

Economizer cycle을 채용한 전열교환형 환기시스템의 에너지 절감 효과 분석

-국내 학교를 대상으로-

김 주 옥, 박 재 형, 송 두 삼[†], 주 의 성*, 권 영 철*

성균관대학교 건축공학과, *삼성전자 생활가전

Energy Saving Effect of ERV(Energy Recovery Ventilator) with Economizer Cycle - Focused on the School Buildings -

Joo Wook Kim, Jae Hyung Park, Doo Sam Song[†], Euy Sung Chu*, Young Chul Kwon*

ABSTRACT: Maintaining an IAQ with fresh in school building is very important because the good IAQ can be possible to improve the academic performance. Since school buildings are very dense and require a lot of fresh air, the need for ERV(Energy Recovery Ventilator) has become obvious. While opening a window does provide ventilation, the building's heat and humidity will then be lost in the winter and gained in the summer, both of which are undesirable for the indoor climate and for energy efficiency. ERV technology offers an optimal solution: fresh air, better climate control and energy efficiency. However, when the outdoor air condition is favorable to control the indoor environment such as spring and autumn in Korea, heat exchange in ERV would rather increase the cooling load than diminish. Economizer cycle control which using the outdoor air in controlling the indoor thermal environment has many benefit in terms of energy saving and IAQ control.

In this study, the ERV with economizer cycle control will be suggested. And then the system control characteristics and energy saving effect will be analyzed through the TRNSYS Simulation.

Key words: ERV(전열교환형 환기시스템), Economizer cycle control(외기냉방제어), Energy saving(에너지 절감), TRNSYS

1. 서 론

학교 내의 좋은 실내공기질은 건강한 실내환경

유지 및 학습효과 향상에 중요한 요소이다. 학교 건물의 특성상 재실자의 밀도가 높고, 하루 중 교실에서 보내는 시간이 많기 때문에 교실 환경의 쾌적한 실내공기질의 관리가 요구된다. 2005년에 개정된 학교보건법 시행규칙에서는 신축 공동주택에서 규제하고 있는 포름알데히드, 휘발성 유기화합물을 포함한 총 12개 유지관리 기준이

[†] Corresponding author

Tel.: +82-31-299-4775; fax: +82-31-290-7570

E-mail address: dssong@skku.edu

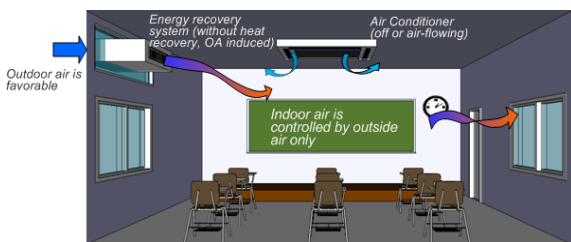
마련되어 학교 내의 공기질 관리 기준이 강화 되었다.⁽¹⁾

현재 학교 교실에 보급되고 있는 냉난방시스템인 천정형 System AC의 경우 환기가 고려되어 있지 않아 좋은 실내공기질을 유지하기 위하여 별도의 전열교환형 환기시스템(ERV)이 설치되고 있다. 하지만 ERV의 경우 외기 조건에 관계없이 일정 환기량을 유지시키는 특성을 가지고 있어 경우에 따라서는 전열교환을 실시하는 것이 오히려 냉방부하를 상승시키는 결과를 초래하기도 한다.

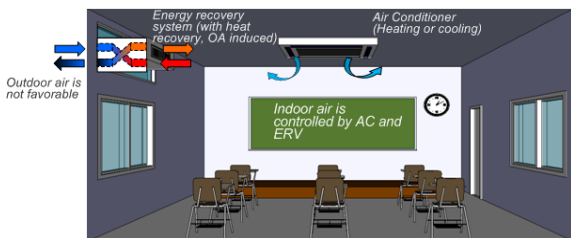
따라서 본 논문에서는 현재 학교 건물에 널리 보급되어 있는 “System AC+ERV”에 외기냉방모드를 추가한 “System AC+ERV with economizer cycle”을 제안하고 TRNSYS시뮬레이션을 통해 제안한 시스템의 제어특성, 에너지절감효과를 분석한 결과를 보고하고자 한다.

