

국내 지열원 열펌프 유닛의 성능에 관한 인증기준 및 평가방법 분석

최연성

한국냉동공조인증센터 책임연구원

강희정

한국냉동공조인증센터 수석연구원

1. 서론

지열원 열펌프 시스템(Ground Source Heat Pump System)은 신재생에너지의 활용 및 고효율이라는 큰 장점으로 인하여 지난 10년간 전 세계 30개국 이상에서 매년 10%이상의 빠른 성장세를 나타내고 있으며¹⁾ 국내의 경우도 최근 시행된 대체에너지 이용법과 관련하여 공공부문에서의 신재생 에너지 설치가 의무화되면서 여러 가지 신재생에너지 원 중 지열을 이용한 지열원 열펌프 시스템에 많은 관심이 모아지고 있다. 하지만 지열원 열펌프 시스템은 다른 신재생에너지를 이용한 시스템과는 달리 건축, 토목, 기계 등 여러 산업분야의 기술이 접목되는 복합시스템으로 인하여 아직 완성된 표준화 시스템이 구축되어 있지 않은 실정이다. 따라서 본 저널에서는 지열원 열펌프 시스템 중 시스템 효율의 가장 큰 영향을 미치는 지열 열펌프유닛과 관련하여 국내 기술기준인 NR GT 101 : 2012 (물-물 지열원 열펌프 유닛), NR GT 102 : 2012 (물-공기 지열원 열펌프 유닛), NR GT 103 : 2012 (물-공기 지열

원 멀티형 열펌프 유닛)에 제시되어 있는 인증기준, 성능평가방법 등 지열열펌프의 에너지효율에 관한 여러 기술적 사항들에 대해 기존 인증데이터와 비교하여 분석하였으며, 향후 이를 기초로 제도적으로 보완해야할 점들에 대한 개선안을 제시함으로써 국내 지열 열펌프 시스템 산업의 보급 및 발전을 도모하고자 하였다.

2. 국내외 표준 및 인증현황

2.1 국제표준화 동향

지열 냉난방시스템은 대부분 천부지열을 이용한 간접시스템으로서 대부분의 국가에서 지열 열펌프 시스템을 적용하고 있다. 지열 열펌프시스템은 포괄적으로 냉동공조시스템에 속해있기 때문에 지열열펌프 시스템이 속한 ISO 분과는 냉동공조 분과인 ISO TC/86분과 이다.

우리나라의 ISO TC/86분과 활동에 대해 간략히 설명하면 국내 냉동공조 규격의 국제규격 부합화율은 약 85%로 5년 전의 20%에 비해 많은

성과를 거두었는데 국제표준 28종 중 25종이 일치, 동등을 통한 부합화 및 부합화 대상규격으로 한국산업 규격으로 활용되고 있다.

또한 냉동공조분야를 중심으로 표준화 개발사업, 표준화 기반 구축사업을 진행 중이나, 우리나라의 제안율은 저조한 실정이다. 이는 우리기술의 국제표준 반영률이 일부 분야를 제외하고는 저조하고, 자체적으로 표준을 개발한 경험이 적으며 국제표준 전문가가 부족하기 때문으로 분석되고 있다.

ISO TC 86에서는 28종의 국제규격을 관장하고 있으며 21개국이 정회원으로 등록되어져 있고 35개국이 O-멤버로 등록되어 있는데, 우리나라의 경우는 TC 86에서 가장 활동이 활발한 SC 6의 에어컨 및 히트펌프의 시험 및 성능평가분야, SC 5의 가정용 냉동냉장고의 시험 및 성능평가분야로 볼 수 있다.

최근에는 에너지 효율 문제가 최대 이슈로 부상하는 가운데, 에너지 다소비 기기인 냉동공조기기도 분야별/품목별 다양한 표준화 중요성이 강조되고 있으며 냉동공조 분야의 국제에너지기구(IEA)와 ISO/IEC 표준화기구의 파트너십을 형성하여 에너지효율과 신재생에너지 이행 확산을 위한 표준과 정책을 연계하고 있다

지열원 열펌프 시스템과 관련된 해외규격으로는 국제표준규격인 ISO 13256-1(수열원 열펌프; 물 대 공기, 부동액 대 공기 열펌프), ISO 13256-2(수열원 열펌프; 물 대 물, 부동액 대 물 열펌프)가 있고 미국 냉동협회 규격인 ARI 320-98(수열원 열펌프), ARI 330-98(지열원 페루프형 열펌프), ARI 325-98(지하수, 지표수 이용 열펌프), ARI 870-2001(직접 지중열교환 방식의 열펌프) 등이 있으며, 미국 환경보호국(EPA)과 에너지성(DOE)에서 공동으로 운영하는 에너지 효율 프로그램인 Energy Star 등이 있다.

ISO 13256-1, ISO 13256-2는 물을 열원으로 사용하는 가정용, 상업용, 산업용으로 제작된 열펌프에 대한 성능테스트 및 평가기준으로 지하수, 지중열을 열원으로 적용하는 열펌프뿐만 아니라 냉각탑을 이용한 페루프 형태의 수열원 열펌프에도 포괄적으로 적용하고 있다. ISO 13256-1, ISO 13256-2는 수열원 열펌프 유닛의 종류별 성능 시험조건 및 시험절차 등에 대해 정의하고 있으나 냉방/난방 효율기준인 EER, COP에 관해서는 언급하고 있지 않다.

2.1.1 국가별 표준현황
미국의 단체표준인 ARI 320-98(Water-source heat pumps)은 미국냉동협회(America Refrigeration Institute)에서 시행하고 있는 단체 인증 규격으로 물을 열원으로 하여 공장에서 제작된 주거용, 상업용, 산업용 열펌프의 정의, 시험 및 평가조건에 대한 기준으로 냉방용량기준 40 kW 미만에 대해 정의하고 있다. ARI 320은 지열원을 적용하는 열펌프는 포함하고 있지 않으며 냉난방 기기뿐만 아니라 냉방전용기에 대해서도 적용대상에 포함시키고 있다.

2.1.1 국가별 표준현황

ARI 325-98(Ground water-source heat pumps)은 지하수, 지표수를 열원으로 하여 공장에서 제작된 주거용, 상업용, 산업용 열펌프의 정의, 시험 및 평가조건에 대한 기준으로 냉방용량 기준 40 kW 미만에 대해 정의하고 있고, ARI 320

<표 1> 지열열펌프관련 국제규격현황

규격번호	규격명
ISO 13256-1	Water-source heat pumps – Testing and rating for performance – Part 1: Water-to-air and brine-to-air heat pumps
ISO 13256-2	Water-source heat pumps – Testing and rating for performance – Part 2: Water-to-Water and brine-to-water heat pumps

<표 2> 미국 지열열펌프 규격현황

규격번호	규격명
ARI 320-98	Water-source heat pumps
ARI 325-98	Ground Water-source heat pumps
ARI 330-98	Ground source Closed-loop heat pump
ARI 870-2001	Direct Geoexchanged Heat pump

과 마찬가지로 냉난방기기 뿐만 아니라 냉방전용 기기에 대해서도 적용대상에 포함시키고 있다.

ARI 330-98(Ground source close-loop heat pump)은 수직형 또는 수평형 밀폐식 폐루프 열펌프 유닛에 대한 정의, 시험, 평가조건에 대한 기준으로 용량 40 kW 미만, 루프통과 유체온도는 -3℃~37.7℃로 정의하고 있다.

ARI 870-2001(Direct Geoexchanged heat pump)은 냉매공급 배관이 직접 지하 폐루프와 연결되어 지열원과 열교환하는 유닛으로서 다른 규격과 마찬가지로 공장에서 제작된 주거용, 상업용, 산업용 등 모든 열펌프의 시험조건, 평가조건 등에 대한 규격이다.

에너지스타는 미국 환경보호국과 에너지성에서 공동으로 운영하는 에너지효율 프로그램으로 그 대상품목은 에어컨디셔너, 세탁기, 냉장고 등 가전기기부터 창문, 출입문, 지붕 등 주택 단열품목까지 매우 다양하고 폭이 넓은데 지난 10년간 에너지스타 제품이 소비되었고, 7000여개 기업과 단체가 이 프로그램의 파트너로 가입하는 등 범친환경 인증으로 평가받고 있다. 특히, 냉동공조기기 관련 품목만 하더라도 룸 에어컨디셔너, 공랭식 열펌프, 제습기, 중앙식 공조기, 팬, 공기청정기, 환기장치, 지열 열펌프 등 여러 종류의 품목에 대하여 기존보다 10~25%정도 더 높은 에너지 소비효율 기준을 정해놓고 있다.

아이슬란드, 스위스, 노르웨이 등을 중심으로 한 유럽 대부분의 국가들은 기존에 있던 국가별 기준을 EN standards를 기준으로 대체하였는데 EN standards는 시스템 전체가 아닌 천부지열

시추공정만 포함하고 규정하고 있다.

오래전부터 히트펌프에 대해 규정을 가진 오스트리아, 독일, 스웨덴, 덴마크, 프랑스, 네덜란드, 이탈리아, 폴란드, 루마니아는 별도의 표준규정을 지열히트펌프에 적용하고 있다.

