

공조시스템의 에너지진단 사례

김 두 성[†], 김 천 용, 엄 철 준^{*}, 송 의^{*}

한미설비(주), ^{*}한미설비(주) 기술연구소

Case Studies of HVAC System through Energy audit

Doo-Sung Kim[†], Chun-Yong Kim, Chul-Jun Um^{*}, Euy Song^{*}

ABSTRACT: Energy audit was started in 2006 that Korea Government Policy for Energy saving. Who used over 2,000toe/yr(tons of oil equivalent) energy consumption has to perform Energy audit program of obligation every five years with auditing company.

HANMI C&E as a company authorized by Government has diagnosed various type building. It shows four case studies of HVAC system in office building through Energy audit. This studies present efficient recommendation method for improving system performance.

Key words: HVAC System(공조시스템), Energy Audit(에너지 진단), Energy Saving(에너지 절감), Improving System Performance(시스템 성능 개선)

1. 서 론

정부에서는 국제 고유가가 지속되는 상황에서 에너지절약 기반을 강화하고, 온실가스배출을 줄이기 위한 「기후변화에 관한 국제연합협약」 및 「교토의 정서」 발효에 대처하고자 에너지다소비사업자의 에너지이용효율을 개선하기 위하여 에너지이용 합리화법 제24조에 따라 2006년 9월 산업자원부고시 제 2006-97호 에너지진단 운영규정 제정·고시 및 에너지 관리기준 개정·고시하고 에너지진단을 의무적으로 실시하도록 제도화 하였다.⁽¹⁾

에너지 진단은 에너지다소비사업자의 에너지사용시설에 대한 에너지의 이용실태와 손실요인을 파악하여 에너지이용 효율을 향상 시키고 개선방안을 제시하는 일체의 행위⁽²⁾를 말하며, 공장, 대형건물 등 연간에너지사용량이 2,000toe이상인 에너지다소비사업자는 5년마다 에너지 진단을 하도록 법제화 되었다.

에너지이용 합리화법 제24조 제7항에 따라 지식경제부 장관이 지정한 에너지진단 전문기관은 에너지다소비사업자와 계약을 통해 진단절차에 따라 진단을 수행하여 개선방안 및 투자 경제성 분석, 진단보고서 작성 및 제출로 진단결과 개선안 이행을 위한 기술지원을 한다.

한미설비(주)는 에너지진단 전문기관으로 T.A.B 수행실적과 진단, 개보수 설계 및 시공 경험을 바탕으로 다수의 에너지진단을 수행하였다.

본 연구에서는 당사가 수행하였던 에너지진단 중 건물부분의 공조시스템을 주요 진단 사례로 소개하고, 진단 사례별 관리현황 및 문제점을 파악, 개선방안 제시, 경제성 분석을 통해 적용가능한 이행방법을 제시하고자 한다.

