R410A 대체냉매 적용 지열히트펌프 개발

김 지 동[†], 정 봉 철, 정 일 권 (주)신성엔지니어링

The development of a ground source heat pump using R410A

Kim Ji Dong† , Chung Bong Chul, Jeong Il Kwon R&D division, Shinsung engineering, Siheung-Si 429-450, Korea

Abstract

The growth of domestic energy demand is rapidly increased for the industrialization and the improvement of the living standards. It is also recognised that the importance of the use of environmentally friendly energy and high efficient equipment. Ground Source heat pumps(GSHP) using earth as heat source or sink are outstanding environmentally friendly energy systems which have high thermal efficiency when compared to conventional heating and cooling system. So government employs a policy and increase investment for expanding renewable energy market volume. Especially is established a system for obligatory usage of renewable energy to achieve 5% renewable energy diffusion rate by 2011. And the market demand for the ground source heat pump is rapidly growing due to its strong advantages. However domestic situation usually have been depended on the import of ground source heat pumps. In this paper, the results of development of a ground source heat pump using refrigerant R410A are reported.

Key words: Ground Source heat pump(지열히트펌프), Alternative refrigerant(대체냉매), R410A, COP(성적계수)

1. 서 론

지열히트펌프(Ground Source Heat Pump) 시 스템은 크게 지중 열교환기(Ground heat exchan ger)와 지열히트펌프로 구성된 시스템이다. 이는 지면에서 5m 이하의 연중 일정한 값을 가진 지

† Corresponding author

Tel.:+82-31-488-7409, Fax: +82-43-488-7420

E-mail: jdkim@shinsung.co.kr

중, 지하수 및 지표수를 냉방 시에는 히트싱크로, 난방 시에는 히트소스로 이용하여 건축물의 냉· 난방을 동시에 가능하도록 하는 시스템이다.[1] 최근에 "신에너지 및 재생에너지 개발·이용· 보급 촉진법"시행에 따른 신재생 에너지 이용 의

최근에 "신에너지 및 재생에너지 개발·이용· 보급 촉진법"시행에 따른 신재생 에너지 이용 의 무화 제도가 도입됨에 따라 공공부문에서의 신재 생 에너지 설치가 의무화되면서 여러 가지 신재 생 에너지원 중 지열히트펌프 시스템에 많은 관 심이 모아지고 있다.[2],[3] 공공기관 의무화 법령 이 제정된 2004년 이후로 지열 설비 업체가 200 여개에 이르는 등 국내의 지열분야는 급속한 발전을 거듭하고 있다. 특히 에너지관리공단의 지원하에 공공기관의무화 사업, 지역에너지사업, 보급사업, 실증연구사업 등 다양한 프로그램이 가동되고 있으며 많은 기업과 연구기관 그리고 학계가서로 협력하여 지열분야 활성화에 최선을 다하고 있다.

해외의 경우 2차 대전 이후 지중열교환기에 대 한 연구개발이 북미와 유럽을 중심으로 시작되었 으며, 지중 열교환기에 작동 유체를 순환시켜 지 열을 회수하는 실험이 성공하면서 본격적인 연구 개발이 시작되었다. 미국에서는 수중 방식, 지중 수평코일 방식 그리고 지중 수직 코일 방식 등이 지중 열교환기로서 사용되고 있으며, IGSHPA (International Ground Source Heat Association), GHPC(Geot hermal Heat Pump Consortium)등을 통해 새로운 자료와 교육 및 연 구 개발 등에 대한 활발한 교류가 이루어지고 있 다. 또한 이들에 의해 실제 적용성이 검증된 후 매년 성능이 향상되고 기능이 다양한 지열 히트 펌프와 지중 열교환기의 설치 방법 등이 개발되 고 있다. 선진업체로 평가 받는 Water Furnace. Florida Heat Pump, Climate Master등의 회사는 물대공기 히트펌프의 경우 보통 6RT 정도까지, 물대물 히트펌프의 경우 50RT까지 개발되어 보 급 중이며, 대체냉매를 적용한 지열히트펌프를 상 용화하여 시장의 변화에 선도적으로 대응하고 있 다.

2. 지열히트펌프 개발

2.1 개발의 목표

현재 국내에서 많이 적용되고 있는 물대물 지열히트펌프 30HP급으로, 차세대 대체냉매로 각광받고 있는 R410A를 적용하고, 선진업체 수준이상의 효율을 목표로 개발하였으며, 설계 조건의 기준은 KS/ISO의 표준 시험 조건을 적용하였다. 제품의 성능목표 및 설계조건을 Table 1에 정리하였다.

