고효율 멀티히트펌프를 위한 평가기술

■최 준 영 / 한국산업기술시험원, liya67@ktl.re.kr

멀티히트펌프 시스템의 시장동향 및 기술동향을 분석하고 향후 경제적, 기술적 파급효과 등을 예측하여 멀티히트펌프 시스템의 산업발전 기여 효과를 소개하고자 한다.

머리말

멀티히트펌프(멀티 에어컨디셔너, 이하 멀티 히트펌프로 칭함)는 실외기 한 대에 여러 대의 다양한 실내기를 연결하여 개별 · 분산 공조의 시장 요구를 만족시키는 시스템 히트펌프에 해당하며, 친환경 고효율 멀티히트펌프는 건물의 형태와 각 실의 특성에 맞게 최적화할 수 있다. 또, 건물 부하 등과 연계된 제어 솔루션을 적용한 제품으로서 시스템의 실시간 모니터링과 진단 등을 통해 건물에너지 절감 및 신뢰성이 확보된 히트펌프로서 기존의 공랭식 구조로의 개발 뿐만 아니라 지열, 태양열 등의 신재생에너지와 하이브리드(hybrid) 형태의 연계가 가능하여, 이에 대한 성능기준 평가가 매우 중요하게 부각되고 있다.

21세기는 국제 기후변화대책 및 환경문제의 중요성이 증대되고 있으며, 교토의정서 채택으로 국가간 온실가스 배출권거래 및 청정개발체재 실시 등으로 환경과 관련하여 에너지 시장의 새로운 질서가 대두될 것이므로 국가적 대응전략으로 수립되고 있다. 그러나 현재까지 대부분의 감축사업이 화학공정 열회수나 1차원료 전환 등에 의한 이산화탄소 감축이 대부분이었으며, 고효율 기기에 대한 절감량 검증과정은 입력과 출력을 기반으로 한 감축량 평가만이 고려되어 있으며, 화석원료와 전력간의 왜곡된 가격구조도 평가의 정량화를 어렵게 하였다. 특히 히트펌프는 투입되는 입력에너지와는 달리 실내 부하와 같은 출력에 대한 기준은 정해져 있지 않으며, 다실형 멀티히트펌프와 같이 복잡한 구조를 가진 고효율 공조기기의 경우 에너지 절감량을 정량화할 기준이 절실한 실정이다. 멀티히트펌프는 동시에 냉난방을 구현함에 따라 기존의 냉방용 에어컨과 난방용 보일러를 설치한 건물과는 에너지 효율산정에 있어 근본적으로 접근 방법에 차이가 있을 수 밖에 없으며, 전실 냉방, 전실 난방 방식의 기존 다실형 히트펌프 시스템과도 성능평가에 차별화를 두어야 한다.

최근 IEA(국제에너지기구)에서는 이산화탄소 감축량을 정량화하기 위해 히트펌프의 성능지표를 국가별로 산정하기 위한 연구를 추진하고 있으며, 이를 기반으로 에너지절감량을 공식화하고자 하는 움직임이 있으며, ISO(국제표준기관)에서도 연간에너지소비량을 규정할 수 있는 연간성능평가(Annual Performance Factor) 등을 제정화함으로써, 정부와 소비자에게 히트펌프의 효용성을 전달하고 보급 활성화를 도모하고 있다. 이는 고효율 멀티히트펌프 시스템의 보급에도 대단히 중요하며 시장선점을 위해서도 우선적으로 멀티 히트펌프의 성능을 정량화할 필요성이 매우 크다고 하겠다.

이에, 본 논고에서는 현재 멀티 히트펌프 시스템의 평가 기술에 대한 국제적 흐름과 우리나라가 향 후 갈 방향을 제시하고자 한다.

해외의 평가 기술

에너지 소비 제품인 히트펌프의 개발에 있어 가장 큰 핵심 기술은 에너지 효율 향상으로 많은 제조사들이 이 분야에 기술 투자와 개발을 하여 왔

다. 에너지 소비 효율을 나타내는 인자로 지금까지 냉방시는 EER, 난방시는 COP를 사용하여 각 하나의 시험 조건시(최대 운전시)에서 에너지 효율(냉방/난방능력/소비전력)을 사용하여 왔으며, 이러한 인자를 통해 우리나라를 비롯, 많은 국가에서는 에너지 소비효율 제도(에너지표시제도)를 운영하여 왔다. 하지만 최근 일본을 필두로 보다 고효율의 제품을 개발하기 위한 노력으로 인버터 및 용량가변형 제품들을 시장에 출시하여 그 영역을 넓혀가고 있다. 이에 각국은 용량이 가변하는 제품의 효율을 보다 현실적으로 표시하기 위한 방법을 연구하거나 채택하여 에너지 표시를 하고 있다. 특히 일본은 2006년부터 기존의 Top runner program 에 에어컨디셔너의 효율 표시제도를 APF(연간성능인자)로 개정하였으며, 미국의 에너지 가이드에서도 가변형은 SEER로 표시하고 있다. 유럽연합은 CEN 표준에 에어컨디셔너 효율 측정에 IPLV(Integrated Part Load Value, 적분부분부하계수 방법)을 채택하여 현재 FDIS 단계에 있다.