주로 덴마크, 영국, 노르웨이는 ISO standards를 추가로 적용하고 있다.

독일의 VDI-4640과 같이 스웨덴, 오스트리아, 스위스, 프랑스는 지열냉난방 시스템의 국가별 표준 규정을 정립하여 시행하고 있으며, 여기에는 시스템 인증, 사업자 면허까지도 포함되어 있다.

2.2 국내표준화 동향

지열 열펌프 시스템 관련 국내규격으로는 현재 국제표준규격인 ISO 13256 시리즈를 한국 산업규격으로 부합화한 KS B ISO 13256-1(수열원 열펌프 - 성능 테스트 및 평가 제1부: 물대공기 열펌프 및 부동액 대 공기 열펌프), KS B ISO 13256-2(수열원 열펌프-성능 테스트 및 평가 제2부: 물 대 물 열펌프 및 부동액대물 열펌프)와 신재생에너지 촉진법에 의해 에너지관리공단에서 제정한 지열 열펌프 기술기준인 NR GT 101(물-물 지열 열펌프 유닛), NR GT 102(물-공기 지열 열펌프 유닛), NR GT 103(물-공기 지열 멀티형 열펌프 유닛)이 있다. NR GT 101, NR GT 102, NR GT 103의 대부분은 KS B ISO 13256-1, KS B ISO 13256-2 내용을 기반으로 하여 제정하였고, 현재 지열 열펌프 인증을 위한 기술기준서로 활용하고 있다.

NR GT 101, NR GT 102, NR GT 103은 물을 열원으로 사용하여 부하측에서 냉매와 물 또는 냉매와 공기가 열교환하는 방식으로 가정용, 상업용, 산업용으로 제작된 열펌프에 대한 기준으로 지하수, 지중 열을 열원으로 적용하는 열펌프뿐만 아니라 냉각탑을 이용한 폐루프 형태의 수열원 열펌프 시스템에도 적용되고 있다. 물을 적용하는 거의 모든 시스템을 범위로 포함시킨 관계로 열

<표 3> 유럽 지열냉난방시스템의 표준 규정

규정번호	규정제목	제정연도
열펌프 일반		
EN 255-3	Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps with electrically driven compressors – Heating mode	1997.07
EN 378	Refrigerating systems and heat pumps – Safety and environmental requirements. Part 1-4	2003
EN 14511	Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps with electrically driven compressors for space heating and cooling – Part 1-4	2008.02.
EN 15450	Heating systems in buildings – Design of heat pump heating systems	2007.12
ISO 5149	Mechanical refrigerating systems used for cooling and heating – Safety requirements	1993.09
ISO 5151	Non-ducted air conditioners and heat pumps – Testing and rating for performance nationalized e.g. in GB(2005)	1994.12
ISO 13256	Water-source heat pumps – Testing and rating for performance nationalized e.g. in DK, NL	2001
VDI 2067 Blatt 6	Economy calculation of heat consuming installations: heat pumps	1989.09 (DE)
VDI 4650 Blatt 1	Calculation of heat pumps ? Short-cut method for the calculation of the annual effort figure of heat pumps – Electric heat pumps for room heating	2003.01 (DE)
ORM M 7755-1	Electrically driven heat pumps – part 1: General requirements for design and construction of heat pump heating systems	2000.09 (AT)
지열 열펌프		
DIN 8901	Refrigerating systems and heat pumps – Protection of soil, ground and surface water	2002.12 (DE)
VDI 4640 Blatt 1-4	Thermal use of the underground – part 1-4	2000-2004 (DE)
ÖNORM M 7753	Heat pumps with electrically driven compressors for direct expansion, ground coupled – Testing and indication of the producer	1995.10 (AT)
ÖNORM M 7755-2+3	Electrically driven heat pumps	2000.09 (AT)
ÖWAV RB 207	Systems for the exploitation of geothermal heat	1993 (AT)
Normbrunn-97	Energy well standard(Energibrunnsnorm)	1997 (SE)
SVEP standard	Installation standard for ground heat collectors (Tillverkningsnorm fur Bergvamekollectorer)	2005.11 (SE)
SIA D 0179	Energie aus dem Untergrund – Erdreichspeicher fur moderne Gebaudetech	2003 (CH)
SIA D 0179	Nutzung der Erdwarme mit Fundationspfahlen und anderen erdberuhrenden Betonbauteilen – Leitfaden zu Planung, Bau und Betrieb	2005 (CH)
AWP T1-5	Technische Merkblater	2007 (CH)

<표 4> 국내 지열열펌프 규격현황

규격번호	규격명
KS B ISO 13256-1: 2002	수열원 히트펌프 - 성능 테스트 및 평가 제1부: water-to-air 히트펌프 및 brine-to-air 히트펌프
KS B ISO 13256-2: 2003	수열원 히트펌프 - 성능 테스트 및 평가 제2부: water - to - water 히트펌프 및 brine-to-water 히트펌프
KS B 8291-1: 2009	지열 열펌프 시스템-지중 열전도를 측정 시험방법-제1부 : 수직 밀폐형과 에너지 파일형
NR GT 101: 2012	물-물 지열원 열펌프 유닛
NR GT 102: 2012	물-공기 지열원 열펌프 유닛
NR GT 103: 2012	물-공기 지열원 멀티형 열펌프 유닛

<표 5> 지열 열펌프의 최소 요구 성능

운전 모드	열펌프 적용 시스템	최소 요구 성능 W/W
냉방	지하수시스템	5.04
	지중 루프 시스템	4.31
난방	지하수 시스템	3.78
	지중 루프 시스템	3.62

펌프의 구분 또한 물 순환 시스템, 개방형 지하수-지표수 시스템, 밀폐형 지중루프 시스템으로 정의하고 있다. 하지만, 물 순환 시스템과 개방형 시스템의 운전조건이 유사하므로 2007년도부터 지열원 열펌프 유닛 인증기준에서는 물 순환시스템과 개방형 지하수-지표수 시스템을 개방형 지하수 시스템으로 재정의하였다.

국내의 신재생에너지 인증제도에서 지열원 열펌프 유닛의 인증기준으로 열을 이송시키는 매체에 따라 NR GT 101과 NR GT 102, NR GT 103을 사용하고 있으며, 지열원 열펌프 유닛의 성능 검사 기관은 한국냉동공조인증센터이다. 설비의 인증기준 및 성능검사기관 지정이 완료됨에 따라 다수의 업체가 신재생에너지인증을 받고 있으며, 제조·수입자가 지열원 열펌프 유닛 인증을 위해 요구되는 물-물 지열원 열펌프와 물-공기 지열원 열펌프, 물-공기 지열 멀티형 열펌프의 최소 요구 성능 기준은 표 5와 같다.

3. 인증기준 및 평가방법 분석

지열 열펌프의 구분은 열교환 방식에 따라 크게 물-물, 브라인-물 열펌프 유닛, 물-공기, 브라인-공기, 물-공기 멀티형, 브라인-공기 멀티형 열펌프 유닛으로 나눌 수 있으며, 이를 다시 적용 시스템별로 개방형 지하수 시스템, 밀폐형 지중루프 시스템으로 나눌 수 있다. 본 저널에서는 기술 기준 NR GT 101 (물-물 지열원 열펌프 유닛), NR GT 102 (물-공기 지열원 열펌프 유닛), NR GT 103 (물-공기 지열원 멀티형 열펌프 유닛) 별로 적용범위 및 정의, 구조 및 외관, 냉·난방능력 산출식, 에너지효율 산출식, 시험조건, 시험방법 등 핵심사항 등에 대해 정리하였다.

3.1 물-물 지열원 열펌프 유닛(NR GT 101 : 2012)

3.1.1 적용범위 및 정의

본 기준은 주거용 또는 상업용 건물의 냉·난방

을 위해 공장에서 제작되는 증기 압축식 물-물 또는 브라인-물 열펌프의 표준용량(정격용량) 산정 그리고 성능시험 등에 적용된다. 본 기준에서 언급되고 있는 열펌프 또는 열펌프 유닛은 시험 대상 물-물 열펌프(또는 브라인-물 열펌프)를 의미하며, 순환수 또는 시험용 액체는 열펌프의 냉매-물 열교환기를 순환하는 물 또는 브라인(brine)을 의미한다.

물-물 열펌프 유닛 또는 브라인-물 열펌프 유닛은 부하 측 냉매-물 열교환기(공조 코일; 냉방 시 증발기, 난방 시 응축기), 냉매 압축기, 열원 측 냉매-물 열교환기(또는 냉매-브라인 열교환기; 냉방 시 응축기, 난방 시 증발기), 팽창장치(팽창 밸브 또는 모세관) 그리고 방향전환 밸브(Reversing Valve) 등으로 구성된다. 이 유닛은 구성요소들이 케이싱 내에서 냉매배관에 의해 모두 연결되며 냉·난방 변경 시 유닛 내에서 자동 전환이 되도록 해야 한다. 단, 부하측과 열원측의 열매가 혼합되는 구조여서는 안 된다.

