

중·소형 건축물설비의 효율적 전력관리방안 연구

이 상 집\*, 박 인 덕\*, 이 원 구\*\*, 김 대 군\*, 오 봉 환\*\*\*, 이 훈 구\*\*\*\*, 한 경 희\*  
 \* 명지대학교, \*\* 에너지관리공단, \*\*\* 명지전문대학, \*\*\*\* 용인송담대학

A Study on the manage of efficiency of electric facilities  
 for a type of Medium-small building.

Sang-Chip Lee\*, In-Duck Park\*, Won-Goo Lee\*\*, Dae-Gwon Kim\*,  
 Bong-Hwan Oh\*\*\*, Hoon-Goo Lee\*\*\*\*, Kyung-Hee Han\*

\*Myongji University, \*\*Korea Energy Management Co., \*\*\*Myongji College, \*\*\*\*Yong-in Songdam College

Abstract.

The power demand has increased the groth of industry and improvement of life. Otherwise the power supply is more difficult, because of regional egoism, reinforcement for enviroment, and investment of money. The load installation should be promoted to rational power management, according to the network, inteligent, and high-function.

Therefore, this paper is made a study for the method of energy saving and for energy saving of medium-small type : small type-below 500kW medium type-between 500~1,000kW.

1. 서 론

과거 경제가 어려웠을 때에는 전력 소비를 적게 하기 위하여 와트수가 적은 30[W]등의 조명등기구나 전력소모가 적은 소형 냉장고, 텔레비전등을 권장 사용하였다. 그러나 이제는 생활수준의 향상으로 산업을 비롯한 상업부분 건축물의 증가로 전력소비가 많아져서 여름철마다 전력 공급 예비율이 안정적인 전력예비율인 10~15%에 못미치고 있다. [1] 그러므로 전력수급에 따른 안정공급을 위해 범국민적인 최대수요전력 관리 등의 절전 노력으로 여름철 전력난을 극복하고 있는 형편이다. 이러한 전력 수급 방법에 따른 대책으로 전력원을 증대하는 방법과 소비전력을 절약하는 방법, 고효율기기 사용 등 여러 방법이 있다.

본 연구에서는 이러한 여러 방법중의 하나인 중소형 건물에서의 수·배전설비 및 사용설비에 대한 전력사용상태를 점검·분석하여 절약할 수 있는 방법을 제시한다.

2. 중소형 건물의 전력사용 현황 및 분석

에너지 절약은 우리의 환경보호를 위한 수단으로 지구를 보호하고 풍요로운 삶을 누리게 하는 것이다. 한국전력은 발·송·변전설비 등의 전력공급 설비를 필요한 만큼 건설하고 설비의 최적구성과 운영을 통하여 국민에게 양질의 전력을 값싸게 공급하기 위한 노력을 하여 왔다. 최근에는 소득증대와 생활수준의 향상에 따라 쾌적하고 편리한 생활을 영위하려는 국민의 욕구가 높아지고, 산업이 발전함에 따라 전력수요는 지속적인 증가와 함께 더욱 안정적인 전력수급과 서비스 요구되고 있다. 이에 따라 전력의 안정적인 공급을 위하여 다소비되는 에너지절약 기기에 대한 효율의 증대화로 에너지소비를 줄여나가며 절약기법을 연구개발하여 보급하여야 할 것이다. 본 연구에서는 중소형 건물의 여러 설비중 에너지 절약을 할 수 있는 기기들에 대하여 고찰하여 보았다.

수전제약용량이 500kW이상~1000kW이하인 중소형 건물을 제주도를 제외한 전국 광역시·도를 대상으로 하여 7개 업종으로 구분 선정하여 살펴보았다.

표 1에서처럼 업종별 평균 역률은 94.1%로 양호한 것을 볼 수 있었고 업종별 평균 수용율은 47.8%로 변전설비 용량이 대체적으로 과다하여 전력관리합리화를 도모하는 방안이 요구되었다.

표 1 업종별 수변전설비 현황

구 분	공 공	일 반	병 원	상 가	호 텔	레 저	오 피 스	계 (평균)
업 체 수	37	61	32	27	18	15	10	200
평균변전 용량(KVA)	740	655	670	677	749	693	615	686
역 률(%)	96.3	95.9	93.3	92.9	92.9	93.2	94.3	94.1
수용률(%)	47.6	47.8	42.7	62.3	46.2	47	41.3	47.8

2.1 수변전 설비

에너지 절약을 고려한 변압기의 효율적인 운전방법을 보면 첫째 무부하 손실을 적게 하는 것, 둘째로는 최대 효율이 되는 부하용량으로 운전하는 것 등이다. 무부하 손실은 부하에 관계없이 일정하게 소비되기 때문에 변압기의 용량이 클수록 이 손실도 커지게 된다. 또한 경부하시에도 무부하손실의 비율이 커지므로 이것을 가능한 줄일 수 있도록 계획하고 운전관리하여야 한다.

