

에어콘 EER (Energy Efficiency Ratio) 성능평가기술

Performance Rating of Air-Conditioner EER

백 호 전

H. J. Paek

생산기술연구원 품질평가센터 표준계측부장



• 1936년생

최 준 영

J. Y. Choi

생산기술연구원 품질평가센터 연구원



• 1967년생

1. 머리말

에너지원의 대부분을 외국으로 부터 수입에 의존하고 있는 우리나라에서 에너지 절약은 중대한 국가적 과제이다. 세계적으로도 한정된 자원을 효율적으로 사용하고자 하는 노력이 활발히 진행되고 있는데 선진국에서는 이미 오래전부터 가정용 에어컨에 대한 에너지의 효율정도를 관리해 오고 있다. 미국의 경우는 제품의 EER(Energy Efficiency Ratio : 에너지소비효율)이 표시치의 95%이상인 되도록 관리해 오고 있으며, 제품용량별 EER의 규격을 자국제품뿐 아니라 수입품에도 적용하여 저효율의 냉방제품 사용을 규제하고 있다. 일본에서는 미국의 EER규격 대신에 SEER 규격을 제정하여 냉방제품의 에너지 소비효율을 규제하고 있다. 이에 반해 국내에서는 현재 KS규격에서 냉방능력과 냉방소비전력을 규제

함으로서 간접적으로 규제하고 있으나 KS승인품에만 적용되며 1993년 1월 1일부터 EER 등급표시의 의무화를 단계적으로 시행하고 있는 실정이나, 아직 제조기업이나 사용하는 소비자의 인식도가 부족한 실정이다. 따라서 에어컨의 EER을 관리, 규제할 수 있는 규격을 제정하여 제도화시킴으로써 제조업체로 하여금 EER의 표시를 의무화 시키고, 소비자가 에너지 절약형에어콘을 자연스럽게 구분, 선택할 수 있도록 하며, 또한 기업간의 경쟁력을 유발시켜 저전력소비형 에어컨의 개발을 적극 유도할 필요가 있다. 우리나라의 공조산업의 역사가 약 25년에 달하고 있으나 에너지 절약형 에어컨 제품 기술력이 아직도 일부 선진국에 비하여 미흡한 실정이다. 선진국의 경우, 에어컨의 에너지소비 효율화를 위하여 주로 압축기의 고효율화와 시스템의 고효율화를 추구하고 있는데, 압축기는 대개 작동방식을

기존의 왕복동식에서 rotary형식이나 scroll형식으로 변화시켜 압축기의 EER을 향상시키고 있으며, 소비전력의 감소를 위하여 압축기에 inverter control방식을 추가시키기도 한다.

생산기술연구원 품질평가센터에서는 1992년부터 한국전력공사 지원 기술개발 사업의 일환으로 “에어콘 EER (Energy Efficiency Ratio) 관리기술 및 에너지 절약형 에어컨 제품기술 개발”이란 과제를 수행중에 있다. 이러한 에어컨 EER평가·관리기술 개발을 통해 전력에너지 절감을 이룰 수 있으며, 이 효과로 여름철 악성부하인 에어컨 영향으로 인한 전력예비율이 감소되는 것을 방지하는데 도움을 주며, 또한 에어컨의 절전설계 기술개발로 인한 산업계 기술과급의 효과도 지대하리라 판단된다.

2. 국내 에어컨 EER 관련규격

2.1 단일규격의 제정

KS 규격비교에서 알 수 있듯이 전기용품안전관리법의 적용대상인 7.5kW 이하인 전기냉방기에 대해서는 KSB 또는 KSC의 어떠한 규격으로도 적용하기가 곤란하고, KS규격으로는 EER 규제를 할 수 없으므로 별도의 단일규격의 제정이 필요하게 되었다.

(1) 적용범위

실내의 쾌적한 공기조화를 목적으로 하여, 공기순환에 의하여 냉방을 하는 전기냉방기(난방 및 제습기능을 겸한 것을 포함)로서 일체형인 것(압축식 냉동기, 송풍기 등을 1개의 캐비닛에 내장한 것) 또는 분리형인 것(압축식 냉동기, 송풍기 등을 2개 이상의 캐비닛에 내장한 것)으로 전동기의 정격소비전력의 합계가 7.5kW이하, 전열장치가 있는 것에 있어서는 그 전열장치의 정격소비전력이 5kW 이하인 것에 대하여 적용한다.

(2) 냉방능력

냉방기를 표 1의 시험조건으로 냉방운전할

때 실내에서 단위시간당 제거할 수 있는 열량으로 제품에 표시된 값[kcal/h(W)]으로 한다.

