

자동제어설비를 통한 건물의 에너지절약 방안에 관한 연구

A study of efficient operation of building systems using BAS

조 추 영
C. Y. Cho
LG 하니웰신사업팀



- 1957년생
- 건축설비분야를 전공하고 건물의 에너지절약 기술개발에 관심을 가지고 있다.

1. 머리말

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 건물의 대형화, 고층화, 밀폐화로 인한 에너지 소비는 산업용 에너지 소모에 영향을 줄 정도로 심각한 현실에 직면하고 있다.

이에 정부차원에서는 에너지 절약을 위한 냉난방 기준온도 준수 의무화를 추진키로 하고 있으며 한국전력에서는 매년 하절기때마다 전력수급에 대한 대책에 고심하고 있는 실정이다.

이러한 극심한 에너지 부족현상은 전체 에너지의 35% 비중을 차지하는 상업부문과 건물 및 주택의 에너지 절약을 위한 투자가 활발히 이루어 지게 하는 큰 요인으로 부각되었다.

특히 빌딩에서의 에너지 낭비는 빌딩내 건축설비의 비효율적 운용에 직결되어 있다고 본다. 또한 하절기 전력수요의 20% 정도는 건물의 냉방부하가 차지하고 있으므로 건물의 냉방부하가 피크전력과 전력 예비율에 막대한 영향을 미친다.

이로써, 건물에서의 효과적인 에너지 절약을 위한 노력과 투자는 건물주 자신에게는 경제적 이익을 주는것과 동시에 국가 기간 산업에도 직접적으로 연관되는 중요한 요소이다.

이러한 관점에서 본 연구는 자동제어 설비를 통한 에너지 관리 및 절약 기술을 검토해 건물에서의 에너지 절약을 위한 기초 자료를 제시하는데 그 목적이 있다.

1.2 연구의 범위 및 방법

일반적으로 건물에서의 에너지 절약은 건축적 측면 설비적 측면으로 크게 대별할 수 있다. 지금까지의 에너지 절약 기술은 초기 투자에 국한된 건축 및 설비 투자에만 관심을 가져왔다.

본 연구에서는 초기 투자비가 전체에 비해 경미한 자동제어 설비를 통한 건물의 LCC 측면에서 에너지 절약 기술을 검토하고 그 효과 분석을 연구의 범위로 하였다.

연구의 진행 방법은 여러해 동안 자동제어시스템의 분석 및 협의를 통해 얻은 경험과 선진 외국의 발전된 시스템의 참고자료, 그리고 각종 보고서등 문헌 조사를 통하여 이론적 배경을 정립하였다.

연구의 내용은 에너지 관리 시스템의 기본 정의를 설명하고 기능 분석에 의한 운전 제어를 통한 에너지 절약 방안을 검토하였다. 또한 빌딩 중앙 감시반 도입에 따른 소프트웨어 측면의 절

약 방안을 살펴본 후 이론적인 계산식을 제시하였다.

2. 에너지 관리 시스템

우리가 사용하고 있는 에너지원 대부분이 화석 연료로서 현재의사용량을 감안한다면 향후 30여 년내에 고갈되어 질 것이 예상되므로 에너지 절약의 필요성은 더욱 높아 가는 추세이다. 또한 건물에서의 에너지 절약은 쾌적하고 안락한 환경에 부응하면서 최소한의 에너지 소비가 이루어져야 하는 당위성도 요구한다. 따라서 건물에서의 에너지 절약은 다음의 사항이 전제조건으로 받아들여져야 한다.

- 환경을 악화시키지 않고 쾌적조건을 유지해야 한다.
- 단시간 내에 초기투자 회수가 가능한 설비이어야 한다.
- 보수유지비를 절감할 수 있는 설비이어야 한다.
- 운영 및 설비 시스템에 대한 이해가 쉬어야 한다.

이와 같이 에너지 관리를 통한 절약을 극대화하기 위해서는 자동제어 설비의 이해 및 기능의 올바른 사용이 필수적이어야 한다.

2.1 건축 설비시스템의 운영에 의한 에너지 절약 기능

2.1.1 건물의 CO₂농도제어

실내공기는 적정온도 뿐만 아니라 신선한 조건을 유지해야 하기 때문에 어느 정도의 외기를 항상 받아들이지 않으면 안된다. 이때 외기 주입량을 수시로 변경시키기 곤란하기 때문에 일정 외기량을 계속 받아들이도록 조절하여 냉난방을 하게 된다.

만약 실내 CO₂ 농도가 일정조건 이하일 때에 외기취입을 최소화하면 그만큼의 부하가 줄어들 것이다. 따라서 탄산가스 농도로 감지하여 그 값이 1000PPM 이하, 예컨대 900PPM이 되었을 시 외기덤퍼의 비례제어하는 방식은 재실인원의 변동에 대응하는 외기도입을 하기 때문에 부하의

경감 및 에너지 절약을 기대할 수 있으므로 재실인원의 변동이 큰 백화점이나 극장에서는 그 효과가 상당히 크다.