ISO(국제표준기구) 기준

기존의 ISO 표준은 에너지 효율 (EER 및 COP)를 측정 하는 방법이 기존의 한점(최대 능력)에서 측정하는 기준을 계속 유지하고 있어, 부분부하를 측정하여 보다 현실적이며 효율적인 성능을 측정할 수 있는 방법을 제시하지 못하고 있었다. 이에, 2006년 9월 우리나라, 제주에서 개최된 ISO TC86 총회 및 SC6 총회에서 일본이 부분부하를 측정 할 수 있는 연간 성능 효율(APF, Annual Performance Factor)을 기존의 3개 표준에 적용하고자 하는 새로운 WG을 제시하여 익년 2007년 1월 미국, 달라스 총회에서 본 NWIP가 승인되었다. 이에, 현재 ISO TC86 SC6 WG1에서 "Air-cooled air conditioners and air-to-air heat pumps - Testing and calcu- lating methods for seasonal performance factor" 개발 작업이 진행 중에 있다.

- ISO 5151, "Non-ducted air-cooled air-conditioners and air-to-air heat pumps - Testing and rating for performance."
- ISO 13253, "Ducted air-cooled air-conditioners and air-to-air heat pumps - Testing and rating for performance."
- ISO FDIS 15042, "Multi-Spilt System Air-Cooled Air-conditioners and air-to-air heat pumps - Testing and rating for performance."

현재 까지 총 5회의 WG 회의를 거쳐 Working Draft가 완성되었으며 현재 ISO 5151, 13253, 15042 표준에 APF를 정의한 16358 −1, − 2, − 3 표준 제정(안)을 적용하고자하는 CD 단계로 조만간 마무리 지으면 2012년 초에는 표준이 완성될 예정이다.

[그림 1] 미국 알링턴 AHRI 회의

<표 1> APF 정의

- **Cooling Seasonal Performance Factor**

$$CSPF = \frac{\text{Cooling Seasonal Total Load (CSTL)}}{\text{Cooling Seasonal Energy Consumption (CSEC)}}$$

- **Heating Seasonal Performance Factor**

$$HSPF = \frac{\text{Heating Seasonal Total Load (HSTL)}}{\text{Heating Seasonal Energy Consumption (HSEC)}}$$

- **APF**

$$APF = \frac{\text{Cooling Seasonal Total Load} + \text{Heating Seasonal Total Load}}{\text{Cooling Seasonal Energy Consumption} + \text{Heating Seasonal Energy Consumption}}$$

유럽 CEN 기준

현재 유럽에서는 부분부하를 측정하기 위한 표준을 제정하기 위해 CEN TC113 WG7에서 CEN/TS 14825 작업을 진행 중에 있다. 표준명은 "Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps, with electrically driven compressors, for space heating and cooling - Testing and rating and the determination of SEER and SCOP at part load conditions"로 멀티를 포함한 히트펌프의 부분 부하를 측정하여 에너지효율을 산출하는 방법을 제시하고 있다.

아직 표준이 완성되어 적용은 되지 않고 있으나, 현재 마무리 작업 중이며 2011년 이후에 표준을 적용 할 예정이다. 개발 중인 본 표준은 IPLV를 기본적인 개념으로 기준 기간 냉방 효율(SEER, Reference Seasonal Efficiency Ratio), 기준 기간 난방효율(SCOP, Reference Seasonal Coefficient of Performance)를 구하는 방식을 사용한다. 각, 부하별 100%, 75%, 50%, 25%에서의 효율을 구해 각 부분부하별 가중치를 고려하여 총 SEER 및 SCOP를 구하는 방식이다. 본 표준은 ISO에서 작업 중인 것과 다르게(ISO에서는 공기 대 공기 제품만 다루고 있음), 공기 대 공기, 물 대 공기, 공기 대 물, 물 대 물 또는 브라인 대 물의 제품을 모두 포함하고 있다. 특히, non-operation power를 설정하여, 기기가 작동하지 않을 시의 에너지도 고려한 SEER, SCOP를 산출하고 있다.

