

B. M. S를 통한 건물의 에너지 절약 방안에 관한 연구(Ⅲ)

제1장 서론

제1절 연구목적

제2절 연구내용

제2장 에너지 관리시스템

제1절 용어정의

1. EMS의 용어 정의
2. BMS 도입효과

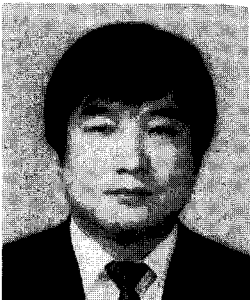
제2절 에너지관리 시스템의 기능분석

1. 운전제어에 의한 에너지 절약기능
 - 가. CO₂ 농도제어
 - 나. 댁수제어
 - 다. 냉각수의 수질제어를 통한 에너지 절약
 - 라. 조명제어
 - 마. 반송시스템의 에너지 절약 제어
2. 컴퓨터 소프트웨어에 의한 에너지 절약 제어
 - 가. 전력수요제어
 - 나. 최적기동·정지 제어
 - 다. 절전운전제어
 - 라. 외기취입제어
 - 마. 역율제어

제3절 에너지절감효과 검토

1. 절전운전 및 최적기동/정지 제어에 의한 효과
2. 외기냉방제어에 의한효과
3. 전력수요제어에 의한효과
4. 조명제어에 의한효과
5. 열원장비 댁수제어에 의한 효과
6. 국내 대형건물 에너지 절약 사례

제3장 결론



글/조추영 <금성하니웰(주) 빌딩제어사업부
기술실 기술2과장>

다. 절전운전(DUTY CYCLE) 제어
 절전운전이란 전기를 절약하기 위한 한 방법으로 공
 조기를 적당한 시간 간격으로 정지시키는 것이다.

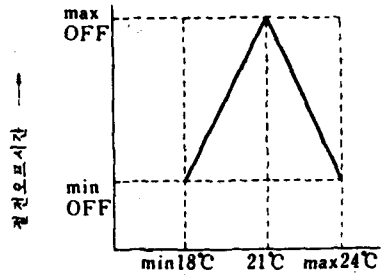
- 절전운전에는
- 1) 수동 절전운전
 - 2) 고정 절전운전
 - 3) 온도보상 절전운전

이 있다. 절전운전을 하는데 고려하여야 할 것은 에
 너지절감 뿐만 아니라 환경조건을 악화시키지 말아야
 한다는 것이다.

가장 간단한 절전운전이 수동 절전운전으로서 운전
 원이 직접 기동, 정지 조작을 하는 것으로서 가장 효
 율이 떨어지며, 대상 공조기의 숫자가 많을 경우에는
 일일이 기동 정지 조작을 하는 데에도 많은 시간이 소
 요될 것이다.

고정 절전운전은 타이머 스위치에 의하여 고정된 시
 간간격으로 자동적으로 기동, 정지하는 것이다.

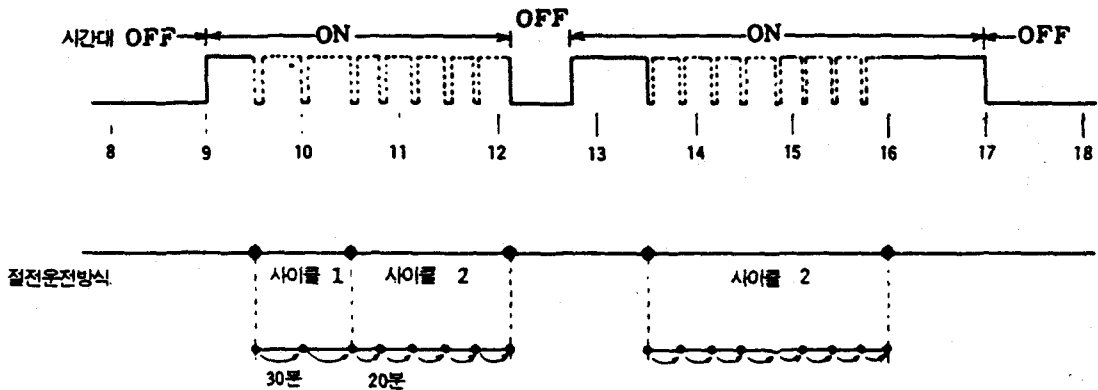
수동으로 할 필요가 없으므로 운전은 용이하나 실내
 조건에 관계없이 조작되므로 환경조건 유지에는 적당
 하지 못하다.