1) 정미 냉난방 용량

정미 냉방용량(net cooling capacity)은 부하 측 순환수 펌프 소비 전력(W)까지 고려한 용량이며, 단위는 W이다.

$$\text{정미 냉방용량}(W) = \text{냉방용량}(W) - \text{순환수 펌프소비전력 보정}(W)$$

정미 난방용량(net heating capacity) 부하 측 순환수 펌프 소비 전력(W)까지 고려한 용량으로 단위는 W이다.

$$\text{정미 난방용량}(W) = \text{난방용량}(W) + \text{순환수 펌프소비전력 보정}(W)$$

적용범위의 경우 기존에는 정격용량 산정방법과 부분부하평가 방법을 모두 제시하였으나 실제 인증평가시 모든 물-물 지열 열펌프 유닛의 경우

정격용량 산정방법만을 따르기 때문에 적용범위에서 부분부하 평가방법을 제외하였다.

또한 정미 용량 산출 방법 중 현재 모든 지열 열펌프가 펌프 외장형으로 평가하고 있으며, 펌프 내장형 평가방법의 경우 실제 지열 열펌프 시스템이 설치되는 환경에 적합하지 않는 현실성이 없는 것으로 판단되어 하나의 평가방법인 펌프 외장형으로 개선되었다.

2) 유효소비전력

유효소비전력(W)은 주어진 시험 시간 동안 열펌프에 공급되는 평균 전력(열펌프가 소비하는 총 전력)으로 단위는 W이며, 아래의 항목들이 모두 포함된다.

- 열펌프의 냉매 압축기가 소비하는 전력.
- 열펌프 제어 장치나 안전장치 등이 소비하는 전력.
- 열원 또는 부하 측 순환수 펌프의 총 소비전력 중, 각각의 순환수를 열펌프 내로 유동시키기 위한 부분만 포함된다. 이 값들은 별도로 측정될 수 없기 때문에, 두 냉매-물 열교환기 입·순환수 유동에 의한 압력강하와 유량 등으로부터 간접적으로 산정된 순환수 펌프소비전력 보정값을 적용한다.

순환수 펌프소비전력 보정값은 부하 측 순환수 펌프가 열펌프의 구성 요소가 아닌 경우를 기준으로 다음과 같이 간접 계산된다.

$$\Phi_{pai} = \frac{q \times 10^{-3} \times \Delta p}{\eta}$$

여기서,

- Φ_{pai} : 부하 측 순환수 펌프 소비전력 보정, W
- q : 부하 측 순환수 유량, l/s
- Δp : 부하 측 순환수 펌프 입구와 출구 사이의 정압 차이, Pa
- η : 상수, 0.3

3.1.2 구조 및 외관

열펌프를 구성하는데 필요한 각 핵심 요소기기의 구조 및 외관은 다음의 사항을 준수한다.

- 열펌프는 냉매-물 열교환기(refrigerant to water heat exchanger), 필터, 압축기, 방향 전환 밸브(reversing valve), 팽창장치, 물-냉매 열교환기(water to refrigerant heat exchanger) 그리고 이들 요소기기를 연결하는 냉매배관 등이 케이싱 안에서 일체형 조립된 기기이어야 한다. 단, 열펌프가 적용되는 시스템에 따라 열원 측 순환수 펌프는 열펌프 내부에 장착되거나 그렇지 않을 수도 있다. 각 기기에 대한 세부 사항은 제조사가 제공하는 열펌프 제작도 등을 따른다.
- 시험 대상 열펌프는 냉매가 충전된 상태에서 공장에서 완전히 조립된 후, 성능 시험을 거친 것이어야 한다.
- 외부 케이싱(casing)은 아연도금강판 또는 이에 상당하는 재질로 제작된 것이어야 한다. 또한 단열 및 소음흡수를 위해 외부 케이싱 안쪽 면에 보온재 또는 흡음재가 부착되어 있어야 한다.
- 열펌프 운전 중 발생하는 응축수(condensate)가 용이하게 배수될 수 있도록 배수 팬(drain pan)이 장착되어 있어야 하며, 재질은 플라스틱 또는 이에 상당하는 것이어야 한다.
- 열펌프의 냉매 순환 배관에 필터(filter)가 장착되어 있어야 한다. 필터의 크기 및 냉매 유동에 대한 평균저항 등은 제조사의 제작도 또는 안내서를 따른다.
- 냉매 압축기(compressor)는 고효율 로터리, 왕복동, 스크롤, 스크류 압축기 등이어야 한다. 압축기 구동 시 발생하는 진동을 감쇄시키기 위해, 방진고무와 같은 진동 감쇄 장치 압축기 하단에 설치되어 있어야 한다.
- 열펌프 외부 케이싱만으로 압축기에서 발생하는 소음을 줄일 수 없을 경우, 별도로 압축기 케이싱을 설치해야 한다.

- 방향전환 밸브는 냉매의 유동 방향을 원활하게 전환할 수 있는 구조이어야 하며, 재질 및 부속 등은 시험 대상 열펌프의 제조사가 제공하는 제작도 또는 안내서를 따른다.
- 열원 및 부하 측 물-냉매 열교환기로 이중관형 열교환 코일(double axis heat exchange coil)이나 판형 열교환기(plate frame heat exchanger)를 사용할 수 있다. 이에 대한 세부사항 및 최대 허용 압력 등은 제조사의 제작도 및 안내서를 따른다.

3.1.3 시험조건 및 시험 방법

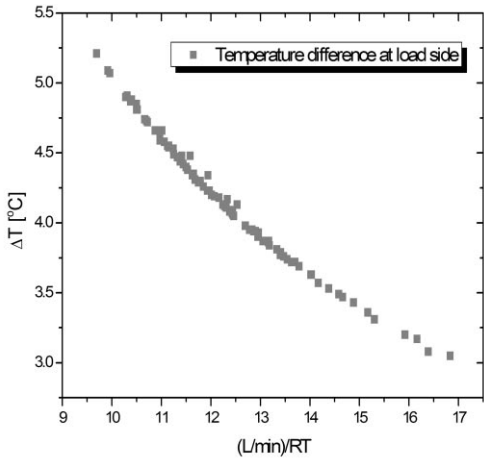
1) 시험용 순환수 조건

물-물 열펌프의 표준용량 산정 및 성능 시험에 사용되는 유체 및 유량은 아래의 표 및 항목을 따른다.

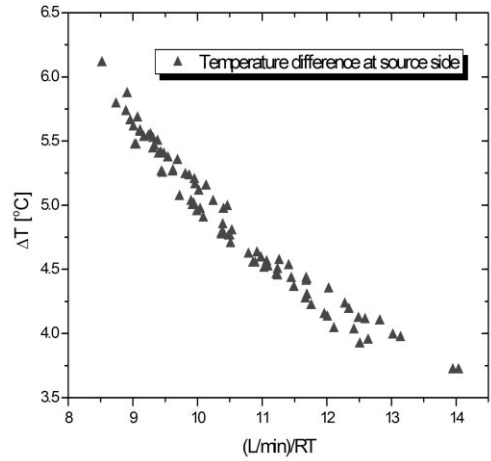
- 순환수 내부에 공기 또는 외부에서 유입된 가스가 존재할 경우, 이들 가스는 전체 시험 결과에 영향을 미친다. 따라서, 시험 수행에 앞서 순환수에 존재하는 가스를 충분히 제거해야 한다.
- 열원 및 부하 측 순환수 유량은 제조사가 명시한 유량에 맞추어 시험을 수행한다. 이때 순환수의 유량을 자동으로 조절할 수 없는 경우, 열펌프 제조사가 제시하는 유량 값에서 표준용량 산정과 성능 시험을 수행해야 한다. 단, 순환수 유량 제어를 위한 제어 신호의 출력은 자동으로 조절되고 변환되어야 한다.
- 제조사가 명시한 열원 및 부하 측 순환수 유량은 정격용량을 기준으로 3.5 kW당 11.4 Lpm \pm 5%를 초과해서는 안 되며, 냉방 및 난

<표 6> 물-물 열펌프의 표준용량 산정 및 성능 시험용 유체

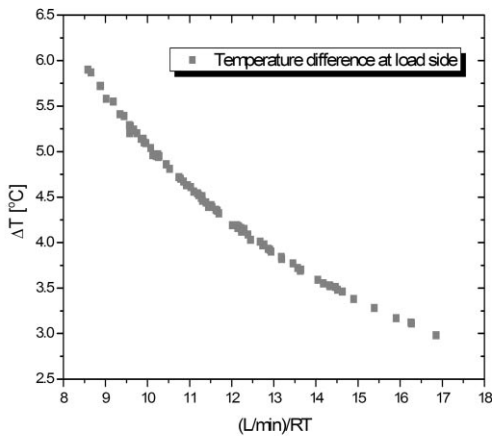
구분	지하수 시스템	지중 루프 시스템
부하 측 (load)	물	물
열원 측 (source)	물	물, 브라인



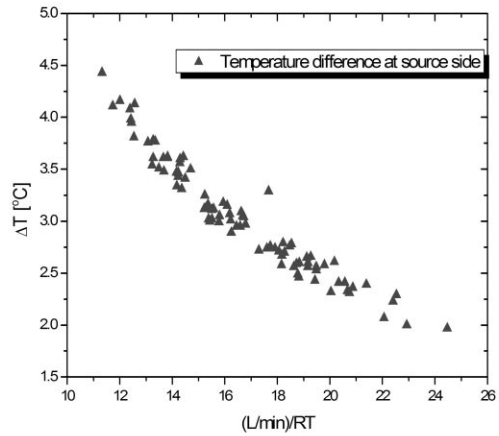
[그림1] 지열 열펌프 유닛 인증제품들의 유량별 온도차- 냉방/부하



[그림2] 지열 열펌프 유닛 인증제품들의 유량별 온도차- 냉방/열원



[그림3] 지열 열펌프 유닛 인증제품들의 유량별 온도차- 난방/부하



[그림4] 지열 열펌프 유닛 인증제품들의 유량별 온도차- 난방/열원

방 운전시 순환수 유량은 동일하여야 한다.