2.1.2 댛수제어

펌프, 냉동기, 보일러, 기타 열원용 기기는 상용최대 출력인 때 그 최대효율 η 가 발휘된다. 공기조화에 사용하는 장치는 다른 공업용 프로세스 이상으로 부분부하에 의해 운전되는 때가 많다.

부분부하에서의 운전효율이 나쁘다는 것은 에너지를 낭비하고 있다는 의미와 같다. 펌프나 냉동기 등 열원용 기기인 경우 범용 기기이기 때문에 필요한 용량을 분할하는 것은 초기 투자액이나 보수체제의 충실이라는 점으로 보아도 분할의 장점이 크다.

이때 댛수제어를 통해 15~27% 범위까지 에너지 절약이 가능하다.

(1) 펌프댛수제어

그림 1은 동일특성인 펌프의 병렬운전에 대한 운전곡선을 나타낸 것이다.

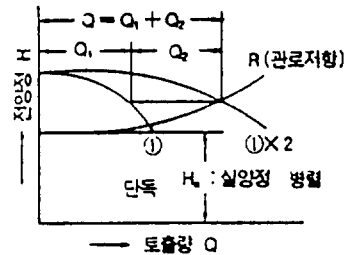


그림 1 동일 특성 펌프의 병렬운전

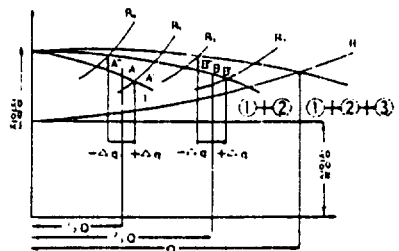


그림 2 유량에 따른 펌프의 댛수

병렬운전곡선은 각기의 양정에 대해 토출량 Q를 가산한다. 관로저항 R과 교차점이 운전상태를 나타낸다. 그림 1은 2대가 모두 동일특성일 때 실양정이 Ha인 경우를 나타내고 있다.

이 병렬 운전시의 펌프갯수 전환방법은 유량검출에 의한 것과 압력검출에 의한 것이 있다. 펌프특성이 플랫폼에 가까울수록 유량변화에 대한 압력변화 폭이 작아지기 때문에 압력검출에 의한 방법은 곤란하며 유량검출에 의한 방법이 바람직하다.

그림 2는 펌프가 3대인 경우의 운전곡선을 나타낸 것으로 3대의 펌프중 1대가 운전되고 있는 관로저항이 감소되어 R1이 되고 유량이 증가되어 A' 점이 되면, 즉 유량이 $1/3Q+q$ 가 되면 2대째 펌프가 기동한다.

마찬가지로 $2/3Q + q$ 에서 3대째 기동한다. 3대가 운전되고 관로저항이 R3이 되면, 즉 B' 점에서 유량이 $2/3Q-q$ 가 될 때 3대째를 정지한다. 마찬가지로 A' 점에서 유량이 $1/3Q-q$ 가 되면 한 대가 정지한다.

이와 같이 전환에는 q의 동작간극(differential)을 붙임으로써 전환시 안정성이 유지되고 있다.

(2) 냉동기 갯수제어

냉동기 시스템의 갯수제어는 실내(또는 외기) 부하량과 냉동기군의 출력이 일치하도록 냉동기 운전갯수를 제어하는 것을 말한다.

특히 냉동기 시스템의 갯수제어는 직접 냉수코일 특성에 관련되기 때문에 그 특성에 맞는 열량, 즉 냉수 순환량과 냉수온도를 공급하는 것이 중요하다.

따라서 냉동기 갯수제어 이외에는 냉동기 개별 용량제어, 냉수펌프제어, 냉수급수 환수 헤더 차압제어 등을 함께 고려해야 한다.

1) 냉동기 갯수제어의 종류와 특성

① 열량(칼로리)에 의한 제어

부하계통으로 흐르는 냉수유량 및 급수측과 환수측의 온도를 검출하여 부하량을 구하고 그 부하량에 맞도록 냉동기의 운전갯수를 제어하는 것으로 가장 정확한 제어가 가능하다.

이 방식은 유량이 정상시보다 작을 경우(저부

하시) 유량계의 정도가 나빠지므로 계측열량의 정도도 나빠진다. 따라서 정밀한 유량계 선정(레인지어빌리티가 큰)이 필요하다.

그리고 냉동기를 병렬 배치했을 경우 갯수 절환시 냉수공급측과 환수측의 온도변화에는 시간적 지연이 있으므로 타이머 등에 의한 갯수절환 신호의 유지회로를 설치하는

것이 필요하다. 또한 열량을 직접 연산하기 때문에 시운전 또는 정기 점검시 갯수제어 계통의 조정이 용이하여 가장 많이 사용되고 있다.

② 온도차에 의한 제어

부하계통을 흐르는 냉수유량이 일정하거나 단계적으로 변환하는 조건의 냉동기 시스템에서 냉수의 공급측과 환수측의 온도차에 의하여 간접적으로 부하량을 구하여 그 부하량에 적합하도록 냉동기의 운전갯수를 제어하는 것이다. 그러나 보통 냉수공급 및 환수헤더의 차압이 변화하기 때문에 냉수유량은 일정하지 않다.

