

폐열회수 환기시스템의 성능에 관한 실험적 연구

김영수[†] · 최관수¹ · 김일수²

(원고접수일 : 2012년 4월 24일, 원고수정일 : 2012년 5월 10일, 심사완료일 : 2012년 5월 10일)

An Experimental Study on Performance of Energy Recovery Ventilation System

Young-Soo Kim[†] · Kwan-Soo Choi¹ · Il-So Kim²

요 약 : 가정과 같이 제한된 공간에서는 공조기의 온습도 조절이 어려워 질 수 있다. 최근에 들어서 사람들의 온습도에 대한 감성이 민감해 짐에 따라 실내 공기질에 대한 중요성이 부각되고 있다. 실내 공기질과 에너지 절약 사이의 모순을 해결 할 수 있는 방법으로 환기열회수장치를 제시하고 이러한 환기열회수장치에 열전소자를 적용하여 온도 효율을 비교하고 시스템 능력을 검증해 보았다. 온도효율을 향상시키는데 전도성 가이드 베인과 단일 모터, 열전소자가 실험되었다. 단일 모터 사용시 23W를 절약 할 수 있었고 250 CMH의 능력을 가지는 개발된 시스템에서 통상적인 시스템과 비교해 냉방 주기 및 난방 주기에서 각각 4.01% 와 2.98%의 개선이 있었다.

주제어 : 열회수환기장치, 실내 공기질, 열전소자

Abstract: At the limited space, the air conditioning may have difficult to control temperature or humidity for home use. Nowadays, the people reponse to temperature or humidity sensitively. This becomes the Indoor Air Quality (IAQ) is an important factor for comfortably. Heat recovery ventilator (HRV) is used for the solution of inconsistency between IAQ and power-saving. Also, the thermoelectric element is applied to HRV and compared with temperature efficiency and verifying the capacity of the system. To improve the temperature efficiency a single motor and thermoelectric element with the conductive guide vane is experimented. The results shows that it can save 23 W by using the single motor. The developed system of 250 CMH capacities with the thermoelectric element reveals the temperature efficiency improvement of 4.01% in cooling period and 2.98% in heating period compared to the conventional system.

Key words: HRV, IAQ, Thermoelectric Element

1. 서 론

기존의 공기조화는 대상 공간에 대한 온도와 습도 조절에만 국한되어 왔다. 그러나 생활수준이 향상됨에 따라 온·습도 이상의 것들에 대해서도 일반인들의 관심이 높아지게 되었고, Sick Building Syndrome이란 개념도 더 이상 특정분야 종사자들만의 것이 아니게 된 상황이다. 이에 따라 실내공기질(IAQ)에 대한 재고가 더욱 필요로 하고 있다

[1,2]. 또한 70년대 오일 쇼크 이후 에너지 절약 문제는 건축물에도 적용되어 그 개념이 확대되어 갈수록 고 단열, 고 기밀화되고 있는 실정이다.

이에 따라 극간풍 등에 의한 환기가 제대로 이뤄지지 않아 실내 공기질은 더욱 악화되고 있는 실정이다. 이러한 문제점을 해결하기 위해선 별도의 기계적 환기가 요구된다. 하지만 외기의 직접적인 유입은 냉난방 부하를 증가시키고 있다. 더군다나

[†] 교신저자(해동 S&C, E-mail: yskimys@paran.com, Tel: 054-230-2300)

1 탑테크

2 해동 S&C

건축물들이 갈수록 고층화 및 밀집화 되어가고 있는 가운데 건물의 고층에서는 풍압분포가 복잡하고 풍속이 빠르기 때문에 일반적인 창문 개폐 환기가 곤란하다. 그리고 갈수록 심화되는 대기오염 역시 외기의 직접도입에 걸림돌이 되고 있다[3].

