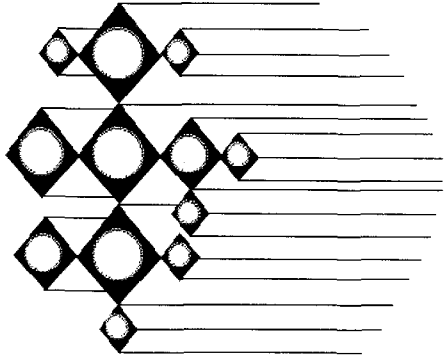


기술동향



수요관리 프로그램별 효과측정 및 평가 (상)

강 원 구 한국전력공사 울산지점 배전부장
김 인 수 · 문 중 철 에너지관리공단 전기수요관리반 과장

1. 서론

본고는 한국전력공사와 에너지관리공단이 공동으로 시행한 사업으로서 전력수요관리의 본격적인 시행에 앞서 향후 확대보급이 불가피할 것으로 예상되는 주요 End-Use 중심의 수요관리 프로그램의 수요관리 효과를 실측자료를 통해 보다 정밀하게 분석하고, 이를 위해 실제 도입 가능성이 큰 것으로 대두되고 있는 9개의 수요관리 프로그램을 일부 특정 수용가들에게 시범적으로 보급하여 여기서 실측된 자료를 토대로 하여 향후 시행하고자 하는 수요관리의 효과를 종전보다 더욱 정확하게 예측하는데 필요한 기초자료로 삼아 하계 최대부하억제에 도움을 주고자 작성하였다. 관심있는 분들의 활용을 바란다.

2. 사업 개요

가. 사업기간 : 1995. 6 ~ 1996. 6

나. 단계별 연구추진 흐름도

1단계 : 수요관리 프로그램 선정

- 최대전력감소 효과가 큰 9개 수요관리프로그램을 선정
- 2단계 : 수용가 선정
 - 최대전력 증가로 인한 전력요금의 증가로 자체프로그램을 시행하고자 하는 공공기관
 - 프로그램이 이미 현장에 설치되어 운영하고 있는 업체
- 3단계 : 프로그램별 기기설치
 - 프로그램이 설치되어 있지 않은 패키지냉동기, 아파트급 수펌프 제어장치, 최대수요전력제어장치는 신규설치 후 측정
- 4단계 : 수요관리효과 실측
 - 가능한한 최대전력발생 전후를 기준으로 측정하여 효과 분석
- 5단계 : 실측결과의 일반화
 - 프로그램별 효과측정자료를 만들기 위하여 객관성있는 자료를 인용하여 일반화함
- 6단계 : 프로그램별 경제성 평가
 - 프로그램별 경제성 평가는 DSManager프로그램을 이용하여 평가

7단계 : 프로그램별 절전잠재량 추정

- 절전잠재량 추정은 기술적 절전잠재량(MTP)와 수요관리를 통하여 기대할 수 있는 실현가능 절전잠재량(AP)를 추정

다. 9개 시범 수요관리 프로그램 개요

가 기 명	설 치 장 소	측정일자	비 고
1. 26mm형광등, 전자식 안정기	제주 우당도서관	'95.7.10~	기존기기
2. 인버터	제일은행 본점 제주신라호텔	'95.8.10	기존기기
3. 최대전력 관리장치	제주 우당도서관	'95.7.10~	신규설치
4. 빙축열 시스템	삼성본관 한국전자계산	'95.6.05~ '95.7.29~	기존기기
5. 패키지형 빙축열 시스템	한전전남 담양지점 경북 상주지점	'95.9.02~	신규설치
6. 냉방기기 직접제어	서울 한양아파트	'95.8.16~	기존기기
7. 아파트 급수펌프 직접 제어시스템	제주 현대아파트 제주 제월아파트	'95.8.28~	신규설치
8. 중소형 열병합 발전	곤지암 콜프장 군포 LG전선공장	'95.8.25~	기존기기
9. 흡수식 냉·온수기	제주 도청 파라다이스 호텔	'95.7.10~ '95.7.11~	기존기기

(2) 설치 및 측정대상 건물

- 설치장소-제주 우당도서관(제주시 건입동 318)
- 교체수량-형광램프 : 1,054등
[전자식안정기(40W×2) : 527ea]

(3) 실측결과

- 교체전후의 소비전력 비교(그림 1, 2 참조)
 - 40W 2등용 형광등의 평균소비전력 : 92.6W
 - 32W 2등용 형광등의 평균소비전력 : 61.6W
 - ⇒ [1세트당 31.0W, 33.5% 전력절감]
- 왜형률 감소(8.4→10.8%) 및 조도향상(289→312Lux)
- 수명 연장
 - 교체후 9,500여 시간이 경과한 현재 교체된 안정기는 전혀 없으며 램프만 3개 교체(교체전 월 100여개의 램프 교체)
 - 연도별 26mm 형광램프 교체율(삼성본관 : 13,104Set, 교체전 연 교체율이 약 110~120%)
- 교체후 램프 교체율