③ 환수온도에 의한 제어

환수온도에 의한 냉동기 갯수제어는 공급 냉수량이 일정하거나 단계적으로 변화하고 냉동기 출구온도가 일정한 조건을 갖는 시스템에서 환수온도를 계측하여, 간접적으로 냉수코일 부하를 구하여 냉동기 갯수제어를 한다.

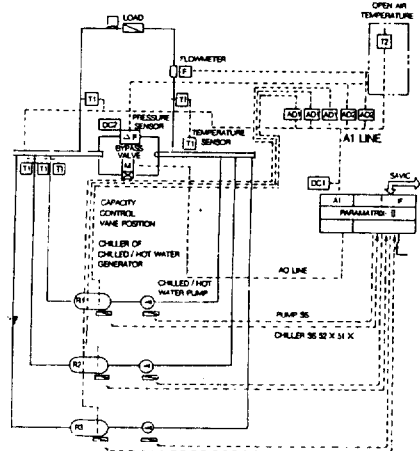


그림 3 시스템 계통도

이 방식은 냉동기 대수가 적고 맺수제어의 정밀도가 요구되지 않는 경우에만 이용 가능하다.

④ 유량에 의한 제어

유량에 의한 제어는 부하량의 변화와 유량의 변화가 같은 비율로 변화하는 경우에만 이용 가능하나 일반적으로 직선관계가 아니기 때문에 맺수제어 방식으로는 부적당하다.

그림 3은 냉동기 맺수제어의 제장애를 나타낸 것으로 냉동기 맺수제어를 통해 냉동기 부하의 20% 정도 에너지절감이 가능하다.

2.1.3 냉각수 수질제어를 통한 에너지 절약

냉각탑의 냉각수는 항상 대기와 접촉하며, 물의 증발잠열에 의해 열을 방출하고 있다. 따라서 냉각수 증발로 인한 농축작용 및 대기중의 오염물 흡수로 인해 냉각수 중의 불순물은 농도가 증가되고 수질은 악화된다.

그림 4는 냉동기의 운전시간과 냉각수의 농축속도에 대한 관계를 나타내는 예이다.

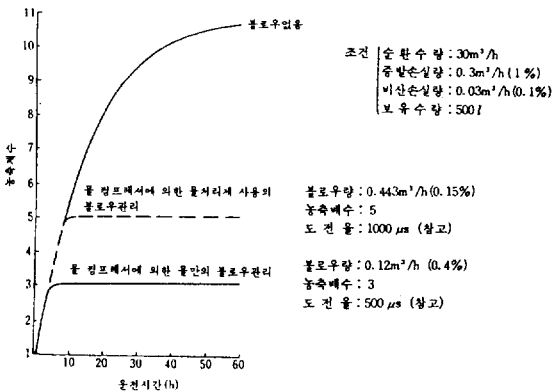


그림 4 냉각수의 농축속도(최대부하시)

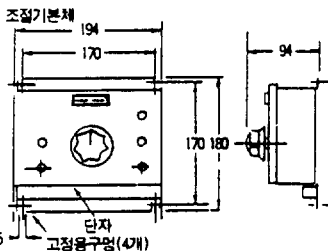


그림 5 도전율계와 전극

냉각수계는 보유하고 있는 물의 양이 비교적 작고 단시간에 농축이 진행되며, 스케일부착, 부식발생, 슬라임(미생물)의 발생 등으로 인해 냉동기, 압축기 등의 운전효율을 저하, 냉동기의 고압커트, 콘덴서의 펑크, 배관, 냉각탑 폐쇄 등의 사고를 야기시키는 원인이 된다.

따라서 이러한 장애를 방지하기 위해서는 냉각수가 과농축이 되기 전에 적절한 시기에 블로우를 실시하여 물을 교환할 필요가 있게 된다.

종래에는 이를 일정한 시간 간격으로 물처리계를 주입하거나 또는 블로우를 시키곤 하였다. 그러나 운전조건, 대기조건에 냉각수의 농축속도가 변화하므로 일정시간에 처리한다면 매우 큰 낭비를 하고 있는 셈이 된다.

이 냉각수의 수질오염 판단에 대한 지표로서 물의 전도율을 측정함으로써 실현하는 방법이 바로 이용된다.

그림 5는 수질관리에 사용되는 열전도계이다.