- 열원 및 부하 측 순환수 펌프가 시험 대상 열 펌프 내부에 장착된 경우에는 시험을 위하여 부하 및 열원 측 열교환기에 시험유체를 직접 공급할 수 있도록 준비하여야 한다.

열원 및 부하측 순환수 유량의 경우 기존에는 제조사가 명시한 유량으로 시험을 수행하는데 많은 제품들이 표준 설계조건에서 벗어나는 유량으

로 시험하여 효율을 높여왔으며, 이러한 제품들이 실제 현장 설치 시에는 순환수 펌프의 소비전력을 상승시켜 결국 시스템 효율을 저하시키기 때문에 이에 국제적으로 권장하는 유량범위가 제시되었다.

대부분 수열원 열펌프 유닛들의 표준 설계유량은 3.5 kW당 11.4 Lpm미만으로 권장하고 있으나 인증제품들의 유량데이터를 분석한 결과 아래의 그림과 같이 난방의 경우 많게는 3.5 kW당 24

<표 7> 물-물 열펌프의 냉방용량 산정을 위한 시험조건

열펌프 적용 시험조건	지하수 시스템	지중 루프 시스템
부하 측 순환수의 열펌프 유입 온도, °C	12	12
열펌프 주위 공기 - 건구온도, °C	15~30	15~30
열원 측 순환수의 열펌프 유입 온도, °C	15	25
주파수*	정격 값	정격 값
전압**	정격 값	정격 값

*이중 정격 주파수(dual rated frequencies) 열펌프인 경우, 각 주파수에서 시험한다.
**이중 정격 전압(dual rated voltages) 열펌프인 경우, 두 전압 값에서 시험한다. 혹은 하나의 시험 결과만 제시하는 경우라면, 두 값 중 낮은 전압으로 시험한다.

<표 8> 물-물 열펌프의 난방용량 산정을 위한 시험조건

열펌프 적용 시험조건	지하수 시스템	지중 루프 시스템
부하 측 순환수의 열펌프 유입 온도, °C	40	40
열펌프 주위 공기 - 건구온도, °C	15~30	15~30
열원 측 순환수의 열펌프 유입 온도, °C	10	5
주파수*	정격 값	정격 값
전압**	정격 값	정격 값

*이중 정격 주파수(dual rated frequencies) 열펌프인 경우, 각 주파수에서 시험한다.
**이중 정격 전압(dual rated voltages) 열펌프인 경우, 두 전압 값에서 시험한다. 혹은 하나의 시험 결과만 제시하는 경우라면, 두 값 중 낮은 전압으로 시험한다.

Lpm을 초과하여 설계하는 경우도 있었으며, 이렇게 유량이 과설계 될 경우 실제 시스템을 구성하는 순환펌프에 많은 에너지 부하를 초래하여 시스템 효율 및 신뢰성을 저하시킬 수 있다.

2) 시험 온도 및 전압 조건

열펌프유닛의 표준 냉방용량 및 난방용량 산정을 위한 시험 조건은 아래 표와 같다.

3) 시험절차

물-물 열펌프 유닛의 냉난방 성능 데이터 획득

을 위한 시험절차는 아래의 사항을 준수한다.

- 표준용량 산정에 필요한 데이터 획득에 앞서, 최소 1시간 이상 열펌프를 운전한다. 이때 모든 측정 데이터가 정상상태에 도달할 때까지 열펌프는 정지되는 일이 없어야 한다.
- 주어진 시험 조건에서 최소 1시간 이상 운전된 열펌프가 정상상태에 도달하였을 때, 5분 간격으로 최소 30분 동안 데이터를 획득하여 저장한다(최소 6회 측정).
- 시험을 완료한 후, 이들 데이터를 평균하여 시험 대상 물-물 열펌프의 표준용량을 산정한다.
- 정격용량은 용량산정조건으로 시험하였을 때 제조사가 제시한 용량의 95% 이상이어야 한다.

제조사가 제시한 용량대비 정격용량의 비율은 기존 100%에서 95%로 조정되었다. 이는 동일한 제품이라 하더라도 일정부분 데이터의 불확도가 발생할 수 있다. 이러한 부분은 열펌프와 관련된 다른 국제표준인 ISO 또는 한국산업표준인 KS에서도 표시용량대비 95%이상 또는 92%이상 등의 조건으로 용량비를 제시하고 있다.

- KS C 9306 : 2011 에어컨디셔너의 능력요구조건
 - 냉난방능력 요구조건 : 표시 값의 95%이상 (6. 성능항목)
 - 냉난방에너지효율 요구조건 : 표시 값의 92% 이상(6. 성능항목)
 - 냉난방소비전력 : 표시 값의 110% 이하(6. 성능항목)
- ISO 5151 : 2010 Non-ducted air conditioners and heat pumps - Testing and rating for performance
 - 7.2.2 The steady-state cooling and heating capacities determined using the calorimeter method shall be determined

with a maximum uncertainty of 5 %. This value is an expanded uncertainty of measurement expressed at the level of confidence of 95 %.

3.1.4 냉난방능력 산출식

물-물 열펌프의 총 냉방·난방 용량은 부하 측과 열원 측에 액체 엔탈피 시험방법(liquid enthalpy test method)을 적용해서 얻은 결과의 평균이어야 한다.

액체엔탈피법은 열펌프의 냉매-물 열교환기 입구와 출구에서 순환수의 온도와 유량 등을 측정하여 용량을 산정한다. 다음 식을 적용하여 시험대상 물-물 열펌프의 용량을 산정한다. 만약 배관 유동에 의한 손실이 무시할 수 없을 정도의 크기라면, 용량 산정에 이 값을 포함시켜야 한다.

$$\begin{aligned}\Phi_{ico} &= w_f c_{pf} (T_{\beta} - T_{\alpha}) - \Phi_t \\ \Phi_{tho} &= w_f c_{pf} (T_{\beta} - T_{\alpha}) + \Phi_t\end{aligned}$$

여기서,

- Φ_{ico} : 열펌프의 총 냉방 용량, W
- Φ_{tho} : 열펌프의 총 난방 용량, W
- c_{pf} : 열원 측 순환수의 비열, J/kgK
- T_{β} : 열원 측 순환수의 열펌프 유입 온도, °C
- T_{α} : 열원 측 순환수의 열펌프 유출 온도, °C
- w_f : 열원 측 순환수의 질량유량, kg/s
- Φ_t : 열펌프 총 소비전력, W

3.1.5 에너지효율 산출식

냉방성능계수(cooling coefficient of performance, COP_c)는 열펌프에 공급되는 유효 전력에 대한 정미 냉방용량의 비를 의미하며, 물-물 열펌프의 냉방성능 척도를 대변한다.

$$COP_c = \frac{\text{정미 냉방용량}(W)}{\text{유효 전력}(W)}$$

$$\text{유효 전력}(W) = \Phi_{total} + \Phi_{pai} + \Phi_{pao}$$

Φ_{total} : 총 소비전력, W

Φ_{pai} : 부하 측 순환수 펌프 소비전력 보정, W

Φ_{pao} : 열원 측 순환수 펌프 소비전력 보정, W

난방성능계수(heating coefficient of performance, COP_h)는 열펌프에 공급되는 유효 전력에 대한 정미 난방용량의 비를 의미하며, 물-물 열펌프의 난방성능 척도를 대변한다. 여기서, 유효 전력은 앞서 냉방성능계수에서와 동일한 식을 적용한다.

$$COP_h = \frac{\text{정미 난방용량}(W)}{\text{유효 전력}(W)}$$

유효소비전력은 열펌프 유닛에 공급되는 유효한 모든 소비전력을 포함시켜야 한다. 이는 순환수 펌프의 경우 외장형이기 때문에 직접 측정하지 못하더라도 열펌프내의 열교환기를 통과할 때 소비되는 소비전력 보정값을 기술기준에서 제시된 방법으로 측정하여 모두 포함시켜야 하지만 기존 방법의 경우 유효소비전력 산출시 부하측 순환수 펌프 소비전력 보정값과 열원측 순환수 펌프 소비전력 보정값을 가감하도록 되어 있다. 이는 모든 소비전력값을 포함시켜야 하는 기본 방법에 어긋나기 때문에 새롭게 수정된 산출식에는 부하측/열원측에 관계없이 모든 펌프소비전력 보정 값을 포함시켜 개선되었다.