(3) 냉방소비전력

냉방기를 표 1의 시험조건으로 냉방운전할 때 전동기로 인해서 소비되는 전력의 합계로 제품에 표시된 값[kcal/h(W)]로 한다.

(4) 냉방소비전력량

냉방기를 표 1의 시험조건에서 냉방운전하였을 때 측정된 1개월당의 평균 소비전력량으로 제품에 표시된 값[kcal/h(W)]으로 한다.

이 제품에 표시된 값은 다음에 명시된 방법으로 산출하였을 때, 시험에서 측정된 냉방소비전력량에 115% 이내이어야 한다.

- ① 측정된 소비전력량은 KS A 0021에 따라 소수점 1자리까지 구한다.
- ② 2대의 시험품 중 소비전력량이 많이 나오는 것을 적용한다.
- ③ 냉방소비전력 × (12시간 × 가동율 0.6) × 30일 = [kWh / 월]

(5) 에너지 소비효율

냉방능력과 그때의 냉방소비전력과의 비(냉방능력을 냉방시 소비전력으로 나눈 값)(kcal/Wh)로서 냉방소비전력 시험방법으로 시험하였을 때 시험품의 전동기에서 소비되는 전력의 합계로 나눈 것으로 제품에 표시된 값에 대하여 ±10%를 벗어나지 않아야 한다.

산출된 에너지효율은 KS A 0021에 따라 소수점 3자리까지 구한다.

$$EER = \frac{C}{H} \text{ 또는 } \frac{0.86C}{H}$$

여기서,

EER : 에너지소비효율

[kcal/Wh or W/W]

C : 정격냉방능력 [kcal/h or W]

H : 정격냉방소비전력 [W]

(6) 정미 전 냉방능력

냉동효과의 전달에 사용되는 2차 냉각매체로부터 냉매에 의해서 제거되는 단위시간당 열량 [kcal/Wh]으로 한다.

표 1 온도 및 습도, 수온 시험조건 (단위 : °C)

시험 조건	실 내 측 공기상태		실외측 공기상태 및 수온상태					
			공냉식인 것		수 냉 식 인 것			
시험 항목	건구 온도	습구 온도	건구 온도	① 습구 온도	냉방전용		냉·난방 겸 용	
					입구 수온	출구 수온	입구 수온	출구 수온
냉방 운전	27±1	19.5±0.5	35±1	24±0.5	30±0.5	35±0.5	18±0.5	29±0.5

주 ① : 습구온도가 실외측의 열교환에 영향을 미치는 것 (실외측 열교환기의 열원으로서 물통의 잠열을 이용하는 형식의 것)에 적용한다.

3. EER 시험 평가기술

3.1 열량 측정 시스템 개요

(1) 실험 열량계법(Balanced Ambient Room-type Calorie Metering Method)

일반적으로 balanced type으로 불리우고 있으며 전체적인 구성 및 동작은 다음과 같다.

실내측은 시험 에어컨에 의해서 냉각·제습되고, 공기조절장치에 의해서 표준 온도와 표준 습도로 가열·가습되어 균형을 이루며 이때 공급되는 열량과 습도를 측정한다.

실외측은 응축기에 의해서 가열·가습되며 공기조절장치에 의해서 표준 온도와 습도로 냉각·제습되어 균형을 이루며 이때 공급되는 열량과 습도를 측정한다.

실험 열량계법에 의한 시험장비는 실내측과 실외측에서 각각 측정 하여 결과 값을 얻으므로 측정치가 비교적 정확하나 안정시간이 길며 가격이 비싼 편이다.

① 평형식 실험 열량측정장치

평형식 실험 열량측정장치는 온·습도 만을 유지시켜 주는 실(室) 내부에, 공급량을 측정할 수 있는 히터, 냉각기, 가습기, 제습기가 장치된 내부 실(室)이 설치되어 있으며 주로 작은 용량의 에어컨시험에 적합하다.

② 교정식 실험 열량측정장치

교정식 실험 열량측정장치는 평형식 실험

열량측정장치에 외부 실이 없는 상태이므로 누설되는 열을 단열상수를 구해 계산해 주어야 하고, 그렇게 함으로써 정확한 능력이 구해질 수 있다. 현재는 거의 채용되지 않는 구조이다.

(2) 공기엔탈피법(Air Enthalpy Method)

일반적으로 psychrometric type 으로 불리우고 있으며 일반적인 에어컨 이외에 자동차 에어컨의 시험에도 사용되는 방법이다. 시험품 흡입공기 엔탈피와 토출공기 엔탈피와의 차, 그리고 풍량을 측정 한 후 그 값에 근거한 냉방능력 혹은 난방능력을 구하게된다.

