멀티형 에어컨의 기간에너지소비효율 평가규격에 관한 연구

박 윤 철†, 문 제 명*, 홍 주 태*
제주대학교 기계에너지생산공학부, *삼성전자 시스템가전사업부

An Overview on Standards for Seasonal Performance Evaluation of Multi-type Air Conditioners

Youn Cheol Park†, Je-Myung Moon*, Ju Tae Hong*
School of Mechanical Engineering, Cheju National University, Jeju 690-756, Korea
**Digital Appliance Network Business, System Appliances Division, Samsung Electronics, Suwon 442-742, Korea*

(Received April 3, 2003; revision received December 18, 2003)

ABSTRACT: Energy efficiency evaluation method for a multi-type air conditioning system still has not been developed. In this study, analysis on capacity range and evaluating method of standards for air conditioners was conducted with world-wide Standards. It is not a proper approach to use the standards for residential air conditioner to multi type air conditioners. Some difficulties and problems are commented in this study with overview of the standards. Through the analytic research, an evaluating method for multi type air conditioner was suggested with Integrated Part Load Value (IPLV). The suggested concept for evaluating energy efficiency during part load condition considers building load pattern and operating hours of the system at different locations. Load was weighted in IPLV to consider not only the concept of occurrence of outdoor temperature such as bin method but also operation hours of the system.

An experiment about the IPLV was conducted with variable air volume ducted type air conditioning system and multi-type system through modified code tester to give a glance at quantitative value of the IPLV.

Key words: Seasonal energy efficiency ratio(계절성능, SEER), Mult-type air-conditioner(멀티형 에어컨), Standard evaluation(표준평가), Rule making(규격제안), IPLV(적분부분부하계수)

1. 서 론

국가간의 무역거래가 WTO(World Trade Organization) 환경체제로 급변하는 국제적 흐름에서 무역분쟁은 개별국가에게는 국가 전반에 큰 영향을 미치는 경제적 문제로 인식되고 있다. 국가간의 무역관련 규약인 WTO 체제에서는 각국의 제품규격이 통일되어야만 상호 수출과 수입이 자유로운 WTO 정신을 추종하는 무역거래가 이루어질 수 있다. 따라서 WTO는 무역뿐만이 아니라 제품규격에도 지각변동을 일으키고 있으며, 국제적인 경쟁력 강화를 위하여 우리나라에서도 WTO 무역체제에 부합하는 규격국제화에 많은 노력을 기울이고 있다. 국가규격의 국제규격 일치화는 APEC(Asia Pacific Economic Cooperation ; 아시아태평양경제협력체)의 SCSC(Sub Com-

† Corresponding author
Tel.: +82-64-754-3626; fax: +82-64-756-3886
E-mail address: ycpark@cheju.ac.kr

mittee on Standards and Conformance ; 표준적합소위원회)의 국가간의 오사카 행동계획에 의거 선진국은 2005년까지, 개도국은 2010년까지 일치화 사업을 추진키로 하였다.

일치화 사업의 효율적인 진행을 위하여 우선추진대상 분야를 선정하여 달성 목표연도를 앞당기는 활동을 수행하고 있다.[1] 우선추진대상 분야는 현재 교역량이 가장 많은 품목을 기준으로 선정되었으며, 에어컨 및 냉장고도 4대 국제규격 일치화 우선추진대상 품목으로 선정되었다. 우리나라에서도 이러한 WTO 협정과 APEC/SCSC에서 권고하는 바와 같이 KS 규격을 2010년까지 국제규격과 일치 또는 수정 부합화시키기 위하여 2000년부터 중장기 계획을 수립하여 추진하고 있다. 중장기 계획에 의하면 2010년까지는 우리나라의 규격의 80% 이상을 국제규격의 수준으로 끌어올리려고 노력하고 있으며, 산업자원부의 기술표준원을 중심으로 진행하고 있다.

국제적으로 가장 공신력이 있는 규격은 ISO (International Organization for Standardization ; 국제표준화기구) 규격, IEC(International Electrotechnical Commission ; 국제전기기술위원회) 규격 및 ITU(International Telecommunication Union) 규격 등이다. 이 규격들은 유럽이 경제적으로 통일됨으로써 그 위상이 더욱 높아진 것이며, 특히 IEC 및 ITU 규격은 최근의 텔레커뮤니케이션의 기술의 발달로 규격의 수가 날로 증가하고 있는 분야이다.

국제규격은 다수의 국가가 채용하고 있는 규격이 국제규격이라고 고집하던 미국마저도 자국의 규격을 대폭적으로 ISO 규격으로 전환하고 있다. 이러한 이유는 산업구조의 급격한 변화와 WTO 체제의 무역거래환경 아래에서 지역적인 자국 규격만을 고집할 경우에는 시대적 흐름에 따라가지 못하고 국제적으로는 상품의 경쟁력을 상실하여 판매시장을 잃을 수도 있기 때문이다.[2]

본 연구에서는 WTO 체제하에서 KS 규격의 국제규격화에 대비하여 국제규격 일치화 사업의 우선추진대상 품목인 공기조화 냉동 분야에서 최근에 새롭게 개발된 멀티형 에어컨의 규격제정의 방향을 제시하고 이를 평가하고자 한다.