2. 공조시스템의 에너지 진단 사례

2.1 풍량 불균형 개선

2.1.1 현황 및 문제점

H할인매장의 1층 주방내 환기조화기(이하 HV)와 배기팬(이하 EF)의 풍량 측정결과 HV풍량

[†] Corresponding author

Tel.: +82-2-456-7033; fax: +82-2-456-7133

E-mail address: hanmi@hanmitab.co.kr

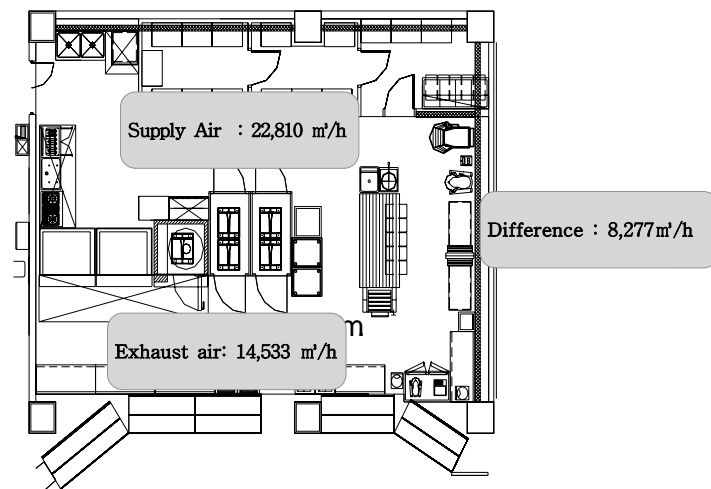


Fig. 1 Air Distribution at 1st. Kitchen

EF풍량보다 많아 주방 음식냄새가 매장으로 유입되는 현상이 발생되어 임시적으로 HV의 운전을 정지한 상태이다. 나머지 2곳 주방도 1층 주방의 급배기 풍량 불균형과 같이 문제점이 나타나 1층 주방을 기준으로 Table 1과 같이 풍량 측정결과를 정리하였다. 결과 HV풍량이 EF풍량보다 많아 배기되지 못한 공기가 매장으로 유입될 것으로 판단된다.

현재 미가동중인 HV로 인해 매장내 공조된 공기가 주방내 EF로 빠져나가고 있다.

2.1.2 개선대책

주방 환기는 작업원의 서열감(暑熱感)을 완화하기 위해서 급기용으로 환기조화기(HV)를 설치하며, 작업자는 여름철 주방 작업장의 온도보다 약간만 낮은 온도의 공기가 공급되더라도 충분한

냉열감을 느낄 수 있으므로 환기조화기의 필요성은 중요하다. 실제로 H할인매장은 환기조화기를 가동하지 않아 일부 주방은 별도로 내부에 패키지유닛(PAC)을 설치하여 운영하고 있다.

HV 가동 시 주방 급기풍량이 배기풍량보다 많아 풍량 불균형의 문제점이 발생하므로, 주방내 일정 음압(Negative Pressure)을 유지할 수 있도록 주방급기 송풍량을 줄일 수 있는 방안이 검토되어야 한다. 개선 대책으로는 환기조화기 모터 폴리 조정이나 인버터 설치방법 등이 사용될 수 있으나, 주방 특성상 생산과정에 따라 배기팬이 개별적으로 운전되므로, 환기조화기에 인버터를 적용하여 효과적인 운전이 될 수 있도록 한다. 인버터 동작은 배기팬 동작에 따라 수동으로 조작하는 것으로 조건을 설정하였다.

Table 1 Measurement of Air flow at 1st. FL Kitchen (HV-2, EF-7, EF-8)

No.	HV-2		EF-7		EF-8		Difference (m³/h)
	design	measure	design	measure	design	measure	
Air flow (m³/h)	34,020	22,810	19,980	7,931	9,960	6,602	
Remark	HV-2 - (EF-7 + EF-8)						8,277

Table 2 Measurement of Temperature and Humidity

frequency of measurement	1st. Floor			1st. FL Kitchen			ΔEnthalpy (kJ/kg)
	Temp (°C)	Humidity (%)	Enthalpy (kJ/kg)	Temp (°C)	Humidity (%)	Enthalpy (kJ/kg)	
1	25.0	43	46.68	28.4	64	68.37	21.69
2	24.9	38	43.92	28.3	62	66.73	22.81
3	24.8	36	42.70	27.8	64	66.36	23.66
Average	24.9	39	44.42	28.2	63	67.15	22.73

2.1.3 기대효과 및 경제성분석

3곳의 주방 급배기 풍량 측정결과 1층과 비슷한 풍량분포로 나타나 1층 주방을 기준층으로 3곳 모두 적용하였다. 계산조건은 동절기 열량손실은 미비하여 Table 2와 같이 하절기(7~9월)만 고려하였으며, 팬 운전시간은 900시간(10시간/일 운전조건)으로 하였다.

연간 에너지 절감금액은 연간 냉온수기 연료(LNG) 절감량(13,145Nm³)에 연료단가(480.4원/Nm³)를 곱하여 6,314천원으로 계산되었다. 주방 3곳에 인버터 설치에 따른 투자비(39,000천원)를 고려하여 회수기간이 6.2년으로 나타났다.