2. System AC+ERV with economizer cycle 개요

본 시스템은 “System AC+ERV with economizer cycle”로 구성되며, 종래의 “System AC+ERV”와 시스템 구성은 유사하나, 제어 측면



(a) Economizer cycle control mode : The indoor air is controlled by outside air only



(b) AC + ERV mode

Fig. 1 System outline

에서 “economizer cycle control”이 추가되는 시스템이다. Economizer cycle control⁽²⁻³⁾이란 실내 설정조건에 비해 외기의 온도 또는 엔탈피의 조건이 낮을 경우, 외기를 적극 도입하여 외기를 통해 실내환경을 조절하는 방안이다. 외기냉방시스템은 일반적으로 HVAC System에서 사용되는 제어방식으로는 ‘온도제어’와 ‘엔탈피제어’로 구분할 수 있다.

Fig.1과 같이 본 논문에서 제안하는 “System AC+ERV with economizer cycle”은 외기조건이 불리한 경우에는 종래의 “System AC+ERV”와 같이 운전된다. 즉, 외기는 전부 전열교환을 통해 도입되며, AC는 냉방 또는 난방모드로 운전된다.

외기조건이 양호한 경우에는 외기는 전열교환 없이 그대로 실내로 도입되어 실내 공기질을 개선할 뿐만 아니라 냉방의 목적으로 활용되게 된다.

3. 시뮬레이션을 통한 제어특성과 에너지 사용량 비교 분석

3.1 분석 대상 개요

분석대상 학교 건물은 경기도 김포시 소재 J고등학교로 분석대상 학급은 2층의 중간에 위치한 67.24 m²의 면적의 학급이다.

3.2 시뮬레이션 조건 및 케이스

시뮬레이션은 대한설비공학회에서 작성한 서울 지역의 기후데이터를 사용하였으며, 실내 설정온도, 실내 내부발열, 환기회수, 시스템 운전스케줄 등의 시뮬레이션 조건은 Table 1과 같다. 시뮬레이션에 적용된 AC 및 ERV시스템의 성능과 전력

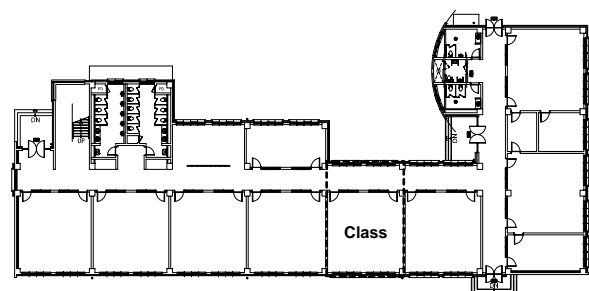


Fig. 2 Analysed model.

Table 1 Simulation Conditions

Weather Data	Seoul, Korea (TMY2)	
Heating set point	22°C (dead band 1°C)	
Cooling set point	26°C (dead band 1°C)	
Heat Gain	Persons	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Occupants : 35 Person* ▪ Activity level : Seated, very light writing ▪ Internal Heat Gain : Sensible heat 65(W), Latent heat 55(W) ▪ Occupancy Schedule
	Lighting power	15 (W/m ²)
Ventilation Rate of ERV	800 (CMH)	
System Operation Schedule	weekday 08:00 ~ 17:00 (on), other hour (off) saturday 08:00 ~ 13:00 (on), other hour (off) Sunday all hour (off)	

* The number of student⁽⁴⁾

소모량 데이터는 Table 2, Table 3과 같다.

시스템 작동의 time-step은 5분 간격으로 실시하였으며 시뮬레이션의 계산 time-step은 1분 간격으로 실행하였다. 시뮬레이션 수행을 위한 기상조건, 실내 열환경 조건, 적용대상 건물, AC와 ERV시스템 그리고 에너지 사용량 결과 출력 모듈⁽⁵⁾등은 TRNSYS 프로그램에서 제공하고 있는 모듈을 사용하였으며, 본 연구를 위해서 economizer cycle control 모듈, AC와 ERV 시스

템 등 시스템 연동제어 모드는 추가로 작성하여 시뮬레이션을 진행하였다. TRNSYS 상에서 본 연구를 수행하기 위해서 작성한 모델링의 레이아웃은 Fig. 3와 같다.