공기의 엔탈피는 습구온도와 건구온도를 측정하여 습·공기선도로 부터 구할 수 있으며, 이러한 방법은 안정시간이 비교적 짧게 소요되므로 제품 개발용에 적합하고 비교적 가격이 저렴한 편이며 간단한 구조인 경우 실내측에서만 성능을 측정하는 구조의 것도 있다.

이러한 방법의 시험장비는 시험용 에어컨에 의해 순환되는 공기의 건구온도, 습구온도 그리고 풍량을 측정할 수 있는 Code Tester 가 필요하며 다음과 같은 종류가 있다.

- 터널형 공기엔탈피법 시험장치
- 루우프형 공기엔탈피법 시험장치
- Calorimeter형 공기엔탈피법 시험장치
- Room형 공기엔탈피법 시험장치

본원에 설치한 열량측정 시험장치는 일반적으로 냉방용량이 큰 패키지 에어컨 전용인 psychrometric type으로서 특성 및 사양은 다음과 같다.

- 형 식 : psychrometric type
- 측정범위
 - 냉방능력 : 4,000~25,000 kcal/h
 - 난방능력 : 4,000~28,000 kcal/h
 - 실내측 풍량 : 8~140 m³/min
 - 실외측 풍량 : 16~200 m³/min
 - 실내측 온도 : 10~50°C (±0.1°)
 - 실내측 습도 : 20~90% (노점온도 8°C)
 - 실외측 온도 : -10~50°C (±0.1°)
 - 실내측 습도 : 20~90% (노점온도 8°C)

- 평형시간 × 2 (양계분)
 - 무부하시 : 40분 이내 · 사이분 : 700(W) × 1,800(H)
 - 최대부하시 : 90분 이내 × 1 (편계분)
 - 크기 (mm)
 - 출입문 : 1,400(W) × 2,000(H) · 시험용창 : 800(W) × 800(H)
- 열량측정 시험장치 개략도는 그림 1과 같다.

