

https://doi.org/10.7236/JIIBC.2019.19.6.73  
JIIBC 2019-6-11

## 공기열원 히트 펌프 시스템 설계

### Design of Heat Pump System in Air Heat Source Type

이운민\*, 신진섭\*

Yun-Min Lee\*, Jin-Seob Shin\*

**요약** 본 논문에서는 냉매의 흡열 또는 응축열을 이용하여 저온의 열원을 고온으로 전달하거나 고온의 열원을 저온으로 전달하는 공기열원 히트 시스템을 설계 제작하였다. 히트펌프는 냉동 사이클에서 응축기 및 증발기를 기능이 전환가능한 밸브를 이용하며 따라서 난방시에 응축기 기능을 하는 열교환기가 냉방시에는 증발기 기능을 하도록 함으로써 냉난방을 구현할 수 있도록 하였다. 이를 위하여 저온의 열원을 고온으로 전달하거나 고온의 열원을 저온으로 전달하기 위한 체계가 개발되었다. 실험을 위하여 냉각 사이클에서 콘덴서와 증발기를 전환하는 기능으로 밸브를 사용하기 위한 히트 펌프를 제작하였다. 그 결과 히트펌프시스템은 공기열원방법으로 개발되었으며 하나의 시스템으로 냉난방을 동시에 해결할 수 있는 에너지 절약 시스템을 설계하였다.

**Abstract** In this paper, the heat pump system was designed using heat absorption of the refrigerant or condensation heat. The cooperation system has been developed to pass a heat source of low temperature to a high temperature or to pass the heat source of high temperature to a low temperature. Heat pump for using the valve as a function of switching a condenser and an evaporator in a refrigerating cycle.

As a result, heat pump system was developed by air source method. Therefore cooperating system for energy saving to solve at the same time as the cooling and heating by system of one was equipped.

**Key Words** : heat pump, energy-saving, cooling and heating, cooperation system, circulatory system

## 1. 서론

지구 온난화로 인한 이상기후와 자연환경 파괴로 인하여 전세계적으로 여러 가지 대책이 각 나라의 정부기관과 비영리기구에서 제시되고 있는 추세이며, 그 중 하나가 에너지 절약이라 할 것이다. 또한 화석연료나 방사능 원소를 사용하는 발전에 대한 경각의 목소리가 커짐에 따라 대체 연료를 사용한 에너지 생산과 에너지 절감에

전세계적인 관심이 증가하고 있다.<sup>[1][2]</sup>

이러한 가운데 에너지 소비와 온실가스 방출의 많은 부분을 차지하는 건물의 에너지 활용 양상이 친환경적으로 변화함에 따라 히트펌프의 시장 확대 및 고효율기기의 요구가 극대화되고 있다. 또한 산업화 및 도시화에 따른 신개념의 건물 냉난방을 구현함으로써 새로운 시장개척이 가능한 히트펌프(냉난방을 동시에 구현하는 열회수(heat recovery)기술 등 적용)시스템이 요구되고 있다.

\*정회원, 경민대학교 정보통신과  
접수일자: 2019년 9월 27일, 수정완료: 2019년 11월 27일  
게재확정일자: 2019년 12월 6일

Received: 27 September, 2019 / Revised: 27 November, 2019 / Accepted: 6 December, 2019

\*Corresponding Author: e-mail : lymcall@naver.com  
Dept. of Information & Communication, Kyungmin University, Korea

히트펌프의 고효율화와 친환경 확보를 위한 기술개발이 주로 진행되었으며 압축기 기술, 제품구조 및 열교환기 개선, 마이크로프로세서 제어 방식 및 솔루션 기술 분야에 관한 연구 개발이 활발히 진행되고 있다.<sup>[1][2]</sup>

따라서 히트펌프 냉온수기에 대한 기술적 우위를 차지하기 위한 생산 및 R&D 기술 인프라를 확대해 나가는 것이 절실히 요구되고 있는 실정이다. 우리나라는 대부분의 인구가 도심의 고층아파트 및 콘도미니엄에서 거주함에 따라 설치 공간을 고려한 냉방전용 RAC 설치를 선호하고 있으며 국내 냉동공조시장은 지구 온난화 영향에 따른 여름철 온도상승, 가전기기 보급률 상승, 대형 냉동공조기기 수요의 증가 등에 따라 향후 성장가능성은 매우 크다 하겠다.

