

Economizer cycle control을 채용한 전열교환시스템의 에너지 절감효과 분석

-국내 공동주택을 대상으로-

박재형, 김주욱, 송두삼[†], 윤호영*, 김성우*
성균관대학교 대학원 건축공학과, *삼성전자 생활가전

Energy Saving Effect of ERV(Energy Recovery ventilator) with Economizer Control in Residential Building

Jae Hyung Park, Joo Wook Kim, Doo sam Song[†], Ho Young Yoon*, Sung Woo Kim*

Dept. of Architecture Eng., Graduate School, Sungkyunkwan University, Suwon 440-746, Korea

*SAMSUNG ELECTRONICS CO.,LTD, 416 Matan-3dong,Suwon,443-742, Korea

ABSTRACT: ERV system has installed in almost newly constructed residential building in Korea. Heat recovery features of ERV can be possible to decrease the heating and cooling load caused by ventilation. However, in case of the outdoor condition is favorable to control the indoor air, the heat recovery function of ERV does more harm than good in term of cooling load.

In this study, the ERV with economizer cycle control for residential building is suggested and the performance of the suggested system will be analyzed using TRNSYS.

Key words: ERV(전열교환형 환기시스템), Economizer cycle control(외기냉방 제어), Enrgy saving(에너지 절감), TRNSYS

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 공동주택에서 실내공기 환경의 중요성이 강조되면서 환기기준이 마련되었으며 이 환기기준을 만족시키기 위한 환기시스템의 설치가 의무화되어 있다. 그러나, 공동주택에서 일정환기를 실시할 경우, 실내 공기질은 향상될 수 있으나 환기에 따른 냉난방부하의 증가, cold draft 등의

문제를 유발할 수 있어, 최근 신축공동주택의 경우, 대부분 전열교환형 환기시스템이 설치되고 있는 실정이다.

전열교환형 환기시스템은 위에서 열거한 환기에 따른 문제를 해결할 수 있는 혁신적인 시스템이라고 할 수 있으나 한편으로는 종래의 자연환기가 가지는 장점을 배제시키는 결과를 초래하고 있다. 그 대표적인 것이 자연환기를 통한 외기냉방의 효과라고 할 수 있는데, 전열교환형 환기시스템의 경우, 비록 한 여름이나 겨울처럼 외기조건이 매우 불리한 상황하에서는 전열교환을 통해 외기도입을 통한 실내 열환경의 변화를 최소화하고 있으나 외기조건이 양호한 중간기의 경우에는 전열교환을 실시함으로써 오히려 실내 냉방부하를 증가시키는 결과를 초래할 수 있다. 특히 주

[†] Corresponding author

Tel.: +82-2-554-8571; fax: +82-2-568-7853

E-mail address: hvac@sarek.or.kr

거건물의 경우, 24시간 상시환기를 원칙으로 하기 때문에 한 여름에도 외기도입을 통해 실내 냉방을 실시할 수 있는 가능성이 매우 높은 건물이라고 할 수 있다.

이에 본 연구에서는 종래의 ERV(Energy Recovery Ventilation)+AC, ERV+바닥난방으로 대표되는 주거건물의 공조방식에 외기냉방 기능을 추가한 ERV with economizer cycle control을 제안하고, TRNSYS 시뮬레이션을 통해 제안된 시스템의 제어특성, 종래의 시스템과 비교하여 에너지 절감효과 등을 검토하고자 한다.

2. 전열교환형 환기시스템과 외기냉방제어

HVAC 시스템과는 달리 일반적인 Air-conditioner라고 지칭되는 시스템의 경우, 실내공기를 순환하여 실내 공기온도를 조절하지만 신선한 외기를 실내로 도입하는 기능이 없어 별도의 환기장치가 요구된다.

본 연구에서 제안 검토하고자 하는 “ERV with economizer cycle control system”은 종래의 전열교환형 환기시스템이 가지는 한계점을 극복하고 주거건물에서 보다 에너지 절약적인 실내 환경조절 방안을 제안하고자 하는 목적이다.

