



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년11월25일

(11) 등록번호 10-1571806

(24) 등록일자 2015년11월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

F24F 11/00 (2014.01) F24F 1/00 (2011.01)

(52) CPC특허분류

F24F 11/0009 (2013.01)

F24F 1/00 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2015-0133426

(22) 출원일자 2015년09월21일

심사청구일자 2015년09월21일

(56) 선행기술조사문헌

KR100949044 B1*

JP2000146257 A*

KR101506215 B1*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

(주)가교테크

대전광역시 유성구 대학로76번길 71, 호산빌딩 2층 (궁동)

충남대학교산학협력단

대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)

(72) 발명자

유성연

대전광역시 유성구 상대남로 26, 915동 2602호 (상대동, 도안 신도시9블록트리플시티아파트)

김태호

전라북도 부안군 부안읍 낭주길 5, 101동 901호 (대립낭주골아파트)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

이문옥

전체 청구항 수 : 총 10 항

심사관 : 김보철

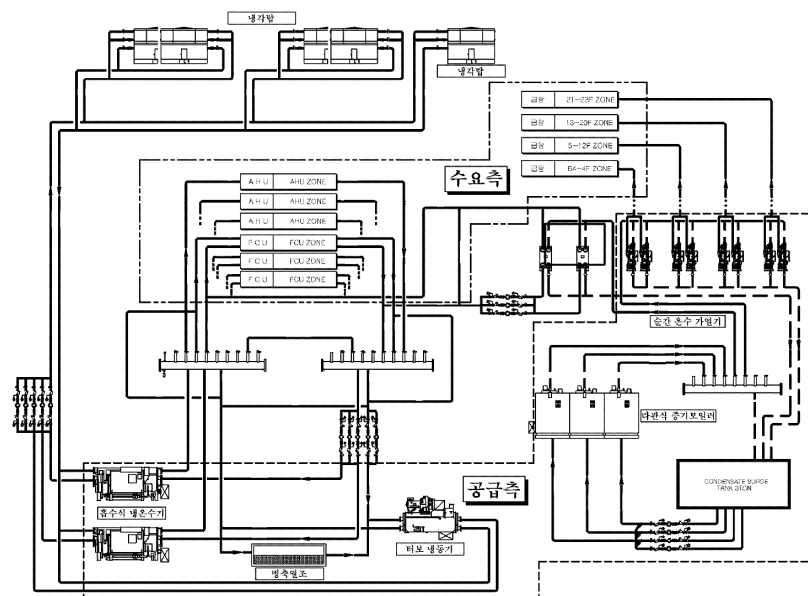
(54) 발명의 명칭 공기조화시스템의 무인 최적제어 방법

(57) 요약

본 발명은 수요측 시스템과 공급측 시스템으로 이루어진 공기조화시스템의 운전방법에 관한 것으로, 외기상태와 건물의 각 존별 냉난방부하를 각각 사전에 예측한 다음, 예측된 각 존별 냉난방부하에 기초하여 수학적 8과 수학적 9를 만족하도록 각 존별 수요측 시스템 기기의 요구열량과 운전 스케줄을 결정하고, 각 존별 냉난방부하 또는

(뒷면에 계속)

대표도



요구열량을 합산하여 건물 전체의 냉난방부하와 공급열량을 예측하며, 예측된 건물 전체의 냉난방부하를 기반으로 시간별, 계절별로 다른 에너지 요금, 운전조건 및 외기상태에 따라 달라지는 공급측 기기의 성능과 용량을 고려하여 수학식 10의 목적함수와 수학식 11 및 수학식 12의 구속조건이 모두 만족되도록 공급측 시스템의 공급열량과 운전 스케줄을 결정하고, 결정된 수요측 시스템과 공급측 시스템의 운전 스케줄은 각각 운전자의 도움 없이 제어장치에 의해 자동으로 설정되어 운전되는 것을 특징으로 한다.

[수학식 8]

If $\dot{Q}_z(k, nc, m) \geq \dot{Q}_{z, \min}(nc, m)$ then ON schedule
otherwise OFF schedule

[수학식 9]

If $\dot{Q}_z(k, nc, m) \geq \dot{Q}_{z, \min}(nc, m)$, then $\dot{Q}_{c, z}(k, nc, m) = \dot{Q}_{z, \min}(nc, m)$
otherwise $\dot{Q}_{c, z}(k, nc, m) = \dot{Q}_z(k, nc, m)$

[수학식 10]

Minimize $E_{\cos t}(m) = \sum_{k=1}^M \sum_{n=1}^N H(k, ns, m) C(k, ns, m) \beta(k, ns, m) \gamma(k, ns, m) \Delta t$

[수학식 11]

subject to $\sum_{ns=1}^{NS} H(k, ns, m) = \sum_{z=1}^Z \sum_{nc=1}^{NC} \dot{Q}_{c, z}(k, nc, m)$

[수학식 12]

subject to $H_{nor}(k, ns, m) \geq H(k, ns, m) \geq H_{\min}(k, ns, m)$

(52) CPC특허분류

F24F 11/0012 (2013.01)

F24F 11/006 (2013.01)

F24F 11/0086 (2013.01)

F24F 2011/0013 (2013.01)

F24F 2011/0046 (2013.01)

F24F 2011/0075 (2013.01)

(72) 발명자

윤홍익

대전광역시 유성구 어은로 57, 132동 1203호 (어은동, 한빛아파트)

한규현

대전광역시 서구 문정로2번길 109, 1004호 (탄방동, 시티빌4차)

명세서

청구범위

청구항 1

통합제어기를 구비하여 수요측 시스템과 공급측 시스템으로 이루어진 공기조화시스템의 제어방법에 있어서,

상기 제어방법은, 외기상태와 건물의 각 존별 냉난방부하를 각각 사전에 예측한 다음, 상기 예측된 각 존별 냉난방부하에 기초하여 수학적식 8과 수학적식 9를 만족하도록 각 존별 수요측 시스템 기기의 요구열량과 운전 스케줄을 결정하고,

상기 각 존별 냉난방부하 또는 요구열량을 합산하여 건물 전체의 냉난방부하와 공급열량을 예측하며, 상기 예측된 건물 전체의 냉난방부하를 기반으로 시간별, 계절별로 다른 에너지 요금, 운전조건 및 외기상태에 따라 달라지는 공급측 기기의 성능과 용량을 고려하여 수학적식 10의 목적함수와 수학적식 11 및 수학적식 12의 구속조건이 모두 만족되도록 공급측 시스템의 공급열량과 운전 스케줄을 결정하고,

상기 결정된 수요측 시스템과 공급측 시스템의 운전 스케줄은 각각 운전자의 도움 없이 제어장치에 의해 자동으로 설정되어 운전되는 것을 특징으로 하는 공기조화시스템의 무인 최적제어 방법.