변압기의 효율이 최대가 되는 부하율은 무부하손과 부하손이 같을 때이며 이것은 손실에 따라 다르다. [2]

$$\text{손실비 } \alpha = W_c / W_i = \text{동손} / \text{철손}$$

$$W_i = m^2 W_c$$

$$m = \sqrt{W_i / W_c} = \sqrt{1 / \alpha} \text{ 부하에서 최대효율이 된다.}$$

[S 스포렉스 센타의 변압기 운전관리 합리화 방안]

변압기 동력 200kVA×1대, 500kVA×1대 '96최대 피크치 252kW 경부하로 사용되고 있으므로 변압기 1대 휴지 또는 변압기 용량을 줄여 무부하손실을 줄인다.

- 절감량 : 1.275kW 「무부하손실」 ×6,600h=8,415kWh/y
- 절감액 : 8,415kWh/y×73.4원/kWh=617천원

## 2.2 발전기

표 2 비상발전기 보유현황

구분	공공	일반	병원	상가	호텔	레저	오피스	계
발전기 용량 (kW)	7741	11363	6585	3481	3562	3253	2155	38140
대수	33	59	32	19	18	15	10	186
자가발전량 (kW)	7065	50280	13152.1	60580	2360	700	0	134137.1
업체수	33	59	32	19	18	15	10	186
평균 용량 (kW)	234.6	192.6	205.8	183.2	197.9	216.9	215.5	206.6

업종별 평균 비상발전기 보유용량은 공공건물이 234.6kW로 가장 많은 용량을 보유하고 있는 것으로 나타났다. 다음은 레저건물로 216.9kW이었으며 상가건물이 183.2kW로 가장 낮은 것으로 조사되었다. 총 비상발전기 용량은 38,140kW이었으며, 전체 건물의 평균 발전용량은 206.6kW이고 자가 발전량은 134MWh로 발전기 활용이 미흡한 실정이었다. 우리나라의 예비율은 10.9%정도로 일본 21.6%, 프랑스 30%에 비하여 상대적으로 낮은 예비율을 보유하고 있는 점으로 미루어 보아 표 2에서 처럼 건물에서 평상시에 가동하지 않는 비상발전기를 일반 전력의 최대전력 발생시 피크컷용 발전기로 전환하여 활용하는 방안은 전국적으로 볼 때 그 효과가 클 것으로 예상된다.

## 2.3 최대 수요전력 감시제어장치

대상 건물은 또한 중앙공급냉방용량이 부적하거나 건축시 시설 못한 곳은 개별냉방방식인 패키지 에어컨을 설치하여 가동하고 있었다. 표 3에 의하면 공공건물이 508대로 가장 많고 다음으로 일반건물 374대이며 오피스건물이 23대로 가장 적다. 이는 80년대 이전에 준공된 건물에 중앙공급 냉방기가 설치되지 않았거나 최근 국민수준 향상으로 패적인 욕구충족의 일환으로 패키지 냉방기가 설치 증가 추세인 것으로 사료된다.

표 3 패키지 에어컨 설치 현황

구분	공공	일반	병원	상가	호텔	레저	오피스	계
대수	508	374	245	257	83	102	23	1592
비율 (%)	31.9	23.5	15.4	16.1	5.2	6.4	1.5	100

전기공급규정에 의하여 전기수용 요금을 12개월중 최대치를 적용하여 전력요금에 반영하고 있다. 따라서 1년 중 어느 한 순간이라도 최대전력이 올라가면 1kw당월 5,830(5,070)원의 전력요금을 1년내내 매월 부담하게 된다. 따라서 위의 패키지 에어컨 공조설비 급수펌프 등 적정부하에 Demand controller를 설치하여 최대전력을 조정하면 전력요금을 줄일 수 있다.

## 2.4 냉·난방기기

최근 공조설비의 여름철 소비전력 및 사용전력량은 전체에 접하는 비율이 크게 되어 어떻게 냉방부하를 줄이느냐가 에너지절약의 Key라고 하겠다. 본 연구에서는 왕복동식, 터보식, 흡수식의 냉방기중 냉·난방을 겸용으로 사용할 수 있는 가스흡수식에 대해 전력절감 효과를 살펴본다.

표 4에서 전기방식 대체 설비인 흡수식 냉동기와 빙축열 시스템을 비교해볼 때 압도적으로 흡수식 냉동기를 도입 운영중에 있으며 흡수식 냉동기는 최대수요전력 경감효과가 우수할 뿐만 아니라 CFC냉매 등에 의한 환경오염방지 및 경제적인 측면에서 유리한 장점 등으로 흡수식냉동기에 인식이 정착되어가고 있는 것으로 분석되었다.