3.1.6 적용대상 및 성능기준

정격용량 530 kW이하인 물-물 지열원 열펌프 유닛을 시험 대상으로 하며, 다음 표에 명시된 최소 성능기준을 만족해야 한다.

성능기준의 경우 기존 평가기준에 비해 전체적으로 약 5%상향 조정되었다. 이는 아래의 그림에서 보듯이 기존 인증제품들의 데이터들을 분석한 결과 기존 인증제품군들 중 냉방기준에서는 약 10%미만, 난방기준에서는 약 30%정도가 새로운 평가기준에 미달하는 것으로 분석되었다. 또한 해외 인증기준을 분석해본 결과 해외 인증기준을

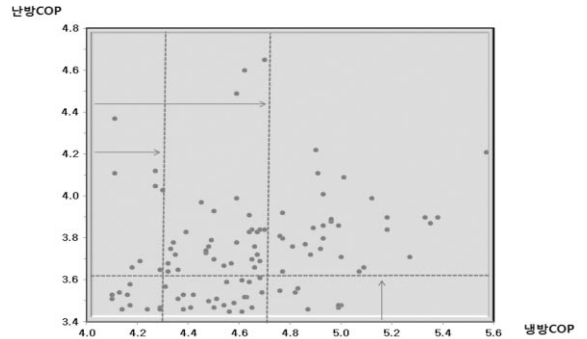
그대로 적용할 경우 냉방기준에서는 약 60%가 새로운 평가기준에 미달하는 것으로 분석되었다.

난방기준의 경우 변화가 없는 것으로 분석되었다.

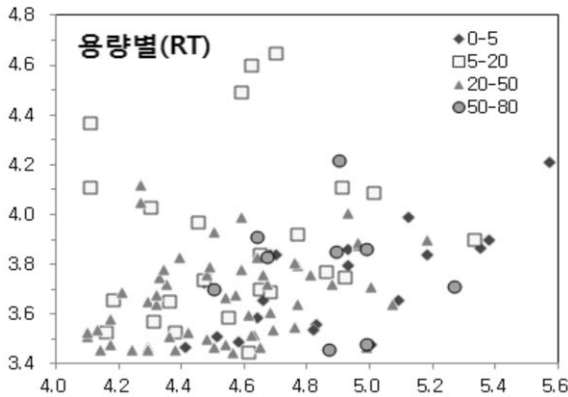
<표 9> 물-물 열펌프의 최소 요구 성능

운전 모드	열펌프 적용 시스템	최소 성능기준*, W/W
냉방	지하수 시스템	5.04
	지중 루프 시스템	4.31
난방	지하수 시스템	3.78
	지중 루프 시스템	3.62

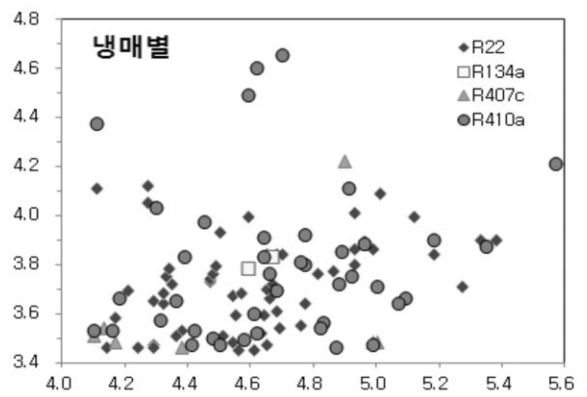
* : 냉방인 경우 COPc(W/W), 난방인 경우 COPh(W/W).



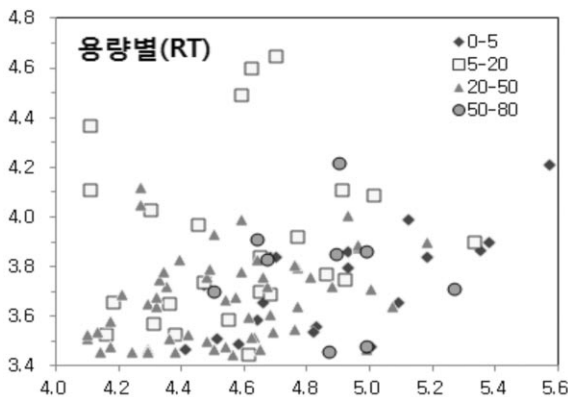
[그림 5] 지열 열펌프 유닛 인증제품들의 냉·난방 성능계수



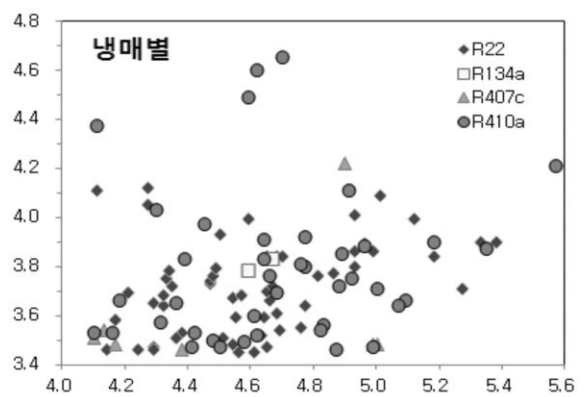
[그림 6] 지열 열펌프 유닛 인증제품들의 용량별 냉·난방 성능계수



[그림 7] 냉매별 지열 열펌프 유닛 인증제품들의 냉·난방 성능계수



[그림 8] 연도별 지열 열펌프 유닛 인증제품들의 냉·난방 성능계수



[그림 9] 형식별 지열 열펌프 유닛 인증제품들의 냉·난방 성능계수

3.2 물-공기 지열원 열펌프 유닛(NR GT 102 : 2012, NR GT 103 : 2012)

물공기 지열원 열펌프 유닛(NR GT 102)과 물공기 지열원 멀티형 열펌프 유닛(NR GT 103)은 부하측과 열원측의 열원 방식이 동일하기 때문에 적용범위 및 성능평가 등에 있어 대부분 거의 동일한 기술기준을 제시하고 있다. 다만 기기의 일체형 유무, 실내외 유닛 구성 방식 등에 있어 차이가 있는 만큼 본 저널에서는 NR GT 102 기준위주로 서술하며, NR GT 103기준에 대해서는 NR GT 102기준과 다른 부분에 대해서만 별도로 분석하였다.

3.2.1 적용범위 및 정의

본 기준은 주거용 또는 상업용 건물의 냉·난방을 위해 공장에서 제작되는 증기 압축식 물-공기 또는 브라인-공기 열펌프의 표준용량(정격용량) 산정 그리고 성능시험 등에 적용된다. 본 기준에서 언급되고 있는 열펌프 또는 열펌프 유닛은 시험 대상 물-공기 열펌프(또는 브라인-공기 열펌프)를 의미하며, 열원 측 순환수 또는 시험용 액체는 열펌프의 냉매-물 열교환기를 순환하는 물 또는 브라인(brine)을 의미한다. 시험 대상 물-공기 열펌프 유닛 중 2대 이상의 실내기로 구성된 물-공기 멀티형 열펌프(또는 브라인-공기 멀티형 열펌프) 유닛은 “NR GT 103 : 물-공기 지열 멀티형 열펌프 유닛” 기술기준을 따른다.

물-공기 열펌프 유닛 또는 브라인-공기 열펌프 유닛은 외부에서 실내로 유입되는 공기를 가열하거나 냉각시키는 냉매-공기 열교환기(부하 측 열교환 코일; 냉방 시 증발기, 난방 시 응축기), 냉매 압축기(compressor), 열원 측 냉매-물 열교환기(또는 냉매-브라인 열교환기; 냉방 시 응축기, 난방 시 증발기), 팽창장치(팽창밸브 또는 모세관) 그리고 방향전환밸브(reversing valve) 등으로 구성된다. 이 유닛은 구성 요소들이 배관에

의해 모두 연결된 일체형 장비이다.

물-공기 멀티형 열펌프 유닛 또는 브라인-공기 멀티형 열펌프 유닛은 열흡수와 방출이 분리되어 있는 경우 2대 이상의 실내기로 구성된 증기압축식 냉난방기를 의미한다. 실외기에는 냉매압축기, 냉매-물 열교환기(또는, 냉매-브라인 열교환기), 방향전환밸브, 팽창장치 등이 포함되어 있고, 실내기에는 핀-관 열교환기, 송풍기, 팽창장치 등으로 구성되어 있으며, 실외기와 복수대의 실내기에는 냉매배관으로 모두 연결되어 있다. 이러한 장비는 하나 이상의 부품으로 구성되며, 개개의 부품들이 함께 조립되어 사용된다.