(%)

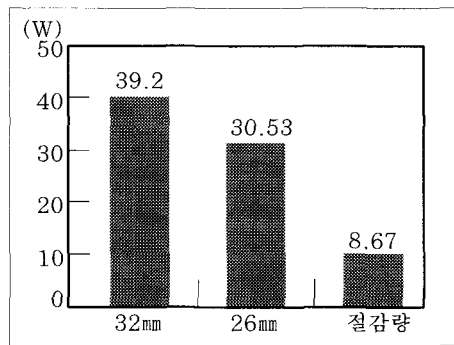
3. 프로그램별 측정결과

1차 연도	2차 연도	3차 연도	4차 연도	평 균
4.6	6.3	6.0	6.7	5.9

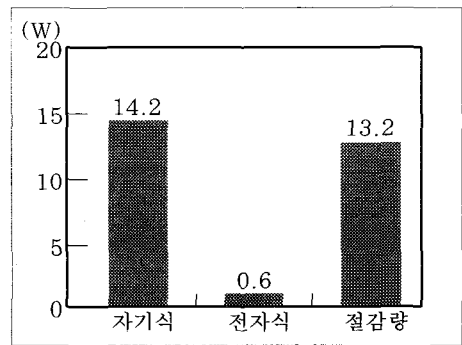
가. 절전형 형광램프 및 전자식 안정기

(1) 개요

기존의 형광램프(32mm) 및 자기식(코어식)안정기를 3과장 형광체를 사용하고 형광램프의 관경을 소형화(26mm)하여 효율향상과 절전화를 이룬 형광램프와 32W용 전자식 안정기로 교체하였을 때의 소비전력 비교·분석하였다.



〈그림 1〉 형광램프 소비전력 비교



〈그림 2〉 안정기 소비전력 비교

기술동향

나. 인버터

(1) 개요

Air Handling Unit용 유도전동기에 인버터(V.V.V.F.)를 설치하여 실내온도에 따라 전동기속도를 조절하는 가변속 제어방식과 배인이나 댐퍼에 의한 정풍량 제어방식의 소비전력을 비교·분석하였다.

(2) 설치 및 측정대상건물

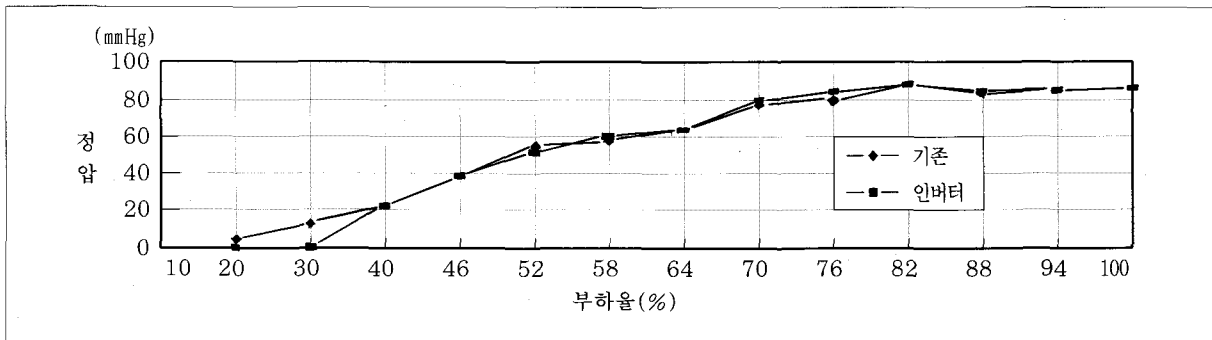
- 측정대상건물 - 제일은행(서울시 종로구)
- 인버터설치 대상기기 : 공조기 급, 배기팬
- 공조기 설치수량 : 인버터 24대(22kVA 2대, 18kVA 18대, 기타 3대), 전동기용량 244.6kW
- 인버터 속도제어 방법 : 덕트내의 압력검출에 의한 공조기 팬 속도제어

(3) 실측결과(그림 3, 표 1~3 참조)

〈표 1〉 제어방식별 소비전력 비교

(단위 : %)

정압제어방식	출구 댐퍼제어	입구 댐퍼제어	극수변환전공기 + 출구댐퍼제어	슬립손실발생에 의한 제어	인버터
100% 풍량	81	81	81	82.5	87.75
50% 풍량	62.25	47.75	25.5	26.25	15