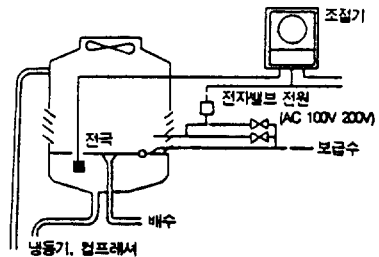


그림 6 물만의 블로우 관리 (전자밸브 사용의 경우)

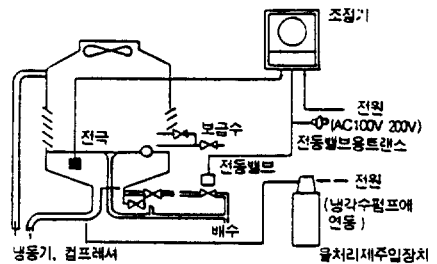


그림 7 물처리계 사용의 블로우 관리 (전자밸브 사용의 경우)

계장도는 그림 6과 그림 7이며 물만의 블로우 관리인 경우와 약주입 관리를 병용한 경우를 나타낸다.

2.1.4 조명제어

최근에는 거의 대부분의 사무실용 건물에도 주간에도 전등을 켜는 것이 일반화되어 있어 전등 전력 소모가 전체전력 소모의 30% 정도를 차지한다.

또한 조명에 의한 발열량도 무시하지 못하므로 냉방기간에는 부하증가의 요인이 된다. 그럼에도 불구하고 사용자의 무관심으로 퇴근 후에도 소등을 하지 않아 순찰자가 전등을 끄는 일이 빈번하다.

또한 전기회로상의 문제로 인하여 주간에도 불필요한 등을 같이 켜야만 하는 경우도 있고, 태양광으로 충분히 밝을 때도 소등하지 않거나 소등시킬 수 없는 경우가 있다.

밤에는 소수의 야근자를 위하여 한 층의 전등을 모두 켜는 일도 있다. 정부에서는 에너지절약 시책의 하나로서 1986년 7월부터는 계약용량 1,000KW 이상, 연건평 5,000평 이상의 대형건물에는 조도감지 장치와 전자제어에 의한 조명제어를 중소형 건물에 대해서는 회로 및 점멸장치의 세분화에 의한 조명제어의 의무화를 추진하고 있다.

자동제어설비에 의한 조명제어에서는 주로 다음과 같은 제어를 한다.

- (1) 주간에 조명이 불필요한 곳은 소등하나. 조도 감지기에 의하여 일정한 기준 이상의 채광이 가능한 때에는 창측의 전등을 소등하거나 켜는 전등의 숫자를 줄인다.
- (2) 건물 사용시간대 이외의 시간, 즉 출근전이나 퇴근후 또는 휴식시간에는 소등한다.

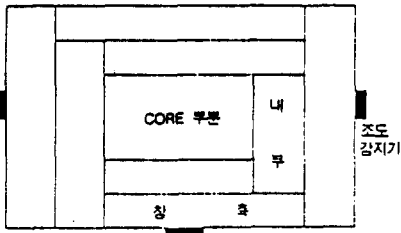


그림 8 조명제어를 위한 구역구분

(3) 순찰이나 청소 등을 위하여 꼭 필요한 숫자의 전등만 순차적으로 점등 및 소등한다.

조명제어가 효과적으로 이루어지기 위해서는 적당히 구역을 나누어 줄 필요가 있다. 위의 그림 8은 구역구분의 한 예이며, 내부구조가 같다면 조도감지기 1개로서 여러 개층을 동시에 제어해 줄 수 있다.

회로를 구성할 때에는 구역구분을 고려하여 제어하는데 적합하도록 해야 할 것이다.

(4) 형광등 조명제어(dimming control)

기존의 조명제어보다 발전된 제어시스템으로서 현재 조명제어의 대부분이 ON/OFF 전용으로 조명이 점등되는 시간에서의 에너지절약 대책은 아주 미비하였다.

따라서 실질적으로 전력비용을 절감할 수 있는 dimming control을 사용하여 전압위상제어를 통하여 형광등의 깜박거림없이 최대 밝기의 80%까지를 임의 조절할 수 있다.

또한 에너지절감 측면에서는 주변의 밝기 또는 태양광의 밝기에 따른 조정으로 약 17%의 조명절감과 아울러 쾌적한 환경, 적절한 조도를 유지할 수 있다.

2.1.5 공기반송 설비의 에너지 절약

공기반송계의 동력은 급기팬과 환기팬이다. 급기량은 공기조화기에서 열교환한 열을 실내로 운반하는 데 필요한 양에 따라 결정되는 때가 많다.

온도차는 가변이면서 풍량이 일정한 방식을 정풍량 방식이라 한다. 정풍량 방식은 부하와 관계없이 풍량은 설계풍량을 송풍하기 때문에 팬동력은

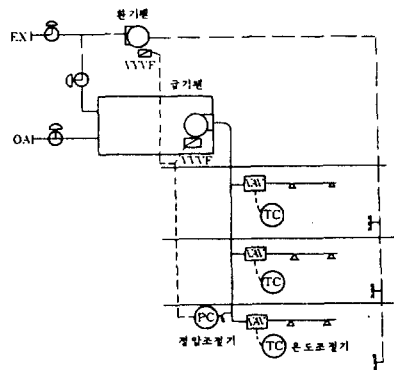


그림 9 가변풍량시스템

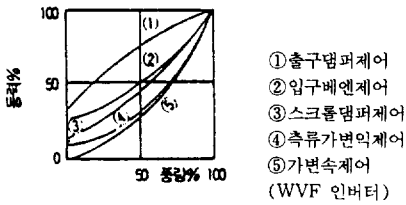


그림 10 팬제어방식과 동력변화

항상 일정값으로 운전된다.