[수학적식 8]

$$\begin{aligned} \text{If } \dot{Q}_z(k, nc, m) \geq \dot{Q}_{z, \min}(nc, m) \text{ then ON schedule} \\ \text{otherwise} \quad \quad \quad \text{OFF schedule} \end{aligned}$$

여기서, $\dot{Q}_z(k, nc, m)$ 는 시간 k 에서의 존별, 시간별 수요측 기기(nc)의 예측 냉난방부하이고, $\dot{Q}_{z, \min}(nc, m)$ 은 해당 존에 냉난방 에너지를 공급하는 수요측 시스템 기기(nc)의 운전허용 최소열량이며, m 은 냉방($m=0$)과 난방($m=1$)을 구분하는 색인값이다.

[수학적식 9]

$$\begin{aligned} \text{If } \dot{Q}_z(k, nc, m) \geq \dot{Q}_{z, \text{nor}}(nc, m), \text{ then } \dot{Q}_{c, z}(k, nc, m) = \dot{Q}_{z, \text{nor}}(nc, m) \\ \text{otherwise} \quad \quad \quad \dot{Q}_{c, z}(k, nc, m) = \dot{Q}_z(k, nc, m) \end{aligned}$$

여기서, $\dot{Q}_{c, z}(k, nc, m)$ 는 시간 k 에서의 임의의 수요측 시스템 기기(nc)의 요구열량이고, $\dot{Q}_{z, \text{nor}}(nc, m)$ 은 수요측 시스템 기기(nc)의 공칭열량이다.

[수학적식 10]

$$\text{Minimize } E_{\text{cost}}(m) = \sum_{k=1}^M \sum_{n=1}^N H(k, ns, m) C(k, ns, m) \beta(k, ns, m) \gamma(k, ns, m) \Delta t$$

여기서, $E_{\text{cost}}(m)$ 는 공급측 시스템의 하루 동안의 예상 총에너지 비용을 나타내고, $H(k, ns, m)$ 은 시간 k 에서의 공급측 시스템을 구성하는 기기(ns)가 감당하게 될 열량이고, $C(k, ns, m)$ 은 요구열량을 공급하는데 필요한 각 기기의 에너지 비용이며, $\beta(k, ns, m)$ 는 운전조건에 따른 기기의 성능을 나타내고, $\gamma(k, ns, m)$ 은 외기상태에 따른 기기의 성능을 나타내며, m 은 냉방($m=0$)과 난방($m=1$)을 구분하는 색인값이고, Δt 는 에너지 비용 계산을 수행하는 시간 간격이다.

[수학식 11]

$$\text{subject to } \sum_{ns=1}^{NS} H(k, ns, m) = \sum_{z=1}^Z \sum_{nc=1}^{NC} Q_{c,z}(k, nc, m)$$

여기서 $\sum_{z=1}^Z \sum_{nc=1}^{NC} Q_{c,z}(k, nc, m)$ 은 시간 k 에서의 공급측 시스템으로부터 냉수 또는 온수를 공급받는 수요측 시스템의 요구열량의 합이다.

[수학식 12]

$$\text{subject to } H_{nor}(ns, m) \geq H(ns, m) \geq H_{\min}(ns, m)$$

여기서 $H(ns, m)$ 은 공급측 시스템 기기(ns)가 냉방 또는 난방 시 공급하여야 하는 열량이고, $H_{nor}(ns, m)$ 은 공급측 시스템 기기(ns)의 공칭용량이며, $H_{\min}(ns, m)$ 은 공급측 시스템 기기(ns)의 최소 용량이다.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 결정된 상기 공급측 시스템과 수요측 시스템의 운전 스케줄에 따라 상기 기기를 운전할 때 수학식 13에 의해 특정 시간대에서의 상기 기기의 전력 사용량을 미리 예측하고, 상기 예측된 전력 사용량이 설정된 허용전력 이상인 경우에는 상기 운전 스케줄에 따라 운전하지 않고 미리 설정된 시나리오에 따라 상기 수요측 시스템 기기의 전원을 자동으로 차단시킴으로써 차단된 수요측 시스템의 요구열량만큼 상기 공급측 시스템의 공급열량을 줄여가면서 운전되도록 하고, 상기 특정 시간대에서의 예측 전력 사용량이 허용전력 이하로 다시 내려간 경우에는 상기 수요측 시스템 기기의 전원을 전원 차단순서와 역순으로 자동으로 공급하도록 하는 것을 특징으로 하는 공기조화시스템의 무인 최적제어 방법.

[수학식 13]

$$EEC(k, m) = \sum_{ns=1}^{NS} H(k, ns, m) E(k, ns, m) \beta(k, ns, m) \gamma(k, ns, m)$$

여기서, $EEC(k, m)$ 는 임의 시간(k)에서의 공급측 시스템의 전체 전기에너지 사용량을 나타내고, $H(k, ns, m)$ 는 임의 시간(k)에서 공급측 시스템 기기(ns)가 감당하게 될 열량이며, $E(k, ns, m)$ 은 요구열량을 공급하는데 사용되는 각 기기의 전기에너지 사용량이고, $\beta(k, ns, m)$ 는 운전조건에 따른 기기의 성능을 나타내며, $\gamma(k, ns, m)$ 는 외기상태에 따른 기기의 성능을 나타내고, m 은 냉방 ($m=0$)과 난방 ($m=1$)을 구분하는 색인값이다.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 공급측 시스템과 수요측 시스템의 운전 스케줄은 각각 건물의 예냉/예열 시간, 시스템의 잔냉/잔열시간, 기기의 워밍업 시간을 고려하여 조정하는 것을 특징으로 하는 공기조화시스템의 무인 최적제어 방법.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 운전조건에 따른 기기의 성능(β)과 외기상태에 따른 기기의 성능(γ)은 각각 운전매뉴얼에서 제시하는 표준값을 초기값으로 사용하고, 기기의 실제 운전 데이터에 기초하여 수시로 업데이트되는 것을 특징으로 하는 공기조화시스템의 무인 최적제어 방법.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 건물의 각 존별 냉난방부하 중 일사부하와 전열부하는 각각 전열특성계수와 일사특성계수로 표현되는 건물 부하특성계수를 적용하여 수학적식 6 및 수학적식 7에 의해 구하는 것을 특징으로 하는 공기조화시스템의 무인 최적제어 방법.

[수학적식 6]

$$\dot{Q}_{ht} = \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^N (P_{ht,win}(i,j)A_{win}(i,j) + P_{ht,wall}(i,j)A_{wall}(i,j))(T_o - T_d)$$

여기서, $P_{ht,win}$ 과 $P_{ht,wall}$ 은 각각 창호와 벽체의 전열특성계수, A_{win} 과 A_{wall} 은 각각 창호와 벽체의 면적이고, i 는 건물 냉난방 공간을 둘러싸고 있는 6개면의 방위를 나타내고, j 는 건물의 한 방위면을 구성하는 벽체 또는 창호 종류의 수를 나타낸다. T_o 는 매 시간의 예측 외기온도, T_d 는 냉난방 공간의 실내온도이다.