$$SEER_{on} = \frac{\sum_{j=1}^{n} hj \cdot Pc(Tj)}{\sum_{j=1}^{n} hj \cdot \left(\frac{Pc(Tj)}{EER(Tj)} \right)}$$

$$SCOP_{on} = \frac{\sum_{j=1}^{n} hj \cdot Ph(Tj)}{\sum_{j=1}^{n} hj \cdot \left(\frac{Ph(Tj) - elbu(Tj)}{COP(Tj)} + elbu(Tj) \right)}$$

$$SCOP = \frac{Q_{HE}}{\frac{Q_{HE}}{SCOP_{on}} + H_{TO} \times P_{TO} + H_{SB} \times P_{SB} + H_{CK} \times P_{CK} + H_{OFF} \times P_{OFF}}$$

여기서,

Q_{CE} : The reference annual cooling demand, expressed in kWh

Q_{HE} : The reference annual heating demand, expressed in kWh

H_{TO}, H_{SB}, H_{CK}, H_{OFF} : the number of hours the unit is considered to work in respectively thermostat off mode, standby mode, crankcase heater mode and off mode.

P_{TO}, P_{SB}, P_{CK}, P_{OFF} : the electricity consumption during respectively thermostat off mode, standby mode, crankcase heater mode and off mode, expressed in kW

T_j : the bin temperature

j = the bin number

n = the amount of bins

$P_c(T_j)$ = the cooling demand of the building for the corresponding temperature T_j.

h_j = the number of bin hours occurring at the corresponding temperature T_j

EER(Tj) = the EER values of the unit for the corresponding temperature T_j.

COP(Tj) = the COP values of the unit for the corresponding temperature T_j.

elbu = the capacity of an electric backup heater with a COP of 1, expressed in kW

미국 AHRI 기준

미국은 공기조화 및 에어컨디셔너 분야의 표준을 제정하던 AHRI(Air Conditioning, Heating and Refrigeration Institute)가 국제표준제정 작업에 여러 형태로 참여하여 자국의 상품에 유리한 조건을 반영시켜 제품의 수출경쟁력을 향상시키기 위하여 노력하고 있다.

최근들어 미국 시장에 멀티 히트펌프 시스템 시장을 점유하고자, 일본계 미국 회사들, Mitsubishi Electric, Daikin USA등을 중심으로 AHRI Standards 1230 "Performance Rating of Variable Refrigerant Flow (VRF) Multi-Split Air-Conditioning and Heat Pump Equipment"를 제정하였다. 본 표준은 2004년부터 WG이 형성되어 2009년 10월 31일에 공표하여 현재 AHRI Certification 작업이 진행중임. 본 표준은 기존의

AHRI 210/240 "Performance rating of Unitary air conditioning and air source heat pump equipment"과 같이 공유하여 사용하고 있다.

본 표준의 적용 범위와 인증범위는 [표 2]와 같으며, 특성 중 하나가 각 실내기 조합의 배관길이 및 개수를 기본으로 정의하여 성능평가시 이를 적용한 것이다.

인증 범위

표 2 참조

적용 범위

가) Variable Refrigerant Flow (VRF) Multi-Split Air-Conditioning and Heat Pump Equipment의 냉, 난방 성능이 12,000 Btu/h [3508 W] 에서 300,000 Btu/h [90,000 W]의 실외기 용량과 5,000 Btu/h [1,000W] 에서 60,000 Btu/h [20,000 W]의 실내기 용량 범위를 포함한다. 각 실내기 유닛은 싱글 존을 조절하기 위한 설계가 되어 있어야 한다.

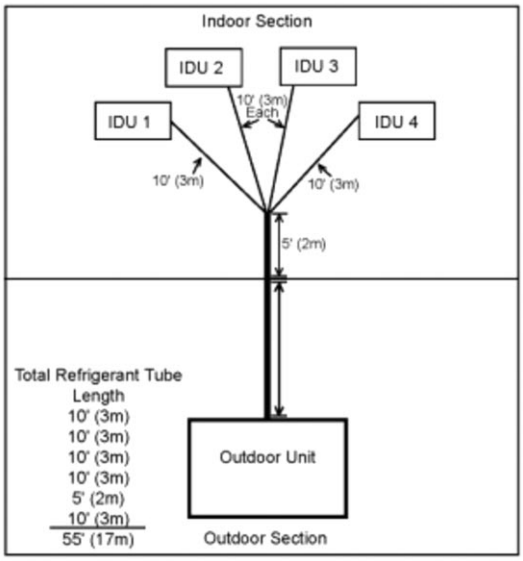
나) 이 표준은 아래 항목으로 구성된 VRF 시스템에 적용된다.