이상과 같이 실내 공기질 문제와 에너지 절약문제를 동시에 해결할 수 있는 폐열회수 환기시스템이다. 이는 급기 되는 실외 공기를 실내 유입 전에, 배기되는 실내공기와 열교환하는 환기장치이다. 일반적인 폐열회수 환기유닛의 설계 적용은 열교환기의 종류에 따라 현열을 회수할 수 있는 방식, 설치 위치에 따라 구분된다[4]. 또한 단순한 온도(현열) 외에 수분(잠열)까지 교환할 수 있는 전열교환 환기장치는 배기 열에너지의 60~70% 정도를 회수할 수 있어, 공조기의 연간 운전경비를 20~30% 정도 줄일 수 있을 뿐만 아니라 실내 결로 문제 및 동계 실내 과건조 문제까지 해결할 수 있는 환기시스템이다[5,6]. 본 연구는 절약형 폐열회수 환기장치의 개발과 관련하여 열전소자를 적용하여 온도효율을 비교, 성능을 검증하는데 목적이 있다.

2. 이 론

본 연구에서 사용된 폐열회수 환기장치는 250CMH급 전열교환하는 환기장치로 모두 특수가공된 종이소재 직류형 전열교환기를 사용하였다. **Figure 1**은 열전소자를 적용한 폐열회수 환기장치의 장치의 개략도이다. 기존의 환기장치 크기는 700W×900L×315H, 열전소자를 적용한 환기장치는 595W×810L×315H이다. 아연도철관을 사용하여 제작하였으며, 정압은 20mmaq, 덕트구경은 150mm이다. 실내기 통로에는 실내기 송풍기, 실외기 통로는 실외기 송풍기가 하나의 모터에 각각 설치하였고, 실내기 통로로 유입된 실내공기와 실외기 통로로 유입된 실외 공기를 열교환시키기 위한 열교환기를 설치하였다. 그리고 열교환 환기장치에 열전소자를 제 1열전달판 및 제 2열전달판에 각각 열전소자 모듈이 설치하였다. 제 1열전달판과 열전달하는 열전소자측 제 1열전달부를 이루며, 다른 쪽은 실내기 배출구측의 실내기 통로에 마련되어 실내 공기와 체 순환배관에 마련되는 제 1팬프, 그리고 제 2열전달판과 열전달하는 열전소자측 제 2열전달부를

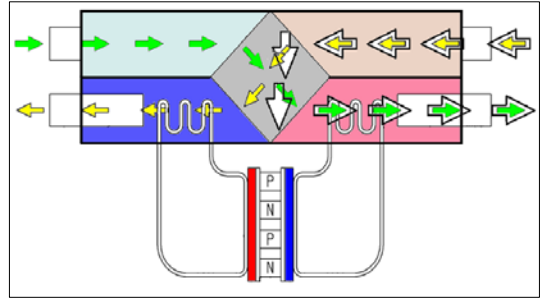


Figure 1: Schematic of HRV unit with thermoelectric elements

이룬다. 다른 쪽은 실외기 배출구측의 실외기 통로에 마련되어 실외 공기와 열전달하는 공기측 제 2열전달부를 이루는 제 2열매체 순환배관 및 상기 제 2열매체 순환배관에 마련되는 제 2팬프를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

실외기 배출구 측의 실외기 통로에 마련되어 실내로 유입되는 실외공기의 온도를 감지하도록 이루어진 온도 감지기, 사용자가 설정하는 설정 실내 온도를 입력받는 온도제어기, 온도 감지기로부터 감지되는 온도와 온도 제어기로부터 입력받은 설정 실내 온도에 따라 열전소자에 공급되는 전류의 량과 방향을 제어하도록 이루어지는 전력조정기로 구성하였다.

기존의 펠티에 효과를 이용한 열전소자를 응용한 제품들의 경우 흡열을 이용할 경우 반대측의 방열이 효율적으로 일어나지 않으면 흡열 효과의 저하가 발생한다는 점에서 방열을 위한 모터 부착 팬이 반드시 부착되어야 한다. 이에 대하여 냉방 또는 난방을 위한 용도로 이용하며, 이용하는 측면의 반대측의 방열 또는 흡열을 환기장치의 효율을 높이는 쪽으로 이용함으로써 효율을 높인다는 점이 특징이다.