한편 가변풍량 방식의 경우에는 부하에 따라 풍량이 변하기 때문에 부하에 따라 팬동력도 증감된다.

송풍량을 가장 적게 제어하기 위해서는 온도를 일정하게 하고 풍량에 의해 온도제어를 한다. 다만 필요한 풍량은 온도만으로 결정되지 않고 여과에 필요한 환기량 실내온도 분포에 필요한 토출량 등을 확보해야 한다.

그림 9는 가변풍량 시스템의 제어를 나타낸다. 풍량과 팬동력의 관계는 팬의 풍량제어 방식에 의해 크기 차이가 있다.

그림 10은 방식별 풍량과 동력관계를 나타낸다.

2.2 컴퓨터 소프트웨어에 의한 에너지 절약 기능

마이크로컴퓨터의 발달과 보급은 눈부신바 있다. 모든 산업에서 종래의 제품이나 기술을 바꾸어 주고 있다.

건축설비의 제어분야에서도 급속한 속도로 마이크로 컴퓨터가 사용되고 있다. 컴퓨터의 최대 특징은 데이터를 기억하고 연산 처리할 수 있는데 있다. 종래 아날로그 계기로서는 불가능한 제어가 마이크로 컴퓨터를 내장한 디지털 제어기기로서 가능하게 되었다.

따라서 컴퓨터제어의 특징을 살린 에너지절약 제어프로그램의 방식과 기능을 분석해 본다.

2.2.1 최적기동/정지

(optimum start/stop) 제어

공조기의 기동은 최대한으로 늦추고 정지는 최대한으로 빨리함으로써 공조기의 가동 시간을 줄이자는 것이 이 프로그램의 목적이다. 하, 동절기에 있어서 건물을 사용하는 시간대에 맞추어서

쾌적한 환경을 유지하기 위하여 건물의 사용개시 전부터 공조를 시작하여야 하나 그 사전 공조시간을 알기 곤란하기 때문에 외기온도나 운전원의 경험에 따라 가동시키는 것이 보통이다.

이를 실내온도, 외기온도, 건물이나 설비에 따른 계수 등을 고려하여 자동적으로 사전 공조시간을 결정하여 공조기를 가동시켜 준다면 건물의 사용개시 시간에 맞추어 적당한 온도를 유지시켜 줄 수 있고 불필요한 공조예열 시간을 줄일 수 있다.

이때 건물이나 설비에 따른 계수들은 전일의 사전공조시간 및 실내온도의 변화를 자체적으로 감지하여 자동적으로 재조정해주므로 처음에 계수의 조정이 잘못되었다하더라도 자동적으로 가장 적당한 계수를 찾아서 사전 예열시간을 결정하여 준다. 또한 전일에 건물을 사용하였는지 하지 않았는지에 따라서도 계수가 조정된다.

건물의 사용이 끝날 때에는 건물의 사용시간 동안에만 쾌적한 범위의 온도를 유지하도록 최대한 빨리 공조기가 정지되어도 무방한 시간을 예상하여 정지시켜 준다.

2.2.2 전력수요제어

(power demand control)

모든 전기수용가는 한국전력으로부터 전기를 공급받기 위해서는 최대순간전력에 대한 계약을 해야 하며 (계약전력이라 함) 이에 따라 기본요금이 계산된다. 한전은 이 계약전력에 대하여 무리 없이 전력을 공급할 수 있도록 송변전 설비를 준비해야 한다. 이 계약전력에 따라 수용가는 기본요금을 내야한다.

따라서 전기 수용가는 필요 최소한도의 범위로 계약전력을 결정하여 불필요한 비용의 지출을 막아야 하며, 한국전력측으로서도 과다한 송변전 설비의 준비를 할 필요가 없게 된다. 계약전력을 필요한 범위 내에서 결정하게 되면 빌딩내 설비 운전시에 이 계약전력을 넘지 않도록 제어할 필요가 생긴다. 실제로 계약전력을 초과하여 전력을 사용하게 되면 향후 3개월간 초과한 전력에 따라 기본요금을 지불하여야 하며 초과사용이 누적되다보면 전체 송변전 계통에 문제를 일으키게 된다. 계약전력(또는 목표전력)을 초과하지 않

도록 제어해 주는 것이 전력수요제어 기능이다.

전력수요제어는 목표전력을 설정해 두고 부하의 사용추이를 계속 관찰하여 목표전력을 초과할 것으로 예상되면 가장 불필요한 부하부터 정지시키고, 여유가 있으면 다시 가동시키는 방법으로 중요도 순위별로 정지시키는 방법(rotation)이 있으나, 순위별 정지방법의 경우에는 중요도가 낮은 부하의 경우 정지시간이 너무 길어지는 경향이 발생할 우려가 있으므로 그 방법과 순위를 결정할 때 신중히 고려하여야 한다.