1) 정미 냉난방 용량

정미냉방용량(net total cooling capacity)은 공기 토출용 송풍기(fan)의 소비 전력(W)까지 고려한 용량이며, 단위는 W이다. 송풍기가 열펌프에 장착되지 않은 경우(송풍기 외장형)와 장착된 경우(송풍기 내장형)에 대해 각각 다음과 같이 계산된다.

- 송풍기 외장형: 정미 총 냉방용량(W)
= 냉방용량(W) - 송풍기 소비전력 보정(W)
- 송풍기 내장형: 정미 총 냉방용량(W)
= 냉방용량(W) + 송풍기 소비전력 보정(W)

정미 난방용량(net heating capacity)은 공기 토출용 송풍기의 소비 전력(W)까지 고려한 용량이며, 단위는 W이다. 송풍기 외장형과 내장형에 대해 각각 다음과 같이 계산한다.

- 송풍기 외장형: 정미 난방용량(W) =
난방용량(W) + 송풍기 소비전력 보정(W)
- 송풍기 내장형: 정미 난방용량(W) =
난방용량(W) - 송풍기 소비전력 보정(W)

2) 유효소비전력

유효 소비전력은 주어진 시험 시간 동안 열펌프

에 공급되는 평균 전력(열펌프가 소비하는 총 전력)으로 단위는 W이다. 이때 다음 항목들이 모두 포함된다.

- 열펌프의 냉매 압축기가 소비하는 전력.
- 열펌프 제어 장치나 안전장치 등이 소비하는 전력.
- 송풍기의 총 소비전력 중, 공기를 열펌프 내로 유동시키는 데 소요되는 부분만 포함된다. 이 값은 별도로 측정될 수 없기 때문에, 열펌프 흡입 측과 토출 측 양단에서의 차압과 풍량 등으로부터 간접 계산되는 송풍기 소비전력 보정값을 적용한다.
- 열원 측 순환수 펌프의 총 소비전력 중, 순환수를 열펌프의 냉매-물 열교환기 내를 유동시키는 데 소요되는 부분만 포함된다. 이 값 역시 별도로 측정될 수 없기 때문에, 열교환기 입·출구에서 순환수 유동에 의한 압력강하와 유량 등으로부터 간접 산정되는 순환수 펌프 소비전력 보정값을 적용한다.

덕트 접속형 열펌프에서 송풍기가 열펌프의 구성 요소가 아닌 경우 즉, 열펌프와는 별도로 시스템에 장착되는 경우 공기를 열펌프 내로 유동시키는 데 소요되는 부분(Φ_{fa})만을 유효 전력에 포함시킨다. 이 값은 직접 측정될 수 없기 때문에 열펌프 흡입 측과 토출 측 양단에서의 차압(Δp)과 풍량(q) 등으로부터 간접적으로 산정되며, 냉방용량 산정 시 (-), 난방용량 산정 시 (+) 값이다.

$$\Phi_{fa} = \frac{q \times 10^{-3} \times \Delta p}{n} \quad (1)$$

여기서,

- Φ_{fa} : 송풍기 소비전력 보정, W
- q : 실내로 공급되는 공기의 유량(풍량), L/s
- Δp : 열펌프 흡입 측과 토출 측 사이의 차압, Pa
- n : 상수, 0.3

송풍기가 덕트 접속형 열펌프의 요소 기기로서 열펌프 내부에 장착된 경우, 송풍기 전체 소비 전력 중 공기가 내부 저항을 극복하는 데 소요되는 동력(Φ_{fa})은 유효 전력에 포함된다. 이 값은 다음과 같이 계산되며 냉방용량 산정 시 (+), 난방용량 산정 시 (-) 값이다.

$$\Phi_{fa} = \frac{q \times 10^{-3} \times \Delta p}{n} \quad (2)$$

여기서,

- Φ_{fa} : 송풍기 소비전력 보정, W
- q : 실내로 공급되는 공기의 유량(풍량), L/s
- Δp : 열펌프 외부(대기)와 토출 측 사이의 차압, Pa
- n : 상수, 0.3

열원 측 순환수 펌프가 열펌프의 구성 요소가 아닌 경우를 기준으로 순환수를 열펌프의 냉매-물 열교환기 내로 유동시키는 데 소요되는 동력(Φ_{fa})은 유효 전력 값에 포함된다. 이 값은 직접 측정될 수 없기 때문에, 열교환기 입·출구에서 순환수 유동에 의한 압력강하(Δp)와 유량(q) 등으로부터 다음과 같이 간접적으로 산정된다.

$$\Phi_{fa} = \frac{q \times 10^{-3} \times \Delta p}{n} \quad (3)$$

여기서,

- Φ_{fa} : 순환수 펌프 소비전력 보정, W
- q : 순환수 유량, L/s
- Δp : 열펌프 냉매 대 물 열교환기 입구와 출구 사이의 차압, Pa
- n : 상수, 0.3

3.2.2 구조 및 외관

열펌프를 구성하는데 필요한 각 핵심 요소기기의 구조 및 외관은 다음의 사항을 준수한다.

- 열펌프는 냉매-공기 열교환기(refrigerant to air heat exchanger), 필터, 압축기, 방향 전환 밸브(reversing valve), 팽창장치, 물-냉매 열교환기(water to refrigerant heat exchanger), 송풍기(fan) 그리고 이들 요소 기기를 연결하는 냉매배관 등이 케이싱 안에서 일체형 조립된 기기이어야 한다. 단, 열펌프가 적용되는 시스템에 따라 송풍기 또는 열원 측 순환수 펌프는 열펌프 내부에 장착되거나 그렇지 않을 수도 있다. 각 기기에 대한 세부 사항은 제조사가 제공하는 열펌프 제작도 등을 따른다.
- 시험 대상 열펌프는 냉매가 충전된 상태에서 공장에서 완전히 조립된 후, 성능 시험을 거친 것이어야 한다.
- 외부 케이싱은 아연도금 강판 또는 이에 상당하는 재질로 제작된 것이어야 한다. 단열 및 소음 흡수를 위해 케이싱 안쪽에 보온재나 흡음재가 적절하게 부착되어 있어야 한다.
- 열펌프 운전 중 발생하는 응축수(condensate)가 용이하게 배수될 수 있도록 배수 팬(drain pan)이 장착되어 있어야 하며, 재질은 플라스틱 또는 이에 상당하는 것이어야 한다.
- 열펌프의 냉매 순환 배관에 필터(filter)가 장착되어 있어야 한다. 필터의 크기 및 냉매 유동에 대한 평균저항 등은 제조사의 제작도 또는 안내서를 따른다.
- 냉매 압축기는 고효율 로터리, 왕복동, 스크롤, 스크류 압축기 등이어야 한다. 압축기 구동시 발생하는 진동을 감쇄시키기 위해, 방진 고무와 같은 진동 감쇄 장치가 압축기 하단에 설치되어 있어야 한다.
- 열펌프 외부 케이싱만으로 압축기에서 발생하는 소음을 줄일 수 없을 경우, 별도로 압축기 케이싱을 설치해야 한다.
- 방향전환 밸브는 냉매의 유동 방향을 원활하게 전환할 수 있는 구조이어야 하며, 재질 및 부속 등은 시험 대상 열펌프의 제조사가 제공

하는 제작도 또는 안내서를 따른다.

- 부하 측 냉매 대 공기 열교환기는 동관(copper tube)의 외면에 흰(fin)이 기계적으로 접촉된 기기이며, 제조사의 시험기준에 따라 누수 및 내압시험을 통과한 것이어야 한다.
- 열원 측 물 대 냉매 열교환기로 이중관형 열교환 코일(double axis heat exchange coil)이나 판형 열교환기(plate frame heat exchanger)를 사용할 수 있다. 이에 대한 세부사항 및 최대 허용 압력 등은 제조사의 제작도 및 안내서를 따른다.
- 직접 토출형 또는 덕트 접속형 열펌프의 송풍기는 구동 모터에 직접 연결된 구조이어야 하며, 또한 모터 결선 및 유지보수를 위해 결합과 분리가 쉬운 구조이어야 한다. 모터 사용 전원 및 베어링 등 모터와 관련된 세부 사항은 제조사의 제작도 및 안내서를 따른다.

만약 시험 대상 열펌프가 일체형 유닛이 아닌 개별 부품들로 조립되어 설치되는 경우, 다음 사항들을 고려해야 한다.

- 냉매 배관의 총 길이를 7.5 m 이하로 하거나 또는 제조사가 지시하는 최대 길이로 한다. 이때 어느 쪽 배관의 총 길이가 짧은가는 고려하지 않는다.
- 개별 부품들 중, 관이 부착된 부품에 대해서는 부착된 관을 제거해서는 안 된다. 이 경우, 냉매 배관의 총 길이는 7.5 m 길이를 초과할 수 있다.
- 냉매 배관 중 수직 배관의 길이는 2 m를 초과해서는 안 된다.

물-공기 지열원 멀티형 열펌프 유닛들의 경우에는 설치시 다음 사항들을 고려해야 한다.

- 냉매 배관의 수평 길이는 제조사가 지시하는 최대 길이로 한다.