본 실험에서 사용된 열전소자의 세부 사항은 **Table 1**에 나타나 있으며, 원활한 열전소자의 작동 및 내부 공기순환, 수분의 이동과 응축을 위해 방열부는 방열판과 팬을, 냉각부는 냉각판을 각각 부착하였다. 이와 같은 방열부와 냉각부 및 열전소자 6개로 구성된 블록을 **Figure 2**와 같이 제작하였으며, 방열부와 냉각부의 열전달을 차단시키기 위하여 방열부와 냉각부를 단열하였다.

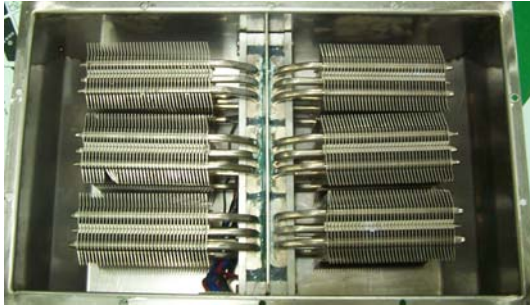


Figure 2: Picture of the thermoelectric element

Table 1: Thermoelectric module specifications

Thermoelectric VS1M-1.0-031-3.5	
Current max	3.5 A
Voltage max	3.7 V
Heat Capacity max	8.1 W
ΔT_{max}	70.4 °C

한국설비기술협회의 인증규격은 현장설치형이 아닌 공장에서 조립된 일체형 공냉 열교환식 공기공급장치 즉 폐열회수 환기유닛 중에서 정격전압이 600V 이하이고 정격풍량이 1500 m³/h 이하의 비교적 소용량에 대하여 규정하고 있다. 인증표시항목에는 온도효율, 습도효율, 그리고 엔탈피효율과 같은 열교환 효율뿐만 아니라 기외정압에 대한 정격풍량, 누설률, 소비전력, 소음, 결로 등과 같은 핵심 성능항목을 포함하고 있다.

폐열회수 환기유닛의 가장 중요한 성능은 배출되는 공기로부터 회수되는 에너지 비율을 나타내는 열교환효율이다. 여기에는 온도교환 효율, 습도교환 효율, 전열교환효율이 있다. 온도교환효율은 현 열교환효율을 의미하고, 습도교환효율은 잠열교환효율을 의미한다. 또한 전열효율은 현열과 잠열을 모두 고려한 엔탈피 교환효율이다. 각각에 대한 식은 다음과 같다.

$$\text{온도교환효율: } \eta_t = \frac{t_{OA} - t_{SA}}{t_{OA} - t_{RA}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{습도교환효율: } \eta_x = \frac{x_{OA} - x_{SA}}{x_{OA} - x_{RA}} \times 100 \quad (2)$$

$$\text{전열(엔탈피) 교환효율: } \eta_i = \frac{i_{OA} - i_{SA}}{i_{OA} - i_{RA}} \times 100 \quad (3)$$

여기서 t 는 온도[°C], x 는 절대습도[kg/kg], 그리고 i 는 엔탈피[kg/kg]이며, 하첨자 OA는 외기, SA는 급기, RA는 환기를 의미한다. 실내·외 온습도 조건을 일정하게 유지한 상태에서 환기(RA), 급기(SA), 외기(OA)의 온·습도를 측정함으로써 이상과 같은 세 가지 효율을 계산한다.