인류가 삶을 영위하기 위해 절대적으로 필요한 열은 온도가 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동하는 성질이 있다. 본 연구에서는 히트펌프가 이와는 반대로 낮은 온도에서 높은 온도로 열을 끌어 올리는 역할을 한다. 처음에는 냉장을 목표로 사용되는 시스템을 위해 압축된 냉매를 증발시켜 주위의 열을 빼앗는 용도로 개발되었다. 하지만 현재 냉매의 발열이나 응축열을 이용해 저온의 열원(熱源) 매체로 열을 전달하여 고온의 시스템을 냉각하는 냉방장치, 그리고 고온의 열원 매체에서 열을 흡수하여 저온으로 전달하는 난방장치, 그리고 두 장치를 동시에 활용하는 냉난방 겸용장치를 포괄하는 의미로 쓰인다.<sup>[3]</sup>

히트펌프는 구동 방식에 따라 전기식과 엔진식, 열원에 따라 공기열원식·수열원식(폐열원식)·지열원식 등으로 구분된다. 또 열 공급방식에 따라 온풍식·냉풍식과 온수식·냉수식, 펌프의 이용 범위에 따라 난방·냉방·제습 및 냉난방 겸용 등으로 분류된다.

본 설계에서는 저렴한 구동 에너지를 공급받을 수 있는 전기식으로, 그리고 공급이 일정하지 않고 내부 시스템의 수명이 짧아질 가능성이 있는 폐열원식이나 지하수를 찾고 뽑아내는데 많은 비용이 소모되어 국지적으로 사용제한이 있을 수 있는 지열원식 대신 공기열원 방식을 채택하였다. 그리고 온풍과 냉풍, 온수를 공급할 수 있도록 하였으며, 냉난방 겸용으로 설계하였다. 구조는 압축기, 증발기, 응축기, 팽창밸브 등으로 구성되어있으며 난방용의 경우 압축기에서 고온, 고압으로 압축된 냉매를 기화시킨 다음 응축기로 보내 높은 온도의 열을 온도가 낮은 바깥쪽으로 내뿜는 사이클을 반복하게 되어있다. 냉방용은 이와 반대로 응축기는 증발기로, 증발기는 응축기로 작용하도록 만들어 응축된 냉매가 더운 바깥공기와

열교환을 하여 냉방을 하고자 하는 대상지점을 차갑게 만드는 시스템이다.

냉방을 하는 과정에서 배출되는 열에너지와 난방을 하는 과정에서 배출되는 냉기를 기존의 히트펌프에서는 외부로 버림으로 낭비하는데 비해 본 연구에서는 이 버려지는 에너지를 이용하여 저장고 및 열전조기로 활용할 수 있도록 하는 솔루션을 제시함으로 에너지 절약형 순환시스템 및 컨트롤러를 제작하였다.

## II. 히트펌프 시스템 설계

기존의 히트펌프를 이용한 공기조화기로 제작한 시스템에서는 실외기가 모두 어느 문제점을 보였으며 본 연구에서는 그림 1과 같이 설계를 수정하여 제 1챔버(H1)에 제1열 흡수코일(A)을 설치하였다. 그리고 증발기(H2)의 후단에 이중관으로 연결되도록 구성하여 응축기의 열량을 귀환함으로 증발기를 통과한 냉매의 온도를 상승시킬 수 있도록 제작하였다. 이렇게 일부 열이 전달되어 겨울철 제상의 효과를 가져 올 수 있도록 하였다.

또한 그림 1의 보조열교환기(PH) 외측에 제3열 흡수코일을 설치하였다. 이로써 2중으로 보완하여 제상이 되면 자체적으로 제상을 풀어 정상가동이 될 수 있도록 설계하였다.

회수열을 귀환하는 장치를 설계 제작하여 겨울철에도 제상이 걸리지 않도록 하였다. 냉동 사이클이 압축기와 사방변과 응축기와 메인팽창변 및 증발기가 냉매라인으로 연결되어 냉매가 순방향 또는 역방향으로 순차로 흐르도록 구성하여 난방기 또는 냉방기로 사용되는 히트펌프를 형성하게 된다.

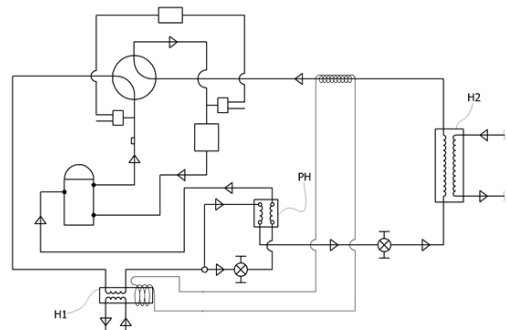


그림 1. 히트펌프를 이용한 공기조화기 시스템 회로  
Fig. 1. Air Conditioner System Circuit Using Heat Pump

그림 2는 제작된 전자 제어부이고 그림 3은 각종 밸브 및 게이지, 조절 스위치들을 나타내고 있다.