“ERV with economizer cycle control system”은 종래의 ERV시스템에 외기냉방제어 기능을 추가하는 것으로 예를 들면 외기조건이 양호한 기간에는 전열교환기능을 사용하지 않고 외기를 그대로 실내에 도입하여 이를 통해 실내 냉방을 실시함으로써 실내 공기를 청정하게 유지시킴은 물론 냉방에 소요되는 에너지를 절감시킬 수 있는 방안이다. 물론 외기조건이 불리한 경우에는 도입되는 외기는 모두 전열교환을 통해 실내로 도입되게 된다. 따라서 종래의 ERV시스템이 공동주택에 대부분 설치되어 있는 냉방기와 별도로 제어되고 있는 것에 대해 “ERV with economizer cycle control system”은 냉방기와 연동제어를 통해 최대한 외기를 통해 실내 온열환경을 조절함으로써 냉방에 소요되는 에너지를 최소화할 수 있다.

3. 시뮬레이션을 통한 시스템의 제어특성 및 성능분석

3.1 시뮬레이션 대상 건물

대상 건물은 경기도 의왕시 소재 D사의 32평형 공동주택에 현재 표준적으로 적용되고 있는 APT평면 형태를 가지고 있다(Fig. 1). 시뮬레이션 대상 건물의 바닥면적은 105.79m²이며, 시뮬레이션 모델링은 공간의 사용특성을 고려하여 8개의 존(zone)으로 나누었다. ERV with economizer cycle control의 제어특성 및 성능분석을 위한 해석공간은 8개의 존(zone) 중에서 R1(침실)을 대상으로 하였으며 R1의 바닥면적은 22.54m²이다. R1(침실)을 제외한 공간은 일정한 온도(26℃)로 제어되는 것으로 가정하였으며, 따라서 각 비교 케이스별 부하변동은 단순히 침실1에 대해서만 발생하는 것으로 가정하였다.

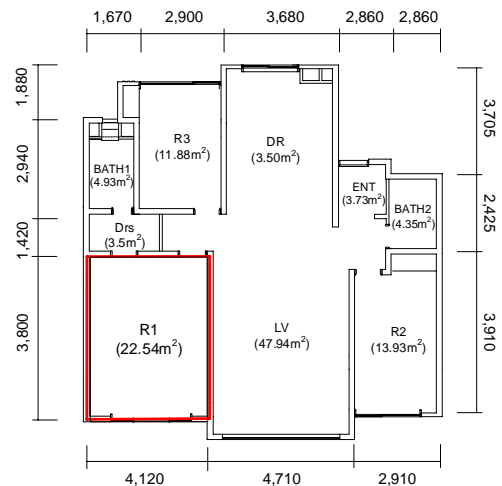


Fig. 1 Building Plan

3.2 시뮬레이션의 조건

시뮬레이션 케이스는 Table 1과 같다. 일반적인 AC(Air-conditioner)와 기계환기시스템(전열교환無, 0.7회/h)를 Case 1로 하여, Case 2는 AC와 전열교환형 환기시스템(ERV)를 적용한 경우, Case 3은 AC와 ERV with economizer cycle control을 적용한 경우에 해당된다. 시뮬레이션 기본 조건은 Table 2와 같다. 시뮬레이션에 모사된 Air-conditioner와 ERV(전열교환기)의 성능과 전력 소모량은 실제 분석대상 건물에 사용되고 있는 시스템을 그대로 모사하였으며 Table 3,

Table 1 Simulation Cases

Case	Operation mode
Case 1	AC + mechanical ventilator
Case 2	AC + ERV (Normal Control)
Case 3	AC + ERV (Economizer Control)

Table 3 AC System

		Max	Min
Performance	Capacity (HP)	1	
	Cooling (kcal/h)	2,750	
	Heating (kcal/h)	3,100	
Electrical	Rate Voltage Outdoor (W)	2,506	2,197
	Rate Voltage Indoor (W)	45	36
Air Circulation (CMM)		7	5.28

Table 4 ERV System

			Max
Air Flow (CMH)			41
Rate Voltage (W)			85
Sensible efficiency (%)	Cooling	77	
	Heating	84	
Latent efficiency (%)	Cooling	47	
	Heating	70	

Table 4와 같다. Case 3(AC+ ERV with economizer cycle control)에서 외기냉방을 실시하는 외기온도 범위는 외기도입에 따른 cold-draft의 발생, 냉방부하제거 가능 범위를 고려하여 15 ~ 26℃로 설정하였다. 모든 케이스의 풍량 및 소비전력은 동일하다고 가정하였다. 환기량은 모든 케이스에 대해 공동주택의 환기기준인 0.7회/h로 설정하였다.