표 4 업종별 냉동기 설치현황

(단위:대수,RT)

구분	터보		왕복동식		흡수식		빙축열		합계	
	대수	용량	대수	용량	대수	용량	대수	용량	대수	평균용량
공공	15	2517	10	605	18	2963	2	270	45	141.2
일반	15	2516	26	2215	24	4580	0	0	65	143.2
병원	2	450	22	2099	16	2760	1	100	41	131.9
상가	3	228	9	751	2	640	1	90	15	113.9
호텔	5	680	9	760	5	685	0	0	19	111.8
레저	3	590	1	80	8	1045	0	0	12	142.9
오피스	1	150	4	140	13	2510	0	0	18	155.6
계	44	7131	81	6650	86	15183	4	460	215	136.8
비율 (%)	20.5	24.2	37.7	22.6	40	51.6	1.8	1.6		100

[S공사의 왕복동식을 흡수식으로 설치시 에너지절약 기대효과]

- ° 절감량 :  $(1.075\text{kW}/\text{RT} - 0.297\text{kW}/\text{RT}) \times 30\text{RT} \times 540\text{h} = 12.604\text{kWh}/\text{y}$
- ° 절감액 :  $\{12.604\text{kWh}/\text{y} \times 92\text{원}/\text{kWh} + 58\text{kW} \times 12\text{월}\} - (85.3\text{원}/\text{RT} \times 540\text{h}/\text{y}) + 18,000\text{원} = 21,397\text{원}/\text{y}$
- ° 투자비 : 60,000천원
- ° 투자비회수기간 : 2.8년

## 2.5 공기조화설비

송풍기는 기체수송기로서 운동과 압력을 주지만 보통 사용압력이 1000mm Aq 미만의 것을 송풍기 또는 팬이라 부르고 1.3~2.0kg/cm<sup>2</sup>인것을 Blower, 그 이상의 압력인 것을 Compressor라 부르고 있다.[3] 공조용으로 사용되고 있는 것은 100Aq 정도 소음이 적은 것이 요구되며 VVVF(variable voltage variable frequency)방식은 부하에 따라 가장 효율적인 관리 및 운전을 기할 수 있으나 초기투자비가 과대하게 소요되는 단점이 있다. 국내 에너지 절약화의 필연성 때문에 빌딩에 있어서의 에너지원 절약화가 추진되고 있으며 주요 동력원인 Fan coil unit의 송풍기는 연간 일정 운전되고 실내 온도 관리는 계절이나 시간에 따라 펌프로써 송풍량을 조정하고 있다. 공기조화설비는 공기를 공급하는 방식에 따라 분류하는 CAV(constant air volume:정량방식)과 VAV(variable air volume:변량방식)

방식으로 구분하였는데 전자는 실내 열부하의 변동에 따라 송풍온도를 변화시키며 송풍량을 일정하게 유지하는 방식이고 후자는 실내의 열부하에 따라 송풍량을 가변시키는 방식이다.

표 5 에서처럼 급배기팬 용량이 중앙공급방식(AHU)보다 용량이 큰 것으로 조사 되었으며 공조기기가 차지하는 전력사용비중은 총사용량의 7.3%를 차지하고 있으나 에너지절약 및 최대수용전력을 감소할 수 있는 인버터시설(V.V.V.F)은 거의 전무한 상태인 것으로 나타났다. 그러나 공조기에 인버터시설을 도입한다 하더라도 중소형건물 대부분이 공조기의 가동시간이 많지 않아 경제성이 뒤떨어지는 것으로 분석되었다.

표 5 송풍기 및 급배기팬 현황

(단위:대수,kW)

구분	급배기팬		AHU		계	
	대수	용량	대수	용량	대수	용량
공공	89	317.7	120	1348.9	209	1666.6
일반	235	2232.9	163	1303.3	398	3536.2
병원	133	295.2	21	134.5	154	429.7
상가	62	426.4	33	300	95	726.4
호텔	52	200.5	14	121.8	66	322.3
레저	126	248.8	42	379.5	168	628.3
오피스	64	260.5	18	130.5	82	391
계	761	3982	411	3718.5	1172	7700.5

[W 스포츠센터의 Blower 가변풍량 제어시스템 도입, 용량 26.25kW]

- 절감량 :  $\{(26.25\text{kWh} \times 3,285\text{h}) - (26.25\text{kW} \times 0.8^3 \times 2,300\text{h} + 26.25\text{kW} \times 0.6^3 \times 657\text{h} + 26.25\text{kWh} \times 0.4^3 \times 320\text{h})\} = 51.041\text{kWh/y}$
- 절감액 :  $51.041\text{kWh/y} \times 73.6\text{원/kWh} = 3,756\text{천원/y}$
- 투자비 : 4,092천원