a) 하나 혹은 여러 개의 압축기, 가변용량 압축기 혹은 가변 속도 드라이브를 포함하

<표 2> AHRI 인증 범위

a. For VRF Multi-Split Air-Conditioners < 65,000 Btu/h [19,000 W]
1. Standard Rating Cooling Capacity, Btu/h [W] 2. Seasonal Energy Efficiency Ratio, SEER, Btu/(W · h)
b. For VRF Multi-Split Air-Conditioners ≥ 65,000 Btu/h [19,000 W]
1. Standard Rating Cooling Capacity, Btu/h [W] 2. Energy Efficiency Ratio, EER, Btu/(W · h) 3. Integrated Energy Efficiency Ratio, IEER (Integrated Part-Load Value, IPLV is Superseded by IEER January 1, 2010)
c. For VRF Multi-Split Heat Pumps < 65,000 Btu/h [19,000 W]
1. Standard Rating Cooling Capacity, Btu/h [W] 2. Seasonal Energy Efficiency Ratio, SEER, Btu/(W · h) 3. High Temperature Heating Standard Rating Capacity, Btu/h [W] 4. Region IV Heating Seasonal Performance Factor, HSPF, Minimum Design Heating Requirement, Btu/(W · h)
d. For VRF Multi-Split Heat Pumps ≥ 65,000 Btu/h [19,000 W]
1. Standard Rating Cooling Capacity, Btu/h [W] 2. Energy Efficiency Ratio, EER, Btu/(W · h) 3. Integrated Energy Efficiency Ratio, IEER (Integrated Part-Load Value, IPLV is Superseded by IEER January 1, 2010) 4. High Temperature Heating Standard Rating Capacity, Btu/h [W] 5. High Temperature Coefficient of Performance, COP 6. Low Temperature Heating Standard Rating Capacity, Btu/h [W] 7. Low Temperature Coefficient of Performance, COP
e. For VRF Multi-Split Heat Recovery Heat Pumps
1. Ratings Appropriate in (c) and (d) above 2. Simultaneous Cooling and Heating Efficiency (SCHE) (50% heating/50% cooling).
f. For VRF Multi-Split Heat Pump Systems that Use a Water Source for Heat Rejection
1. Standard Rating Cooling Capacity, Btu/h [W] 2. Energy Efficiency Ratio, EER, Btu/(W · h) 3. Integrated Energy Efficiency Ratio, IEER (Integrated Part-Load Value, IPLV is Superseded by IEER January 1, 2010) 4. Heating Standard Rating Capacity, Btu/h [W] 5. Heating Coefficient of Performance, COP 6. Simultaneous Cooling and Heating Efficiency (SCHE) (50% heating/50% cooling)(Heat Recovery models only)

Figure 1: Test Room Layout



No. of Indoor Units(IDU)	2	3	4	5	6	7	8
Minimum Total Refrigerant Tube Length(feet)	35	45	55	65	75	85	95
Minimum Total Refrigerant Tube Length(meters)	11	14	17	20	23	26	30

[그림 2] 실내기의 조합에 따른 배관길이

는 실외기 유닛

b) 코일, 단일 존 공기분배를 위한 공기운송 장치, 온도조절기를 포함한 실내기 유닛

c) 지역별 온도 조절 장치

다) 본 표준내의 multi-split system은 Variable Refrigerant Flow Multi-Split System과 Heat Recovery Multi-Split System에 적용된다.

라) AHRI 1230은 DOE에 의해 승인될 때까지, 65000 Btu/h [19,000 W] 이하의 성능은 AHRI 210/240-2008을 따른다. 또, 일대-일로 연결되는 무 덕트형 mini-split 형태의 제품은 본 표준에 적용되지 않는다.

마) 전기 구동 증발식 압축시스템에만 적용한다.

국내의 평가 기술

현재 국내 멀티시스템 에어컨디셔너의 표준으로는 한국냉동공조협회의 단체표준, "멀티형 에어컨디셔너"가 제정되어 있으며, 국가 표준으로는 KS B ISO 15042 : 2006 (ISO FDIS 15042 : 2006, MOD) "멀티 에어컨디셔너 및 히트펌프 성능시험 방법"이 제정되어 운영 중에 있다. KS B ISO 15042-2006의 기준은 기본적으로 현재 진행 중인 ISO FDIS 15042로 기본적인 시험방법은 같으나, 부분부하 측정방법을 부속서 U "적분부분부하계수의 성능시험과 계산방법"을 참조사항으로 제시하고 있다. 하지만, 본 부속서의 부분부하 측정 방법을 실질적으로 사용하기 위한 가중치 또는 부분부하계수 등을 제시하고 있지 않아 현재 단지 참고 사항으로만 인용되고 있다.