〈그림 3〉 인버터와 배인제어방식의 부하율에 따른 정압 비교

〈표 2〉 계절별 부하율에 따른 절감률

구분	VANB방식(kW)	인버터방식(kW)	절감량(kW)	절감률(%)
냉방	8.4kW	5.4	3.0kW	35.7
환기	7.7kW	4.2	3.5kW	45.5

〈표 3〉 최대전력 절감효과

설치전 수요전력	설치후 수요전력	최대전력 감소효과	비고
198kW	141kW	57kW	공조기 Full가동시

* 최대전력 감소효과는 한전계통에 전력피크가 발생하는 14~15시를 기준으로 산출

다. 최대전력 관리 장치

(1) 개요

각 수용기에 발생하는 전력피크를 목표치 이하로 유지·관리하기 위하여 최대전력 관리장치를 대상건물에 설치하여 피크 감소효과 및 냉방기기 제어 특성을 비교·분석하였다.

(2) 설치 및 측정 대상건물

- 설치장소 : 제주 우당도서관
- 제어대상부하 : 패키지 냉방기기(16대)
 - 총냉방부하 : 154kW
 - 제어대상 : 77.9kW(8대)
- 부하제어방식 : 경보라인 및 예측연산제어 방식 병용

(3) 실측결과(표 4, 그림 4, 5 참조)

〈표 4〉 설치전후 최대전력 현황

연 도	1994년	1995년	경감효과
최대수요전력(kW)	142	119	23kW(16.2%)

후 주간냉방에 사용한다. 이 방식은 심야전력 요금제도에 의해서 수용가의 경제성이 뒷받침되고 전력회사의 입장에서도 설비증설이 회피되고 심야부하 창출로 인하여 부하율이 향상되므로 경제적이다.

따라서 본 사업에서는 빙축열 시스템의 업체 설치시 운영에 따른 효과 및 특성을 비교·분석하였다.