3.3 시뮬레이션의 에너지 성능 평가

1) 시스템 제어 특성의 분석

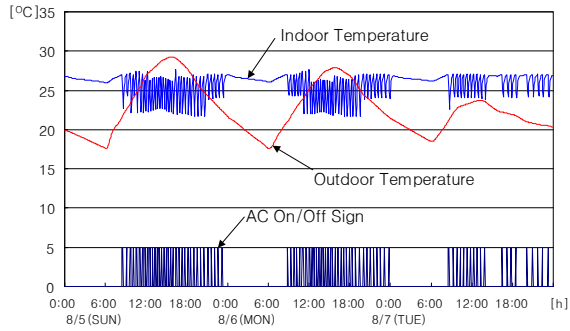
난방기간(11~3월)에 대한 시스템 제어특성은 검토한 3가지 케이스에 대해 동일할 것으로 판단되어 외기냉방 제어 특성에 대한 분석은 주로 냉

Table 2 Simulation Conditions

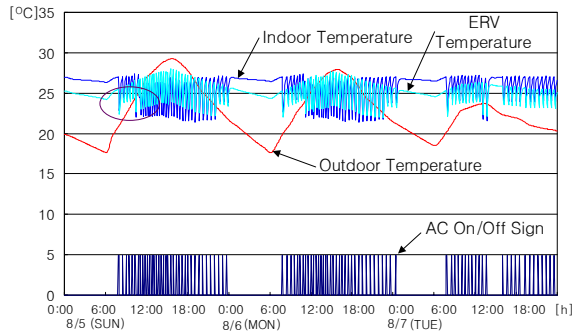
Weather Data	Seoul, Korea (TMY2)	
Heating set point	22℃ (dead band 1℃)	
Cooling set point	26℃ (dead band 1℃)	
Persons	Occupants : 2 Seated, very light writing Sensible heat : 65[W] Latent heat : 55[W]	
Heat Gain	All day	
	Fluorescent 57.6[w]	
Lighting power		
	0.7 ACH	
Ventilation Rate	24 hour operation	

방기(8월)와 중간기(5월)를 대상으로 하였다.

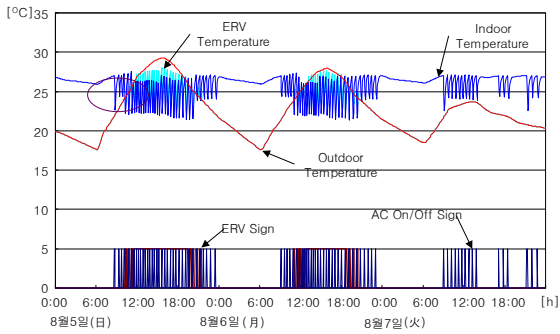
Fig 2에서 보이는 바와 같이 냉방기의 실내 평균온도는 모든 케이스에서 26℃로 제어되었다. 모든 시간에 대해 전열교환을 실시하는 Case2의 경우, 외기온도가 26℃미만인 상황에서 열교환을 하지 않을 경우, 외기를 이용하여 실내 냉방부하를 제거할 수 있음에도 불구하고도 열교환을 통해 외기가 도입되기 때문에 결과적으로 유입되는 외기온도는 상승하여 실내 냉방부하를 가중시켜, AC의 가동시간을 증가시키는 결과를 초래하고 있다(Fig 2-b). 외기냉방을 적극적으로 채용하고 있는 Case3의 경우, 외기온도가 실내온도 보다 낮을 경우 외기를 전열교환 없이 그대로 도입함으로써 실내 냉방부하를 제거하는 역할을 하게 되고 결과적으로 AC의 가동시간이 검토한 케이스 중에서는 가장 적게 나타났다.