2.2 성능 및 요소부품 설계

성능 목표와 설계조건을 만족하는 압축기의 선정을 위해 Cycle 분석에는 Coolpack 프로그램을 적용하였으며, 압축기 및 판형열교환기는 부품업체에서 제공하는 성능 프로그램을 사용하였다. 설계 시 중요 고려 사항은 KS/ISO에 규정하는 냉방과 난방의 표준 조건에서의 성능 조건을 모두만족시켜야 하며, 최대성능조건, 최소성능조건에서도 안정적인 운전을 확보하여야 하는 것이다. 이러한 부분을 충족시키기 위하여 다양한 운전조건 Simulation을 통하여 최적의 Cycle을 수렴하는 방법으로 설계하였다.

사이클 계통상의 특징으로 Dual Type의 판형 열교환기를 적용하였고, 액 배관의 양방향 냉매

적용냉매		R410A		
		개발품	벤치마킹(선진업체)	
냉방 Mode	운전조건	Source Inlet Temp. : 25° C	Source Inlet Temp. : $25^\circ\!\! { m C}$	
	T 선조선	Load 12℃ => 7℃	Load 12 °C => 7 .5 °C	
	용량	88,000 kcal/h	84,910 kcal/h	
	목표 COP	4.5 이상	4.5	
난방 Mode	운전조건	Source Inlet Temp. : $0^{\circ}\!$	Source Inlet Temp. : 0° C	
		Load 40°C => 44.3°C	Load 40°C => 43.8°C	
	용량	76,000 kcal/h	74,733 kcal/h	
	목표 COP	3.0 이상	3.0	

Table 1. 개발 목표 COP 및 설계 조건

호름이 가능하도록 설계하였다. 이는 제품의 컴팩 트화를 통한 지하 설치 공간의 활용적인 측면과, 부품의 간소화를 통한 유지보수, 제품의 작업성 및 원가적인 측면이 고려되었기 때문이다.

냉방 및 난방 Mode의 Cycle 설계결과를 Fig. 1, 2 에 나타내었다. 압축기는 히트펌프 Cycle에서의 손실을 고려하여 Operating Point를 선정하였고, 판형 열교환기의 열판 수는 냉방모드 기준최대성능조건에서 히트펌프의 안정적 운전을 고려하여 설계하였다.

난방 설계 시에는 압축기의 안정적 운전성이 고려되었는데, 그 이유는 실제 난방 모드로 운전 시Load측의 출구온도를 높게 사용하고, Source측입구온도를 표준조건인 0℃를 적용하는 경우 증발온도가 낮게 형성됨으로 압축기의 운전범위를 벗어날 가능성이 있기 때문이다. 또한 액배관 설계에 Bi-FLOW 방식을 적용하였으며, 이 경우난방 운전 시 팽창밸브에서 팽창된 일정 건도를가지는 냉매가 필터드라이어를 통과하여 압력손실이 크게 발생하므로 팽창밸브 용량 계산 시 그부분에 대한 압력손실을 고려하였다.

2.3 구조설계

지하공간에 설치되는 제품이므로, 최소의 설치 면적을 가지도록 2단 구조로 설계하였다. 또한 기 존 국내 지열히트펌프에 주로 적용되고 있는 R22 냉매에 비해, 개발품에 적용된 R-410A 냉매는 운 전 압력 특성이 상대적으로 높으므로, 이를 배관 및 부품선정 시 고려하였다. 또한 운전소음에 대한 부분을 최적화하기 위하여 흡음재를 외부 케 이싱 전체에 적용하였다.

2.5 성능시험 및 결과

지열원 열펌프의 성능 시험은 KS B ISO 13256-2 기준하여 수행하였으며, 그 결과를 설계 값과 비교하여 Table 2에 나타내었다. Sourc측의 경우 시험설비 여건으로 인하여, 성능시험 조건인염수15% 대신 에틸렌글리콜 15%wt 수용액을 사용하였다.