2. 에어컨의 효율평가규격

2.1 국제규격의 개정방향

미국은 공기조화 및 에어컨 분야의 규격을 제정하던 ARI(Air Conditioning and Refrigeration Institute)가 국제규격제정 작업에 여러 형태로 참여하여 자국의 상품에 유리한 조건을 규격에 반영시켜 제품의 수출경쟁력을 향상시키기 위하여 노력하고 있다.[3] 공기조화기와 관련된 일례로

Table 1 Standards for air conditioner in the world

Standard	Title
ISO/DIS 5151	Non-ducted air conditioners and heat pumps－Testing and rating
ANSI Z 234.1	Room air conditioners (AHAM RAC-1)
ANSI/ASHRAE 16	Method of testing for rating room air conditioners and packaged terminal air conditioners
ANSI/ASHRAE 116	Method of testing for seasonal efficiency of unitary air-conditioners and heat pumps
ASHRAE 58	Method of testing for rating room air conditioner and packaged terminal air conditioner heating capacity
ARI 210/240	Unitary air conditioning and air source heat pump equipment
BS 2852	Testing for rating of room air-conditioners
AS 1861.1	Refrigerated room air conditioners
CSA C 368.1-M 1980	Performance standard for room air-conditioners
JIS C 9612-1994	Room air conditioners
JIS B 8616	Package air conditioners
KS C 9306	Air conditioner
KS B ISO 5151	Ductless air conditioner and heat pump

ARI는 두 개의 국제규격인 ISO 13256-1과 ISO 13256-2를 자체규격으로 수용하였으며, 이 규격은 ARI Standard 320, 325 및 330의 세 가지 규격을 포괄적으로 포함하는 규격이다. ARI가 ISO의 규격을 받아들이거나 ARI가 국제규격제정에 참여하는 것은 두 가지 관점에서 자국 내의 산업체에 큰 영향을 미친다. 첫째는 ARI 규격이 국제화되어 기존의 영국단위가 국제단위계(SI)로 전환되는 것이며, 둘째는 국제규격을 ARI가 받아들임으로써 자국의 상품을 다른 나라에 쉽게 수출할 수 있는 것이다.[4]

한국과 일본의 경우에도 자국의 규격을 국제 ISO 규격과 맞추어 가기 위하여 ISO 규격을 자국규격으로 수용하는 경우를 완전수용(IDT, identical), 부분수용(MOD, modified) 및 비동등(NEQ, not equivalent)으로 구분하여 규격번호 뒤에 KS B ISO 5151(ISO/IEC 5151, IDT)와 같이 영문 이니셜 기호로 표기하고 있다. 예로 나타낸 창문형 에어컨의 국제규격은 IDT로 나타낸 바와 같이 수정 없이 한국 KS 규격으로 제정된 것임을 알 수 있다.

각국에서 사용되는 각종 에어컨 관련 규격은 Table 1과 같다. Table 1의 규격 중에서 한국의 KS는 온도기준을 화씨온도를 섭씨온도로 변화하여 사용하며, 미국의 AHAM 및 ARI, 캐나다의 CSA 등은 화씨온도를 사용하고 있으며, 국제규격인 ISO, 일본의 JIS, 호주의 SAA 등이 섭씨온도를 사용하고 있다. 따라서 상호 상이한 온도기준으로 만들어진 규격의 경우에 규격조건에서의 성능실험을 위해서는 실험설비가 섭씨온도 기준으로 설치된 경우에는 화씨온도를 맞추기 위하여 소수점 이하의 온도까지 설정하여야 하는 불편함을 가지고 있다. 이와 같은 규격의 차이로 인한 불편을 해소하기 위하여 기존의 공학단위를 SI 단위로 통일하려는 노력을 기울이고 있으며, 지난 1999년 12월 31일을 기점으로 모든 규격을 SI 단위로 적용하려는 움직임이 있었으나 미국의 강력한 반대로 무산되었고 2010년 이후로 연기되었다.[5]

2.2 멀티형 에어컨에 관한 기초규격

Table 1의 규격 중에서 에어컨의 연간 에너지 소비효율을 규정하고 있는 규격은 ARI 210/240, AHRAE 116, JIS C 9612 및 KS C 9306 등이다. 이러한 규격을 시스템별로 구별하면 Table 2와 같다. Table 2에서 AHAM RAC-1, KS B ISO 5151 및 ISO 5151 등은 창문형 에어컨의 성능실험조건을 명시한 규격이며, ISO 13253, ARI 210/240, JIS B 8616 및 KS C 9306은 패키지형 에어컨의 성능실험 및 평가방법에 대한 규격이다.