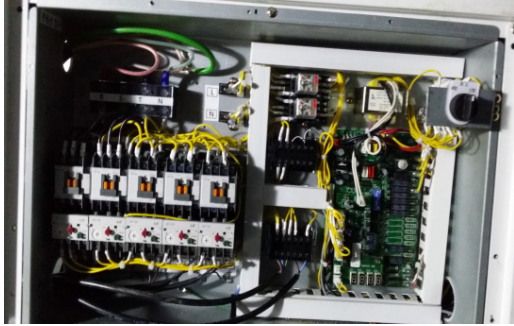


그림 2. 전자 제어부  
Fig. 2. Controller unit



그림 3. 연결부 및 게이지  
Fig. 3. Connections and Gauges

그리고, 상기 냉매라인의 제어부를 통하여 개폐량이 제어되는 전자 제어부를 통하여 보조냉매라인이 연결되고 냉매라인을 흐르는 냉매의 일부를 보조냉매라인에 공급하도록 하였다.

이때, 제어부는 압축기의 흡입 및 토출 측에 각각 설치되는 스위치를 조작하여 압축기로의 냉매흡입 및 토출량의 제어가 가능하도록 한다. 압축기의 충분한 압축능력 대비 냉매의 흡입유량이 적게 되므로 응축기에 전달되는 열량은 높게 된다. 이로써 에너지 효율을 높일 수 있다. 또한, 상기 주팽창부에 전달되는 냉매의 온도를 저하시켜 증발효율을 더욱 높게 된다. 그리고, 압축기에 연결되는 보조냉매라인에는 보조팽창부가 연결되어 응축기를 통과한 중온중압의 냉매가 팽창되어 압축기에 다시 공급되도록 설계하였다. 상기 보조냉매라인은 응축기를 통과한 중온중압의 냉매와 보조열교환기를 통하여 열교환되어 팽창부에서의 효율을 더욱 상승시키게 된다.

응축기가 제 1챔버의 내부에 위치하여 열을 발생할 수 있도록 설치되어서 냉동사이클의 증발기가 제 2챔버에 위치하여 열을 흡수할 수 있도록 설계하였다. 제 1챔버는 온실, 수영장, 사우나, 비닐하우스, 주택, 사육장, 상가 중 선택되는 어느 한 곳에, 제 2챔버(H2)는 주택, 냉동고, 건조장치, 냉장고 중 선택되는 어느 한 곳으로 각각 목적에 맞는 열을 전달하게 된다. 게다가 제 2챔버에 제 2열 흡수코일을 설치하여 보조팽창부 앞단에 이중관으로 연결하도록 구성하여 증발기의 열량을 통하여 응축기를 통과한 냉매의 온도를 저하시키게 되며 이로써 보조팽창부에서의 팽창효율을 높게 한다. 또한 제2챔버에 제 4열 흡수코일을 설치하여 팽창부의 앞단에 이중관으로 연결하도록 설계하였고 이는 증발기의 열량을 사용하여 응축기를 통과한 냉매의 온도를 저하시킴으로써 팽창부에서의 팽창효율을 한 번 더 높게 한다.

그리고, 공랭식 히트펌프의 단점을 보완하기 위하여 난방능력을 증대시키고 보조열원열량을 줄일 수 있는 방법을 적용하였다. 우선 열원이 충분한 상온( $0^{\circ}\text{C}$ 이상)에서는 일반 냉동사이클을 적용하여 가동되도록 설계하였고 단점이 되는 경우인 열원이 부족한 영하( $0^{\circ}\text{C}$ 이하)에서는 가스분사방식 사이클을 적용하여 단점을 해결하였다. 또한 각 부분에 온도 센서를 설치하여 정상동작여부를 확인할 수 있도록 설계하였으며 추후 네트워크를 통해 시스템의 이상여부를 원거리에서 감지할 수 있도록 설계하였다.

### III. 히트펌프 시스템 구축 및 결과

기존의 공기열원 방식의 히트펌프가 가진 단점인 효율을 높이기 위한 별도의 설계가 추가되었고 쉽게 열원을 구하지 못하는 곳에서도 사용할 수 있도록 설계하였다. 또한 실외기의 통풍방식과 통풍의 양을 높이기 위한 설계를 적용하여 우수한 효율을 보일 수 있도록 설계하였다. 그림 4는 이러한 시스템의 구조를 보여주고 있다.