본 논문에서 검토한 시뮬레이션 케이스는 Table 4와 같다. 시뮬레이션 케이스는 "System AC+ERV with economizer cycle" 의 시스템 작동 특성, 에너지 절감효과를 분석하기 위해 AC와 일반기계환기를 적용한 경우를 Case 1, AC와 전열교환형 환기시스템의 일반제어를 적용한 경우를 Case 2, AC와 economizer cycle를 채용한

Table 2 AC System

		Max	Min
Performance	Capacity (HP)	5	
	Cooling (kcal/h)	12,470	
	Heating (kcal/h)	14,020	
Electrical	Rate Voltage Outdoor (W)	7,192	7,109
	Rate Voltage Indoor (W)	85	10
Air Circulation (CMM)		29	19.33

Table 3 ERV System

		Max
Air Flow (CMH)		800
Rate Voltage (W)		290
Sensible efficiency (%)	Cooling	71
	Heating	82
Latent efficiency (%)	Cooling	44
	Heating	65

Table 4 Simulation Cases

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

전열교환형 환기시스템으로 구성 된 경우를 Case 3으로 하였다. Case 1의 일반기계환기 시스템의 단위시간당 팬구동에 따른 전력소모량은 전열교환형 환기시스템의 전력 소모량과 같다고 가정하였다.

3.3 시뮬레이션 결과 분석

외기냉방제어의 제어특성을 분석하기 위하여 냉방기(8월 5~7일), 중간기(5월 5~7일) 특정 기간을 선정하여 시스템 운전(제어) 특성을 검토하였으며, 월별 에너지 사용량과 연간 에너지 사용량을 비교 분석하였다.

3.3.1 제어 특성 분석

Fig. 4에 냉방기 시스템 운전특성을, Fig. 5에 중간기 시스템 운전특성을 보이고 있다.

냉방기의 경우(Fig. 4), 실평균온도는 모두 26℃로 나타났으며, Case 3과 비교하여 Case 2의 경우(Fig. 4-(b))에서 점선으로 표시된 부분과 외

기도입 시 전열교환을 실시함으로써 오히려 실내 냉방부하를 가중시켜, 결과적으로 AC의 작동 시간을 증가시키는 결과를 초래하고 있다.

중간기의 경우(Fig. 5), 실평균온도는 26℃로 나타났으며, 냉방기와 같은 원인으로 인하여 Case 2(Fig. 5-(b))에 점선으로 표시된 부분과 같이 전열교환으로 인한 실내 유입온도의 상승으로 AC의 가동 시간이 증가하였다.

3.3.2 에너지 사용량 분석

에너지 사용량은 AC와 ERV의 가동시간으로 계산되었으며, 각 케이스별 월간 전력사용량과 연간 전력 사용량을 비교 하였다.

Fig. 6은 월별 AC와 ERV의 전력사용량을 나타내고 있다. 난방기(11~3월)의 Case 1의 경우 낮은 외기온을 실내로 유입하여 난방부하를 증가시켜 가장 많은 전력 사용을 보였다. 반면 Case 2, Case 3의 경우, 전열교환을 통한 환기를 통해 AC의 전력 사용량이 크게 감소됨을 알 수 있다.

중간기와 냉방기(4~10)의 경우, 외기냉방이 적용된 Case 3은 Case 1과 Case 2에 비하여 월간 전력사용량이 감소함을 보였다. 또한 Case 1에 비해 Case 2의 에너지 증가 원인은 ERV를 통한 외기도입 시 실내로 유입되는 공기온도가 상승하여 결과적으로 실내 냉방부하를 증가시킨 결과를 초래하였다. Fig. 7의 그래프는 ERV 시스템에서 전열교환환기와 외기냉방(Economizer cycle)의