하지만 하나의 실외기에 대하여 다수개의 실내기가 연결된 멀티형 에어컨에 대하여는 아직 정확한 규정이 없는 실정이다. 현재까지 복수개의 실내기를 갖는 멀티형 에어컨에 대한 규격은 가정용, 상업용 및 산업용 수냉식 혹은 공랭식 응축기를 갖는 제품에 대한 일본의 JIS B 8616이 유일하다. 이 규격에서는 응축기가 수냉식일 경우와 공랭식의 경우에 모두 적용할 수 있으며, 정격냉방 소비전력이 3 kW 이상이고 정격냉방용량이 28 kW 이하인 제품에 대한 규격이다. ISO 13253을 기준으로 만들어진 덕트형 규격(JIS B 8615-2)의 경우에 표준시험 조건은 3가지 온도로 구별하고 있으며, 이때 모든 실내기는 동시에 운전된다는 가정 하에 정격성능시험 조건을 제시하였다. 덕트 없는 에어컨과 열펌프를 ISO 5151을

Table 2 Classification of air conditioner

Nation	Title	Standards No.
ISO	Non-Ducted A/C and HP	ISO 5151
	Ducted A/C and HP	ISO 13253
USA	Room A/C	AHAM RAC-1, ASHRAE 16
	Unitary A/C	ARI 210/240, ASHRAE 116
JPN	Room A/C (Power < 3 kW, Capacity < 10 kW)	JIS C 9612
	Package A/C (Power > 3 kW, Capacity < 28 kW)	JIS B 8616
KOR	Ductless A/C and HP	KS B ISO 5151 (IDT)
	Air conditioner	KS C 9306

기준으로 만들어진 JIS 규격은 JIS B 8615-1이다.

일본의 JIS B 8616에 대응하는 한국의 규격은 KS C 9306이며, 정격냉방 소비전력이 13 kW 이하이고 정경냉방능력이 35 kW 이하인 제품에 적용되는 규격이며 멀티형 에어컨은 대상에서 제외하였다.

멀티형 에어컨과 같이 한대의 실외기에 두 개 이상의 실내기가 연결되어 운전될 경우에 각 실내기는 하나의 온도조절기에 의하여 제어될 수도 있으며, 각각의 실내기가 별도의 온도조절기에 의해서 제어될 수도 있다. 현재는 이 두 경우에 대하여 별도의 실험규격을 가지고 있지 않으며, 계절성능의 계산 또한 모든 실내기가 동시에 운전된다는 가정 하에 이루어지고 있다. 기존의 덕트를 통한 VAV(variable air volume) 방식을 사용한 중앙냉난방 공급방식에서 적용되던 존(zoning)의 개념과 같이 각 실(room) 혹은 각 실내기 중의 일부를 사용하지 않는 등의 개별제어가 가능한 멀티형 시스템에 적용할 규격은 아직 제정되지 않고 있다.

3. 현행규격의 문제점

3.1 인용규격의 혼재

기존의 KS 규격은 일본의 JIS 규격을 수정하여 KS 규격으로 제정하는 경우가 다반사였으나 최근에는 ISO 규격을 참조한 규격이 혼재하여 기호, 제품의 정의 및 적용범위 등이 명확하지 않은 상황에 있다. 예를 들어 2002년에 제정된 KS B ISO 5151(IDT)의 경우는 ISO 5151을 그대로 도입하면서 지금까지 시스템의 용량기준으로 규격의 적용 제품군을 구분하였던 1999년의 KS C 9306의 체계를 흔드는 결과를 초래하였다. 따라서 국내에서 시판중인 창문형, 벽걸이형, 스탠드형, 멀티형 및 모듈 멀티형 등으로 다양해지는 제품군에 대한 명확한 적용기준이 없으며, 규격이 변경됨으로써 제품의 적용범위가 바뀌었지만 아직도 기존에 기준을 그대로 사용하고 있는 실정이다. 단지 창문형의 경우에는 KS B 5151 IDT가 새로이 제정된 것이다. 일본의 경우에 ISO 5151의 경우는 JIS B 8615-1에서 흡수하고 있으며, 일반 패키지 에어컨의 경우는 JIS C 9612에서 다루고 있다.

3.2 새로운 제품에 대한 규격부재

국내에서 개발되는 대부분 가정용 에어컨의 성능실험은 KS C 9306을 적용하고 있으며, 다수개의 실내기를 구비한 멀티형 에어컨의 경우에도 같은 규격으로 성능실험을 수행하고 있다. 멀티형 에어컨은 한대의 실외기에 복수의 실내기가 연결된 형태로서 KS C 9306 규정의 1항 "적용범위"에서 벗어나는 제품이다. 즉, 동 KS 규정을 적용할 수 없는 항목으로 분류되어 있는 e)항의 "분리형으로서 실내측 유닛과 실외측 유닛이 1 : 1로 대응하지 않는 것(multi-type)"에 해당하는 제품이다.