[수학적식 7]

$$\dot{Q}_{sol} = \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^N (P_{sol,win}(i,j)A_{win}(i,j) + P_{sol,wall}(i,j)A_{wall}(i,j))I_{sol}(i)$$

여기서, $P_{sol,win}$ 과 $P_{sol,wall}$ 은 각각 창호와 벽체의 일사특성계수, I_{sol} 은 방위별 매 시간의 예측 일사량이다.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 건물의 각 존별 냉난방부하를 예측할 때 상기 전열특성계수와 일사특성계수를 모르는 경우에는 상기 전열특성계수와 일사특성계수의 대표값을 각각 입력한 다음, 실제부하를 바탕으로 상기 대표값을 조정함으로써 냉난방부하를 예측하는 것을 특징으로 하는 공기조화시스템의 무인 최적제어 방법.

청구항 7

청구항 5에 있어서,

상기 공기조화시스템의 운전상태는 상기 제어장치에 실시간으로 피드백됨으로써 이에 기초하여 실제의 냉난방부하가 계산되고, 상기 냉난방부하의 예측에 사용되는 상기 건물부하특성계수는 과거의 실제 냉난방부하를 바탕으로 주기적으로 조정되는 것을 특징으로 하는 공기조화시스템의 무인 최적제어 방법.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 예측된 냉난방부하는 조정된 건물부하특성계수를 적용함으로써 다시 산출되고, 상기 수요측 시스템과 공급측 시스템의 운전 스케줄은 각각 상기 다시 산출된 냉난방부하를 기반으로 자동으로 수정되는 것을 특징으로 하

는 공기조화시스템의 무인 최적제어 방법.

청구항 9

청구항 6 또는 청구항 7에 있어서,

상기 냉난방부하의 예측에 사용되는 건물부하특성계수는 유전자 알고리즘에 의해 조정되는 것을 특징으로 하는 공기조화시스템의 무인 최적제어 방법.

청구항 10

청구항 1에 있어서,

상기 공급측 시스템에는 방축열 시스템이 포함되고, 상기 방축열 시스템의 운전 스케줄은 심야전력 시간 중 외기온도가 가장 낮은 것으로 예측된 시간을 기준으로 전후로 설정되는 것을 특징으로 하는 공기조화시스템의 무인 최적제어 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 공기조화시스템의 최적제어 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 건물의 시간별 냉난방부하를 사전에 예측하고, 이 예측된 냉난방부하를 바탕으로 시간별, 계절별로 다른 에너지 요금과 열원별로 달라지는 기기의 성능 등을 고려하여 공기조화시스템을 숙련된 운전자 없이도 가장 효율적이며 경제적으로 무인 운전할 수 있도록 하는 공기조화시스템의 무인 최적제어 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

우리나라 전체 에너지 수요 중 많은 부분이 공기조화시스템의 운전에 사용되고 있기 때문에 에너지 절감을 달성하기 위해서는 공기조화시스템에 대한 경제적이며 효율적인 운전방법의 개발이 필요한데, 공기조화시스템의 효율적 운전을 달성하기 위해서는 먼저 건물의 냉난방부하에 대한 정확한 예측이 선행되어야 하고, 이 예측된 냉난방부하에 맞추어 공기조화시스템을 구성하는 여러 종류의 기기를 적절히 조합하여 운전하여야 한다.

[0003]

운전자가 냉난방부하에 맞추어 공기조화시스템 기기를 조합하여 운전할 때에는 운전 매뉴얼이나 운전자 자신의 지식 또는 경험을 토대로 운전하는데, 운전 매뉴얼에 운전 과정에서 발생될 수 있는 모든 상황을 기술하는 데에 한계가 있기 때문에 결국 운전자의 판단에 맡겨야 하며, 이때 운전자의 판단이 잘못되거나 또는 운전 미숙으로 인해 불필요한 전력이 소모되거나 냉난방부하를 충족하지 못하여 실내 거주자의 불편을 초래하는 경우가 발생하기도 한다.

[0004]

한편, 우리나라의 경우 현재 공기조화시스템의 에너지원으로서 전기와 도시가스가 주로 사용되고 있으며, 특히 전기는 시간대별, 사용량에 따라 그 요금이 다르고, 특히 여름철 피크 시간동안의 전력 요금이 가장 비쌌 뿐만 아니라 피크 시간 중에 전력을 일정량 이상 사용하게 되면 피크시간의 요금을 기준으로 전력요금의 기본료가 산출되기 때문에 자칫 과도한 전력 요금이 청구될 수 있다

[0005]

따라서 운전자의 판단에 근거한 운전방식에서 벗어나 좀 더 과학적이고 합리적인 공기조화시스템의 운전 전략과 운전 소요비용을 줄일 수 있는 전략의 수립이 요구되는데, 이에 본 출원인은 '냉방시스템의 최적 운전방법'을 제안하여 등록(특허 제0949044호)을 받은바 있으며, 이 방법은 건물의 시간별 냉방부하를 사전에 예측하고, 이 예측된 냉방부하에 기초하여 시간별, 계절별로 다른 전기 및 가스 요금과 열원별로 달라지는 냉방기기의 성능을 고려하여 냉방시스템을 운전하며, 이에 의해 냉방부하에 적절히 대응하면서도 가장 저비용으로 냉방시스템을 운전할 수 있도록 한 것이다.

[0006]

공기조화시스템은 일반적으로 도 1에 도시된 바와 같이 각 준별로 설치되어 각 준별 냉난방 에너지 수요에 맞추어 냉난방 에너지를 공급함으로써 직접 실내를 냉난방하는 AHU(Air Handling Unit), FCU(Fan Coil Unit) 등으로 이루어진 복수 조의 수요측 시스템과, 이 복수 조의 수요측 시스템에서 필요로 하는 전체 냉난방 에너지를 충당하여 공급하는 냉동기, 보일러 등으로 이루어진 공급측 시스템으로 나눌 수 있는데, 위의 특허 제0949044호

에서는 공급측 시스템의 최적제어방법만 제시하고 있을 뿐 수요측 시스템의 제어방법은 제시하고 있지 않다.

[0007] 그러나 공기조화시스템 전체에 대한 효율적이고 최적의 운전을 달성하기 위해서는 공급측 시스템뿐만 아니라 수요측 시스템에 대한 제어도 동시에 이루어져야 하는데, 상기 특허에서와 같이 공급측 시스템만 제어하는 경우 건물 전체에 대한 냉난방부하를 예측하는 것만으로도 충분하지만, 공급측 시스템과 더불어 수요측 시스템도 제어하는 경우에는 수요측 시스템은 건물의 존별로 분리 설치되기 때문에 수요측 시스템을 제어하기 위해서는 존별 냉난방부하에 대한 예측도 이루어져야 하며, 또한 수요측 시스템의 요구열량과 존별 수요측 시스템을 각각 구성하는 기기의 운전특성도 고려하여야 한다.