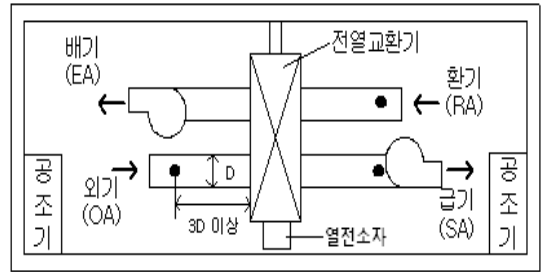


Figure 3: Test unit of heat exchange efficiency

Figure 3은 열교환효율을 측정하는 방법 중 2실 방식을 나타낸 것이다.

본 연구의 폐열회수 환기장치 성능실험은 JIS B8628(Air-to-Air Heat Exchangers)규격으로 Table 2에 나타내었다. 팬의 송풍을 고루 분포된 상태가 될 수 있도록 성능이 향상된 모델을 채택하였다[7].

이전의 가이드 베인과 단일모터를 사용하여 절약된 23W에 대하여 열전소자를 적용하여 환기장치의 성능을 보다 상승시키며, 온도, 열교환 효율을 측정하여 열전소자의 적용 가능성에 대한 실험적 연구를 수행하였다.

환기장치 각 입구 온도를 측정하기 위해 Figure 4와 같이 온도센서를 덕트 내 3개 지점에 설치하여 측정하였다. 모든 데이터는 Fluke사의 NetDAQ 2640A를 사용하여 처리하였으며, PC와 연결하여 데이터를 모니터링하고 저장하였다. 본 실험 같은 경우 0.1°C 정도의 차이에 의해 효율이 바뀌기 때문에 한 두 번의 실험을 통해 기존 환기장치와 비교 환기장치의 우열을 가리기는 곤란하다. 따라서 Data(OA, RA, SA 건구 온도)는 실험의 각각의 경우에 대해 60분간 3초 간격으로 취득하여 각 값을 평균한 것을 1회로하고 이를 각 케이스 별로 20회 반복, 평균하여 대표 값으로 하였다.

Table 2: Experimental conditions of indoor and outdoor air temperature

	Indoor		Outdoor	
	Dry-bulb temperature [°C]	Wet-bulb temperature [°C]	Dry-bulb temperature [°C]	Wet-bulb temperature [°C]
Cooling	27±1	20±1	35±1	29±1
Heating	20±1	14±1	5±1	3±1

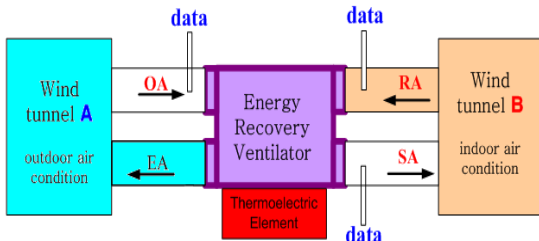


Figure 4: Experimental system with the wind tunnel test

3. 결과 및 토의

기존의 폐열회수 환기장치에 내부 유동을 고르게 분산시키기 위한 가이드 베인[7]과 실내기와 실외기에 각각 유입 팬을 구동하기 위한 2개의 모터에서 하나의 모터를 사용하여 급기팬과 배기팬 2개를 동시에 구동시킬수 있도록 하였다. 급배기 송풍팬의 동력 소모를 감소시키고, 제품의 생산단가와 운전비용 절감을 가능하도록 한 환기장치의 그래프를 다음의 **Figure 5**에서 나타내었다. 또한 온도효율에 관한 그래프를 **Figure 6**, **Figure 7**에서 나타내었다.

기존의 환기장치에 열전소자를 삽입한 환기장치는 기존 환기장치에 비해 냉방기의 경우 약 8.51%, 난방기의 경우 약 10.44%의 온도 효율 향상을 보였으며, 이는 온도로 환산해 보면, 각각 0.68(↓), 1.55(↑) 정도 개선된 것이다. 다음의 **Table 3**은 환기장치의 열교환 효율을 비교하여 나타내었다. **Figure 8**, **9**는 냉, 난방시 열전소자를 적용한 환기장치의 온도에 관한 효율에 대한 것이다.