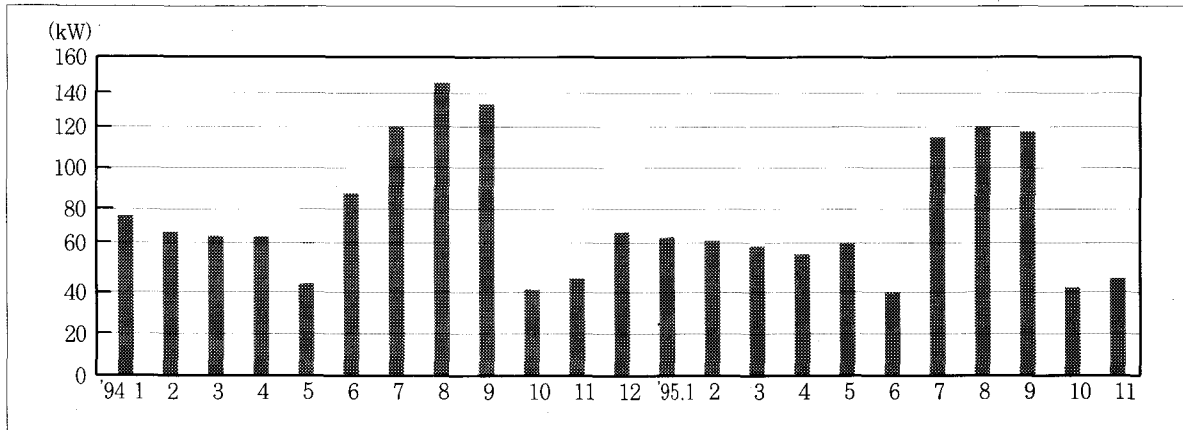
라. 빙축열 시스템

(2) 설치 및 측정 대상건물

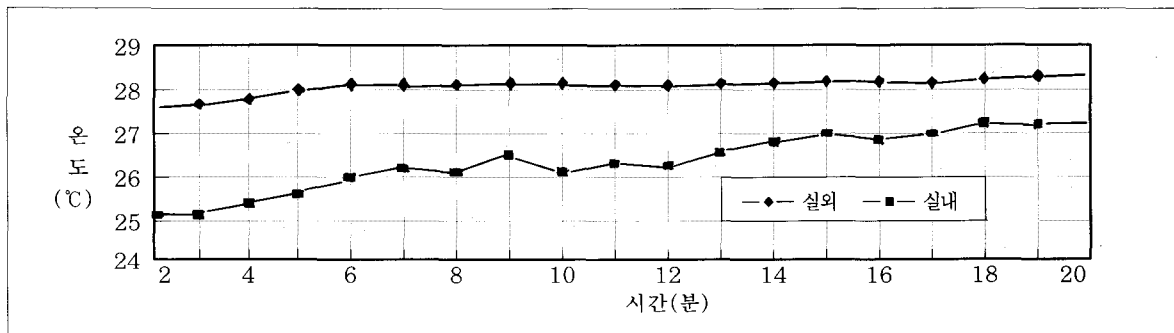
(1) 개요

축열식 시스템이란 심야시간(22:00~08:00)에 냉동기로 냉수 또는 얼음을 축열조에 축열시킨

구 분	건물명	축열구분	축열방식	최대부하	축열조용량	비 고
일반 빙축열	한국전자계산(주) 삼성본관	전축열	ICE ON COIL	98RT/H	750RT	(공냉식)
		부분축열	ICE BALL	1,780RT/H	17,940RT	(수냉식)
패키지 빙축열	한전 담양지점 한전 상주지점	전축열	ICE ON COIL	6.5RT/H	47RT	신규설치(공냉식)
		부분축열	ICE ON COIL	23.6RT/H	105RT	신규설치(공냉식)



〈그림 4〉 월별 최대전력 현황



〈그림 5〉 냉방기기 제어시 온도변화 현황

기술동향

(3) 실측결과(그림 6, 7, 8, 9 참조)

· 냉동기 COP(성적계수)

냉동기 COP는 얼음을 생성하기 위하여 브라인 순환온도를 -5°C 이하로 유지하기 때문에 냉수를 제조하는 주간시간대의 2.8~3.0보다 낮은 2.2 정도 유지

· 한전전력 계통에 발생하는 피크시간대 최대전력 감소효과 (오른쪽 표 참조)

설치장소	설치전(kW)	설치후(kW)	피크감소효과(kW)	감소율(%)
한국전자계산	97.9	6.2	91.7	93.7
삼성본관	1,297.0	740.0	558.0	43.2
한전담양지점	9.7	2.5	8.2	84.5
한전상주지점	21.9	8.4	13.5	61.6

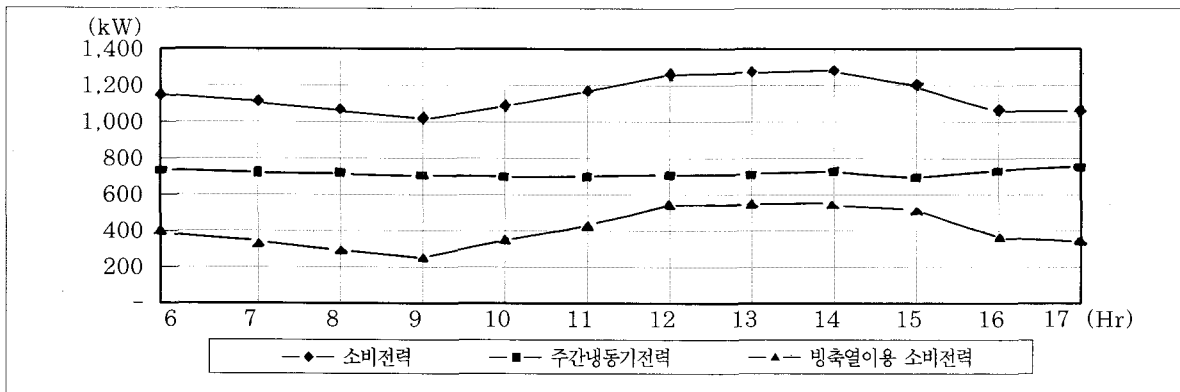
*한국전자, 한전담양지점은 100% 축열냉방으로 냉수순환 펌프를 제외한 냉방부하 전부가 피크이동으로 감소효과가 높음.