[0008] 더구나 흡수식 냉온수기, 히트펌프와 같이 냉방과 난방에 모두 사용되는 기기는 동절기 및 하절기에서와 같이 외기상태가 다른 경우 그 성능이 완전히 달라지기 때문에 위 특허 제0949044호의 냉방시스템 제어방법을 난방시스템에 적용하기 위해서는 외기상태에 따른 기기의 성능변화도 고려하여야 한다.

[0009] 한편, 위에서 설명한 바와 같이 피크 시간 중에 일정량 이상의 전력을 사용하는 경우 이 피크시간 동안의 요금을 기준으로 전력요금이 산출되기 때문에 운전자는 자신의 판단에 따라 공급측 시스템 및/또는 수요측 시스템을 구성하는 기기의 일부 전원을 강제 차단함으로써 피크 시간 중의 전력 사용량을 줄이는데, 이와 같이 운전자의 판단에 의거하는 경우 필요 이상의 많은 기기의 전원을 차단함으로써 실내 거주자의 불편을 초래할 수 있을 뿐만 아니라, 반드시 냉방이 이루어져야 하는 존의 기기의 전원도 자칫 차단하게 됨으로써 해당 존에 설치된 기기의 오작동을 유발할 우려가 있으며, 따라서 피크 시간 중의 전력 사용량이 일정량 이상으로 예상되는 경우 운전자의 자의적인 판단에 의존하지 않고 미리 합리적으로 계획된 운전절차(시나리오)에 따라 기기의 운전을 자동적으로 제어할 수 있는 제어방법의 개발이 요구된다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0010] (특허문헌 0001) KR 10-0949044 B1
(특허문헌 0002) KR 10-1301123 B1
(특허문헌 0003) KR 10-1506215 B1
(특허문헌 0004) KR 10-0753141 B1
(특허문헌 0005) JP 2000-146257 A
(특허문헌 0006) JP 2003-120982 A
(특허문헌 0007) JP 2008-02349937 A

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 본 발명은 상기와 같은 종래의 공기조화시스템의 제어방법이 가지는 문제점을 개선하기 위해 안출된 것으로, 본 발명은 각 존별 냉난방부하에 기초한 건물 전체 냉난방 부하를 사전에 예측하고, 이 예측된 냉난방부하를 바탕으로 공기조화시스템을 숙련된 운전자 없이도 효율적이며 경제적으로 무인 운전할 수 있도록 하는 공기조화시스템의 무인 최적제어 방법을 제공하는 데에 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0012] 상기와 같은 본 발명의 목적은 공기조화시스템의 최적제어 방법을, 외기상태와 건물의 각 존별 냉난방부하를 각각 사전에 예측한 다음, 예측된 각 존별 냉난방부하에 기초하여 수학적 8과 수학적 9를 만족하도록 각 존별 수요측 시스템 기기의 요구열량과 운전 스케줄을 결정하고, 각 존별 냉난방부하 또는 요구열량을 합산하여 건물 전체의 냉난방부하와 공급열량을 예측하며, 예측된 건물 전체의 냉난방부하를 기반으로 시간별, 계절별로 다른 에너지 요금, 운전조건 및 외기상태에 따라 달라지는 공급측 기기의 성능과 용량을 고려하여 수학적 10의 목적 함수와 수학적 11 및 수학적 12의 구속조건이 만족되도록 공급측 시스템의 공급열량과 운전 스케줄을 결정하고,

결정된 수요측 시스템과 공급측 시스템의 운전 스케줄은 각각 운전자의 도움 없이 제어장치에 의해 자동으로 설정되어 운전되도록 구성하는 것에 의해 달성된다.

[수학식 8]

If $\dot{Q}_z(k, nc, m) \geq \dot{Q}_{z, \min}(nc, m)$ then ON schedule

otherwise OFF schedule

[수학식 9]

If $\dot{Q}_z(k, nc, m) \geq \dot{Q}_{z, \text{nor}}(nc, m)$, then $\dot{Q}_{c, z}(k, nc, m) = \dot{Q}_{z, \text{nor}}(nc, m)$

otherwise $\dot{Q}_{c, z}(k, nc, m) = \dot{Q}_z(k, nc, m)$

[수학식 10]

Minimize $E_{\text{cost}}(m) = \sum_{k=1}^M \sum_{n=1}^N H(k, ns, m) C(k, ns, m) \beta(k, ns, m) \gamma(k, ns, m) \Delta t$

[수학식 11]

subject to $\sum_{ns=1}^{NS} H(k, ns, m) = \sum_{z=1}^Z \sum_{nc=1}^{NC} \dot{Q}_{c, z}(k, nc, m)$

[수학식 12]

subject to $H_{\text{nor}}(ns, m) \geq H(k, ns, m) \geq H_{\min}(ns, m)$

그리고 본 발명은 결정된 상기 공급측 시스템과 수요측 시스템의 운전 스케줄에 따라 기기를 운전할 때 수학식 13에 의해 특정 시간대에서의 기기의 전력 사용량을 미리 예측하고, 예측된 전력 사용량이 설정된 허용전력 이상인 경우에는 운전 스케줄에 따라 운전하지 않고 미리 설정된 시나리오에 따라 수요측 시스템 기기의 전원을 자동으로 차단시킴으로써 차단된 수요측 시스템의 요구열량만큼 상기 공급측 시스템의 공급열량을 줄여가면서 운전되도록 하고, 특정 시간대에서의 예측 전력 사용량이 허용전력 이하로 다시 내려간 경우에는 수요측 시스템 기기의 전원을 전원 차단순서와 역순으로 자동으로 공급하도록 하는 것을 특징으로 한다.

[수학식 13]

$EEC(k, m) = \sum_{ns=1}^{NS} H(k, ns, m) E(k, ns, m) \beta(k, ns, m) \gamma(k, ns, m)$

또한 본 발명은 공급측 시스템과 수요측 시스템을 각각 구성하는 기기의 운전 스케줄은 각각 건물의 예냉/예열 시간, 시스템의 잔냉/잔열시간, 기기의 위밍업 시간을 고려하여 조정되는 것을 또 다른 특징으로 한다.

또한 본 발명은 운전조건에 따른 기기의 성능과 외기상태에 따른 기기의 성능은 각각 운전매뉴얼에서 제시하는 표준값을 초기값으로 사용하고, 기기의 실제 운전 데이터에 기초하여 수시로 업데이트되는 것을 또 다른 특징으로 한다.

