시험장치 개략도

온도조절용 냉각수 공급으로 높아진 냉수조의 수위는 수위 조정용 구멍에 의해 (그림 1의 화살표시) 조정되며, 이때 냉수조에서 냉각수조 안으로 흘러 들어온 냉수에 의해 냉각수온이 낮아지도록 되어있다.

대형 냉동기의 시험설비는 투자비가 비싸고, 설비가 대용량이므로 여러개의 설비를 만든다는 것이 거의 불가능하다. 이것은 하나의 설비부품 또는 계측/계량기가 제어계측하는 범위가 매우 넓어져야함을 의미한다. 요구되는 측정정도를 만족하면서, 급수온도 제어를

쉽게하기 위해서는 제어용 밸브의 선정과 냉수/냉각수 유량계 선정에 주의가 필요하다.

(2) 제어계측 설비

그림 2는 제어계측설비의 개략도를 나타낸다. 측정개소가 적으면 하이브리드 레코더(hybrid recorder)만 단독으로 사용하던가 좀더 간편하게 컴퓨터와 연결하여 측정계산이 가능하도록 할 수 있다.

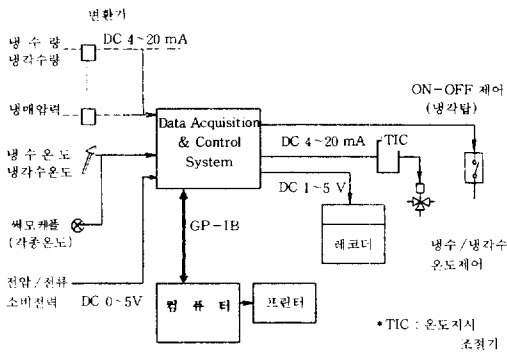


그림 2 제어계측설비 개략도

그러나 제어와 계측이 병행되어야 하거나 측정개소가 30개소 이상이면서 계속 증설이 필요할 경우 고속의 데이터 수집장치(data acquisition & control system)를 사용하는 것이 바람직하며, 이때 사용되는 레코더는 傾向分析에만 사용되므로 싼 가격의 것을 구입 사용해도 된다.

특히 신호 전송을 위한 별도의 변환기(D/A 또는 A/D converter)가 많아 질수록 '데이터 수집장치'를 사용하는 것이 경제적이다.

위 그림에서 보듯이 변환기 전송신호는 가능한 DC 4~20mA 전류신호를 사용한다. DC 1~5V와 같은 전압신호를 사용한 것이 비용이 더 저렴하지만 전기적인 노이즈가 많은 환경에서는 전류신호를 사용하는 것이 더 좋으며 신호 전송선이 단선되었을 때 즉시 검출할 수 있다.

온도측정 센서는 변환기를 사용하지 말고 직접 '데이터 수집장치'에 연결하도록 한다. 냉수 및 냉각수측의 정밀온도 측정용 '측온저

항(resistance temperature detector)'은 'Pt 100 Ω 4 선식 0.15급' 이면 무난하다. 측온저항체는 리드선 길이를 20~30m 정도로 사양을 정한 후 특수 주문하여 사용한다. 만일 더 긴 리드선이 요구될 때에는 온도 변환기 사용을 고려한다.

3.4 시험방법

냉동능력 시험을 하거나, 부분부하 특성을 시험하거나 기타 어떠한 성능시험을 하더라도, 측정자는 각종 시험조건에 맞는 상태가 될때까지는 정식 데이터 채취를 하여서는 안된다. 냉동기가 안정상태에 도달하기전에 측정 데이터의 샘플링을 행하면 오차가 커질수 있다.

개인적 경험으로는 1시간 정도의 안정상태를 유지한 후에는 단 몇 분 동안의 측정 데이터나 20분씩 4회를 측정한 데이터나 그 결과는 거의 차이가 없었다.

4. 마무리 말

이상으로 대형 냉동기의 시험평가 방법에 관해 알아 보았다. 그러나 기기의 선정 방법, 제어계측 방법, 성능시험용 컴퓨터 프로그램 방법등 실제 시험설비 설계시 필요한 사항들을 다루지 못하였다. 다음에 기회가 닿는다면 다루어 볼 계획이다.

수요자 품질도 만족시키면서 냉동공조 업계에서 보유하고 있는 시험설비를 인증할 수 있는 공인 시험설비가 탄생하기를 기대해 본다.

참 고 문 헌

1. KS B 6270 원심 냉동기
2. KS B 6271 흡수식 냉동기
3. KS B 6275 워터칠링 유닛
4. JIS B 8621 遠心 冷凍機
5. ARI 550 STANDARD for Centrifugal or Rotary Water Chilling Package

6. ARI 590 STANDARD for Reciprocating  
Water Chilling Package

7. ASHRAE 30 Methods of Testing Liquid  
Chilling Package