(a) case 1

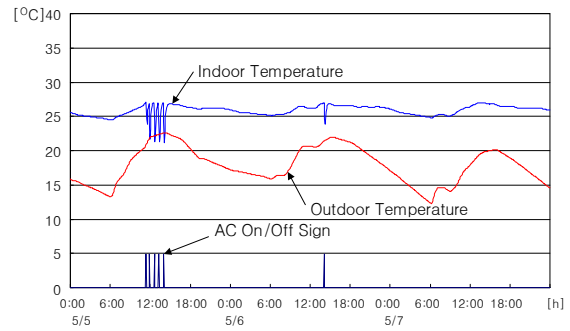


(b) case 2

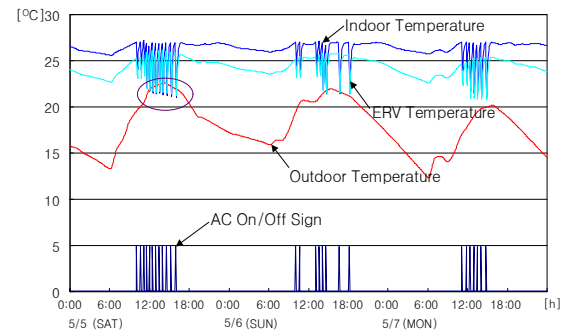


(c) case 3

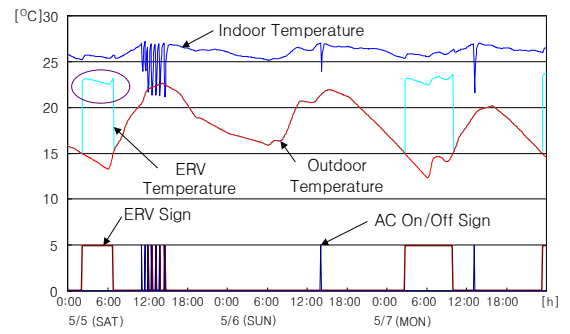
Fig. 2 System Control Behaviors-cooling season



(a) case 1



(b) case 2



(c) case 3

Fig. 3 System Control Behaviors-intermediate season

Fig. 3에 보이는 것과 같이 중간기의 경우, 실 평균기온은 26°C로 제어 되었다. Case2는 냉방기와 마찬가지로 외기조건과 관계없이 전열교환하게 되어 AC의 가동시간이 Case 1보다 증가하는 결과를 초래하고 있다. 외기냉방을 실시하는 Case3의 경우에서도 Case1 보다 AC의 가동시간이 다소 증가하는 경향을 나타냈는데 이것은 외기 도입범위가 15~26°C로 설정되어, 그 이외의 외기 온도에서는 Case 2와 마찬가지로 전열교환을 통해 외기가 도입됨으로써 다소 AC 가동시간이 증가한 것으로 나타났다.

2) 에너지 사용량 분석

각 검토 케이스별 월별, 연간 에너지 사용량을 Fig. 4, Fig. 6에 보이고 있다. 에너지 사용량은 AC이 on인 상태에서 소요되는 에너지(실외기+실내기), AC이 off인 상태에서 소요되는 에너지(실내기 송풍모드), ERV 사용에 따른 소요 에너지로 분리하여 나타내었다.

Fig. 4에 각 Case별 월별 전력사용량을 나타내고 있다. 그래프에서 보듯이 Case 2는 중간기에 전력사용량이 Case 1과 Case3 보다 많은 것을 볼 수 있다.

Fig. 5는 Case 2와 Case 3에 대한 ERV와 ERV with economizer control의 운전 특성을 나타낸 그래프이다. Case 3의 경우, 중간기뿐만 아니라 한 여름철에도 절반이상의 시간에 대해 외