현재 우리 나라에서는 Demand Meter를 15분 간격으로 측정하게 되어 있으므로 이 프로그램에서도 15분 간격으로 제어하게 된다.

아래 그림 11에서 설명하면 한 사이클(cycle)이 시작하고 나서 6분 경과했을 때 이대로 전력을 사용하면 목표로 하는 전력의 초과가 예상되므로 적당한 숫자의 부하를 기프로그램된 대로 정지시켜 준다.

9분 경에는 전력사용에 여유가 있으므로 정지시켰던 부하 중에는 목표전력이 초과되지 않을 범위에서 다시 기동시킨다. 이러한 과정을 반복하여 규정된 시간 내에서 계약전력, 나아가서는 목표전력을 초과하지 않도록 제어해 주는 것이다. 이때의 특정부하가 너무 빈번하게 기동 정지하거나 특정 부하의 정지시간이 너무 길어지지 않도록 시스템이 제어해 준다.

특히 91년 6월부터 빌딩수용가의 전력요금 체계가 종전의 계약전력에서 기본요금을 부과하는 방식에서, 1년전 사용기간의 최대전력을 기준으

로 기본요금을 추가하는 방법으로 바뀌어졌다.

이는 곧 건물에서의 Peak 전력을 최대한 낮추어 운영함으로써 기본요금 절감을 획득할 수 있는 방식이므로 전력수요제어의 중요성은 더 이상 말할 필요가 없게 되었다.

2.2.3 절전운전(duty cycle)제어

절전운전이란 전기를 절약하기 위한 한 방법으로 공조기를 적당한 시간간격으로 정지시키는 것이다.

절전운전에는

- 수동 절전운전
- 고정 절전운전
- 온도보상 절전운전

이 있다. 절전운전을 하는 데 고려하여야 할 것은 에너지절감 뿐만 아니라 환경조건을 악화시키지 말아야 한다는 것이다.

가장 간단한 절전운전은 수동 절전운전으로 운전원이 직접 기동, 정지조작을 하는 것으로서 가장 효율이 떨어지며, 대상 공조기의 숫자가 많을 경우에는 일일이 기동, 정지조작을 하는 데에도 많은 시간이 소요될 것이다.

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

수동으로 할 필요가 없으므로 운전은 용이하나 실내조건에 관계없이 조작되므로 환경조건 유지에는 적당하지 못하다.

그림 12에서와 같이 한 기간 (cycle) 동안에 최대정지 가능시간, 최소 정지시간과 실내패적

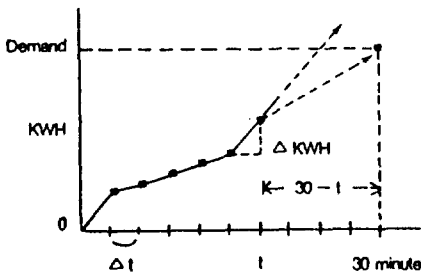


그림 11 수요제어

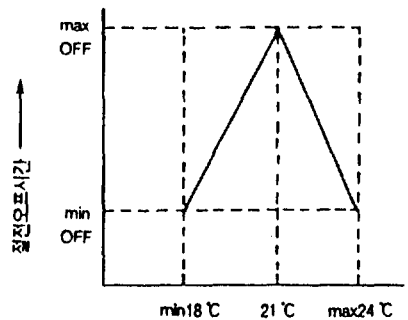


그림 12

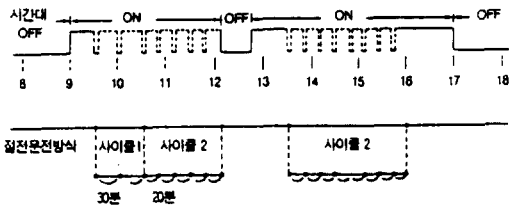


그림 13 절전운전 제어의 실행의 예

온도의 상, 하한 등에 의하여 정지시간 계산식이 정하여지고, 현재의 실내온도에 따라 해당 공조기의 정지시간이 산출된다.

가장 능률적이고 효율적인 절전운전이 온도보상 절전운전으로서 외기온도, 실내온도를 감지하여 환경조건을 유지하면서도 공조기가 정지하여도 무방한 시간을 컴퓨터가 계산하여 운전원이 조작없이 자동으로 기동, 정지시켜 주는 것이다.

이 프로그램의 Cycle Pattern, Time Step 등은 다양하게 구성이 가능하므로 건물의 사용특성에 맞추어 가장 효율이 적절한 절전운전의 적용이 가능하다.

또한 하나의 프로그램으로서 다수의 공조기를 제어가능하며, 이때 각 공조기의 정지시간을 서로 틀리게 하여 부하를 분배함으로써 앞에서 설명한 전력제어의 효과도 아울러 얻을 수 있다.