이것은 규격의 해설에서 『본 규격서는 전동기를 사용하는 ~ 분리형으로 복수 조합인 것(예를 들면 실외측 유닛 1대와 실내측 유닛 2대 이상을 조합하여 사용하도록 처음부터 전용 설계된 multi type인 것)은 시험방법을 다시 검토할 필요가 있기 때문에 본 규격서에서 제외하였다』라고 언급한 바와 같이 멀티형 에어컨에 대한 시험규격으로서 KS C 9306의 적용을 유보하고 있다. 규격의 부재로 인하여 멀티형 에어컨의 성능실험 규격으로 KS C 9306 규격을 각 제조사가 사용하는 것은 잘못된 규격적용으로 볼 수 있다. 따라서 새로 개발된 제품의 정확한 성능비교와 제품의 신뢰성을 확보하기 위해서는 빠른 시일 내에 합당한 제품규격이 마련되어야 한다.

3.3 온도발생빈도 측정의 부정확성[6]

KS C 9306에서 냉방계절성능계수를 구하기 위

Table 3 Distribution of fractional cooling hours in temperature bins

No.	Temp. [℃]	Time [hr]	No.	Temp. [℃]	Time [hr]
1	24	85	9	32	35
2	25	94	10	33	24
3	26	105	11	34	14
4	27	101	12	35	9
5	28	82	13	36	4
6	29	65	14	37	3
7	30	59	15	38	2
8	31	50	Total		732

Table 4 Regional air conditioner operating hours

Region	Hours over 24℃ during cooling season														
	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
Seoul	168	268	348	248	224	132	176	108	104	24	36	16	4	0	0
Busan	208	212	240	260	216	188	128	156	56	40	36	4	0	0	0
Daegu	120	180	204	220	264	188	152	124	124	152	44	40	20	20	12
Daejeon	216	184	236	244	244	196	156	136	116	68	44	32	16	8	0
Incheon	304	364	296	244	140	124	132	64	44	28	4	4	0	0	0
Mokpo	216	224	232	288	212	164	156	152	76	44	32	32	4	0	0
Gangrong	224	168	228	220	96	124	104	84	68	44	36	8	4	0	0
Total	1456	1600	1784	1724	1396	1116	1004	824	588	400	232	136	48	28	12

하여 사용하는 냉방기간중 냉방을 필요로 하는 각 온도의 발생시간을 나타내는 Table 3은 1992년 「전기공조기의 사용기간별 에너지효율 시험방법 및 산출방법」에서 제시된 온도자료로써 에어컨을 켜야 한다고 판단되는 온도의 발생시간을 측정한 것이다. 이때 측정지역은 서울, 대전, 대구, 강릉, 인천, 부산, 목포로 현재 표준기상자료로 삼고 있는 제주는 제외되어 있는 등 실제와 차이를 보이고 있어 냉방필요온도의 발생시간이 부정확할 가능성이 있다. 따라서 계절성능에 중요한 변수 중의 하나인 빈온도에 대한 발생시간을 현재의 표준기상자료와 비교하여 최근의 자료로 수정할 필요성이 있다.

이러한 이유로 현재의 1999년 개정된 KS C 9306에서 기간에너지소비효율은 규정되어 있지 않으며, 참고사항으로 "이 부속서는 본체에서 규정하고 있는 냉방 및 히트펌프 난방겸용 에어컨의 관련기술개발 및 보급을 촉진시키고, 향후 규격 개정에 대비하기 위하여 냉방·난방 기간 에너지소비효율과 냉방·난방 기간 월간 소비전력량 시험방법 및 산출방법을 보충 설명하기 위한 것으로 규격의 일부가 아니고, 참고자료로만 사용된다"라고 기술되어 있다. 즉, 현행 규격으로는 국내 에어컨 제품에 대하여 기간에너지소비효율은 정의할 수 없는 것이다. 이는 국내 에어컨의 수출에 큰 영향을 미칠 수 있으며, 조속한 시일 내에 규격 개정이 수반되어야 하는 이유 중의 하나이다.

지금까지 사용되었던 Table 3의 냉방온도 발생시간은 Table 4에 나타낸 바와 같이 KS C 9306의 해설서 온도빈(bin)의 값으로 변경되어야 하지만, Table 4의 온도빈도 특정 도시를 기준으로 작성된 결과이므로 대표적인 기상자료의 선정, 대표도시의 확대 혹은 평균적인 자료 등으로 개정되어야 하며, 이에 관련된 연구가 이어져야 할 것이다.

3.4 용량가변형 시스템의 분류체계의 문제점

KS C 9306에 규정된 계절성능 계산시의 적용하는 분류체계인 정속도 단 압축기형, 능력가변형 및 2압축기형 에어컨 및 회전수 제어형으로 분류되는 압축기의 조합은 현재의 기술개발수준을 제대로 반영하고 있지 못한 규정으로써 능력가변형 에어컨과 회전수 제어형 에어컨은 부하의 변동에 대하여 시스템의 능력이 부하를 추종할 수 있는 시스템으로서 시스템의 관점에서 그 차별성을 찾을 수 없는 제품이다.

또한 2압축기형(tandem air conditioner)의 경우에 하나의 압축기를 용량가변형(호칭이 능력가변형 혹은 회전수 제어형에 상관없이)으로 사용한 경우와 2개의 정속압축기를 사용한 경우 혹은 하나는 2단 압축기를 사용하고 하나는 정속압축기를 사용하는 것과 같이 여러 가지 조합이 발생할 수 있다. 이때 하나 이상의 용량가변형 압축기를 사용할 경우에는 부하추종성이 있으므로 2압축기형 에어컨의 경우도 능력가변형 및 회전수 제어형에 포함시켜야 한다.