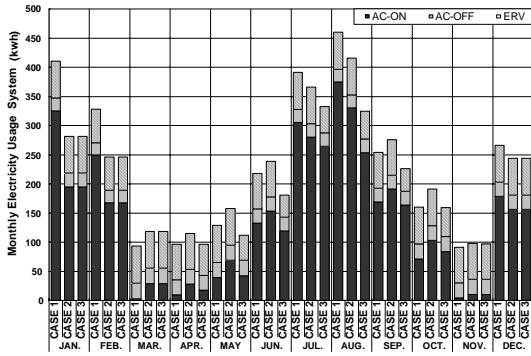


Fig. 4 Monthly electrical requirement

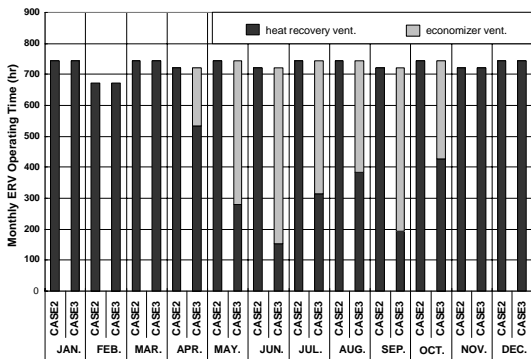


Fig. 5 Monthly ERV System operating features

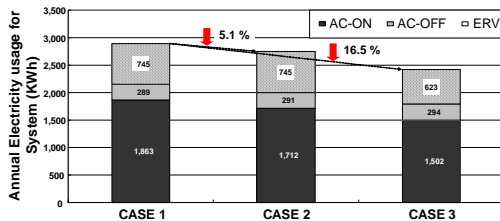


Fig. 6 Annual electrical requirement

기냉방 (economizer control)이 실시되고 있는 것을 알 수 있다. 이것은 주택의 경우, 24시간 시스템의 운전이 요구되기 때문에 여름철 심야시간대의 경우, 외기온도가 낮아져서 외기냉방 가능 시간이 여름철에도 상당시간 확보 가능한 것으로 나타났다.

Fig. 6에 연간 AC와 ERV의 전력 사용량을 각 Case별로 나타내고 있다. Case 1에 대하여 Case 2는 5.1%, Case 3은 16.5% 정도의 전력 사용량 절감이 가능한 것으로 나타났다.

위의 결과를 통해 종래의 전열교환형 환기시스템과 냉방시스템이 가동되고 있는 현재의 공동주택의 공조시스템에 외기냉방제어논리를 추가하는 것만으로도 상당한 에너지 절감을 이룰 수 있음

을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 종래의 ERV(Energy Recovery Ventilation)+AC, ERV+바닥난방으로 대표되는 주거건물의 공조방식에 외기냉방 기능을 추가한 ERV with economizer cycle control을 제안하고, TRNSYS 시뮬레이션을 통해 제안된 시스템의 제어특성, 종래의 시스템과 비교하여 에너지 절감효과 등을 검토하였다.

시뮬레이션을 통한 검토결과 종래의 ERV시스템은 외기도입만으로도 실내 냉방효과를 기대할 수 있는 외기조건에 대해서도 상시 전열교환을 실시하여 외기를 도입함으로써 오히려 냉방부하를 가중시키는 결과를 초래함을 알 수 있었다.

economizer cycle control 기능을 ERV시스템에 추가하고 종래의 AC와 연동제어함으로써 중간기뿐 아니라 여름철에도 상당 시간에 대해 외기를 통해 냉방이 가능한 것으로 나타났다.

결과적으로 economizer cycle control 기능을 가지는 ERV시스템을 적용할 경우, 종래의 ERV 시스템만 적용한 경우와 비교하여 약 12.0%의 에너지 절감효과가 확인되었다.

후 기

본 연구는 삼성전자 및 교육과학기술부 우수연구센터 육성사업인 한양대학교 친환경 건축 연구센터의 지원으로 수행되었음.

(R11-2005-056-02004-0)

참고문헌

1. 최원기, TRNSYS를 이용한 건물에너지 해석, 건기원, 2004년, pp. 50-53
2. Cho, C. Y., 2004, 쾌적환경제어 및 에너지 절감제어 응용, Vol. 33, No. 2, pp. 32-40
3. Lim, s, h., Study on The Impact of Demand-Controlled and Economizer Cycle Control Ventilation Strategies on Energy Use in Office Buildings, Korean Journal Architectural Institute of Korea, Vol. 22, No.

2, pp. 717-720

4. Uichi Inoue, 2004, HVAC HANDBOOK, 4TH ed., Han-mi, Seoul, pp. 533-534

5. Kim, j. w., 2009, Study on Energy Saving Effect of ERV(Energy Recovery ventilator) with Economizer Control