- 개별 부품들 중, 관이 부착된 부품에 대해서는 부착된 관을 제거해서는 안 된다.
- 연결 냉매 배관 중 수직 배관의 길이는 50 m, 25 m로 한정한다.
- 실외기와 실내기를 조합할 때의 용량비는 실외기 대비 실내기 용량을 100~120 %로 한정한다.
- 실내기는 용량별, 설치위치별, 직접 토출형, 덕트 접속형 등으로 구분하며, 실외기와 조합할 때는 실내기 들의 용량 및 형태를 선택조합으로 한다.

3.2.3 시험조건 및 시험 방법

1) 시험용 유체(순환수, 공기) 조건

(1) 순환수 조건

물-공기 열펌프의 표준용량 산정 및 성능 시험에 사용되는 유체는 다음 표와 같다.

- 순환수 내부에 공기 또는 외부에서 유입된 가스가 존재할 경우, 이들 가스는 전체 시험 결과에 영향을 미친다. 따라서, 시험 수행에 앞서 순환수에 존재하는 가스를 충분히 제거해야 한다.
- 열원 측 순환수 용량은 제조사가 명시한 용량에 맞추어 시험을 수행한다. 이때 순환수의 용량을 자동으로 조절할 수 없는 경우, 열펌프 제조사가 제시하는 용량 값에서 표준용량 산정과 성능 시험을 수행해야 한다. 단, 순환수 용량 제어를 위한 제어 신호의 출력은 자동으로 조절되고 변환되어야 한다.
- 제조사가 명시한 열원 측 순환수 용량은 정격 용량을 기준으로 3.5 kW당 11.4 Lpm±5%

을 초과해서는 안되며, 냉방 및 난방운전시 순환수 용량은 동일하여야 한다.

- 열원 측 순환수 펌프가 시험 대상 열펌프 내부에 장착된 경우에는 시험을 위하여 열원 측 열교환기에 시험유체를 직접 공급할 수 있도록 준비하여야 한다.

(2) 공기 유량 조건

- 용량 산정 시, 표준 공기를 실내로 공급해야 하며 단위는 L/s이다. 제조사가 명시한 풍량 조건에서 열펌프 내부에 송풍기가 장착된 덕트 접속형 열펌프를 시험하거나 혹은 외부 정압 차가 0이 되는 풍량에서 시험한다. 이때 어느 쪽 풍량이 더 작은가는 고려하지 않는다.
- 공기 토출용 송풍기가 덕트 접속형 열펌프 내부에 장착되어있지 않은 경우 즉, 덕트 내부에 송풍기가 설치된 경우에도 위와 동일한 방법을 적용하여 시험을 수행한다. 반면, 필수적인 환을 가지지는 않지만 공기 이송 장치의 종류로 일반적인 사용을 위해 평가된 덕트가 있는 열펌프는 제조사가 제시하는 공기 유량에서 용량 시험을 수행한다. 하지만 모든 경우에 열교환 코일, 열펌프 외부 케이싱 그리고 기타 열펌프 부속 장치들을 통과하는 공기의 압력 강하(pressure drop)는 75 Pa을 초과해서는 안 된다.
- 직접 토출형 열펌프는 외부 정압 차이가 0인 풍량 조건에서 표준용량을 산정해야 한다. 이때, 토출 풍량을 자동으로 조절할 수 없는 경우에는 열펌프 제조사가 제시하는 풍량 조건에서 표준용량을 산정한다. 단, 풍량 제어를 위한 제어 신호의 출력은 자동으로 조절되고 변환되어야 한다.

<표 10> 물-공기 열펌프의 표준용량 산정 및 성능 시험용 유체

구분	지하수 시스템	지중 루프 시스템
열원 측	물	물, 브라인

2) 시험 온도 및 전압 조건

열펌프유닛의 표준 냉방용량 및 난방용량 산정을 위한 시험 조건은 아래 표와 같다.

<표 11> 물·공기 열펌프의 냉방용량 산정을 위한 시험조건

열펌프 적용 시험조건	지하수 시스템	지중 루프 시스템
열펌프로 흡입되는 공기 - 건구온도, °C - 습구온도, °C	27 19	27 19
열펌프 주위 공기 - 건구온도, °C	27	27
열원 측 순환수의 열펌프 유입 온도, °C	15	25
주파수*	정격 값	정격 값
전압**	정격 값	정격 값

*이중 정격 주파수(dual rated frequencies) 열펌프인 경우, 각 주파수에서 시험한다.
**이중 정격 전압(dual rated voltages) 열펌프인 경우, 두 전압 값에서 시험한다.
혹은 하나의 시험 결과만 제시하는 경우라면, 두 값 중 낮은 전압으로 시험한다.

<표 12> 물·공기 열펌프의 난방용량 산정을 위한 시험조건

열펌프 적용 시험조건	지하수 시스템	지중 루프 시스템
열펌프로 흡입되는 공기 - 건구온도, °C - 습구온도, °C	20 15	20 15
열펌프 주위 공기 - 건구온도, °C	20	20
열원 측 순환수의 열펌프 유입 온도, °C	10	5
주파수*	정격 값	정격 값
전압**	정격 값	정격 값

*이중 정격 주파수(dual rated frequencies) 열펌프인 경우, 각 주파수에서 시험한다.
**이중 정격 전압(dual rated voltages) 열펌프인 경우, 두 전압 값에서 시험한다. 혹은 하나의 시험 결과만 제시하는 경우라면, 두 값 중 낮은 전압으로 시험한다.

3) 시험절차

- 표준용량 산정에 필요한 데이터 획득에 앞서, 열펌프를 최소 1시간 이상 운전한다. 이때 모든 측정 데이터가 정상상태에 도달할 때까지 열펌프는 정지되는 일이 없어야 한다.
- 주어진 시험 조건에서 최소 1시간 이상 운전된 열펌프가 정상상태에 도달하였을 때, 5분 간격으로 최소 30분 동안 데이터를 획득하여 저장한다(최소 6회 측정).
- 시험을 완료한 후, 이들 데이터를 평균하여 시험 대상 물-물 열펌프의 표준용량 산정한다.
- 정격용량은 용량산정조건으로 시험하였을 때 제조사가 제시한 용량의 95% 이상이어야 한다.

3.2.4 냉난방능력 산출식

물-공기 열펌프의 냉방용량 및 난방용량은 실내 공기엔탈피법(indoor air enthalpy test method)과 액체 엔탈피법(liquid enthalpy test method)을 적용해서 얻은 결과이어야 한다.

물-공기 열펌프의 용량 산정 및 성능 시험을 위해 실내 공기엔탈피법을 적용한다. 이 방법은 터널형 공기엔탈피법(tunnel air enthalpy test method), 순환형 공기엔탈피법(loop air enthalpy test method), 칼로리미터형 공기엔탈피법(enclosed air enthalpy test method), 실험 공기엔탈피법(room air enthalpy test method) 등으로 세분된다.

실내 공기엔탈피법은 시험 대상 열펌프로 흡입되는 공기의 온도와 습도, 시험실 내로 분출되는 공기의 온도와 습도를 측정하고 이때의 풍량을 측정하여 덕트 접속형 열펌프의 표준 냉·난방용량 및 성능을 결정하는 방법이다.

앞서 설명된 네 종류의 시험 장치 중 한 가지를 적용하여 데이터를 측정한 후, 시험 대상 열펌프의 총 냉방용량과 현열 및 잠열 냉방용량 등을 다음과 같이 산정한다. 용량 산정 시, 열펌프 자체에 의한 열손실은 고려하지 않는다. 참고로 2.47 × 10⁶ J/kg(15°C ± 1°C 기준)은 물의 증발잠열이다.

$$\phi_{tci} = \frac{q_{mi}(h_{a1} - h_{a2})}{v_n'(1 + W_n)}$$

$$\phi_{sci} = \frac{q_{mi}c_{pa}(T_{a1} - T_{a2})}{v_n'(1 + W_n)}$$

$$c_{pa} = 1006 + 1860 W_n$$

$$\phi_{lci} = \phi_{tci} - \phi_{sci} = \frac{2.47 \times 10^6 q_{mi}(W_{a1} - W_{a2})}{v_n'(1 + W_n)}$$

여기서,

ϕ_{tci} : 열펌프의 총 냉방용량(공기 측 데이터 이용), W

ϕ_{sci} : 열펌프의 총 현열 냉방용량(공기 측 데이터 이용), W

ϕ_{lci} : 열펌프의 총 잠열 냉방용량(공기 측 데이터 이용), W

c_{pa} : 건공기의 비열, J/kgK

h_{a1} : 열펌프로 흡입되는 습공기의 엔탈피, J/kg

h_{a2} : 열펌프에서 분출되는 습공기의 엔탈피, J/kg

q_{mi} : 풍량 측정 장비에서 측정된 풍량, m³/s

T_{a1} : 열펌프로 흡입되는 공기의 건구온도, °C

T_{a2} : 열펌프에서 분출되는 공기의 건구온도, °C

v_n' : 풍량 측정 노즐을 통과한 습공기의 비체적, m³/kg

W_{a1} : 열펌프로 흡입되는 공기의 습도비(humidity ratio), kg/kg

W_{a2} : 열펌프에서 분출되는 공기의 습도비, kg/kg

W_n : 풍량 측정 노즐을 통과하는 공기의 습도비, kg/kg

실내 공기엔탈피법에 의한 열펌프의 총 난방용량은 다음 식으로부터 계산된다.

$$\phi_{hi} = \frac{q_{mi}c_{pa}(T_{a2} - T_{a1})}{v_n'(1 + W_n)}$$

여기서, 열펌프의 총 난방용량은 시험공간 내에서 측정된 데이터를 이용하여 산정된 총 난방용량(W)이며, 나머지 기호들은 냉방용량 계산에 사용된 기호들과 동일하다. 만약 배관 유동에 의한 손실이 무시할 수 없을 정도의 크기라면, 이 값을 용량 산정에 포함시켜야 한다.