<그림 13> 절전운전 프로그램

<그림 13>에서와 같이 한 기간(CYCLE) 동안에 최
 대정지 가능시간, 최소 정지시간과 실내쾌적 온도의
 상·하한 등에 의하여 정지시간 계산식이 정하여지
 고, 현재의 실내온도에 따라 해당 공조기의 정지시간
 이 산출된다.

가장 능률적이고 효율적인 절전운전이 온도보상 절
 전운전으로서 외기온도, 실내온도를 감지하여 환경조
 건을 유지하면서도 공조기가 정지하여도 무방한 시간
 을 컴퓨터가 계산하여 운전원의 조작없이 자동으로 기
 동, 정지시켜주는 것이다.



<그림 14> 절전운전제어의 실행 예

이 프로그램의 CYCEL PATTERN, TIME STEP
 등을 다양하게 구성이 가능하므로 건물의 사용 특성에
 맞추어 가장 효율이 적절한 절전운전의 적용이 가능하
 다.

또한 하나의 프로그램으로서 다수의 공조기를 제어
 가능하며, 이때 각 공조기의 정지시간을 서로 틀리게
 하여주어 부하를 분배함으로써 앞에서 설명한 전력제

어의 효과도 아울러 얻을 수 있다.
 이 프로그램을 적용하는데 있어서 문제가 되는 것이
 빈번하게 모터를 기동, 정지시켰을 때 모터코일, 베어
 링, 벨트 등의 수명이 단축되지 않을까 하는 점이나
 이에 대해서는 수명에 그다지 영향을 주지 않는다는
 제조회사의 보고가 있었으므로 염려할 필요는 없다.
 다만 최대정지시간을 결정할 때에는 실내공기의 오

염을 고려하여야 하고 최소정지 시간은 팬 모터가 정지 후 다시 기동하는 동안 충분히 냉각되는 시간을 고려하여야 한다.

라. 외기취입제어(OURDOOR AIR CONTROL)
냉방기간에 있어서 그 부하를 살펴보면 외기에 의한 부하가 전체의 약 42%를 차지한다.

그러므로 외기를 어떻게 제어하고 이용함에 따라 에너지 절감의 성패가 달려있다고 하여도 과언이 아니다.

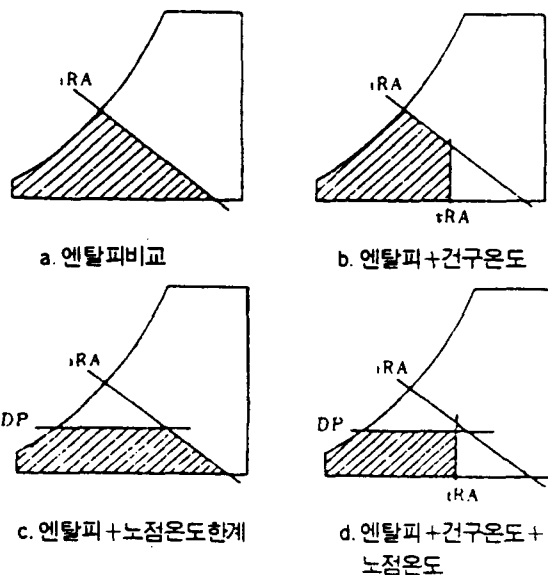
외기 이용과 관련된 에너지절감 방안에는 다음과 같은 것이 있다.

1) 예열·예냉제어(WARM-UP CONTROL)

건물사용 시작시간에는 빠른 시간안에 실내의 조건을 맞추어 주어야 하므로 이때에는 외기를 받아들이지 않도록 댐퍼를 조절하여 부하를 줄이도록 하여야 한다. 중앙감시장치를 이용하여 예열, 예냉시간에는 외기 댐퍼가 완전히 닫히도록 그 시간이 지나면 정상적으로 댐퍼를 제어하도록 프로그램의 작성이 가능하다.

2) 냉방시기에 외기와 환기의 엔탈피를 비교하여 외기의 엔탈피가 낮을 경우에는 적극적으로 외기를 받아들여 냉방에 이용하는 것이다.

외기와 환기의 비교에 있어서 온도만으로 한다면 불합리하다.



<그림 15> 엔탈피 제어 범위

<그림 15>에서 환기의 온도가 25.5℃일때 외기의 온도가 21℃라 하더라도 그 공기의 습도가 높으면 외기의 엔탈피는 환기의 엔탈피보다 클 경우가 있다. 엔탈피가 작은 공기를 이용하려면 설정점을 15.5℃이하로 낮추어야 하나 그러면 이용가능한 외기가 거의 없게된다. 최대한으로 외기를 이용하기 위하여는 엔탈피를 계산하여 환기보다 온도 및 엔탈피가 낮은 외기를 이용하여야한다. 일반적으로 중앙관제장치에는 엔탈피를 계산하는 공식이 내장되어 있는 경우가 많으므로 이를 이용하여 최대한으로 외기 도입방법을 적용하여 준다면 많은 냉방부하의 절감이 가능하다.