### 2.6 급·배수펌프

기존에 펌프의 속도제어는 상용전원에서 일정속도로 운전하면서 기계식 밸브를 사용하여 필요한 유량을 제어하였다. 인버터를 적용하여 밸브를 완전 개방하고 펌프의 회전 속도를 가변하면 커다란 전력을 절감할 수 있을 것이다. 현실성 있는 방안으로는 저층건물에서 상수도 직수압이용, 고효율 펌프설치 가변유량제어를 하는 인버터 방식 도입등이 있다. 특히 기존의 범용 모타에도 간단히 적용이 가능하고 필요한 유량을 자유롭게 자동(압력, 유량) 제어할 수 있으며, 본 연구에서는 고효율 펌프의 적용에 대해 비교한다.

[S 빌딩의 범용펌프를 고효율펌프로 개선시]

- 절감량 : 57,380kWh/y
  - 고가조용 :  $(15\text{kW} - 5.5\text{kW}) \times 2,920\text{h/y} = 27,740\text{kWh/y}$
  - 사우나용 :  $(11\text{kW} - 5.5\text{kW}) \times 5,389\text{h/y} = 29,640\text{kWh/y}$
- 절감액 :  $57,380\text{kWh} \times 78.5\text{원/kWh} + 15\text{kW}(\text{peak치 경감}) \times 5,830\text{원} \times 12\text{월} = 5,554\text{천원}$
- 투자비 : 4,278천원
- 투자비회수기간 : 0.8 년

### 2.7 조명기기중 고효율 전자식 안정기

우리나라에서는 전기에너지의 약 13%가 조명용으로 사용되고 있으며 현대식 빌딩의 조명용 전력은 전 부하의 20~30% 정도에 달하고 있어 조명전력 사용합리화 방안은 매우 중요한 사항이라 할 수 있겠다. 조명의 목적은 일상생활에 유익함을 주기 위한 것으로 최종 목표는 자연광에 가까운 광원을 필요로 개발하고 연구하는 것으로 예열식의 형광등에서 래프드식으로 근래에는 유해 전자파의 제거로 한국전력공사에서 고효율 조명기기로 인정을 받은 "고" 마크의 고품질 형광등용 안정기가 개발 시공되어 있으므로 Rebate 관계 등을 계산하여 설비하여야 할 것이다.

기존의 32mm 형광램프(40W 자기식안정기)사용시의 소비전력과 고효율 조명기기인 환경 26mm형광램프(32W형 전자식안정기)의 소비전력을 표 6에서 비교시 실제 측정 결과를 보면 40W×2등용 형광등은 평균 91.9W이며 32W×2등용 형광등의 소비전력은 61.5W로 1세트당 평균 30.4W의 전력이 절감된다.

표 6 고효율조명기기(32W×2등용)와 기존제품의 비교

구분	소비전력(W)				광속(lm)		수명(H)	
	기존	신형	차이	절전율(%)	기존	신형	기존	신형
형광등	92	62	30	32	5,220	6,120	6,000	16,000
백열등	60	16	44	75	630	200	1,000	8,000

○ 창가조명등 회로분리(개별스위치)는 대상건물 38%가 설치되어 있었으며 62%는 미설치 되어 있는 것으로 나타났다.

○ 조명기구의 관리상태는 양호한 것으로 나타났으나 불필요하게 시설된 백열등은 28%나 시설되어 있는 것으로 파악되었다.

○ 형광등 안정기는 자기식이 58% 시설되어 있고 42%는 전자식인 것으로 파악되었다.

이상에서 볼 때 조명기구는 고효율기기로 전환되어 가고 있는 것으로 분석할 수 있었으며 향후 고효율 조명기기로 시설하는 것이 바람직한 것으로 나타났다.[4]

### 3. 결론

중소형 건물 200개소에 대한 전기관리 기술 연구결과 전력 사용량은 171,284MWh/년이고 전력 절감 가능량은 10.0%인 17,069 MWh/년이며 절감 예상금액은 2,372백만원/년으로 투자비는 4,481백만원으로 1.9년이면 회수가 가능한 것으로 분석되었다. 선진국에서는 이미 오래전부터 에너지 절약에 대한 관심과 투자로 고효율기와 절약기법 기술을 개발하여 많은 효과를 얻어내고 있다. 동일 규모의 타건물 3,620여 개소에 확대시 수요 전력 경감효과를 볼 수 있다.

(참고 문헌)

- [1] 이상집, "에너지절약을 위한 전력사용합리화", 전기기사회지 1995.3, pp.55
- [2] 에너지관리공단, "건물전기관리기술지침서", 1994.7
- [3] 이원교, "전기설비의설계및시공", 1995.2, 동일출판사, pp.254
- [4] 한국전력공사, "중소형건물 전기관리 기술지도 및 절전점검조사", 1997.9.