이 프로그램을 적용하는 데 있어서 문제가 되는 것이 빈번하게 모터를 기동, 정지시켰을 때 모터코일, 베어링, 벨트 등의 수명이 단축되지 않을까 하는 점이나, 이에 대해서는 수명이 그다지 영향을 주지 않는다는 제조회사의 보고가 있었으므로 염려할 필요는 없다.

다만 최대정지 시간을 결정할 때에는 실내공기의 오염을 고려하여야 하고, 최소정지 시간은 팬모터가 정지후 다시 기동하는 동안 충분히 냉각되는 시간을 고려하여야 한다.

2.2.4 외기취입제어

(outdoor 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.

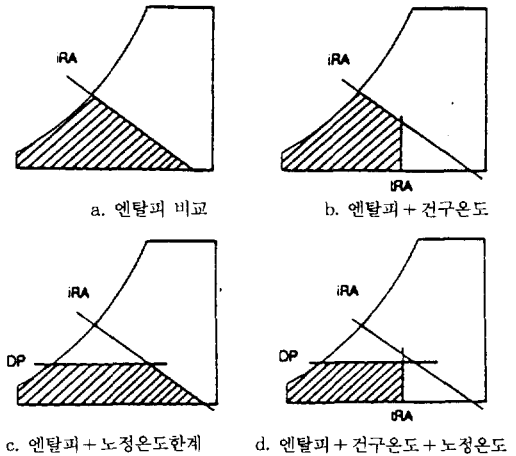


그림 14 엔탈피 제어범위

외기이용과 관련된 에너지 절감방안에는 다음과 같은 것이 있다.

(1) 예열 제어(warm-up control)

건물사용 시작시간에는 빠른 시간 안에 실내의 조건을 맞추어 줘야 하므로 이때에는 외기를 받아들이지 않도록 댐퍼를 조절하여 부하를 줄이도록 하여야 한다. 중앙감시장치를 이용하여 예열, 예냉시간에는 외기댐퍼가 완전히 닫히도록 그 시간이 지나면 정상적으로 댐퍼를 제어하는 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 14에서 환기의 온도가 25.5℃일 때 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 이용 가능한 외기가 거의 없게 된다. 최대한으로 외기를 이용하기 위해서는 엔탈피를 계산하여 환기보다 온도 및 엔탈피가 낮은 외기를 이용하여야 한다. 일반적으로 중앙관제장치에는 엔탈피를 계산하는 공식이 내장되어 있는 경우가 많으므로 이를 이용하여 최대한으로 외기도입방법을 적용

하여 준다면 많은 냉방부하의 절감이 가능하다.

(3) 야간 외기 취입제어(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 냉방시간을 늦추거나 냉방부하를 줄일 수 있다.

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

2.2.5 역률제어

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

자동제어에서는 역률을 계속 감시하여 역률이 낮을 때에는 콘덴서를 투입시켜 주고, 필요이상으로 높을 때에는 차단시켜 항상 적절한 수준의 역률을 유지시키도록 제어한다.

일반적으로는 역률이 95%정도가 되도록 한다. 역률의 변동이 많은 건물에서는 유효한 에너지절감의 수단이 된다.

또한 전기역률 95% 이상 운영시 기본요금에서 5% 인하하므로 역률개선의 필요성은 곧 전력요금 절감으로 나타난다.

2.3 에너지 절감효과 검토

에너지절감을 위한 자동제어 프로그램 제어로서는

- 절전운전제어 및 최적기동/정지제어 프로그램(duty-cycle and optimum start/stop control program)

- 외기냉방제어 프로그램(enthalpy control program)
- 전력수요제어 프로그램(power demand control program)
- 조명제어 프로그램(lighting control program)등이 절감효과가 가장 크게 작용한다.

2.3.1 전력수요제어에 의한 효과

최대전력 사용시 계약전력 사용량을 초과하지 않도록 동력의 사용을 효과적으로 억제하는 프로그램 제어를 행할 경우 1~5% 전력소모를 경감시킬 수 있다.

$$\begin{aligned} & \text{년간전력절감액} = \text{전체가용전력부하(aKw)} \\ & \times \text{사용율(demand factor 0.65)} \times \\ & \text{1일 평균사용시간(10시간/일)} \times \text{년간} \\ & \text{사용율(일/년)} \times \text{절감율(0.03)} \\ & \times \text{상업용평균 전력요금} \end{aligned}$$

* 가용부하 : 가용부하란 임의 차단이 가능한 부하(shedable load)를 말하며 소방동력, 비상동력, 전열부하, 전 등 등은 제외된다.

2.3.2 조명제어에 의한 효과

조명제어에 의한 효과는 에너지 절감효과와 관련비 절감효과 두가지로 분리된다.