3) 야간외기취입제어(NIGHT PURGE)

한여름이라 하더라도 일출전의 외기온도는 그 전날의 태양열을 미처 발산하지 못한 실내온도보다 낮은 것이 보통이므로 일출전에 외기를 취입, 순환시켜서 실내온도를 낮추어 냉방부하를 줄이는 것이 야간외기취입제어이다.

여름에 냉방시작 직전의 실내온도는 30℃를 웃도는 경우가 많기 때문에 그전에 외기를 순환시켜 실내온도를 낮추어 줌으로써 냉방시간 시간을 늦추거나 냉방부하를 줄일 수 있다.

이 프로그램을 적용할 때에는 환기를 시키기 위한 동력부하와 환기에 의한 효과를 비교하여 효율성이 있을 때에만 적용해야 한다.

마. 역율제어

전기 부하중에 코일 성분이 많으면 전기의 역율이 저하하여 전기를 최대의 효율로 사용할 수 없게 된다. 이를 보완하기 위하여 콘덴서를 설치하여 역율을 높여주고 있으나 수시로 점검해서 투입, 차단시켜 주어야 하므로 효과적인 제어를 하지 못하고 있다. 한전에서 매월 전기사용량을 계량할 때에 역율을 계산하여 기준치인 90%에 미달할 때에는 1%씩 전기요금을 가산하고 있다.

BMS에서는 역율을 계속 감시하여 역율이 낮을 때에는 콘덴서를 투입시켜 주고, 필요이상으로 높을 때에는 차단시켜 항상 적절한 수준의 역율을 유지시키도록 제어한다.

일반적으로는 역율이 95%정도가 되도록 한다. 역율의 변동이 많은 건물에서는 유효한 에너지 절감의 수단이 된다.

또한 전기역율 95%이상 운영시 기본요금에서 5% 인하를 하므로 역율개선의 필요성은 곧 전력요금 절감으로 나타난다.

제3절 에너지 절감효과 검토

에너지 절감을 위한 BMS 프로그램 제어로서는

- 1) 절전운전제어 및 최적기동/정지 제어프로그램 (DUTY-CYCLE AND OPTIMUM START/STOP CONTROL PROGRAM)
- 2) 외기 냉방제어 프로그램 (ENTHALPY CONTROL PROGRAM)
- 3) 전력 수요제어 프로그램 (POWER DEMAND CONTROL PROGRAM)
- 4) 조명제어 프로그램 (LIGHTING CONTROL PROGRAM) 등이 절감효과가 가장 크게 작용한다.

1. 절전운전제어 및 최적기동/정지 제어에 의한 효과
이것은 동력부하에 의한 제어이므로 설비의 전력 절감액과 연료 절감액으로 나눌 수 있다.

가. 절전운전 프로그램

1) 종래운전

일반적 공조동력은 1일 10시간 연속운전

2) 도입효과

DUTY CYCLE에 의한 정지되는 시간만큼 사용전력량을 절약할 수 있다. (20% 정도)

정지시 외기 및 실내의 열부하 즉 엔탈피에 대한 에너지 감소

LOAD LEVEL에 따른 PEAK치 제어(전력 DEMAND 제어지원)

나. 최적기동/정지제어

1) 종래운전

공조동력의 기동과 정지를 일정한 시간에 START/STOP

2) 도입효과

- 목표하는 시각에 대한 가장 적당한 시각에 기동
 - 목표하는 시각에 대한 가장 적당한 시각에 조기 정지
 - 그리하여 하루에 20~30분 정도의 운전시간 절약
- 다. 전력 절감액 산출공식

냉방동력-총 a Kw (1일 10시간 운전)

난방동력-총 b Kw (1일 10시간 운전)

냉·난방공용-총 c Kw (1일 10시간 운전)

일반동력-총 d Kw (1일 10시간 운전)

상업용 평균 전력요금 : a 원/KwH

전력절감 = 냉방동력절감 + 난방동력절감 + 냉·난방동력절감 + 일반동력절감

$$\text{동력절감액} = \text{정격동력} (a+b+c+d) \text{ (Kw)} \times \text{절전시간을} \times \text{표준운전시간/년} \times \text{전력요금}$$

절전운전시간 (2시간) : 설비의 운전시간을 1일 10시간 표준으로 하였을 경우 2시간 정도 (즉 운전시간의 20% 절전이 가능)

라. 연료절감액(난방용)

$$\text{연료절감액} = \text{건물면적} (m^2) \times \text{단위면적당 연료절감액} (원/m^2) \text{ 년}$$

단위 m^2 당 연간 연료 절감액은 다음 기준으로 환산하면 약 150원으로 산출되며 산출근거는 다음과 같다.

