(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년03월26일
(11) 등록번호 10-1506215
(24) 등록일자 2015년03월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F24F 11/00 (2014.01)
(21) 출원번호 10-2015-0007941
(22) 출원일자 2015년01월16일
심사청구일자 2015년01월16일
(56) 선행기술조사문헌
KR101301123 B1
JP09060945 A
KR100830095 B1
논문_일사량 및 난방부하 예측에 관한 연구

(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, 도안신도시9블록트리풀시티아파트)
김태호
전라북도 부안군 부안읍 낭주길 5, 101동 901호 (대림낭주골아파트)
윤홍익
대전광역시 유성구 어은로 57, 132동 1203호 (어은동, 한빛아파트)
(74) 대리인
이문욱

전체 청구항 수 : 총 6 항 심사관 : 이백수

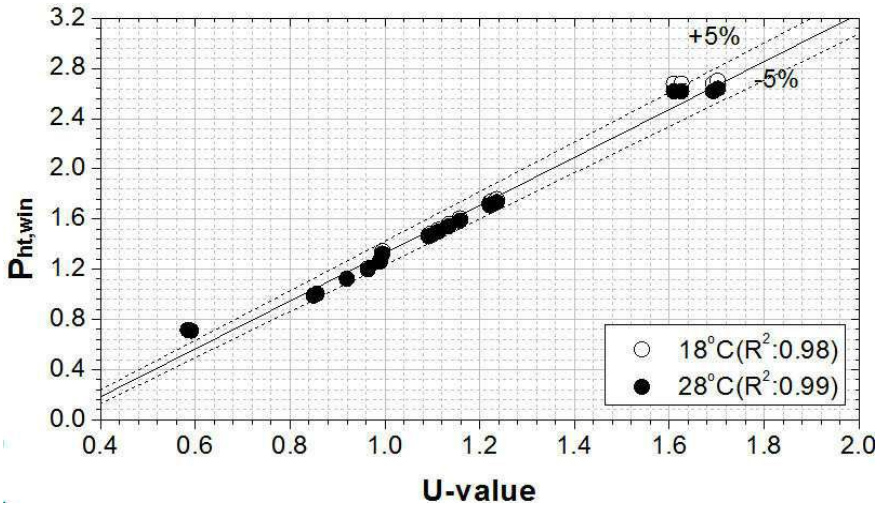
(54) 발명의 명칭 **예측 일사량을 이용한 냉난방부하 예측방법**

(57) 요 약

본 발명은 예측 일사량을 이용한 냉난방부하 예측방법에 관한 것으로, 냉난방부하는 수학식 4에 의해 계산하되, 일사부하($\dot{Q}_{sol}$)와 전열부하($\dot{Q}_{ht}$)는 각각 수학식 5 및 수학식 6에 의해 계산함으로써 창호와 벽체를 구분하고, 방위별로 다른 부하특성계수가 적용되도록 하는 것을 특징으로 하며, 이러한 구성에 의해 냉난방부하를

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



더욱 정확하게 예측할 수 있다.

[수학식 4]

$$\dot{Q} = \dot{Q}_s + \dot{Q}_l = \dot{Q}_{sol} + \dot{Q}_{ht} + \dot{Q}_{air} + \dot{Q}_{int}$$

[수학식 5]

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

[수학식 6]

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

특허청구의 범위

청구항 1

냉난방시스템에 구비된 자동제어장치에서 현열부하와 잠열부하를 합산함으로써 냉난방부하를 예측하는 방법에 있어서,

상기 냉난방부하는 수학식 4에 의해 계산하되, 일사부하($\dot{Q}_{sol}$)와 전열부하($\dot{Q}_{ht}$)는 각각 수학식 6 및 수학식 7에 의해 계산함으로써 창호와 벽체를 구분하고, 방위별로 다른 부하특성계수가 적용되도록 하는 것을 특징으로 하는 예측 일사량을 이용한 냉난방부하 예측방법.

[수학식 4]

$$\dot{Q} = \dot{Q}_s + \dot{Q}_l = \dot{Q}_{sol} + \dot{Q}_{ht} + \dot{Q}_{air} + \dot{Q}_{int}$$

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

[수학식 6]

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

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.