더욱이 본 발명은 건물의 각 존별 냉난방부하 중 일사부하와 전열부하는 각각 전열특성계수와 일사특성계수로 표현되는 건물부하특성계수를 적용하여 수학식 6 및 수학식 7에 의해 구하는 것을 또 다른 특징으로 한다.

[수학식 6]

$\dot{Q}_{ht} = \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^N (P_{ht, win}(i, j) A_{win}(i, j) + P_{ht, wall}(i, j) + A_{wall}(i, j)) (T_o - T_d)$

[0031] [수학식 7]

$$Q_{sol} = \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^N (P_{sol,win}(i,j)A_{win}(i,j) + P_{sol,wall}(i,j)A_{wall}(i,j))I_{sol}(i)$$

[0033] 이에 더하여 본 발명은 건물의 각 존별 냉난방부하를 예측할 때 전열특성계수와 일사특성계수를 모르는 경우에는 전열특성계수와 일사특성계수의 대표값을 각각 입력한 다음, 실제부하를 바탕으로 상기 대표값을 조정함으로써 냉난방부하를 예측하는 것을 또 다른 특징으로 한다.

[0034] 그리고 본 발명은 공기조화시스템의 운전상태가 통합제어기에 실시간으로 피드백됨으로써 이에 기초하여 실제의 냉난방부하가 계산되고, 냉난방부하의 예측에 사용되는 건물부하특성계수는 과거의 실제 냉난방부하를 바탕으로 주기적으로 조정되는 것을 또 다른 특징으로 한다.

[0035] 또한 본 발명은 예측된 냉난방부하가 조정된 건물부하특성계수를 적용함으로써 다시 산출되고, 수요측 시스템과 공급측 시스템 기기의 운전 스케줄은 각각 다시 산출된 냉난방부하를 기초로 자동으로 수정되는 것을 또 다른 특징으로 한다.

[0036] 더욱이 본 발명은 냉난방부하의 예측에 사용되는 건물부하특성계수가 유전자 알고리즘에 의해 조정되는 것을 또 다른 특징으로 한다.

[0037] 이에 더하여 본 발명은 공급측 시스템에 빙축열 시스템이 포함되고, 빙축열 시스템의 운전 스케줄은 심야전력 시간 중 외기온도가 가장 낮은 것으로 예측된 시간을 기준으로 하여 전후로 설정되는 것을 또 다른 특징으로 한다.

발명의 효과

[0038] 본 발명은 냉난방시스템의 조합방식과 운전 스케줄 등을 운전자의 경험과 노하우에 의존하지 않고 무인으로 최적 운전함으로써 주어진 냉난방부하 조건을 만족시키면서 냉난방시스템의 운전비용을 최소화하고, 쾌적한 냉난방을 하면서도 냉난방에너지와 전력피크를 줄일 수 있으며 아울러 기기의 효율적 운용을 달성할 수 있다.

[0039] 그리고 본 발명은 공조대상 건물의 창호와 벽체에서의 전열부하와 일사부하 특성을 구분하고 방위별 일사특성 등을 반영함으로써 종래에 비해 더욱 정확하게 냉난방부하를 산출할 수 있다.

[0040] 또한 본 발명은 공급측 시스템뿐만 아니라 수요측 시스템에 대한 냉난방 부하를 예측한 다음, 이에 기초하여 공급측 시스템과 수요측 시스템을 동시에 제어하며, 이와 더불어 수요측 시스템의 요구열량과 존별 수요측 시스템을 각각 구성하는 기기의 운전특성 및 외기상태에 따른 기기의 성능변화도 고려하여 공기조화시스템을 운전하기 때문에 더욱 쾌적하고 경제적인 공기조화시스템의 운전이 달성될 수 있다.

[0041] 이에 추가하여 본 발명은 피크 시간대에서의 전력 사용량을 미리 예측하고, 예측된 전력 사용량이 설정된 허용 전력 이상으로 예상되는 경우 운전자의 판단에 의존하지 않고 미리 계획된 운전 시나리오에 따라 운전되도록 함으로써 실내 거주자의 불편과 기기의 오작동 등을 최소화 할 수 있다.

[0042] 이에 더하여 본 발명은 빙축열 시스템의 운전 스케줄을 결정할 때 외기온도가 가장 낮은 것으로 예측된 심야전력 시간 중에 운전이 이루어지도록 함으로써 빙축열 시스템 운전에 투입되는 에너지 비용을 최소화 할 수 있다.

[0043] 더욱이 본 발명은 창호와 벽체의 전열특성계수와 일사특성계수에 각각 전열조정계수와 일사조정계수를 도입하여 이들을 각각 유전자 알고리즘을 사용하여 조정함으로써 예측부하와 실제부하 사이의 불일치를 대폭 줄일 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0044] 도 1은 공급측 시스템과 수요측 시스템으로 이루어진 공기조화시스템의 예를 나타낸 구성도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0045] 이하에서는 바람직한 실시예를 도시한 첨부 도면을 통해 본 발명의 구성과 작용을 더욱 상세히 설명한다.

[0046] 본 발명은 숙련된 운전자 없이도 공기조화시스템을 효과적이며 경제적으로 무인 운전할 수 있도록 하는 공기조화시스템의 무인 최적제어 방법을 제공하고자 하는 것으로, 이러한 목적을 달성하기 위해서는 공기조화시스템을

운전하기 전에 먼저 건물의 냉난방부하에 대한 예측이 선행되어야 한다.

- [0047] 일반적으로, 공기조화시스템은 위에서 설명한 바와 같이 각 존별로 설치되어 각 존별 냉난방 에너지 수요에 맞추어 냉난방 에너지를 공급함으로써 직접 실내를 냉난방하는 AHU(Air Handling Unit), FCU(Fan Coil Unit) 등으로 이루어진 복수 개의 수요측 시스템과, 이 복수 개의 수요측 시스템에서 실내로 공급하는 전체 냉난방 에너지를 충당할 수 있도록 냉난방 에너지를 공급하는 냉동기, 보일러 등으로 이루어진 공급측 시스템으로 나눌 수 있다.
- [0048] 본 발명에서는 냉난방 부하를 예측할 때 먼저 건물의 각 존별 냉난방 부하, 즉 복수 개의 수요측 시스템을 각각 구성하는 기기가 공급하여야 하는 냉난방 에너지(냉난방 부하)를 예측하여 산출한 다음, 이 각 존별로 산출된 냉난방 부하를 합산하여 공급측 시스템이 공급하여야 하는 전체 냉난방 부하를 산출한다.
- [0049] 각 존별 냉난방 부하를 사전에 예측하여 산출할 때에는 각 존을 구성하는 실내의 냉난방 부하 특성, 즉 실(室)의 방향에 따라 일사량 등이 달라지고, 실내에 거주하는 사람의 수 등에 따라 환기량 등이 달라지기 때문에 이러한 특성으로 고려하여 냉난방 부하를 산출하여야 하며, 따라서 본 발명에서는 본 출원인이 제안한 특허 제 1506215호의 냉난방부하 예측방법에 의해 냉난방 부하를 산출하되, 각 존별로 나누어 산출하며, 이하에서는 위 특허에서 제시하고 있는 냉난방 부하 산출방법을 간단히 설명한다.
- [0050] 건물의 각 존별 냉난방 부하를 예측하여 산출할 때 외기의 상태가 냉난방 부하에 절대적인 영향을 미치기 때문에 외기상태에 대한 예측이 선행되어야 하는데, 외기상태에 대한 예측은 본 출원인이 특허 제1141027호를 통해 제안한 시간별 기상데이터 예측방법을 비롯하여 많은 예측방법이 이미 알려져 있으므로 이러한 공지의 외기상태 예측방법 중 어느 한 가지 방법을 선택하여 외기상태를 예측한다.