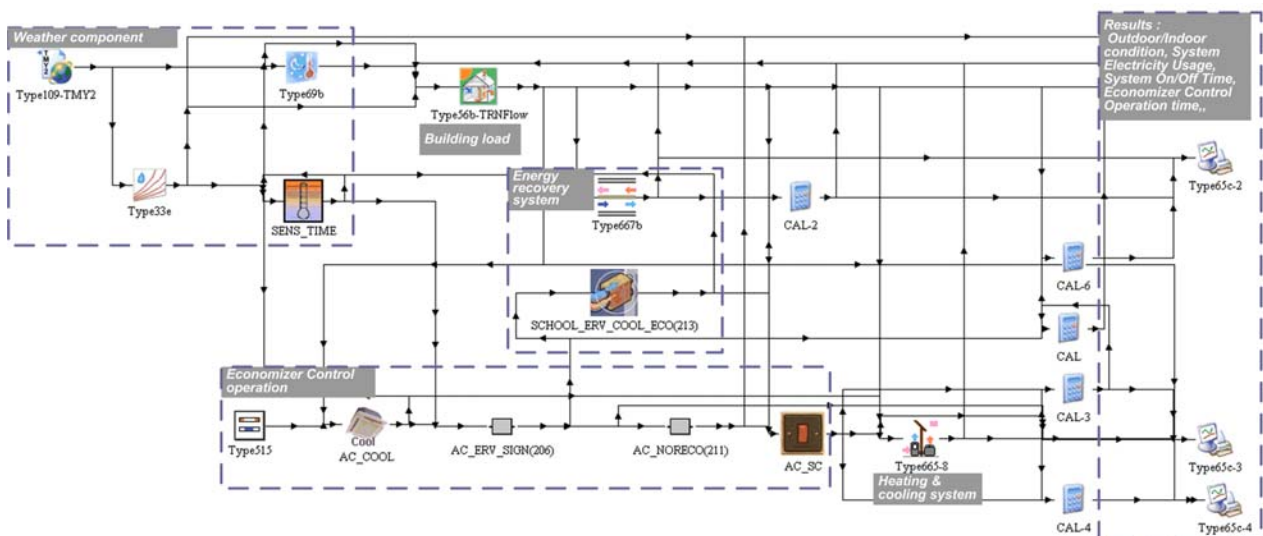


Fig. 3 Layout of economizer control with AC and ERV in TRNSYS.

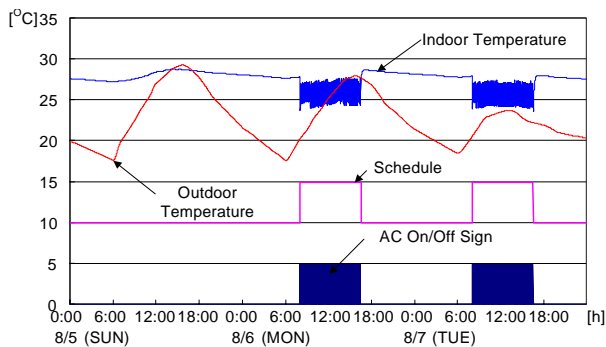
월별 가동 시간을 나타내는 그래프이다. 중간기(4~5, 9~11월)의 경우, Case 3이 Case 2의 보통 환기시간 보다 외기냉방시간이 증가하였으나, 냉방기(6~8월)의 경우 외기도입 온도범위에 만족하는 시간이 줄어들어 Case 2의 보통환기 시간보다 상대적으로 외기냉방시간이 줄어들었다. 냉방기에서 Case 2의 경우 실내설정온도 이상의 외기도입이 냉방시스템의 가동시간을 증가시키는 결과가 나왔다. 즉, Case2와 비교하여 Case 3의 외기도입 시간은 감소하였으나 냉방시스템 가동시

간이 약 19.1% 감소하는 결과를 보였다.

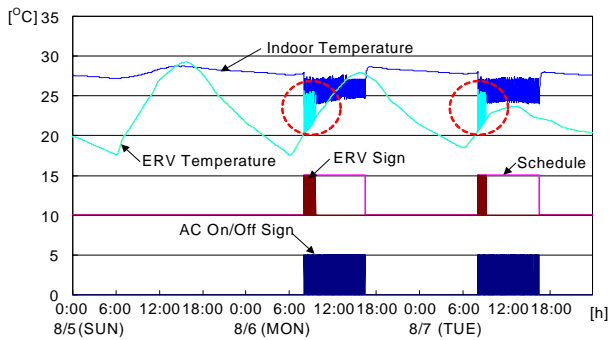
Fig. 8의 그래프는 연간 AC, ERV의 전력사용량을 나타낸 그래프로 System의 연간 총사용 전력량은 Case 1과 비교하여 Case 2는 약 32.6 %, Case 3은 약 44.1%의 감소를 보였다.