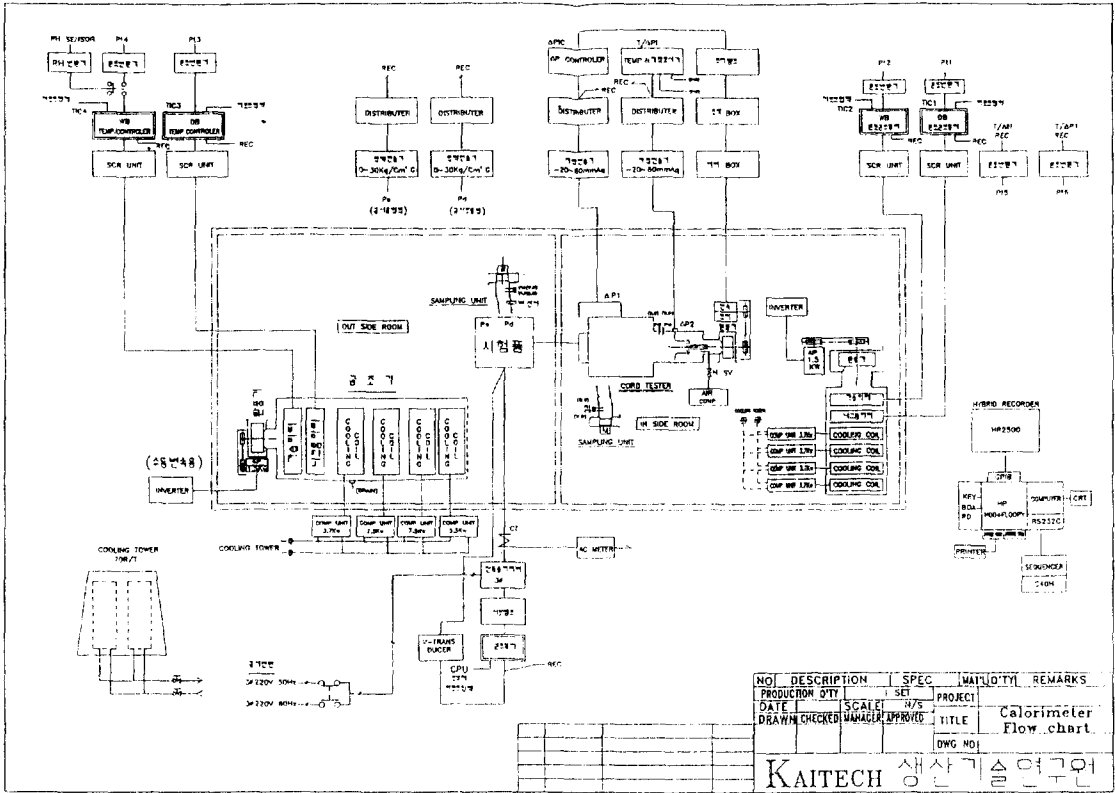


그림 1 열량측정 시험장치 개략도

3.2 열량 측정 시스템 교정

(1) 실내·외측 온도분포

① 측정방법

그림 2와 3에 보인 바와 같이 실 내부에 온도센서 (T-type 0.3φ 열전대)를 9점에 설치하여 온도지시, 조절 및 분포상태를 측정하고 습도의 지시 확인을 위하여 건·습구센서 박스 내부에 표준습도센서를 함께 설치하여 지시 비교 측정한다.

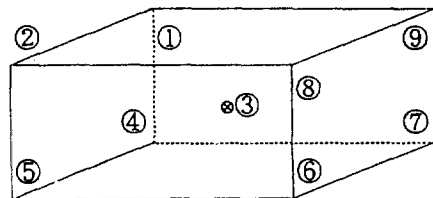


그림 2 온도측정점

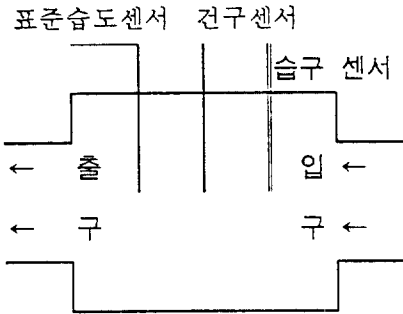


그림 3 습도측정점

② 실내측 온도분포

	건 구 온 도			습구온도/습도	
	지시상태	조절상태	분포상태	지시상태	조절상태
표준치	26.8°C	26.8 ± 0.3°C	26.8 ± 0.2°C	19.5°C	46% RH
지시치	27.0°C			19.4°C	±3% RH

③ 실외측 온도분포

	건 구 온 도			습구온도/습도	
	지시상태	조절상태	분포상태	지시상태	조절상태
표준치	34.6°C	34.6 ± 0.5°C	34.6 ± 1.2°C	27.0°C	36.6% RH
지시치	35.0°C			27.0°C	±3% RH

3.3 시험분석

1993년 국내 기업의 제품들을 시험한 결과, 냉방능력별 각 제품의 EER을 그림 4에서 나타내고 있다.

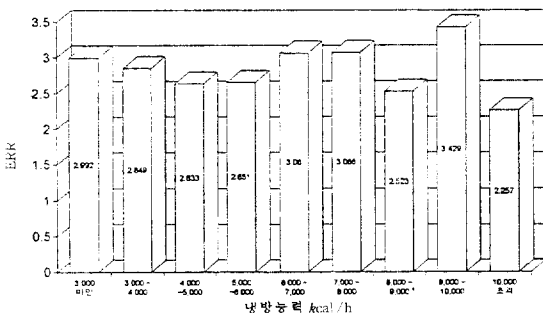


그림 4 1993년도 냉방능력별 에어컨 EER

1. 위의 표는 동일회사, 동일형식, 동일규격 범위내 에서는 EER 수치가 높은 것을 채택하여 작성함.
2. 냉방능력의 단위는 (kcal/h) 임.
3. 위 결과는 1993년 1월 부터 9월 까지 시험한 결과임.
4. 9,000~10,000 kcal/h 의 EER 은 수냉식 에어컨임.

그림 4에서 보듯이 EER 이 가장 좋은 기종은 냉방능력이 9,000~10,000 kcal/h 기종이고, 일반적으로 6,000 kcal/h 이상인 마루거치형 기종의 EER 이 높게 나타났다. 이는 마루거치형의 수요가 증가하면서 각 기업들이 이 기종에 대한 연구개발을 가속화하고 있음을 알 수 있다. 그림 5는 최근의 년도별 평균 EER 변화를 나타내고 있으며, 이를 보면 매년 15% 정도의 EER 증가가 이루어짐을 알 수 있다.