3.2.5 에너지효율 산출식

냉방성능계수(cooling coefficient of performance, COP_c)는 열펌프에 공급되는 유효 전력에 대한 정미 냉방용량의 비를 의미하며, 시험 대상 물-공기 열펌프의 냉방성능 척도를 대변한다.

$$COP_c = \frac{\text{정미 냉방용량(W)}}{\text{유효 전력(W)}}$$

$$\text{유효 전력(W)} = \phi_{total} + \phi_{pai} + \phi_{pao}$$

ϕ_{total} : 총 소비전력, W

ϕ_{pai} : 부하 측 송풍기 소비전력 보정, W

ϕ_{pao} : 열원 측 순환수 펌프 소비전력 보정, W

난방성능계수(heating coefficient of performance, COP_h)는 열펌프에 공급되는 유효 전력에 대한 정미 난방용량의 비를 의미하며, 시험 대상 물-공기 열펌프의 난방성능 척도를 대변한다. 여기서, 유효 전력은 앞서 냉방성능계수에서와 동일하다.

$$COP_h = \frac{\text{정미 난방용량(W)}}{\text{유효 전력(W)}}$$

물-공기 지열원 열펌프 유닛의 유효소비전력은 물-물 지열원 열펌프 유닛과 마찬가지로 열펌프 유닛에 공급되는 유효한 모든 소비전력을 포함시켜야 한다. 이는 송풍기의 경우 외장형일 경우 직접 측정하지 못하더라도 열펌프내의 열교환기를 통과할 때 소비되는 소비전력 보정값을 기술기준에서 제시된 방법으로 측정하여 모두 포함시켜야 하지만 기존 기준의 경우 유효소비전력 산출시

<표 13> 물-공기 열펌프의 최소 요구 성능.

운전 모드	열펌프 적용 시스템	최소 성능기준*, W/W
냉방	지하수 시스템	5.04
	지중 루프 시스템	4.31
난방	지하수 시스템	3.78
	지중 루프 시스템	3.62

* : 냉방인 경우 COPc(W/W), 난방인 경우 COPh(W/W).

부하측 순환수 송풍기 소비전력 보정값과 열원측 순환수 펌프 소비전력 보정값을 가감하도록 되어 있다. 이는 모든 소비전력값을 포함시켜야하는 기본 방법에 어긋나기 때문에 새롭게 수정된 산출식에는 부하측/열원측에 관계 없이 모든 펌프소비전력 보정 값을 포함시켜 개선하였다.

3.2.6 적용대상 및 성능기준

정격용량 105 kW이하인 물-공기 지열원 열펌프를 시험 대상으로 하며, 다음 표에 명시된 최소 성능기준을 만족해야 한다. 아래의 기준은 물-공기 지열원 멀티형 열펌프 유닛에도 동일하게 적용된다.

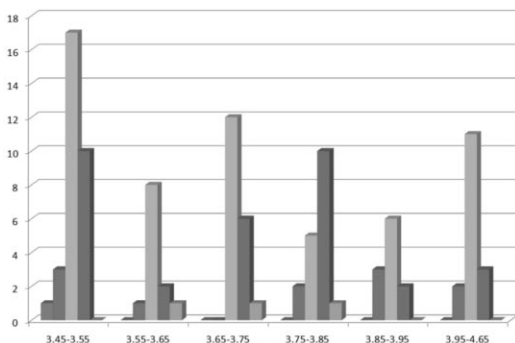
4. 결론

지금까지 2012년도에 개정된 지열원 열펌프 유

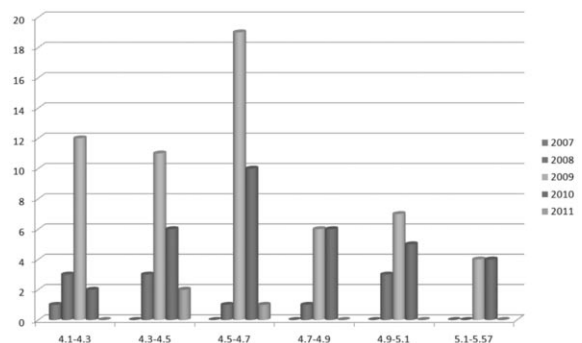
닛의 성능평가 및 시험방법에 대해 기술기준별로 분석해 보았다. 지열원 열펌프 유닛의 경우 제도가 본격적으로 시행되기 시작된 2007년~2009년에는 인증을 위한 기술기준이 업체가 쉽게 통과할 수 없을 정도의 높은 수준이었지만 불과 2~3년 후에는 저가 중국 제품들도 쉽게 통과할 수 있을 정도로 제조사들의 기술 수준이 향상된 반면에 인증을 위한 기술기준은 시행초기의 기준을 그대로 적용하고 있었고 이에 저가의 중국 유닛의 수입물량이 조금씩 증가하고 있었다. 이는 상대적으로 높은 수준의 기술을 보유한 국내업체가 중국 업체 또는 저가의 수입업체에 가격경쟁력에 밀려 보급에 많은 어려움이 발생되고 있었다.

그림 10에서 볼 수 있듯이 연도별 지열 열펌프의 성능경향을 살펴보면 인증제도시행초기인 2007년부터 2009년까지 관련 제조사들의 꾸준한 기술개발 노력으로 인하여 성능이 계속향상되었으나 그 이후에는 오히려 성능이 줄어드는 경향을 보이고 있다. 이는 저가의 해외수입제품으로 인해 일부 국내 제조사들이 가격경쟁력을 맞추기 위해서는 성능을 낮춘 저가의 제품을 보급할 수밖에 없는 상황이 발생되고 있었던 것이다.

미국은 에너지다소비 기기들에 대해 환경보호국과 에너지성에서 공동으로 에너지스타 프로그램을 운영하고 있는데 그 대상품목은 에어컨, 세탁



(a) 연도별 난방성능 경향



(b) 연도별 냉방성능 경향

[그림10 지열 열펌프의 연도별 성능 경향

기, 냉장고 등 가전기기부터 창문, 출입문, 지붕 등 주택 단열품목까지 매우 다양하고 폭이 넓다. 지난 10년간 에너지 스타 제품이 소비되었고, 7000여개 기업과 단체가 이 프로그램의 파트너로 가입하는 등 범 친환경 인증으로 평가받고 있다. 특히 냉동공조기기 관련 품목만 하더라도 룸에어컨디셔너, 공랭식 열펌프, 제습기, 중앙식 공조기, 팬, 공기청정기, 환기장치, 지열 열펌프 등 여러 종류의 품목에 대하여 기준보다 10 ~ 25 % 정도 더 높은 에너지 소비효율 기준을 정해놓고 있다.

지열열펌프의 경우도 에너지 스타대상이며, 초창기에 마련된 성능기준을 개정하여 2009년부터는 아래의 표와 같이 단계적으로 성능을 향상시키는 제품에 대해 지원하도록 운영하고 있다. 현재 기술기준을 통과하여 에너지 스타프로그램에 등록된 제품 모델수는 약 300여개에 이른다.

앞서 기술하였듯이 결국 국내기술기준(NR GT 101, NR GT 102, NR GT 103)도 국제적인 기준향상 흐름에 따라 적용범위, 성능기준조건 상향, 평가방법개선 등 기술기준 개선의 필요성이

대두되었고, 2012년도에 기술기준을 개정하여 2013년 4월 1일부터 개정된 기술기준을 적용하게 되었다. 물론 기술기준 개선만이 바로 제품의 기술향상으로 이어지진 않았지만 관련 제조사의 기술향상의지, 국내기업 개발 제품에 대한 정부의 지원 정책들과 조화를 이룰 경우에는 향후 이를 토대로 해외 수입제품대체 효과뿐만 아니라 국내 지열관련 제조사들의 경쟁력이 크게 향상될 것으로 기대된다.

참고문헌

1. Rybach, L., The advance of geothermal heat pumps—worldwide, IEA Heat pump Center News Letter, 23(4), No2/2008.
2. ISO 13256-1, ISO 13256-2.
3. Air-conditioning and Refrigeration Institute.
4. U.S Environmental Protection Agency.
5. 에너지관리공단 신재생에너지설비 인증제도. 