2.2 온식주방 배기 폐열 회수

2.2.1 현황 및 문제점

S식품의 온식주방 실내온도 설정값은 Table 3과 같으며 실내온도 분포는 약 19~20℃로 조사되었다. 온식주방의 풍량은 설계대비 90~91%로 배기풍량이 65,130m³/h로 측정되었고, 1종 강제 급·배기방식이므로 동·하절기에는 냉난방된 공기가 외부로 배출되고 있어 폐열로 인한 열손실이 발생하고 있다.

Table 3 conditions of temperature and humidity

	Summer		Winter	
	Temp (℃)	Humidity (%)	Temp (℃)	Humidity (%)
outdoor	29.7	75	-11.2	73
indoor	18	60	18	-

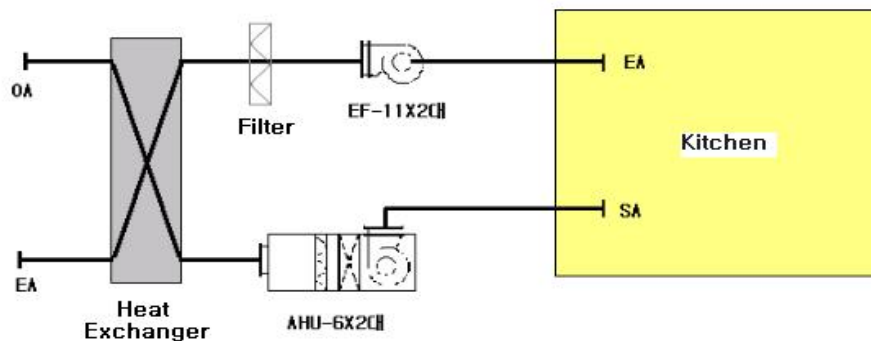


Fig. 2 Schematic diagram of installation

2.2.2 개선대책

배기풍량이 65,130m³/h이고, 실내 설정온도가 18℃이므로, 동·하절기의 외기와 열교환하여 회수되면 상당량의 에너지절약효과가 기대된다. 그러나 온식주방은 배기되는 공기가 기름성분 등으로 오염된 공기이므로 Fig. 2와 같이 열교환되는 배기부분에 필터를 설치하여 오염성분이 열교환기부분에 부착되지 않도록 구성하여야 한다.

2.2.3 기대효과 및 경제성분석

열교환이 가능한 실내외 온도차를 5℃이상 적용하여 냉방시 23℃이상, 난방시 13℃이하를 적용하였으며, 외기온도는 기상청 지역 기상데이터를 이용하여 외기평균온도 값을 실내온도와 비교하였다.

계산조건은 열교환기 효율은 열회수율이 약 40~50%이므로 평균값 0.45적용, 공조기 운전시간은 운전일지를 참조하여 24시간적용, 난방난계온도는 5℃로 적용하였다. 결과 폐열회수에 따른 전력절감과 연료절감의 연간절감금액은 38,803천원으로 폐열회수열교환기 설치와 필터 설치에 따른 투자비(85,000천원)에 따라 회수기간이 2.2년으로 나타났다.

2.3 공조기 외기 도입량 제어

2.3.1 현황 및 문제점

H사 사옥의 공조기 외기 도입량은 설계값이상으로 1,100m³/h인 과풍량이 발생하고 있으며, 재실자 수와는 상관없이 공조기 댐퍼 개도를 30% 개방하여 사용하고 있다. 혹서기나 혹한기에는 재실자 수 및 실내공기질을 고려하여 외기 도입량을 최적화할 필요가 있다.

2.3.2 개선대책

냉난방시 부하의 약 60%이상을 차지하는 외기 도입량을 효율적으로 제어하기 위해서 Fig. 3과 같이 외기 도입부에 풍량을 측정 및 제어 할 수 있는 IAQ 댐퍼 컨트롤유닛과 CO₂ 감지센서를 설치하여 재실인원에 따른 적정외기량을 자동으로 조절할 수 있게 운용한다.

2.3.3 기대효과 및 경제성분석

IAQ 댐퍼 컨트롤유닛을 적용할 경우 적정 외기량을 도입할 수 있고, 시간대별 유동인원에 대한 적정 필요외기량을 공급할 수 있으므로 실용적인 외기제어가 가능할 것이다. 총 39대의 공조기중 AHU-28을 샘플 측정하여 나온 값을 기준으로 하였으며, 경제성분석을 위해 간이계산에 필요한 재실 인원(180인), 외기 공급량(25CMH/인) 및 Table 4와 같이 온습도 설정기준을 설정하였다.