본 표준은 현재 정부에서 시행 중인 "고효율에너지기자재 보급촉진에 관한 규정" "39. 멀티에어컨디셔너" 인증시험시 사용되고 있으나, 아직 부분부하성능에 관한 표준이 제정되지 않아 전 부하 상태에서만 시험을 진행하고 있다. 하지만, 최근 ISO에서는 일본을 중심으로 기존의 표준 5151, 13523, 15042 APF를 적용하여 향후 모든 히트펌프 제품의 효율 표시에 적용하고자 작업반이 운영 중에 있으며, 유럽연합은 CEN 표준에 히트펌프 효율 측정에 IPLV(Integrated Part Load Value, 적분부분부하계수 방법)을 채택하여 현재 FDIS 단계에 있는 등 세계 각국들이 멀티히트펌프 효율 측정에 부분부하 방법을 작용하고 있는 실정이다. 이에, 국내에서도 KS C 9306 "에어컨디셔너" 표

준은 부분부하시험 기준을 ISO 표준에 부합화 하여 규정으로 2011년 7월 1일부터 적용하기로 하였다. 그러므로, 멀티 히트펌프의 표준도 세계적 흐름과 동향에 능동적으로 대처하고 향 후 멀티 히트펌프시장을 보다 확대/선점하기 위해 멀티히트펌프의 부분부하 운전 효율 및 성능에 대한 방법을 보다 정확히 개발하여 현실적이며 실질적인 효율 측정방법을 제시하여야 할 것이다.

맺음말

멀티 히트펌프는 실외기 한 대에 여러 대의 다양한 실내기를 연결하여 개별 · 분산 공조의 시장 요구를 만족시키는 시스템 히트펌프에 해당한다. 친환경 고효율 멀티히트펌프는 건물의 형태와 각 실의 특성에 맞게 최적화할 수 있으며, 건물 부하 등과 연계된 제어 솔루션을 적용한 제품으로서 시스템의 실시간 모니터링과 진단 등을 통해 건물에너지 절감 및 신뢰성을 확보할 수 있는 히트펌프이다. 멀티히트펌프는 동시에 냉난방을 구현함에 따라 기존의 냉방용 에어컨과 난방용 보일러를 설치한 건물과는 에너지 효율산정에 있어 근본적으로 접근 방법에 차이가 있을 수 밖에 없다. 또한 전실 냉방, 전실 난방 방식의 기존 다실형 히트펌프 시스템과도 성능평가에 차별화를 두어야 한다.

현재 미국, 유럽, 일본 등 일부 선진국에서는 멀티 히트펌프를 포함한 에어컨디셔너의 실제 사용에 가까운 부분부하에 따른 효율표시를 이미 적용하거나 개발 중에 있으며, 이는 현재 히트펌프 시장에 아직도 많은 부분을 차지하는 정속도 압축기 시스템(고정용량형) 보다 고효율인 가변용량형 시스템을 보급함으로서 보다 효율 높은 제품으로 히트펌프 시장을 개편하고자 한다.

국내외적으로는 멀티히트펌프의 기술개발이 급속히 확대되고 있고, 국내 기술수준은 우수하지만 핵심성능인 냉방능력 및 난방능력 등 제반 성능을 평가할 수 있는 관련 한국산업표준(KS B ISO 15042-2006)이 최근 국제표준화표준(ISO FDIS 15042)를 바탕으로 제정되었으나, 본 표준에도 동 제품에 대한 부분부하 및 제반성능을 평가할 수 없는 실정이다. 이에, 기존의 KS B ISO 15042 표준에 참고로 되어 있는 부분부하 측정방법으로 적분부분부하계수(IEER 또는 IPLV) 또는 연간성능인자(APF) 등을 고려한 성능시험을 새롭게 개발하여 향 후 KS 개정시 적극적으로 개정하는 것이 적절하다. 특히, 본 표준을 근거로 현재 운영 중인 지식경제부 "고효율에너지 기자재 보급증진에 관한 규정"도 부분부하를 고려한 개정이 절실한 실정이다.

본 논고에서는 각 지역의 멀티 하트펌프 성능 평가 표준을 소개하여, 이를 토대로 국내에서도 세계적 흐름과 동향에 능동적으로 대처하고 향후 전 세계 멀티 히트펌프시장을 선점하기 위해 국내 생산 제품에 부분부하 측정 방법을 개발을 유도하고자 하며, 이를 기반으로 멀티 히트펌프 산업 발전에 기여하고자 하였다.