- 절전운전시간 : 2시간/1일
- 난방기간 : 10월하순-3월말 (130일 정도)
- $1m^2$ 당 필요외기량 : $4.54m^3/\text{시간}$
- 공기의 질량 : $1.2(kg/m^3)$
- 난방기간중 평균외기온도 : $2^\circ C$
- 실내온도와 외기온도의차 : $18^\circ C - 2^\circ C (16^\circ C)$
- 스팀 COST : 19원/kg

* 단위면적당 연료절감액

$$2\text{시간/일} \times 130\text{일/년} \times 4.5 (m^3/hr \ m^2) \times 1.2 (kg/m^3) \times 16^\circ C \times 19 (원/kg) \times 0.000422 (kg/KJ) = 150 \text{ 원}/m^2$$

2. 외기냉방제어에 의한 효과

환절기 또는 외기 엔탈피가 실내공기의 엔탈피보다 작은 경우에 외기이용 프로그램에 의한 외기 냉방제어를 행하면 냉방부하의 11%까지 경감이 가능하다.

$$\text{연 외기 냉방절감액} = \text{냉방동력} \times \text{냉방부하절전을} \times \text{전부하운전시간/년} \times \text{상업용 평균 전력요금}$$

3. 전력 수요제어에 의한 효과

최대 전력 사용시 계약전력 사용량을 초과하지 않도록

록 동력의 사용을 효과적으로 억제하는 프로그램 제어를 행할 경우 1~5% 전력소모 경감시킬 수 있다.

$$\text{연간 전력절감액} = \text{전체가용 전력부하 (a Kw)} \times \text{수용율 (DEMAND FACTOR 0.65)} \times \text{1일 평균사용시간 (10시간/일)} \times \text{년간사용률 (일/연)} \times \text{절감률 (0.03)} \times \text{상업용 평균 전력요금}$$

* 가용부하 : 가용부하란 임의 차단이 가능한 부하 (SHEDDABLE LOAD)를 말하며 소방동력, 비상동력, 전열부하, 전등 등은 제외된다.

4. 조명제어에 의한 효과

조명제어에 의한 효과는 에너지 절감효과와 관리비 절감효과 두가지로 분리된다.

가. 에너지 절감효과

조명 프로그램을 적용함으로써 불필요한 점등이나 퇴근시 또는 점심시간 등 부주의에 의한 전력소모의 방지로 인해 얻을 수 있는 경제효과로서 최소량 1일 2시간 정도 점등시간을 절감할 수 있다.

1) 산출공식

$$\text{연간 조명절감액} = \text{연면적 (m}^2\text{)} \times \text{단위면적당 절감액 (원/m}^2\text{)}$$

$$\begin{aligned} \text{단위면적당 절감액} &= \text{사무실 조명기준 (20W/m}^2\text{)} \times \text{절감시간 (2시간/일)} \times \text{연간 사용일 수} \times \text{상업용 평균 전력요금} \times 1/1000 \text{ (Kw/w)} \end{aligned}$$

5. 열원장비 댕수제어(터어보 냉동기 경우)에 의한 효과

$$\begin{aligned} \text{연간 절감액} &= \text{냉동 총부하 (usrt)} \times 0.8 \text{ (KW/RT)} \\ &\times \text{절감률 (10\%)} \times \text{상업용 평균 전력요금} \end{aligned}$$

6. 국내 대형건물 에너지 절약사례

에너지 절감효과에 의한 절감률을 국내 대형빌딩 (릭키금서 TWIN B/D, INTERCONTINENTAL HOTEL, 한국전력본사 사옥 릭키금성 역전빌딩)을 대상으로 적용한 결과 별첨 표와 같이 나타났다. 이는 곧 BMS를 통해 에너지절약은 바로 운영측면에서의 절감효과를 가져오는 중요한 인자가 되며 평균