마. 냉방기기 직접제어

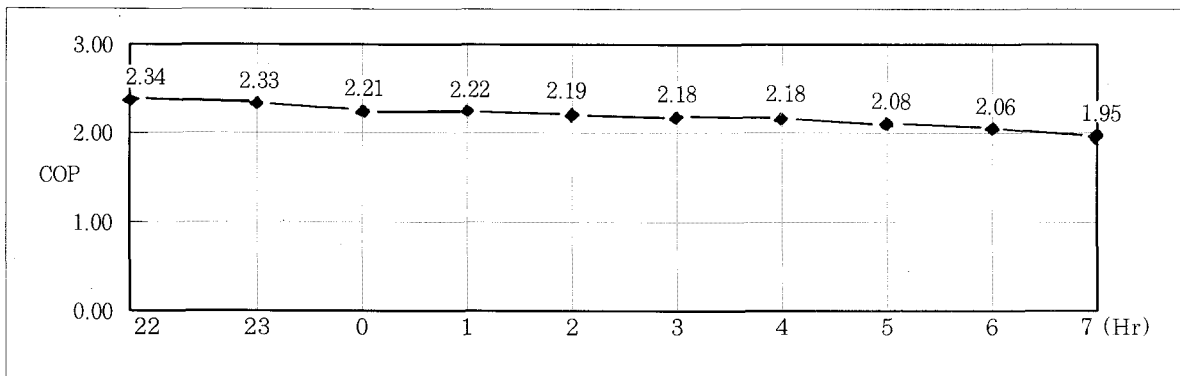
(1) 개요

냉방기기 직접제어 시스템은 하계 최대부하 발생 시간대

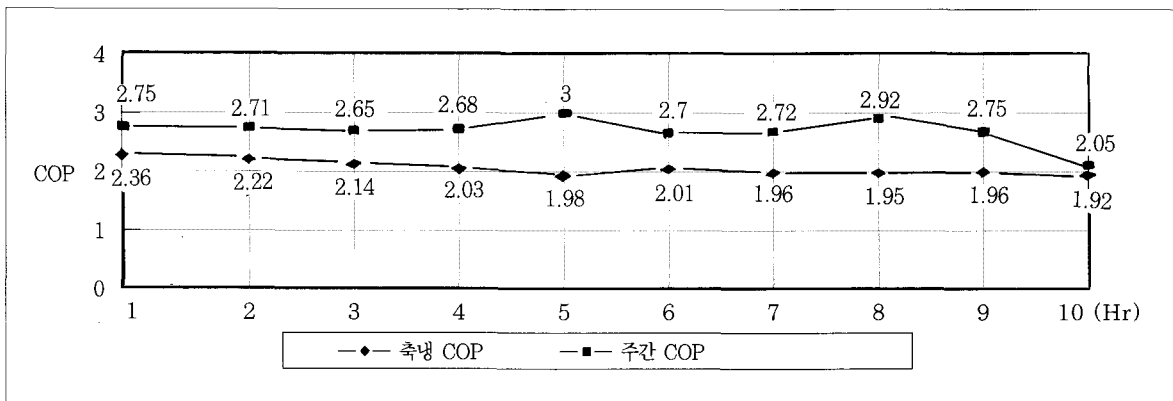
에 참여하여 수용가의 냉방기기를 전력회사가 직접 제어함으로써 최대전력을 효과적으로 억제할 수 있는 수요관리 방안이다.



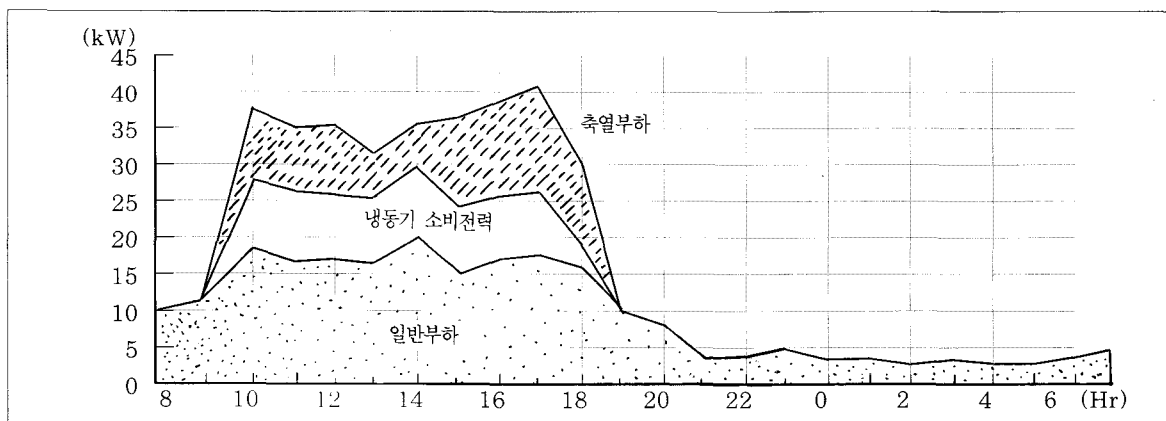
〈그림 6〉 삼성본관 냉동기 소비전력



〈그림 7〉 한전담양지점 냉동기 COP



〈그림 8〉 한전상주지점 냉동기 COP



〈그림 9〉 한전상주지점 일일전력 부하곡선

(2) 설치 및 측정 대상건물

· 설치장소 : 서울시 압구정동 한양아파트

(3) 제어대상 및 제어방법

· 제어대상 : 냉방기기(분리형 에어컨 중 실외기를 제어대상으로 함, 142대 343.9kW)

· 제어방법 : 최대수요가 발생하는 시간(예 : 오후 2시~4시)에 통신회사의 무선호출 신호송출 방식으로 각 수용가에 설치된 냉방기기를 제어하고 제어대상수용가의 입장을 고려하여 냉방기기를 제어하는 유무를 느끼지 못하도록 1회 제어시간을 10분 이내에서 그룹을 나누어 순차적으로 제어함.