4. 결론

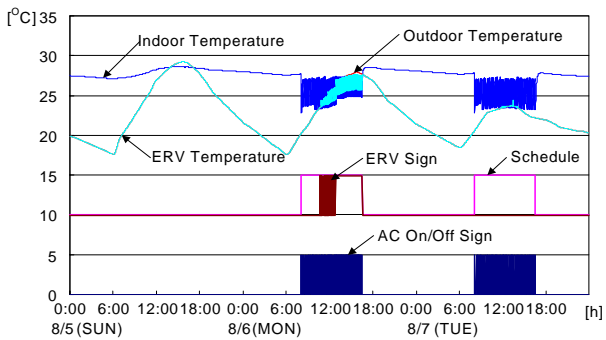
본 논문에서는 현재 학교 건물에 널리 보급되어 있는 “System AC+ERV”에 외기냉방모드를



(a) Case 1 (AC+Mechanical Ventilator)

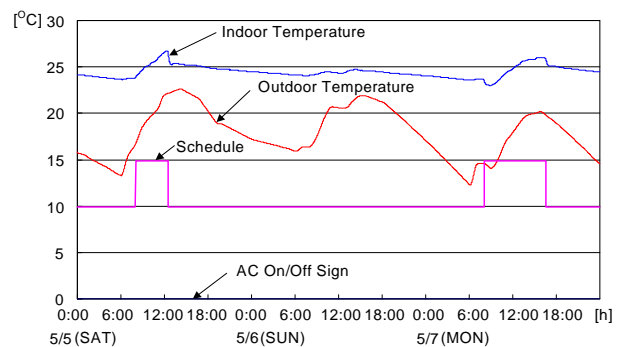


(b) Case 2 (AC+ERV)

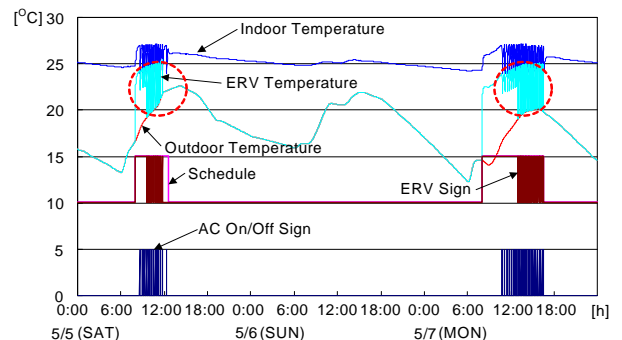


(c) Case 3 (AC+ERV with economizer control)

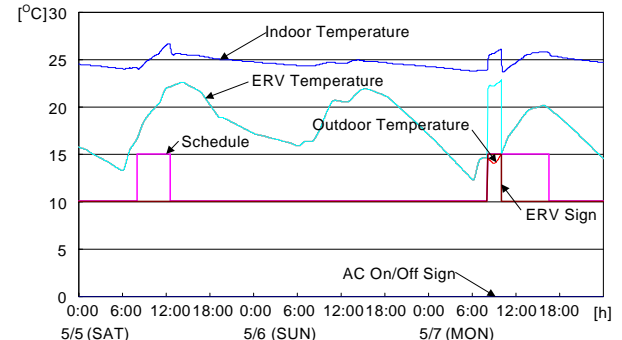
Fig. 4 Cooling Season Control.



(a) Case 1 (AC+Mechanical Ventilator)



(b) Case 2 (AC+ERV)



(c) Case 3 (AC+ERV with economizer control)

Fig. 5 Intermediate Season Control.

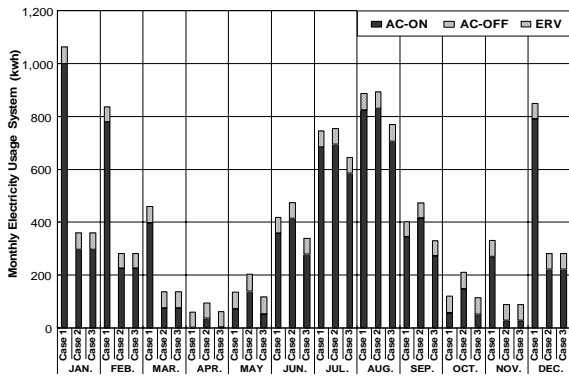


Fig. 6 Monthly electric requirements for heating, cooling and ventilation.