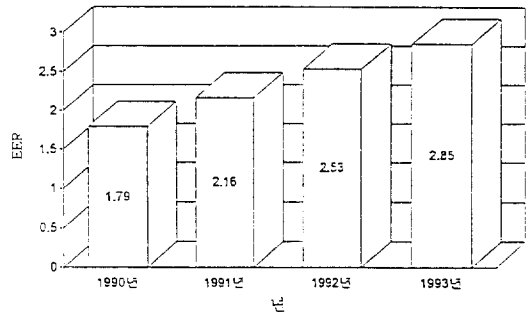


그림 5 년도별 평균 EER

4. 맺음말

생산기술연구원 품질평가센터에서는 에어컨 EER 시험 및 소비전력시험방법을 구축하였으며, 장비관리기술로는 열량측정 시험장치의 설계이론, 계측이론, 장비교정, 유지관리 기술을 개발하였다.

EER 표시를 의무화 시킴으로써 1991년 이전에 비해 평균 EER 의 상승폭이 뚜렷이 증가하였는 바, 이는 EER 표시를 의무화 함으로써 제조기업에서는 판매실적에 직접적인 영

향이 미칠 것이 예상되어 절전형 에어컨 개발에 노력을 경주하고 있음을 알 수 있다. 그러나, 개발된 에어컨의 EER 을 정확히 측정, 관리할 수 있는 기술은 아직 미비한 상태로서 앞으로 개선해 나아가야할 부분이다.

참 고 문 헌

1. 김영호, "공기조화 설비", 보문당, pp 103 ~172, 1991
2. 山田治夫, "냉동공기조화", 양현당, pp 285 ~297, pp 64~83, 1991
3. 한국냉동공조기술협회, "냉동공기기술", 한국냉동공조 기술협회, pp 1~12, pp 33~35, pp 78~96, 1991
4. 손병진, "유체역학", 회중당, pp 78~96, 1991
5. 石渡憲治, "冷凍空調實務讀本", 오름사, pp 26~36, pp 37~57, 1986
6. 冷本清康, "空氣調和工學", 産業圖書(株), pp 17~21, 1980
7. Gordon J. Van Wylen, Richard E. Sonntag, "Fundamentals of Classical Thermodynamics SI Version 2ed", John Wiley & Sons Inc, pp 85~192, 1978
8. Hermann Schlichting, "Boundary Layer Theory", Mc-Graw Hill, pp 5~20, 1968
9. G. K. Batchelor, "An Introduction to Fluid Dynamics", Cambridge University Press, pp 20~36, 1967
10. Faye C. McQuiston, Jerald D. Parker, "Heating, Ventilating, and Air Conditioning Analysis and Design", John Wiley & Sons, pp 11~42, 1982
11. ASHRAE, "Standard Methods for Laboratory Air-Flow Measurement", ANSI /ASHRAE 41.2 - 1987
12. ASHRAE, "Standard Method for Temperature Measurement", ANSI /ASHRAE 41.4 - 1986
13. ASHRAE, "Methods of Testing for Rating Unitary Air-conditioning and Heat Pump Equipment", ANSI /ASHRAE 37 - 1988
14. ASHRAE, "Methods of Testing for Rating Room Air-Conditioners and Packaged Thermal Air-conditioners", ANSI /ASHRAE 16 - 1988
15. ASHRAE, "Standard Method for Measurement of Moist Air Properties", ANSI /ASHRAE 41.6 - 1982
16. ASHRAE, "Standard Method for Pressure Measurement", ANSI /ASHRAE 41.3 - 1989
17. ASHRAE, "Methods of Testing for Rating Heat Operated Unitary Air-conditioning Equipment for Cooling", ANSI /ASHRAE 40 - 1986
18. JIS, "Testing Methods for Unitary Air Conditioners", JIS B 8615 - 1984
19. 일본냉동공조공업회, "RAC 2 Room 에어컨 성능시험 방법세칙", 일본냉동공조공업회
20. ISO, "Testing and Rating Room Air Conditioners", ISO Recommendation R859
21. British Standard Institute, "Specification for Rating and Testing Room Air - conditioner", BS 2852 - 1970
22. Standard Association of Australian Standard, "Refrigerated Room Air Codnditioners", AS 1861 - 1981, UDC 669.975
23. Standard Association of Australian Standard, "Air Conditioning Units- Methods of Assessing and Rating Performance : Part 1 - Refrigerated Room Air - Conditioners", AS 186.1 - 1988
24. ARI, "Standard for Air - source Unitary Heat Pump Equipment", Standard

240- 1977

25. JIS, "Room 에어컨 testing", JIS C 9612 - 1989
26. 한국전력공사 기술연구원, "히트펌프방식 냉온방용 에어컨 설비의 적용에 관한 연구", 1985
27. Cravalho & Smith, "Engineering Thermodynamics", Pitman, pp 15~32, pp 521, 1981