그리고 생활과 보온용 온수 및 온풍을 동시에 보급할 수 있도록 설계하여 가정용뿐만 아니라 농수산 및 산업용으로도 활용할 수 있도록 하였다.

실험실에서 측정된 수치는 부하 측의 물의 온도가 대략  $5\sim 6$ 도가 상승했음을 볼 수 있다. 부하 측에서 출력되는 물을 내부에서 회전시킬 때마다  $5$ 도 이상의 상승이 가능하다. 한국전력에서 요구하는 수치는  $70\sim 80$ 도 수준이 가정용 생활온수의 기준이 되며 대략 10회 미만의 회

전을 통해 만족시킬 수 있게 된다.

결론적으로 그림 5에 보인 것과 같은 사이클을 그리게 된다. 요약하면 증발기 열흡수와 응축기 열방출도 커지고, 응축온도(압력)를 높일 수 있다. 즉 응축능력을 크게 할 수 있다는 뜻이 된다. 따라서 압축기 소비전력은 상승하고 응축열량이 증가한다. 겨울철에 히터를 사용할 때, 에너지효율이 기존의 히트펌프대비 30%이하로 떨어져 난방비 절감의 효과를 볼 수 있다. 본 시스템의 기술적 우수성은 설계도에서 보인 4-way 밸브를 통하여 하절기에는 냉방을 동절기에는 난방을 자유자재로 할 수 있는 것이다. 특히 센서와 네트워크를 통하여 원거리 센싱이나 모니터링이 가능하도록 설계에 유동적인 변화를 주었음이 최대 장점이라 할 수 있다.

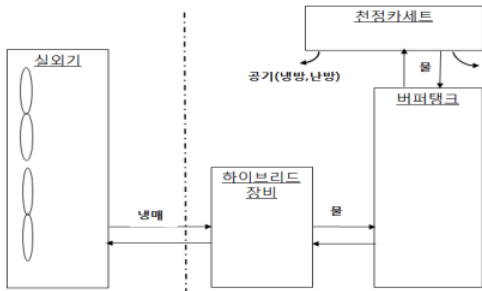


그림 4. 시스템의 설계도  
Fig. 4. Design of the system

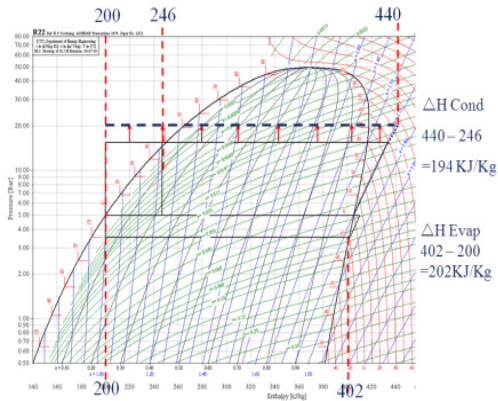


그림 5. 사이클의 변화  
Fig. 5. Change of cycle

그러나 Wi-Fi, 3G, 4G, TRS, Zig-Bee, Blue-Tooth, NFC 등 사용자의 선택이 많기 때문에 본 시스템에서는 선택적으로 네트워크에 물릴 수 있는 물리계층의 연결을

두고 설계를 하였다.

농업분야에서는 식물공장에 응용이 가능한데, 고가의 식물을 재배할 경우 일 년 내내 일정한 온도로 키울 수 있다는 점이 있으며 버려지는 열을 활용하여 저온 냉장 및 보관, 건조에 응용할 수 있도록 하였다. 고온 건조의 경우 농작물의 영양소 및 풍미라 일컫는 각종 성분들을 없애는 경우가 많기 때문에 농가에서는 저온 건조를 선호하고 있으며 이 수요에 맞춘 기술이라 할 수 있다. 이를 기반으로 가정용의 경우도 폐열을 집하하는 저장고를 구역마다 설치하여 폐열을 활용하게 하고 이를 판매하여 얻는 수익을 가정마다 돌려주는 시스템으로 확장이 가능하다.