(1) 에너지 절감효과

조명프로그램을 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

$$\begin{aligned} & \text{년간조명절감절약} = \\ & \text{연면적(m}^2\text{)} \times \text{단위면적당절감액(원/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{단위면적당절감액} = \text{사무실조명기준(20W/} \\ & \text{m}^2\text{)} \times \text{절감시간(2시간/일)} \times \text{년간 사용일수} \\ & \times \text{상업용 평균 전력요금} \times 1/1000(\text{Kw/w}) \end{aligned}$$

2.3.3. 열원장비 댓수제어에 의한 효과

$$\text{년간절감액} = \text{냉동총부하 (USRT)} \times 0.8 \text{ (KW/RT)} \times \text{절감율(10\%)} \times \text{상업용 평균 전력요금}$$

2.3.4 절전운전제어 및 최적기동/정지제어에 의한 효과

이것은 동력부하에 의한 제어이므로 설비의 전력 절감액과 연료 절감액으로 나눌 수 있다.

(1) 절전운전 프로그램

- ① 종래 운전
일반적 공조동력은 1일 10시간 연속운전
- ② 도입효과

절전운전제어(duty cycle)에 의해 정지되는 시간만큼 사용 전력량을 절약할 수 있다.(20% 정도)

- 정지시 외기 및 실내의 열부하, 즉 엔탈피에 대한 에너지 감소
- 부하단계(load level)에 따른 최대치 제어 (전력 demand 제어지원)

(2) 최적기동/정지제어

- ① 종래운전
 - 공조동력의 기동과 정지를 일정한 시간에 기동/정지
- ② 도입효과
 - 목표하는 시각에 대한 가장 적당한 시각에 기동
 - 목표하는 시각에 대한 가장 적당한 시각에 조기 정지
 - 그리하여 하루에 20~30분 정도의 운전시간 절약

(3) 전력 절감액 산출공식

$$\begin{aligned} &\text{냉방동력} - \text{총 a Kw(1일 10시간 운전)} \\ &\text{난방동력} - \text{총 b Kw(1일 10시간 운전)} \\ &\text{냉난방 공용} - \text{총 c Kw(1일 10시간 운전)} \\ &\text{일반동력} - \text{총 d Kw(1일 10시간 운전)} \\ &\text{상업용 평균 전력요금} : a\text{원/KwH} \\ &\text{전력절감} = \text{냉방동력절감} + \text{난방동력절감} + \\ &\quad \text{냉난방 동력절감} + \text{일반동력절감} \end{aligned}$$

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

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

$$\begin{aligned} &\text{연료절감액} = \text{건물연면적(m}^2\text{)} \times \text{단위} \\ &\quad \text{면적당 연료절감액(원/m}^2\text{)년} \end{aligned}$$

단위 m²당 연간 연료 절감액은 다음 기준으로 환산하면 약 150원으로 산출되며 산출 근거는 다음과 같다.

- 절전운전시간 : 2시간/1일
- 난방기간 : 10월 하순~3월말(130일 정도)
- 1m³당 필요 외기량 : 4.54m³/시간
- 공기의 질량 : 1.2(Kg/m³)
- 난방기간중 평균외기온도 : 2℃
- 실내온도와 외기온도의 차 : 16℃ (18℃~2℃)

- 스팀 Cost : 19원/Kg

$$\begin{aligned} \therefore \text{단위면적당 연료절감액} &= 2\text{시간/일} \times 130\text{일} \\ & / \text{년} \times 4.5(\text{m}^3/\text{hr m}^2) \times 1.2(\text{Kg/m}^3) \times 16 \\ & \text{℃} \times 19(\text{원/Kg}) \times 0.000422(\text{Kg/Kj}) = \\ & 150\text{원/m}^2 \end{aligned}$$

2.3.5 외기냉방제어에 의한 효과

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

$$\begin{aligned} &\text{년 외기 냉방절감액} = \text{냉방동력} \times \text{냉방} \\ &\quad \text{부하 절전율} \times \text{전부하운전시간/년} \times \text{상업용} \\ &\quad \text{평균전력요금} \end{aligned}$$

3. 맺음말

자동제어설비를 도입하는 목적은 최소의 투자로 최대의 효과를 얻는다는 경제의 기본원칙에 입각하고 있다. 비용의 절감과 쾌적한 환경의 유지라는 상반되는 개념을 모두 가능하게 하는 것이 바로 자동제어설비인 것이다.

이상과 같이 자동제어설비를 도입하면 운영측면에서 연간 전체에너지의 20% 이상 에너지 절감이 가능한 분야로 새로이 각광받는 반면, 아직도 자동제어설비의 올바른 이해부족으로 비능률적 운영 및 한국특성에 제대로 적용치 못하는 외국시스템의 무작위 설치 등의 오류가 많이 발생하고 있다.

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

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

자동제어설비를 통한 에너지 절약을 하기 위해서는 건물의 설계초기에서부터 기준을 두어야 함은 물론이고, 건물 관리자가 에너지 절약에 대한 인식에 높은 열의를 갖고 운용한다면 반드시 기대이상의 효과가 있을 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. 조추영, 1994, "건축설비자동제어", 기문당.
2. "Engineering monl automatic control", Honeywel.
3. 조추영, 1992, 인텔리전트 빌딩의 건물자동화 계획 방안에 관한 연구, 건국대석사논문
4. 에이스기술단, 1988, 건물의 에너지 사용설비 자동화 기준연구