- [0051] 상기와 같은 외기상태 예측방법에 의해 외기상태가 예측되고 나면 각 존별 냉난방 부하를 산출한다.

- [0052] 냉난방부하는 일반적으로 아래의 수학적식 1에서와 같이 일사부하($\dot{Q}_{sol}$), 전열부하($\dot{Q}_{ht}$), 환기부하($\dot{Q}_{air}$) 및 내부부하($\dot{Q}_{int}$)로 구분하여 계산하는데, 본 발명에서는 환기부하($\dot{Q}_{air}$) 및 내부부하($\dot{Q}_{int}$)는 종래와 같은 방법으로 구하고, 일사부하($\dot{Q}_{sol}$), 전열부하($\dot{Q}_{ht}$)는 각각 환기부하($\dot{Q}_{air}$) 및 내부부하($\dot{Q}_{int}$)에 비해 냉난방 부하에 상대적으로 큰 영향을 미치기 때문에 이를 고려하여, 창호와 벽체를 구분하면서 방위별로 다른 건물부하특성계수(전열특성계수와 일사특성계수)를 적용하여 아래의 수학적식 2 및 수학적식 3에 의해 구한다.

수학적식 1

- [0053]
$$\dot{Q} = \dot{Q}_s + \dot{Q}_I = \dot{Q}_{sol} + \dot{Q}_{ht} + \dot{Q}_{air} + \dot{Q}_{int}$$

- [0054] 여기서, $\dot{Q}$ 는 냉난방부하, $\dot{Q}_s$ 는 현열부하, $\dot{Q}_I$ 는 잠열부하를 나타내고, $\dot{Q}_{sol}$ 은 일사부하, $\dot{Q}_{ht}$ 는 전열부하, $\dot{Q}_{air}$ 는 환기부하, $\dot{Q}_{int}$ 는 내부부하를 나타낸다.

수학적식 2

- [0055]
$$\dot{Q}_{ht} = \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^N (P_{ht,win}(i,j)A_{win}(i,j) + P_{ht,wall}(i,j)A_{wall}(i,j))(T_o - T_d)$$

- [0056] 여기서, $P_{ht,win}$ 과 $P_{ht,wall}$ 은 각각 창호와 벽체의 전열특성계수, A_{win} 과 A_{wall} 은 각각 창호와 벽체의 면적이 고, i 는 건물 냉난방 공간을 둘러싸고 있는 6개면의 방위를 나타내고, j 는 건물의 한 방위면을 구성하는 벽체 또는 창호 종류의 수를 나타낸다. T_o 는 매 시간의 예측 외기온도, T_d 는 냉난방 공간의 실내온도이다.

수학식 3

$$Q_{sol} = \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^N (P_{sol,win}(i,j)A_{win}(i,j) + P_{sol,wall}(i,j)A_{wall}(i,j))I_{sol}(i)$$

여기서, $P_{sol,win}$ 과 $P_{sol,wall}$ 은 각각 창호와 벽체의 일사특성계수이고, I_{sol} 은 방위별 매 시간의 예측 일사량으로서 공지의 방법에 의해 구한다.

그리고 건물부하특성계수는 종래에서와 같이 부하계산서로부터 구할 수 없기 때문에 본 발명에서는 에너지평형법에 근거한 건물에너지 시뮬레이션 프로그램, 예를 들면 EnergyPlus를 사용하여 창호의 전열특성계수($P_{ht,win}$)는 수학식 4, 벽체의 전열특성계수($P_{ht,wall}$)는 수학식 5, 창호의 일사특성계수($P_{sol,win}$)는 수학식 6, 벽체의 일사특성계수($P_{sol,wall}$)는 수학식 7에 의해 각각 구한다.

수학식 4

$$P_{ht,win}(i,j) = C_1 U_{win}(i,j) + C_2$$

여기서, U_{win} 는 창호의 총합열전달계수로서 건물설계서 등에 이미 기재되어 있거나 또는 창호의 종류를 알면 계산에 의해 쉽게 산출할 수 있으며, 상수 C_1 , C_2 는 건물에너지 시뮬레이션 프로그램을 사용하여 구할 수 있고, i 는 건물 냉난방 공간을 둘러싸고 있는 6개면의 방위를 나타내며, j 는 건물의 한 방위면을 구성하는 창호 종류의 수를 나타낸다.

수학식 5

$$P_{ht,wall}(i,j) = C_3 U_{wall}(i,j) + C_4$$

여기서, U_{wall} 는 벽체의 총합열전달계수로서 건물설계서 등에 이미 기재되어 있거나 또는 벽체의 구조를 알면 계산에 의해 산출할 수 있으며, 상수 C_3 , C_4 도 건물에너지 시뮬레이션 프로그램을 사용하여 구할 수 있다.

창호의 일사특성계수($P_{sol,win}$)를 구할 때에는 EnergyPlus에서 제공하는 여러 종류의 창호에 대해 일사획득계수($SHGC$)와 일사특성계수($P_{sol,win}$) 사이의 관계를 그래프화한 다음 커브피팅하면 창호에 대한 일사특성계수($P_{sol,win}$)는 수학식 6에서와 같이 일사획득계수($SHGC$)의 2차식으로 표현되며, 따라서 실제 설치된 창호에 대한 일사획득계수($SHGC$)를 수학식 6에 대입하면 창호의 일사특성계수($P_{sol,win}$)를 구할 수 있다.

수학식 6

$$P_{sol,win}(i,j) = [C_5 SHGC(i,j)^2 + C_6 SHGC(i,j) + C_7] SC_{win}(i,j)$$

여기서, 상수 C_5 , C_6 및 C_7 는 각각 건물에너지 시뮬레이션 프로그램을 사용하여 구할 수 있고, SC_{win} 는

창호에 설치된 외부 차양장치의 일사차폐계수로서 차양의 기하학적 형상과 방위를 고려하여 계산되며 차양이 없는 경우에는 1이 된다.