#### IV. 결론

산업체 히트펌프 적용가능분야를 살펴보면 저온공정을 보유하고 있는 식품, 섬유, 목재, 제지, 화공 및 전자업종 등에 건조기, 온수생산 공급, 공조기 등 공급대상에 따른 수요처도 다양하다. 따라서 본 연구에서는 냉방과 난방을 동시에 해결할 수 있는 히트펌프를 설계하여 에어콘과 보일러를 동시에 설치하지 않아도 되는 공조시스템을 제작하였다. 그림 6은 운용중인 실외기와 실내기를 보여주고 있다. 실내기는 온풍과 대지에 매설된 관을 통해 온수가 공급되고 있으며 실외기는 열원인 공기의 흡입량을 높이기 위해 팬을 2배로 설계한 것이다.

시스템적 관점에서는 열원을 뽑고 방출하기 위한 열전달 사이클을 개선하여 열전달 효율을 높였으며 4-way 밸브를 사용하여 부하 측에 선택적인 열전달이 가능하도록 설계하였다. 기존의 단순한 전자제어 방식에서 벗어나 센서의 값을 받아 즉각적인 제어가 가능한 시스템으로 개선하였으며 제어도 전반적인 열전달 사이클에 맞출 수 있도록 제작하였다.

또한 유선으로 네트워크와 연결할 수 있는 시스템을 제작하였으며, TRS 및 Wi-Fi, 3G와 4G 등의 시스템으로 확장할 수 있도록 하였다. LAN에 연결할 수 있는 회로도를 제작하였으며 네트워크에 연결하면 안테나를 통하여 외부와 통신을 할 수 있다. 이러한 히트펌프를 사용하였을 경우 에너지 절전과 고효율의 냉난방시스템을 구축할 수 있었다. 식물의 성장 및 제품보관을 저렴한 비용으로 수행할 수 있도록 하고 용량의 과다설계 없이도 저온능력을 높일 수 있도록 하였으며 냉방능력과 난방능력의 증가를 동시에 수행하였다.

히트펌프를 사용하여 한 대의 시스템으로 냉방과 난방을 동시에 해결하게 하여 기존의 공조시스템에 비해 전기사용을 줄이고 시스템의 크기를 대폭 줄여 많은 응용 분야에 활용할 수 있도록 하였다.



그림 6. 실외기와 실내기  
 Fig. 6. Outdoor and indoor Device

이러한 국내 냉동공조시스템을 활용하여 지구온난화에 따른 여름철 온도상승, 가전기기 보급률 상승, 대형 냉동공조기 수용의 증가 등에 따라 향후 성장전망은 매우 낙관적이라 할 것이다.

## References

- [1] Han-cheol Rye, "Construction of Ubiquitous Computing Based Environment Management System", Wounkwang univ. dissertation(master), 2010
- [2] "Landsat 7 Science Data Users Handbook", National Aeronautics and Space Administration, 2011
- [3] Tarendra Lakhankar, Nir Krakauer, Reza Khanbilvardi, "Applications of microwave remote sensing of soil moisture for agricultural applications", International Journal of Terraspace Science and Engineering 2(1),

pp81-91, 2009,

- [4] Jin-Seob Shin, Jeong-Ihl Lee, Design and Construction of Farm Management System by U-IT, (JIIBC). vol.12, No.6, 2012
- [5] Jong-chan Kim etc., "u-IT Based Plant Green Growth Environment Management System", Korean Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering, 2011
- [6] Rasoul. A., Ismet. U., and Ian. B.M., 2017, Techno-economic Feasibility Evaluation of Air to Water Heat Pump Retrofit in the Canadian Housing Stock, Journal of Applied Thermal Engineering, Vol. 111, pp. 936-949.
- [7] K. Umezu and H. Noyana, "Air conditioning system for electric vehicles, i-MiEV," Society of Automotive Engineers of Japan, 2010.
- [8] Mitsubishi Motors Technical Review, "Joint on-road monitoring of i-MiEV new generation electric vehicle with power companies," no. 21, pp. 22-29. 2010.

## 저 자 소 개

### 이 윤 민(정회원)



- 2008년 : 건국대학교 정보통신대학원 전자 및 정보통신 공학과 (공학석사)
- 2014년 : 건국대학교 전자 및 정보통신 공학과 (공학박사)
- 2016년 3월 ~현재 : 경민대학교 정보통신과 조교수
- 관심분야 : RF, 안테나 설계, 마이크로파 회로 등

### 신 진 섭(정회원)



- 1991년 : 경희대학교대학원 전자공학과(공학석사)
- 1997년 : 경희대학교대학원 전자공학과(공학박사)
- 2017년 : 현재 경민대학교 정보통신과 부교수
- 관심분야 : 정보통신시스템, 초음파 & 초고주파