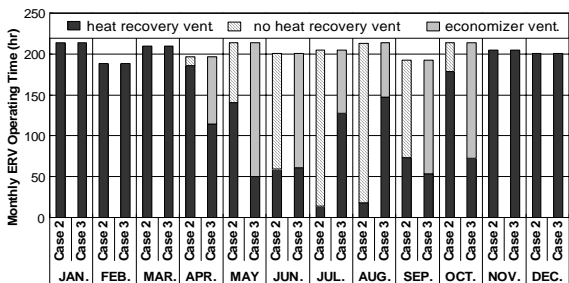


Fig. 7 Monthly ERV system operating behaviors.

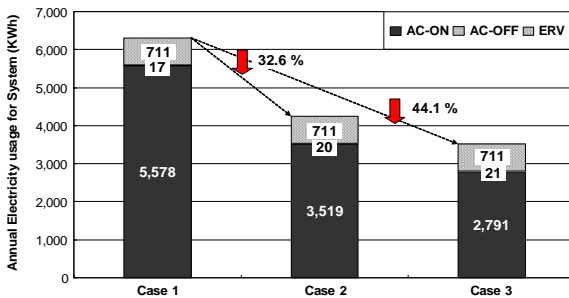


Fig. 8 Annual electric requirements for heating, cooling and ventilation.

추가한 “System AC+ERV with economizer cycle”을 제안하고 TRNSYS시뮬레이션을 통해 제안한 시스템의 제어특성, 에너지절감효과를 분석한 결과를 분석하였다. 분석결과는 다음과 같다.

1) ERV+economizer cycle⁽⁶⁾로 운전한 경우, Case 1 (AC+일반기계환기, 전열교환 無) 대비 연간 약 50 %의 AC 가동시간의 감소를 보였고, 약 47.2 %의 전력사용량 감소를 나타냈다. Case 2 (AC+ERV 일반모드)과 비교하면, 연간 약 20.6 % AC 가동시간의 감소, 약 17.1%의 전력사용량

감소의 결과를 보였다.

2) 위의 결과를 통해 본 연구에서 제안하는 “System AC+ERV with economizer cycle” 학교 건물의 기존의 시스템 운전방식과 비교하여 실내 환경을 쾌적하며 청정하게 조절하면서도 에너지 소비를 최소화할 수 있는 방안으로 확인되었다.

3) 본 연구를 통해 보다 효율적으로 외기냉방 제어를 실시하기 위해서는 실내 냉/난방부하 측면에서 외기도입여부를 판단하기 위한 엄밀한 제어알고리즘에 대한 추가적인 검토가 필요하다고 사려 된다.

향후 본 연구에서 나타난 시스템 운전 알고리즘의 문제점을 수정하고, 실제 학교 건물에 대한 실증 실험을 통해 시스템의 효율성, 적응성을 검토할 예정이다.

후 기

본 연구는 삼성전자 및 교육과학기술부 우수연구센터육성사업인 한양대학교 친환경건축 연구센터의 지원으로 수행되었음.(R11-2005-056-02004-0)

참고문헌

1. Choi, J. M. et al., 2008, A Study on the Development of Design and Management Guidelines for improvement of IAQ Building, Korean Journal of Architectural Institute of Korea, Vol. 24, No. 3, pp. 281-290
2. Lee, H. W., and Leigh, S. B., 1997, A study on the energy efficient operation of economizer control, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 9, No. 4, pp. 545-551.
3. Design Resources, Economizers, Energy Design Brief. 2000.
4. 제 7 차 교육과정 개정, 한국교육개발원
5. TRNSYS 16 MANUAL
6. Seo, J. M., Lee, J. H., and Song, D. S., 2008, A study on Indoor Environmental control System Coupled with Hybrid-ventilation and Radiant Floor Heating/Cooling system, Korean Journal of Architectural institute of Korea, Vol. 24, No. 11, pp. 279-288.