수학식 7

$$P_{sol,wall}(i,j)=[C_8\alpha(i,j)^nU_{wall}(i,j)^m+C_9]SC_{wall}(i,j)$$

여기서, α 는 벽체의 태양흡수율이고, U_{wall} 는 벽체의 총합열전달계수로서 이들 값은 건물설계서 등에 이미 기재되어 있거나 또는 벽체의 구조를 알면 계산에 의해 쉽게 산출할 수 있으며, 계수 C_8 , C_9 과 지수 n , m 는 건물에너지 시뮬레이션 프로그램을 사용하여 구할 수 있고, SC_{wall} 는 벽체에 설치된 외부 차양장치의 일사차폐계수로서 차양의 기하학적 형상과 방위를 고려하여 계산된다.

본 발명은 상기와 같이 건물부하특성계수를 이용하여 각 준별 냉방부하를 예측할 수 있는데, 건물의 설계자료의 유실 등으로 인해 건물부하특성계수, 즉 전열특성계수와 일사특성계수를 구할 수 없는 경우도 있을 수 있으며, 이 경우에는 건물부하특성계수의 대표값을 입력한 다음, 실제부하를 바탕으로 건물부하특성계수를 조정하면 각 준별 냉방부하를 예측할 수 있는데, 이를 위해 수요측 시스템 기기의 운전상태는 실시간으로 통합제어기에 피드백되고, 이에 기초하여 실제의 냉방부하가 계산된다.

그리고 냉방부하를 예측할 때 사용된 건물부하특성계수는 실제의 냉방부하를 바탕으로 주기적으로 조정된다.

상기와 같은 과정에 의해 예측된 준별 냉방부하는 실제의 부하(실측부하)와 차이가 있을 수 있으며, 따라서 본 발명에서는 창호와 벽체의 전열특성계수($P_{ht,win}$, $P_{ht,wall}$)에 전열조정계수($C_{ht,win}$, $C_{ht,wall}$)를 각각 곱하고, 창호와 벽체의 일사특성계수($P_{sol,win}$, $P_{sol,wall}$)에 일사조정계수($C_{sol,win}$, $C_{sol,wall}$)를 각각 곱한 다음, 유전자 알고리즘을 사용하여 창호와 벽체의 전열조정계수($C_{ht,win}$, $C_{ht,wall}$)와 일사조정계수($C_{sol,win}$, $C_{sol,wall}$)를 각각 조정함으로써 보정하며, 이에 의해 건물의 예측부하와 실측부하 간의 오차를 최소로 줄일 수 있다. 유전자 알고리즘을 사용하여 변수(일사조정계수($C_{sol,win}$, $C_{sol,wall}$))를 조정하는 절차는 이미 잘 알려져 있으므로 이에 대한 상세한 설명은 생략한다.

상기와 같은 과정에 의해 각 준별 예측 냉방부하가 산출되고 나면, 이 산출된 각 준별 예측 냉방부하에 기초하여 각 준별로 설치된 수요측 시스템을 구성하는 기기에 대한 운전계획이 수립되어야 하는데, 본 발명에서는 아래의 수학식 8과 수학식 9를 만족하도록 각 준별 수요측 시스템의 요구열량과 기기의 운전 스케줄을 결정하며, 이때 수요측 시스템의 준별로 설치된 기기, 즉 AHU, FCU 및 기타 기기(EHP)가 각각 담당하여 공급하는 냉방 에너지 양(또는 비율)은 통합제어기에 사전에 설정되어 입력되며, 공급측 시스템에서는 이 사전에 설정된 수요측 시스템의 기기별 냉방 에너지 양(비율)에 따라 냉방 에너지를 공급한다.

수학식 8

$$\text{If } \dot{Q}_z(k,nc,m) \geq \dot{Q}_{z,min}(nc,m) \text{ then ON schedule}$$

$$\text{otherwise OFF schedule}$$

여기서, $\dot{Q}_z(k,nc,m)$ 는 시간 k 에서의 준별, 시간별 수요측 기기의 예측 냉방부하이고, $\dot{Q}_{z,min}(nc,m)$ 은 해당 준에 냉방 에너지를 공급하는 수요측 시스템 기기의 운전허용 최소열량이며, m 은 냉방 ($m=0$)과

난방($m=1$)을 구분하는 색인(index)값이다.

수학식 9

$$\begin{aligned} \text{If } \dot{Q}_z(k, nc, m) \geq \dot{Q}_{z, nor}(nc, m), \text{ then } \dot{Q}_{c, z}(k, nc, m) &= \dot{Q}_{z, nor}(nc, m) \\ \text{otherwise } \dot{Q}_{c, z}(k, nc, m) &= \dot{Q}_z(k, nc, m) \end{aligned}$$

[0075]

여기서, $\dot{Q}_{c, z}(k, nc, m)$ 는 시간 k 에서의 임의의 수요측 시스템 기기(nc)의 요구열량이고, $\dot{Q}_{z, nor}(nc, m)$ 은 수요측 시스템 기기(nc)의 공칭열량이며, m 은 냉방($m=0$)과 난방($m=1$)을 구분하는 색인값이다.

[0076]

다음, 위와 같은 과정에 의해 각 준별 냉난방부하 또는 요구열량이 산출되고 나면, 이들 냉난방부하 또는 요구열량을 모두 합산하여 공급측 시스템에서 공급하여야 하는 건물 전체의 냉난방부하와 공급열량을 계산한다.

[0077]

한편, 위에서 설명한 바와 같이 우리나라는 전기에너지 요금이 시간별, 계절별로 다르고, 또한 외기상태에 따라 공급측 시스템의 기기 성능이 달라지기 때문에 공기조화시스템의 경제적인 운전과 효율적인 운전을 달성하기 위해서는 이러한 점을 고려하여야 한다.

[0078]

이에 따라 본 발명에서는 상기와 같은 과정에 의해 산출된 건물 전체의 냉난방부하를 기반으로 운전조건 및 외기상태에 따라 달라지는 공급측 시스템 기기의 운전성능과 용량을 고려하여 아래 수학식 10의 목적함수와 수학식 11 및 수학식 12의 구속조건이 모두 만족되도록 공급측 시스템을 구성하는 기기의 공급열량과 운전 스케줄을 결정한다.

[0079]

수학식 10

$$\text{Minimize } E_{\text{cost}}(m) = \sum_{k=1}^M \sum_{n=1}^N H(k, ns, m) C(k, ns, m) \beta(k, ns, m) \gamma(k, ns, m) \Delta t$$

[0080]

여기서, $E_{\text{cost}}(m)$ 는 공급측 시스템의 하루 동안의 예상 총에너지 비용을 나타내고, $H(k, ns, m)$ 는 시간 k 에서의 공급측 시스템을 구성하는 기기(ns)가 감당하게 될 열량이고, $C(k, ns, m)$ 는 요구열량을 공급하는데 필요한 각 기기의 에너지 비용이며, $\beta(k, ns, m)$ 는 운전조건에 따른 기기의 성능을 나타내고, $\gamma(k, ns, m)$ 는 외기상태에 따른 기기의 성능을 나타내며, m 은 냉방($m=0$)과 난방($m=1$)을 구분하는 색인값이고, Δt 는 에너지 비용 계산을 수행하는 시간 간격이다.