〈표 5〉 제어수신기 설치현황

■ : 측정분석대상

대상기	냉방기								자동판매기			계			
	주택용				업무용				히터용 (커피)	냉동용 (캔류)	소계				
장소별	압구정동 한양APT				여의도 A 빌딩										
등별	21	22	23	24	25	26	APT	소계	A	여의도	상가	소계			
대수	34	24	27		23	34	2	144	3	35	38		18	18	200

(4) 실측결과(표 6 참조)

〈표 6〉 설치전·후의 최대피크치 현황

연도	94	95	경감효과
최대 피크치(kW)	540	490	50(9.3%)

기술동향

바. 아파트 급수펌프 직접제어 시스템

(1) 개요

이 시스템은 아파트 급수탱크의 현재 수량을 센서를 사용하여 5단계로 계측하여, 아파트의 각 동별 물의 사용상태를 간단한 데이터 베이스를 사용하여 파악하고 전력공급자가 최대전력 발생 시간대에 펌프의 임의적인 가동을 제어함으로써 계통을 발생하는 최대전력의 경감을 도모한다.

(2) 설치 및 측정 대상건물

설치 장소	급수용량 (Ton)	펌프용량 (Hp)	설치 현장
제주 제원아파트	100	15Hp×2	아파트 지하1층
제주 현대아파트	60	15Hp×6	관리실

(3) 측정방법

펌프의 가동유무를 PC에 저장하여 제어시간 이외에도 가동상황을 알 수 있게 하였고 또한 그 자료를 이용하여 아파트의 급수펌프 가동실태를 제어하기 전과 제어한 후, 그 효과를 측정하였다.

(4) 실측결과

아파트급수펌프 제어시스템으로 인한 최대전력 감소효과는 8월 측정자료를 분석한 결과 제어시간(19시~20시)사이

에 10회 정도 펌프가 가동되는 것으로 나타나 이를 제어시간대 전후로 이동하여 펌프를 가동할 경우 약 25% 정도의 부하이동(Load Shift)이 가능한 것으로 분석되었다.

사. 흡수식 냉·온수기

(1) 개요

흡수식 냉방기기는 진공상태에서 저온의 물이 증발하는 원리를 이용하여 개발한 냉방기로서 공급하는 에너지원에 따라 구분한다(증기 흡수식 냉동기, 중·온수흡수식 냉동기, 흡수식 냉·온수기기 등).

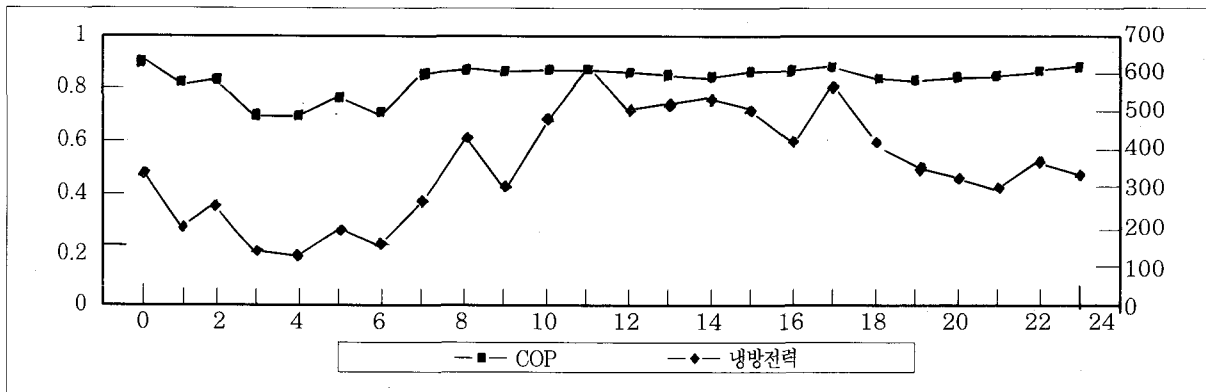
흡수식 냉·온수기는 전기 대신 가스(또는 경유)를 에너지로 사용하므로 전력수요관리 효과 외에도 하절기 수요가 적은 가스의 활용도를 크게 개선할 수 있는 이점이 있다.