Table 4 conditions of temperature and humidity⁽³⁾

	Summer		Winter		Remark
	Temp (°C)	Humidity (%)	Temp (°C)	Humidity (%)	
outdoor	31.1	65.9	-11.9	63.4	TAC25%
indoor	26	50	20	50	Comfort
Δ Enthalpy (kcal/kg)	6.9		12.0		

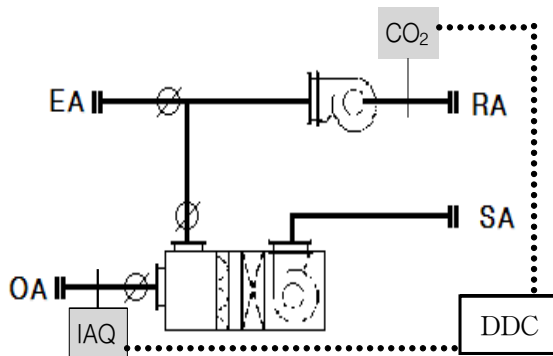


Fig. 3 Schematic diagram of IAQ controller and DDC

연간 냉방에너지 절감량(2,688,740kcal/년)과 난방에너지 절감량(8,553,600kcal/년)에 따른 총 연간 냉난방 에너지 절감금액은 10,796천원/년으로 산출되었다. 개선을 위해 자동제어공사에 필요한 투자비(68,000천원)에 따른 회수기간은 6.3년으로 도출되었다.

2.4 보일러 공기비 조정

2.4.1 현황 및 문제점

A대학교는 A관에 수관식 보일러 5.0ton 2대, 노통연관 보일러 4.0ton 1대가 설치되어 난방에 사용되고 있다. 배기가스 측정 결과 연소용 공기공급량의 과다로 열손실이 발생하고 있는 것으로 확인되었다. Table 5는 보일러 보유현황을 나타낸 것이다.

2.4.2 개선대책 및 개선방안

보일러의 공기비가 Table 6와 같이 각각 1.43, 1.50, 1.64로 목표 권장치인 1.3보다 높게 측정되어 열손실이 발생하고 있다. 이를 위한 개선방안으로 보일러 3대의 적정공기비를 유지하면서 안정된 연소를 위해 가스분석기를 구입하여 배기가스 중 CO₂, O₂, CO성분을 수시로 측정한다. 이상시 버너제조사에 의뢰해 공기비를 권장치인 1.3이하로 낮추어 효율적인 보일러 가동을 하도록 한다. Fig. 4는 공기비의 변화에 따른 열손실 특성을 나타낸 것으로 적정공기비는 연소상태에 따른 각 항목의 열손실의 최적범위를 나타낸다.

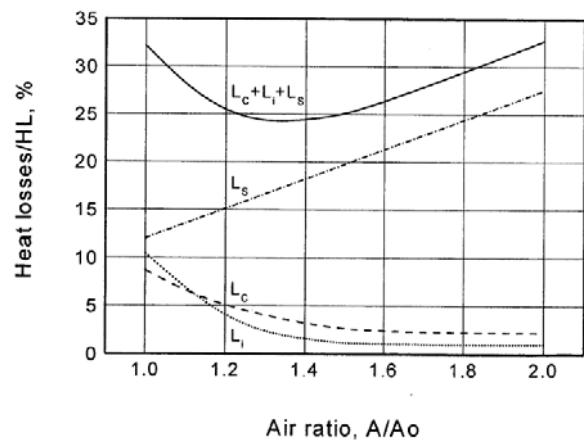


Fig. 4 Heat loss character due to change in the air ratio

2.4.3 기대효과 및 경제성분석

A관 보일러 3대를 적정한 공기비인 1.3으로 조정하였을 때, 절감율은 No.1~No.3순으로 각각 0.7%, 1.1%, 2.0%로 나타났으며, 연간 연료 절감량은 각각 580.1Nm³/년, 1,216.9Nm³/년, 1,832.5Nm³/년로 총 연간 절감금액은 2,171천원으로 산출되었다. 가스분석기 구입 및 공연비 조정을 위한 3,000천원을 투자하면 1.4년의 회수기간으로 에너지절감 효과를 얻을 수 있다.