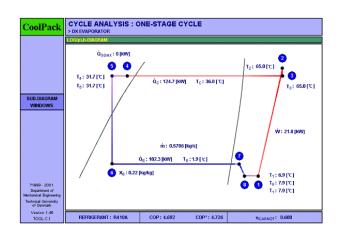


Fig 1. 냉방 Cycle의 Simulation그림의 예

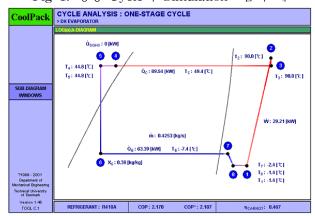


Fig 2. 난방 Cycle Simulation의 예

냉방 및 난방 시 용량은 각각 설계 목표치 대비 101.7%, 100.1%로, COP는 4.5, 3.05를 나타내었다. 과냉도는 냉.난방 시 모두 다소 크게 나타났으며, 과열도는 냉방시에 높게 나타났다. Cycle#1과 Cycle#2의 과열도와 과냉도는 각각 비슷하게 형성되었다. 필터드라이어의 압력강하는 냉방 시에는 0.1 kgf/c㎡, 난방 시에는 0.95 kgf/c㎡로 나타났다.

3. 고찰 및 결론

본고에서는 "R410A 대체냉매 적용 30RT급 지열히트펌프 개발"에 대한 설계와 시험 결과에 대하여 기술하였으며, 제품 개발 시 주요 고려사항 및 결과는다음과 같다.

1) 사이클 설계 시, 냉/난방 운전조건 설정에 있어서 KS B ISO 13256-2에 언급된 조건 뿐만 아니라, 실제 사용조건에서의 냉/난방능력을 고려하

구 분		냉방모드		난방모드		
		설계값	시험결과	설계값	성능결과	
압축기	전입력	[kw]	22.2	23.15	28.6	29.06
	흡입압력	[kgf/cm2G]	7.6	7.9	5.4	5.7
	토출압력	[kgf/cm2G]	21.7	22.9	29.7	30.5
Load	입구온도	[℃]	12	11.9	40	39.9
	출구온도	[℃]	7	6.9	44.3	44.2
	유량	[m3/h]	17.6	17.9	17.6	17.7
	열량	[kcal/h]	88,000	89,500	76,000	76,110
Source	입구온도	[℃]	25	24.9	0	-0.2
	출구온도	[°C]	30.7	30.2	-2.8	-3.0
	유량	[m3/h]	19.7	20.5	19.7	19.8
	열량	[kcal/h]	107,070	103,599	52,408	52,674
Heat Balance		_	95%	_	98%	
COP		4.61	4.5	3.09	3.05	

Table 2. 지열히트펌프 성능시험 결과 DATA (KS B ISO 13256-2 성능 시험 조건 기준)

- 여 설계되어야 한다.
- 2) 냉매 액배관에서의 BI-FLOW 적용 시 필터드라이어 및 팽창밸브의 용량 선정에 있어서 필터드라이어에서의 차압을 고려하여야 하며, 30RT급 시제품의 경우 필터드라이어에서의 냉/난방에서의 압력차이는 0.85kgf/cm²을 나타내었다.
- 3) KS B ISO 13256-2 성능 시험 조건 중 난방운 전 조건 적용 시, 압축기의 안정적 운전을 위해 증발기의 대향류 설계를 적용함으로서 과열도를 유지할 수 있도록 하여야 한다.
- 4) 개발품의 성능시험 결과는 설계치 대비 용량은 냉방/난방 101.7%/100.1%로 나타났으며, COP는 4.5/3.05를 나타내었다.

후 기

본 연구는 한국건설기술연구원 산학연 공동연구개발사업 중 "지하공간 환경조성 및 방재기술개발"과제의 일환으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. Kavanaugh, S.P. and Rafferty, K., 1997, Ground-source heat pumps: design of geo-

- thermal systems for commercial and institutional buildings, ASHRAE, Atlanta, pp. 1–3
- 2. Shin, H. J., Ahn, C. H. and Cho, C. S., 1995, Overview for the effective use of geothermal energy, Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 24, No. 4, pp. 409-419
- An, H. J., 2003, Introduction on the geothermal heat pump system, TUNNEL & UNDERGROUND, J. Korean Society for Rock Mech, Vol. 12, No. 4, pp. 229–236
- 4. CoolPack Program: Technical University of Denmark Ver.1.4
- 5. Compressor Performance calculation Program: Copeland Ver.1.0.33
- 6. Plate Heat Exchanger Performance calculation program: Swep SSP CBE 1.4.3.