(2) 설치 및 측정 대상건물

- 건물명 : 제주 파라다이스 호텔(지하 2층, 지상 1층)
- 연면적 : 11,600㎡(3,515평)
- 냉난방 면적 : 10,757㎡(3,260평)
- 흡수식 냉온수기기 현황 : 170RT×2대(사용연료 : 경유)

(3) 실측결과(그림 10 참조)

파라다이스 호텔에서 피크치가 발생한 7월 25일 하루 동안 사용된 에너지사용량에 대한 에너지수지에서는 총입열



〈그림 10〉 COP와 냉방부하 비교

8,073.4Mcal/일 중 냉방에 사용된 총유효에너지는 77.2%로 나타났다.

그림 10은 흡수식냉동기 COP와 냉방부하의 비교로 호텔

〈표 7〉 냉동기 소비에너지 비교

구분		터보냉동기	흡수식냉·온수기기 ℓ/RT
에너지 사용량	설계치	축동력(주에너지)	0.78kW(RT)
		보조동력	0.24kW(RT)
		계	1.02kW(RT)
	운전치	축동력(주에너지)	0.89kW(RT)
		보조동력	0.29kW(RT)
		계	1.18kW(RT)
에너지 비용 (원)	설계치	축동력(주에너지)	57.70
		보조동력	17.80
		계	75.50
	운전치	축동력(주에너지)	65.90
		보조동력	21.50
		계	87.30

※터보냉동기의 경우 70% 부하에서 10~15% 정도 성능저하
 ※경유단가 : 217원/ℓ
 ※전력요금단가 : 하절기 전력요금단가 적용 81.9원/kWh
 (기본요금비포함)

은 건물특성상 하절기에는 냉동기를 24시간 계속 운전중이었으며 피크부하는 오전 11시경으로 호텔 이용객들이 부대

시설을 이용하기 전과 투숙객이 호텔에 들어오기 전인 17:00경에 나타나고 있다. 야간부하는 주간부하의 1/3 수준에 불과하였으며 이에 따라 냉·온수기기의 COP도 크게 낮아지는 것으로 나타났다. 야간에 냉·온수기기의 COP는 0.67까지 저하되었으나 주간에는 0.85~0.9수준을 유지하고 있다(표 7 참조).

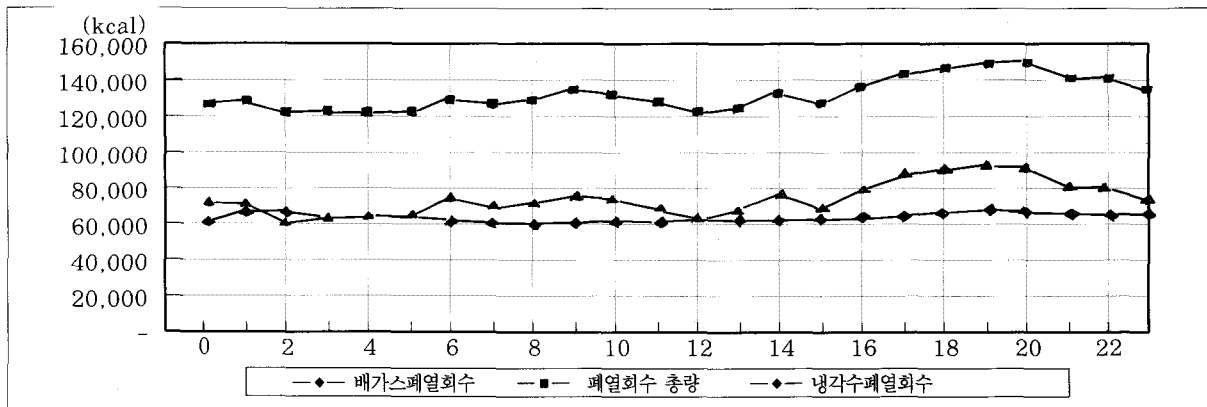
아. 소형열병합 발전

(1) 개요

열병합발전은 하나의 에너지원으로부터 전기와 열에너지인 증기 또는 온수를 동시에 생산하는 종합에너지 시스템으로서 C.H.P(Combined Heat and Power), 또는 일반적으로 Cogeneration이라고 칭한다.