기존의 냉방 및 난방 기간에너지소비효율 산출에 적용되었던 압축기의 형태에 따른 계산의 차별화는 단지 부하추종성에 근거한 내용이므로 원래의 분류원칙에 충실히 지킬 수 있는 분류형태로 Table 5와 같은 구분이 가능하며, 이때 연속적인 부하추종에 대한 "연속적"이라는 단어의 정

Table 5 Classification of air conditioning system with compressor type

Classification of system	Composition of compressor
Continuous load following operation between maximum and minimum capacity range	Capacity modulating compressor (variable displacement) Two compressor type (with one variable compressor at least)
On-off operation without continuous load following at medium load condition even the system has maximum and minimum capacity	Two compressor type (combination of constant speed compressors) One compressor with constant speed

의는 향후 연구를 통하여 결정되어야 할 것이다. 따라서 배제체적의 가변을 통한 능력가변형과 모터의 회전수 제어형 인버터 압축기는 두 가지 모두 부하추종성을 기준으로 할 경우에는 같은 형태의 압축기로 볼 수도 있다. 즉, 회전수 제어형 인버터 압축기도 모터제어를 통한 배제체적의 변경이므로 같은 형태의 분류인 능력가변형 압축기로 분류할 수 있는 가능성도 있다. 참고로 JIS C 9612에서는 회전수 제어형 시스템을 압축기의 회전수를 부하의 경중에 따라 일정한 범위에서 3단계 이상 연속적인 변화가 가능한 제품으로 분류하고 있다.

따라서 현행 관련규격에 정의된 시스템의 분류 및 기간에너지소비효율의 계산시에 사용된 압축기의 형태분류는 대폭 수정되어야 할 것이다.

3.5 냉난방부하 설정의 문제점

1994년도 KS C 9306에서는 주어진 빈 온도(bin temperature, t_j)에서 건물부하($BL(t_j)$)를 35℃를 기준으로 정의하였으나, 이후 1999년 개정판을 거치면서 1994년 기간에너지소비효율을 규정한 부속서 5는 참고 항으로 유지되고 있으며, 이때의 건물부하는 식(1)에 나타낸 바와 같이 「외기온도가 33℃일 때의 건물의 냉방부하로 정격표시 냉방능력과 같은 값이다」라고 정의하고 있다.

$$BL_c(t_j) = Q(33)\frac{t_j - 23}{33 - 23} \qquad (1)$$

건물부하는 정격조건에서 시스템부하의 측정으로부터 안전율을 고려하여 결정되었던 것으로 현재의 규격으로는 33℃에서의 건물부하를 정격조건인 35℃에서의 시스템의 용량으로 결정할 경우는 안전율(size factor)를 20%를 고려하는 것이다. 건물의 단열성능이 날로 향상되고 건축재료 등이 표준화되는 현재의 기술상태에서 굳이 에어컨의 용량 안전율을 20% 이상 고려할 이유는 없으며, 편의를 위하여 일본에서 도입된 방법이다. 미국의 ARI 규격에서는 안전율을 시스템의 정격조건에서 냉방부하가 제품의 정격용량보다 10% 작은 것으로 규정하고 있다. 따라서 KS와 JIS 규격의 건물부하는 미국의 경우와 비교하여 약 30%의 차이를 가지고 있다. 미국의 경우는 안전율에 대한 비율을 연방법(federal regulation)으로 규정하고 있으나 국내의 경우에는 정확한 규정이 없이 일본의 규격이 그대로 적용되었다. 따라서 국내 실정 혹은 국제적으로 표준화된 적절한 안전율을 고려한 건물부하의 계산이 필요하다. 식(2)에서 $Q(35)$는 외기온도 35℃에서의 시스템의 냉방용량이다.

$$BL_c(t_j) = Q(35)\frac{t_j - 23}{35 - 23} \times \text{size factor} \qquad (2)$$

3.6 실사용 조건에서의 소비효율평가

멀티형 에어컨의 성능실험은 기존의 싱글 제품의 성능시험규격과 같은 규격으로도 성능실험을 수행할 수 있다. 멀티형 에어컨 시스템의 에너지효율은 측정된 모든 실내기의 용량을 압축기, 실외기 휀, 실내기 휀 및 부가적인 설비 등에 사용되는 시스템의 총에너지 소비전력량으로 나눌 경우에 구할 수 있기 때문이다. 만약 제조사들이 멀티형 제품을 개발하고서 기존의 싱글 제품의 성능실험에 이외의 특별한 시험규격을 요구하지 않는다면 굳이 멀티 제품의 성능실험규격을 바꿀 필요는 없다. 복잡한 성능실험은 제품의 개발기

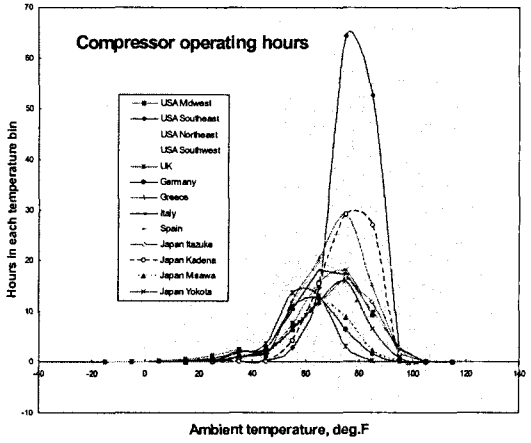

Fig. 1 System operating hours variation with outdoor temp. at some region [ORNL].