1991. 7. 27

| 항목 | 건물명 | 릭키금성 TWIN 빌딩 | INTERCONTINENTAL 호텔 | 한국전력 본사 사옥 | 릭키금성 역전 빌딩 | 비 고 |
|---------------|---------|---|---|---|---|---------------------|
| 소재지 | | 서울 여의도 | 서울 삼성동 | 서울 삼성동 | 서울 남대문 | |
| 연건평 | | 157, 835㎡ (47, 745평) | 168, 139㎡ (50, 862평) | 97, 145㎡ (29, 386평) | 32, 397㎡ (9, 800평) | |
| *1 연간사용량 | 전력 | 26, 740 MWH | 20, 980 MWH | 13, 744 MWH | 4, 731 MWH | 단가 : 50 (원/KWH) |
| | LNG | 869 KL | 2, 240 KL | 650 KL | 268 KL | 단가 : 21, 134 (원/KL) |
| | 금액 (천원) | 1, 355, 365 | 1, 096, 318 | 700, 941 | 242, 198 | |
| *2 연간절감량 | 전력 환산량 | 5, 044 MWH | 4, 232 MWH | 2, 717 MWH | 923 MWH | 단가 : 50 (원/KWH) |
| | 금액 (천원) | 252, 202 | 211, 600 | 127, 210 | 46, 149 | 인건비절감액은 제외. |
| 연간절감비 (*2/*1) | | 19% | 19% | 18% | 19% | |
| 특기사항 | | · 최적 기동/정지 제어 · 외기 취입 제어 · 외기 냉방 제어 · 전력 DEMAND 제어 · 전등 CONTROL | · 최적 기동/정지 제어 · 외기 취입 제어 · 외기 냉방 제어 · 전력 DEMAND 제어 | · 최적 기동/정지 제어 · 외기 취입 제어 · 외기 냉방 제어 · 전력 DEMAND 제어 | · 최적 기동/정지 제어 · 외기 취입 제어 · 외기 냉방 제어 · 전력 DEMAND 제어 | |

적으로 전체에너지 비용의 20%를 절약할 수 있다.

제3장 결론

BMS를 도입하는 목적은 최소의 투자를 하여 최대의 효과를 얻는다는 경제의 기본원칙에 입각하고 있다. 비용의 절감과 쾌적한 환경의 유지라는 서로 상반되는 개념을 모두 가능하게 하는 것이 바로 BMS인 것이다.

이상과 같이 BMS를 도입하면 운영측면에서 연간 전체에너지의 20%이상 에너지 절감이 가능한 분야로 새로이 각광받는 반면 아직도 BMS의 올바른 이해 부족으로 비능률적 운영 및 한국특성에 제대로 적용치 못하는 외국시스템의 무작위 설치 등의 오류가 많은 것이 큰 문제점으로 나타난다.

BMS를 도입하기 위하여 비록 초기 투자비는 필요하지만 이상의 각 프로그램을 대상건물의 설정에 맞게 선택하여 적극적으로 활용하면 2~3년 내에 투자비가 회수될 것으로 추정된다.

건물이나 기기의 사용연수를 고려하면 장기적으로는 반드시 투자이상의 효과를 거둘 수 있고 또한 쾌적한 환경을 유지함으로써 사무실에서의 능률향상에 크게 기여할 것이다.

자동화장치를 통한 에너지 절약을 하기 위하여는 건물의 설계초기에서부터 염두에 두어야 함은 물론이고 건물관리자가 에너지 절약에 대한 인식을 높여 열의를 갖고 운용한다면 반드시 기대 이상의 효과가 있을 것이며 이러한 효과가 곧 국가기반 산업에 영향을 주는 요소가 되므로 건물주에게는 다소 경제성을 띄우더라도 국가 정책적으로 BMS 도입을 적극 권장하여야 하며 또한 건물주가 이를 의욕적으로 추진할 수 있는 시설유자 제도가 확산되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. 공기조화 냉동공학 제19권 제5호(1990년 10월)
2. "전력의 효율적 이용기술연구(Ⅲ)" 동력자원 연구소, 1986
3. "자동화를 통한 건물의 에너지절약 기술세미나" 에너지관리공단, 1986
4. "건물에너지 소비절약우수사례" 서울특별시·에너지관리공단, 1990
5. "빌딩관리업무와 성에너지의 상관성"
6. "사무소용 건물의 에너지 소비실태에 관한 분석연구" 흥봉재, 1984
7. "사무소용 건물의 설비유지관리 실태에 관한 조사연구" 이승연, 1984
8. "사무소 건물의 에너지 절약을 위한 서례기준연구" 건설부, 1987
9. "에너지 절약을 위한 건물의 부위별 성능 및 설계기준" 동력자원연구소, 1982
10. "사무용 건물의 에너지 효율향상에 관한 연구" 한국건설기술연구원, 1989
11. HOENYWELL ENERGY CONSERVATION WITH COMFORT HEATING/PIPING/AIR CONDITIONING, 1979
12. "건축설비 자동제어" 기문당, 1991