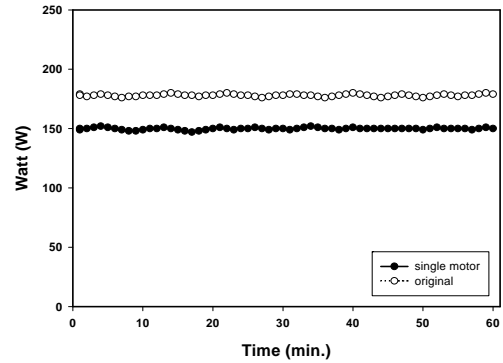


Figure 5: Power consumption

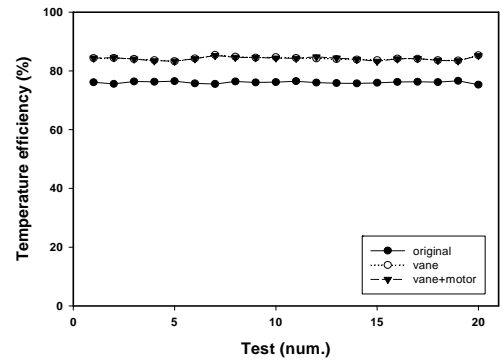


Figure 6: Temperature efficiency (heating)

Table 3: Comparison of temperature efficiency

	온도교환 효율(%)			효율향상 (%)	온도개선 (°C)
	original	pilot	pilot+therm.		
Cooling	77.77	83.93	86.28	8.51	0.68(↓)
Heating	76.07	84.18	86.51	10.44	1.55(↑)

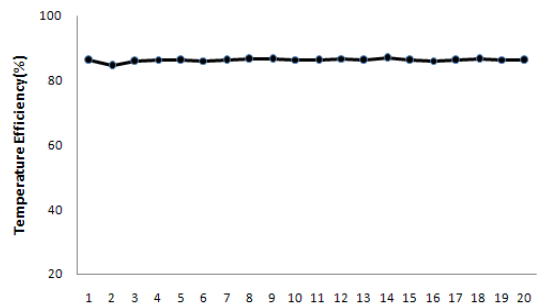


Figure 8: Temperature efficiency (cooling)

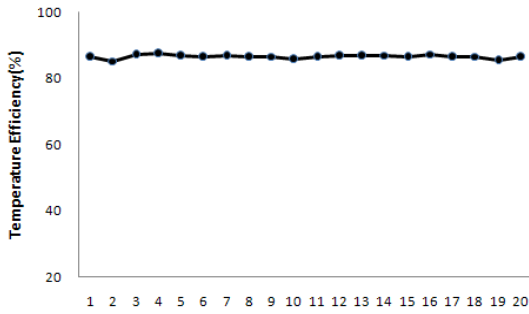


Figure 8: Temperature efficiency (heating)

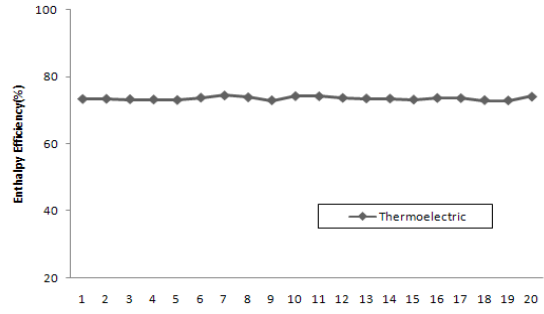


Figure 10: Enthalpy efficiency (heating)

Table 4와 같이 엔탈피(열교환) 효율을 기존 환기장치와 가이드 베인을 삽입한 장치를 비교하여 살펴보면 냉방기의 경우 약 5.72%, 난방기의 경우 약 7.3% 정도 개선되었으며, 가이드 베인만 삽입한 환기장치와 가이드 베인, 열전소자를 모두를 적용한 환기장치의 엔탈피 효율을 비교하면 냉방기시 7.65% 난방기시 9.45%로 가이드베인 시보다 효율이 더욱 상승한 것을 보이고 있다. Figure 10, Figure 11은 각각의 엔탈피 효율을 비교한 그래프이다.