간과 개발비용의 증대를 동반하기 때문이다.

하지만 성능실험 이외에 기간에너지소비효율의 관점에서는 기존의 SEER 혹은 HSPF 개념으로는 운전형태가 다양한 멀티형 제품의 계절성능을 정확히 표현할 수 없다.

예를 들어 연중 시스템을 운전하는 지역에서는 부분부하 운전대역에서의 효율이 중요하고, 사용기간이 짧은 지역은 전부하(full load) 상태에서 효율이 중요하다.

Fig. 1은 세계 각국에서 에어컨이 설치되어 운전되는 몇몇 국가와 도시에 대하여 압축기의 운전상태를 모니터링한 결과로써 시스템이 설치되는 지역과 사용자의 운전성향 등의 변수에 따라서 압축기의 운전시간이 변하는 것을 잘 나타내고 있다. 이를 바탕으로 시스템의 기간에너지소비효율을 평가할 경우에 시스템의 운전시간을 고려해야 하는 것은 합리적인 방안이며, 실사용 조건을 규격에서 수용하는 결과로 볼 수 있다.

한국의 경우에도 Fig. 1과 같은 외기온도의 변화에 따른 냉난방기기의 운전시간에 대한 모니터링에 대한 연구가 이어져야 부분부하에서의 성능이 좋은 제품이 에너지 절약 측면에서 유리한지 혹은 전부하 상태에서의 성능이 좋은 제품이 유리한지를 정확히 파악할 수 있을 것이다.

4. 멀티형 에어컨의 효율평가규격(안)

멀티에어컨이 하나의 실외기에 다수의 실내기가 연결되는 중소규모의 오피스 빌딩이나 학교 혹은 관공서 등에 설치되는 것이 대부분이며, 현재 가정용으로 보급되는 경우는 드물다. 따라서 멀티에어컨을 가정용 에어컨으로 접근하는 것은 문제점이 있으며, 더불어 실외기와 실외기를 상호 연결하여 실내기의 대수를 증가시키는, 즉 시스템의 용량을 증가시키는 모듈(modular multi air conditioner) 시스템이 등장함으로써 이러한 시스템은 기존의 칠러(chiller) 시스템의 대체수요로 떠오르고 있다.

세계적으로 에어컨 시장은 창문형/분리형/스텐드 타입 등 싱글 제품 위주의 가정용 제품군과 패키지(packaged), 유니터리(unitary), 시스템에어컨, 칠러 및 빌딩용 멀티에어컨 등의 상업용 제품군으로 분류할 수 있다.

그중에서 상업용 제품군은 대형 패키지에어컨을 사용하였으나 설치공간의 비효율성 거주공간의 불균일한 온도분포, 소음증가 및 소비전력과다 등의 문제점으로 실내기를 매립하는 빌트인(built-in) 제품과 실내기를 다수로 설치하여 존(zone) 제어가 가능한 시스템멀티에어컨의 보급이 확대되고 있는 상황이다. 시스템에어컨은 일본이 기술 및 시장을 독점하고 있으며 건축물의 대형화/고급화/인텔리전트화 추세에 따라 그 수요가 급속히 상승하고 있다. 칠러를 사용하는 중앙공조시스템은 점진적으로 수요가 줄고 있으며 빌딩용 멀티(시스템멀티)의 보급이 확대되고 있다.

이와 같이 보급이 확대되고 있는 대용량의 시스템의 경우에 있어서 계절성능은 시스템이 운전되고 있는 외기온도의 발생빈도를 나타내는 온도빈(temperature bin number)의 개념뿐만 아니라 시스템의 운전시간 혹은 운전스케줄 등에 직접적인 영향을 받게 된다. 이는 난방 혹은 냉방이 필요한 외기온도의 발생빈도를 기준으로 만들어진 SEER에 대하여 온도빈과 더불어 시스템의 운전시간까지 고려한 부분부하계수를 도입할 필요성이 있다.

멀티형 에어컨시스템의 용량이 증대되고 시스템이 칠러를 대체하는 수요임을 감안하면 ARI Standard 550/590의 적분부분부하계수 IPLV(Integrated Part Load Value)를 멀티형 시스템에어컨의 계절성능의 표현방법으로 적용하는 것에 타당성이 높다고 판단하여 이를 하나의 시스템에 적용하여 보았다.