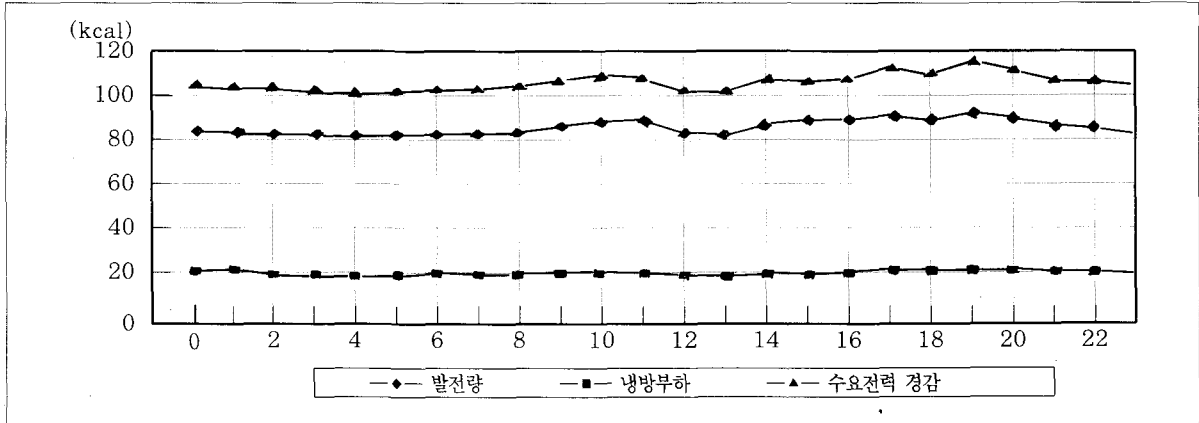
연료로는 석유, 도시가스(LNG), LPG를 사용하여 가스 터빈, 가스엔진, 증기터빈으로부터 전력과 동력을 발생시키며 이러한 설비를 운전하는데 있어서 발생되는 배가스의 배열과 엔진냉각수에서 발생하는 열에너지를 효과적으로 이용하여 종합에너지 효율을 높이는 시스템으로서 소형 열병합 발전시스템에 대한 성능시험 및 경제성평가를 실시하였다.

(2) 설치 및 측정 대상

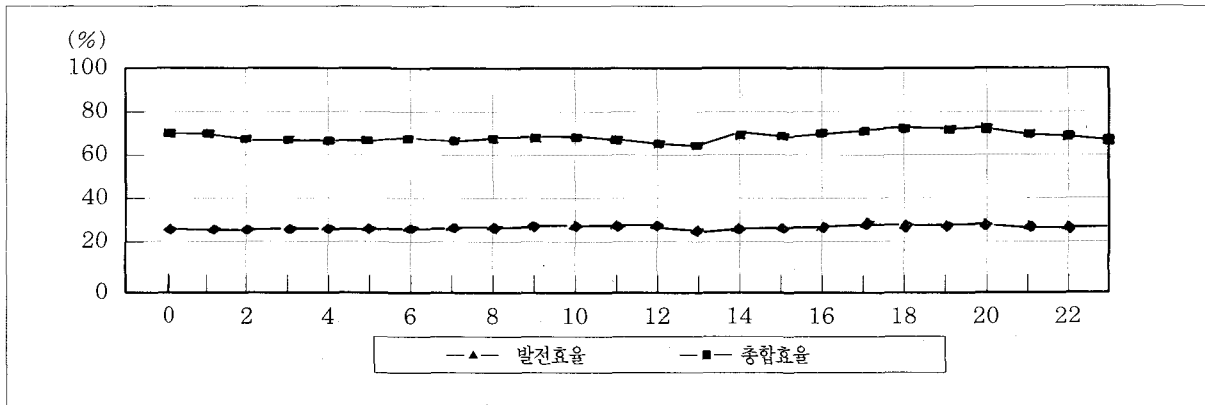


〈그림 11〉 폐열회수량

기술동향



〈그림 12〉 수요전력 경감효과



〈그림 13〉 발전효율 및 종합효율

- 업체명 : 군포 LG전선공장(경기도 군포시)
- 열병합발전기 현황
 - 발전기출력 : 145kW
 - 사용연료 : LPG
 - 흡수식 냉동기 : 30USRT
 - 냉각수 열교환기, 배기가스 열교환기 : Plate Type

(3) 실측결과(그림 11, 12, 13 참조)

- 엔진 냉각수 폐열회수량은 70,321kcal/h이며 배가스열 회

수량은 60,239kcal/h로 총 폐열회수량은 130,562kcal/h이다.

- 발전기 운전에 따른 수요전력경감효과는 냉방부하가 높게 나타난 19시경에 122.9kW가 감소하고 있으며 전력회사 최대전력 시간대에는 113kW가 감소하고 있다.
- 발전효율은 평균 25.3%로 효율이 낮아 경제성이 없으나 폐열회수를 합한 종합효율은 70.4%로 나타났다.

(다음호에 계속)