Table 4: Enthalpy efficiency

	엔탈피 효율 [%]	
	cooling	heating
original	50.52	64.11
guide vane	56.24	71.41
guide vane + thermo.	58.17	73.56

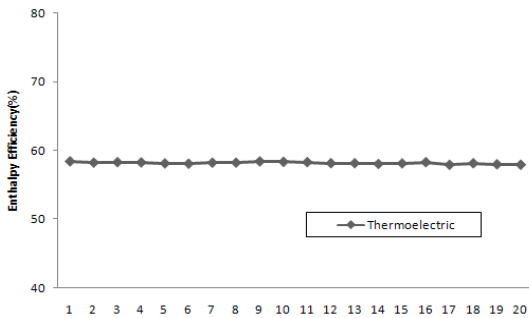


Figure 9: Enthalpy efficiency (cooling)

4. 결 론

폐열회수 환기장치의 열교환 효율을 개선하기 위하여 기존의 폐열회수 환기장치의 두개의 모터를 하나의 모터로 사용하여 절약된 에너지가 23W임이 확인되었으며, 열전소자를 삽입시 환기장치 온도를 측정된 결과 냉방기의 경우 약 8.51%, 난방기의 경우 약 10.44% 정도의 효율 향상을 보였으며, 이를 온도로 환산해보면 각각 0.68℃(↓), 1.55℃(↑) 정도 개선효과를 기대할 수 있었다. 또한 열전소자를 적용한 환기장치의 엔탈피(열교환) 효율을 살펴보면 냉난방기시 각각 58.17%, 73.56%로 기존의 환기장치와 비교하여 냉난방시 각각 7.65%, 9.45%의 엔탈피 효율의 상승효과를 확인할 수 있었다.

참고문헌

- [1] 김석근, 이정, 공동주택에서 환기장치류 가동특성에 따른 실내공기질 변화특성에 관한 연구, 설비공학논문집, 제19권, pp. 142-148, 2007.
- [2] AHSRAE, Standard 62-1991, 1991, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, ASHRAE, Atlanta, Georgia.
- [3] 김광영, 백창인, “실내공기질 향상을 위한 환기 시스템 기술”, 설비저널 vol. 31, no. 12, pp. 38-42, 2002.
- [4] 이선우, “폐열회수 환기유닛의 설계적용”, 설비저널 제34권 제1호, pp. 37-42, 2005.
- [5] 배철호 외, “열회수용 폐열회수 환기장치의 운전조건에 따른 성능 특성 연구”, 대한설비공학회 하계학술발표대회 논문집, pp. 1327-1332,

2003.

- [6] 김진범 외, “실내공기질 향상을 위한 폐열회수형 전열교환 환기장치 개발”, 대한설비공학회 하계 학술대회논문집, pp. 549-554, 2003.
- [7] 장호성, 김은필, “압입식 송풍방식을 적용한 AHU의 성능 향상을 위한 연구”, 한국마린엔지니어링학회지, 제32권, pp.76-81, 2008.

저 자 소 개



김영수(金永守)

공학박사(Concordia Univ., Canada), 대우조선해양 RIG 기본설계 대리, 부경대학교 냉동공조공학과 교수, 현재 (주)해동S&C 부사장/기술연구소장



최관수(崔官洙)

2007 부경대학교 냉동공조공학 전공 졸업, 2009년 부경대학교 냉동공조공학과 졸업 공학석사, 현재 탐테크 근무



김일수(金日洙)

포항 선린대학 교수, (주)신화테크 대표이사 (조선기자재 생산), 현재 (주)해동S&C 대표이사(조선, 풍력, LNG, 플랜트 부품)