IPLV는 에어컨이 운전되는 기간 동안 시스템이 전부하로 운전되는 경우보다 부분부하로 운전되는 경우가 많으므로 부분부하의 성능과 시스템의 운전시간을 사용하여 가중치를 부여하여 시스템의 계절성능을 표현하는 방법이다. 현재 기간에너지소비효율의 계산에 IPLV를 도입하는 것은 시스템의 사용상태에서의 시스템의 에너지소비의 효율계산방법을 설정하기 위한 작업이다.

기존의 규격에서는 이러한 기간에너지소비효율은 부분부하에서 효율적인 제품개발을 촉진하기 위하여 중간능력측정을 추가하기도 하였으나 이를 실현하기 위한 실험방법 등이 현실적으로 어려운 면이 존재하였다. 또한 이전의 규격에서는 기간에너지소비효율의 계산방법을 부속서에서 설정하였으나, 1999년에 개정된 JIS C 9612와 KS C 9306의 경우에는 이를 참고항목으로 규격에 부기하여 향후 규격으로의 검토 가능성을 예고하고 있다.

KS C 9306에서도 부속서 5항에서 규정하던 기간에너지소비효율을 최근의 기술발전추이 및 소비자 요구사항, 환경친화성 등을 고려하여 부속서 5(참고)로 규정하고 있다.

4.1 멀티형 에어컨의 기간에너지효율비 계산 예

냉방부하가 100%일 때의 외기온도를 35℃로 하여 이 온도에서의 멀티에어컨의 용량을 설계용량으로 선정하고 냉방부하가 0%일 때를 23℃로 선정하였을 경우에 외기온도에 따른 부하비는 Fig. 2와 같다. 이때 시스템의 IPLV는 다음 식(3)과 같은 방법으로 유도한다.

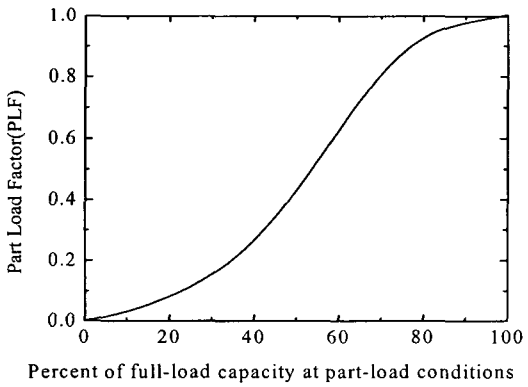

Fig. 2 Part load factor curve.

$$IPLV = a_1A + a_2B + a_3C + a_4D \quad (3)$$

여기서, A, B, C 및 D는 각각 시스템의 용량의 100, 75, 50 및 25%에서의 EER 혹은 COP를 나타낸다. 식(3)의 각 항(A, B, C 및 D)의 가중계수(weight factor)인 a_1, a_2, a_3 및 a_4는 에어컨이 설치된 가장 일반적인 건물과 운전상황을 나타내는 값으로 우리나라의 주요 도시에 대하여 평균한 값을 사용한다. KS C 9306에서는 서울, 부산, 대구, 대전, 인천, 강릉 및 목포 등 전국 7개 도시를 기준으로 지역별 냉방시간 발생시간을 Table 4와 같이 구한 바 있다.

본 연구에서는 식(3)의 IPLV의 가중계수 a_1, a_2, a_3 및 a_4를 구하기 위하여 에어컨의 사용온도대역을 크게 4개의 구간으로 나누어 에어컨의 사용시간이 적은 온도대역인 23~27℃를 최소빈(minimum bin) 구간, 가장 일반적으로 에어컨을 사용하는 온도대역인 28~32℃를 중간빈(low bin) 구간, 33~34℃ 구간을 피크빈(peak bin) 구간 및 35℃를 설계빈(design bin) 구간으로 구분하여 각각을 D, C, B 및 A의 계수값의 계산구간으로 결정하였다. 이러한 온도빈의 구간에 대하여는 우리나라에서도 미국의 에너지성(DoE)과 마찬가지로 국내 사용여건에 맞는 온도구간으로 결정하는 연구가 필요하다.

우리나라에도 전지역을 크게 북부/중부/남부의 3개 지역으로 1차구분하고, 각 지역에 있어서 식(3)의 IPLV값의 계산근거가 되는 가중치를 결정하기 위한 각 지역에서의 기상자료를 토대로 한 에어컨의 사용온도대역을 2차 구분하는 것이 합당하다고 판단되며, 관련연구가 전략적으로 장기간 진행되어야 할 것이다.

미국의 경우에는 29개 도시에 대하여 25년 동안 자국내 칠러 판매의 80%를 점유하는 도시를 대상으로 측정된 기상자료를 사용하여 결정하였다.