[0081]

수학식 11

$$\text{subject to } \sum_{ns=1}^{NS} H(k, ns, m) = \sum_{z=1}^Z \sum_{nc=1}^{NC} \dot{Q}_{c, z}(k, nc, m)$$

[0082]

여기서 $\sum_{z=1}^Z \sum_{nc=1}^{NC} \dot{Q}_{c, z}(k, nc, m)$ 은 시간 k 에서의 공급측 시스템으로부터 냉수 또는 온수를 공급받는 수요측 시스템의 요구열량의 합이다.

[0083]

수학식 12

$$\text{subject to } H_{nor}(ns, m) \geq H(ns, m) \geq H_{\min}(ns, m)$$

여기서 $H(ns, m)$ 은 공급측 시스템 기기(ns)가 냉방 또는 난방 시 공급하여야 하는 열량이고, $H_{nor}(ns, m)$ 은 공급측 시스템 기기(ns)의 공칭용량이며, $H_{\min}(ns, m)$ 은 공급측 시스템 기기(ns)의 최소 용량이다.

위의 수학식 10에서 운전조건에 따른 기기(ns)의 성능(β)과 외기상태에 따른 기기(ns)의 성능(γ)을 각각 결정할 때에는 초기값으로 기기의 운전매뉴얼에서 제시하는 표준값을 사용하고, 이후 기기(ns)의 실제 운전 데이터에 기초하여 주기적으로 업데이트되며, 이를 위해 공급측 시스템을 구성하는 각 기기(ns)의 실제 운전 데이터는 통신망을 통해 통합제어기에 실시간으로 입력되고, 이 데이터에 기초하여 통합제어기에 내장된 프로그램에 의해 운전조건에 따른 기기(ns)의 성능(β)과 외기상태에 따른 기기(ns)의 성능(γ)이 주기적으로 업데이트된다.

그리고 공급측 시스템과 수요측 시스템을 구성하는 각 기기를 운전할 때 위밍업 시간이 요구될 뿐만 아니라 이들 기기의 운전은 건물의 예냉/예열 시간과 시스템의 잔냉/잔열시간을 고려하여야 하며, 따라서 본 발명에서는 통합제어기에 내장된 프로그램을 통해 공급측 시스템과 수요측 시스템을 구성하는 각 기기의 운전 스케줄은 각각 건물의 예냉/예열 시간, 시스템의 잔냉/잔열시간, 기기의 위밍업 시간을 고려하여 조정되도록 설정된다.

상기와 같은 과정에 의해 수요측 시스템과 공급측 시스템을 구성하는 각 기기의 운전 스케줄이 결정되고 나면, 이 운전 스케줄은 전체 공기조화시스템을 제어하는 통합제어기에 내장된 운전 프로그램에 의해 입력되어 저장되며, 따라서 통합제어기는 입력된 운전 스케줄에 따라 수요측 시스템과 공급측 시스템을 구성하는 각 기기의 운전을 통신망을 통해 제어하고, 이에 의해 공기조화시스템은 운전자의 도움 없이도 최적으로 무인 운전된다.

그리고 결정된 운전 스케줄에 따라 공급측 시스템 기기를 운전할 때에는 아래의 수학식 13에 의해 특정 시간대, 예를 들면 여름철 피크 시간대에서의 전력 사용량을 미리 예측하고, 이때 예측된 전력 사용량이 설정된 허용전력 이상으로 예상되는 경우에는 기기의 운전을 운전 스케줄에 따라 운전하지 않고 미리 설정된 운전 시나리오에 따라 수요측 시스템을 구성하는 기기의 전원을 중요도가 낮은 기기부터 순차적으로 차단시켜 가면서 운전하도록 설정함으로써 차단된 수요측 시스템의 요구열량만큼 공급측 시스템 기기의 운전부하가 경감되도록 하고, 만약 특정 시간대에서의 예측 전력 사용량이 허용전력 이하로 다시 내려간 경우에는 수요측 시스템 기기의 전원을 전원 차단순서와 역순으로, 중요도가 높은 기기부터 순차적으로 전원 공급을 자동으로 재개하도록 설정되며, 이러한 운전 시나리오의 입력과 설정은 통합제어기에 내장된 프로그램을 통해 이루어진다.

수학식 13

$$EEC(k, m) = \sum_{ns=1}^{NS} H(k, ns, m) E(k, ns, m) \beta(k, ns, m) \gamma(k, ns, m)$$

여기서, $EEC(k, m)$ 는 임의 시간(k)에서의 공급측 시스템의 전체 전기에너지 사용량을 나타내고, $H(k, ns, m)$ 는 임의 시간(k)에서 공급측 시스템 기기(ns)가 담당하게 될 열량이며, $E(k, ns, m)$ 은 요구열량을 공급하는데 사용되는 각 기기의 전기에너지 사용량이고, $\beta(k, ns, m)$ 는 운전조건에 따른 기기의 성능을 나타내며, $\gamma(k, ns, m)$ 는 외기상태에 따른 기기의 성능을 나타내고, m 은 냉방 ($m=0$)과 난방 ($m=1$)을 구분하는 색인값이다.

한편, 건물의 냉방 에너지를 절약하기 위해 공급측 시스템에 빙축열 시스템이 포함되는 경우가 많고, 이러한 빙

축열 시스템은 주로 전기에너지 요금이 낮은 심야전력 시간 중에 빙축이 이루어지도록 운전되는데, 이때에도 외기온도가 낮은 경우에 비해 외기온도가 높은 경우에 상대적으로 더 많은 전기에너지가 투입되어야 하며, 따라서 본 발명에서는 빙축열 시스템의 운전 스케줄을 결정할 때 심야전력 시간 중에 빙축 운전이 이루어지도록 하되, 이 경우에도 외기온도가 가장 낮은 것으로 예측된 시간을 기준으로 전후 시간에 운전이 이루어지도록 한다.

[0093]

이상 설명한 바와 같이 본 발명은 건물의 시간별 냉난방부하를 사전에 예측하고, 이 예측된 냉난방부하를 바탕으로 시간별, 계절별로 다른 에너지 요금과 열원별로 달라지는 기기의 성능을 고려하여 공기조화시스템을 운전하기 때문에 가장 경제적으로 운전할 수 있으며, 또한 이러한 운전이 통합제어기에 의해 자동적으로 이루어지기 때문에 숙련된 운전자 없이도 효과적인 무인 운전이 달성된다.

도면

도면1