3. 결론

본 연구에서는 2006년 에너지 진단 의무화가 시작되면서 진단전문기관으로 지정된 당사가 에너지 진단업무를 수행하였던 건물부분의 공조시스템의 주요 사례들을 소개하고, 진단 사례별 현황 및 문제점을 파악하여 에너지 절감을 위한 개선방안을 경제성 분석을 통해 적용 가능하도록 개선안을 제시하였다.

본 연구의 결과를 정리하면 다음과 같다.

(1) H할인매장 주방 3곳은 풍량 불균형 문제로 급기풍량이 배기풍량보다 많아 주방의 음식냄새가 매장으로 유입되고 있다. 불균형 해소를 위한 개선방안으로 주방내 일정 음압을 유지할 수 있도록 주방급기 송풍량을 줄인다. 이에 따라 환기조화기에 인버터를 적용하여 효과적인 운전이 될 수 있도록 하여 풍량 불균형 해소 및 공조기의 전력량을 감소시키는 효과가 있을 것으로 사료된다.

(2) S식품의 온식주방 배기풍량이 설계대비 측정풍량이 과도하여 냉난방된 공기배출을 통 열손실이 발생하였다. 개선방안으로 배기열을 냉난방기간의 외기와 열교환회수하고, 온식주방의 오염된 공기(기름성분 등)를 필터를 통해 열교환기가 오염되지 않도록 설치함으로써 폐열회수에 따른 전력과 연료절감의 효과가 있다.

Table 5 Conditions of boiler at A, B building

Section	Items	Unit	A building			Remark
			No. 1	No. 2	No. 3	
Body	Boiler type	-	water tube	water tube	firebox tube	
	Capacity	kg/h	5,000	5,000	4,000	
	Max. pressure	kg/cm ² _g	10.0	10.0	10.0	
	Heat transfer area	m ²	118.5	118.5	67	
	Mnufacture	-	Hansin	Hansin	Sunway	
	Production year	-	1997	1998	1996	
Burner	type	-	N.D	N.D	P13MS	
	consumption	Nm ³ /h	N.D	N.D	N.D	
	pressure	mmAq	N.D	N.D	-	
Fan	Air volume	m ³ /min	90	90	72	
	pressure	mmAq	370	390	400	
	motor	kW	11.2	11.3	3.2	

Table 6 Boiler air ratio⁽⁴⁾

Section		Air ratio (m)		Outdoor Temp (°C)	Efficiency (%)	Load (%)
		Recommend	Measure			
A Building	water tube No. 1	1.3	1.43	0.5	82.5	90.6
	water tube No. 2	1.3	1.50	0.5	82.0	88.1
	firebox tube No. 3	1.3	1.64	0.5	79.8	73.1

(3) H사 사옥의 공조기 외기 도입량이 설계대비 과풍량이 발생하여, 적절한 외기량 도입을 위해 IAQ댐퍼 컨트롤유닛과 실내의 CO₂감지센서를 설치하여 실질적인 외기제어가 가능하도록 개선한다. 개선결과에 따라 외기도입 자동제어를 통해 에너지절감효과가 나타날 것으로 평가된다.

(4) A대학교 보일러 3대는 공급연소량에 비해 연소용 공기량의 유입이 과다하여 열손실이 발생되고 있다. 이를 개선하기 위해 적정공기비 조정을 통해 연소 효율을 높여 연료를 절감하고 불완전연소에 따른 열손실을 줄일 수 있다.

참 고 문 헌

1. Korea Energy Management Corporation, 2006, Handbook of Energy audit for energy consumer, Korea
2. Korea Energy Management Corporation, 2006, Operation code of energy audit, Korea
3. SAREK, 2005, Handbook of Air-conditioning, Korea
4. Korea Energy Management Corporation, KS B 6205 heat balance, Korea