4.2 SEER과 IPLV의 비교

지금까지 기간에너지효율비(SEER)의 계산에 적용하고 있는 ARI 210/240 및 ASHRAE 116에 규정된 계절성능계수와 제안된 IPLV의 결과를 비교하기 위하여 다음과 같은 시스템 성능실험을 수행하였다. 성능실험은 존(zone) 제어를 하는 변풍량 방식의 덕트형 시스템에어컨과 멀티형 시스

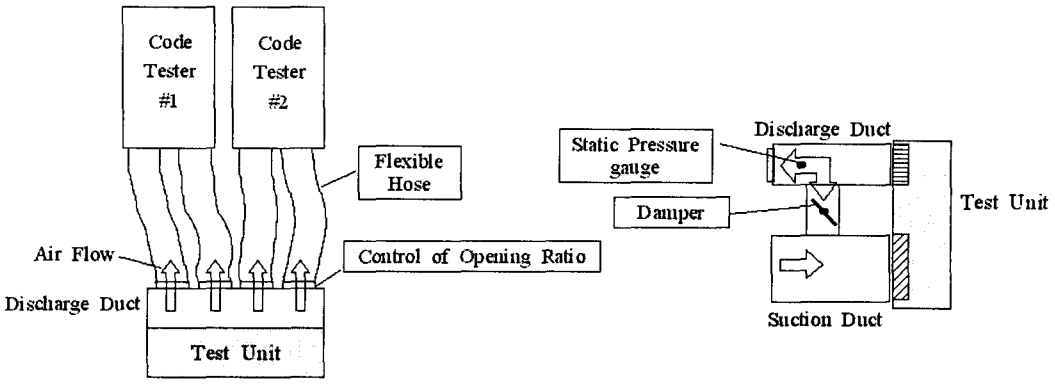

Fig. 3 Schematics of the experimental setup.

Table 6 Test results at part load conditions

Opening ratio (%)	EER ratio	
	VAV type	Multi-type
25	45.5	67.9
50	72.0	86.6
75	92.2	97.6
100	100.0	100.0

템에어컨의 두 가지 형태의 건물공조시스템에 대하여 수행하였으며, Fig. 3과 같은 챔버를 제작하여 성능을 측정하였다.

성능실험을 통하여 Table 6과 같은 결과를 얻었다. 실험결과는 100%의 부하일 때의 EER을 기준으로 부분부하의 경우에 EER을 나타내었다. 존 제어를 하는 VAV 시스템의 SEER을 각 존에서의 멀티형 에어컨의 SEER과 비교하면 8 ~ 75% 정도 멀티형 에어컨이 우수하나 제안된 IPLV로 성능비교를 수행할 경우에는 그 차이가 더욱 커진다. 성능시험으로부터 얻어진 결과로부터 모든 존을 포함하여 하나의 변수로 나타낼 수 있는 변풍량방식의 덕트형 공조시스템의 IPLV는 1.14인 반면에 멀티형 공조시스템은 2.35로써 100% 향상된 결과를 얻을 수 있다.

5. 결 론

WTO의 무역분쟁을 탈피하고 국내 에어컨의 원활한 개발과 수출증대를 위하여 국내 KS 규격의 국제화는 시대적 흐름이며, 국제규격의 제정 및 개정방향을 파악하여 국제규격의 제정단계에서 우리나라의 상품의 특징이 규격에 정확히 반영될 수 있도록 적극적으로 노력하여야 할 것이다. 우리나라에서는 미국이 ISO 규격을 수용하는 것과 같은 맥락으로 아직까지 국내규격이 정비 혹은 제정되지 않은 분야에 대하여 국제규격(ISO)을 수용하여 국내 규격화하는 작업을 진행하고 있으며, 같은 분야의 전문가들이 상호 합의하여 국제적 수준의 규격을 자발적으로 제안하기를 독려하고 있는 입장이다.

KS 규격의 국제화는 수출지향적인 상품개발과 국제사회에 한국 상품의 신뢰성과 구매촉진을 위하여 중요한 요소로 작용할 것이다.

본 연구에서 이러한 규격제정의 경향을 살펴보았으며, 최근에 개발되어 보급이 확대되고 있는 멀티형 에어컨의 성능평가를 위한 규격제정에 걸림돌이 될 수 있는 사항에 대하여 논의하였으며, 기간에너지효율비 평가를 위한 방안 중의 하나인 적분부분부하계수(IPLV)에 대하여 검토하고 변풍량방식의 대형 공조시스템과 멀티형 공조시시템의 성능실험을 수행하여 두 가지 모델의 부분부하계수를 적분방식을 통하여 계산하여 IPLV값을 제시하였다.

후 기

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R05-2003-000-105540-0) 지원으로 수행되었음.

참고문헌

1. OECD Trade Committee, 1999, Regulatory reform and international standardization, TD/

TC/WP(98)36 Final report, OECD.
2. Daniel Ellis, 2000, An overview of ARI/ISO Standard 13256-1 for water-source heat pumps, ISOTC86/SC86/WG3 Reports, ARI.
3. Raymond G. Kammer, 1998, Speech note in a public hearing at the House of Representatives USA.
4. ARI International Standards Status Report, 2002, ARI.
5. The National Standards Strategy for the United States, 2000, American National Standard Institute.
6. Luigi Schibuola, 2000, Heat pump seasonal performance evaluation: proposal for a European Standard, Applied Thermal Engineering, Vol. 20, pp. 387-398.