[수학식 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 2

청구항 1에 있어서,

상기 창호의 전열특성계수($P_{ht,win}$)와 벽체의 전열특성계수($P_{ht,wall}$)는 각각 총합열전달계수의 함수로서 각각 수학식 8과 수학식 9의 선형식에 의해 구하는 것을 특징으로 하는 예측 일사량을 이용한 냉난방부하 예측방법.

[수학식 8]

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

여기서, U_{win}는 창호의 총합열전달계수이고, i는 건물 냉난방 공간을 둘러싸고 있는 6개면의 방위를 나타내며, j는 건물의 한 방위면을 구성하는 창호 종류의 수를 나타내며, 상수 C_1, C_2는 다양한 종류의 창호에 대해 건물에너지 시뮬레이션 프로그램을 사용하여 구한다.

[수학식 9]

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

여기서, U_{wall}는 벽체의 총합열전달계수이고, i는 건물 냉난방 공간을 둘러싸고 있는 6개면의 방위를 나타내며, j는 건물의 한 방위면을 구성하는 벽체 종류의 수를 나타내고, 상수 C_3, C_4는 다양한 종류의 벽체의 구조에 대해 건물에너지 시뮬레이션 프로그램을 사용하여 구한다.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 창호의 일사특성계수($P_{sol,win}$)는 일사획득계수($SHGC$)의 함수로서 수학식 10에 의해 구하는 것을 특징으로 하는 예측 일사량을 이용한 냉난방부하 예측방법.

[수학식 10]

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

여기서, $SHGC$는 벽체의 일사획득계수, SC_{win}는 창호에 설치된 외부 차양장치의 일사차폐계수, i는 건물 냉난방 공간을 둘러싸고 있는 6개면의 방위를 나타내며, j는 건물의 한 방위면을 구성하는 창호 종류의 수를 나타내고, 상수 C_5, C_6, C_7은 다양한 종류의 창호에 대해 건물에너지 시뮬레이션 프로그램을 사용하여 구한다.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 벽체의 일사특성계수($P_{sol,wall}$)는 벽체의 태양흡수율(α)과 총합열전달계수(U_{wall})의 함수로서 수학식 11에 의해 구하는 것을 특징으로 하는 예측 일사량을 이용한 냉난방부하 예측방법.

[수학식 11]

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

여기서, α는 벽체의 태양흡수율, U_{wall}는 벽체의 총합열전달계수, SC_{wall}는 벽체에 설치된 외부 차양장치의 일사차폐계수, i는 건물 냉난방 공간을 둘러싸고 있는 6개면의 방위를 나타내고, j는 건물의 한 방위면을 구성하는 창호 종류의 수를 나타내며, 상수 C_8, C_9과 지수 n, m는 다양한 종류의 벽체의 구조에 대해 건물에너지 시뮬레이션 프로그램을 사용하여 구한다.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 방위별 매 시간의 예측 일사량(I_{sol})은 수학식 17에 의해 구하는 것을 특징으로 하는 예측 일사량을 이용한 냉난방부하 예측방법.

[수학식 17]

$$I_{sol}(i)=C_{sol}(i)I_{dh}+I_{diff}$$

여기서, C_{sol}은 직달일사방위계수로 수학식 18에 의해 구하고, I_{dh}는 수평면 직달일사량이고, I_{diff}는 산란일사량으로서 예측된 수평면 전일사량으로부터 직산분리 모델을 사용하여 구한다.

[수학식 18]

$$C_{sol}(i)=\frac{\cos(h)\cos(A-A_w(i))}{\sin(h)}$$

여기서 h는 태양고도, A는 태양의 방위각, A_w는 건물벽의 방위각을 나타내고, i는 건물 냉난방 공간을 둘러싸고 있는 6개면의 방위를 나타낸다.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 창호와 벽체의 전열특성계수($P_{ht,win}$, $P_{ht,wall}$)와 일사특성계수($P_{sol,win}$, $P_{sol,wall}$)는 유전자알고리즘을 사용하여 창호와 벽체의 전열조정계수($C_{ht,win}$, $C_{ht,wall}$)와 일사조정계수

($C_{sol,win}$, $C_{sol,wall}$)로 각각 조정되는 것을 특징으로 하는 예측 일사량을 이용한 냉난방부하 예측방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 냉난방부하 예측방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 냉난방시스템에 구비된 자동제어장치를 이용하여 공조대상 건물의 실내 온도를 적절하게 유지시키는 데에 필요한 냉난방부하를 더욱 정확하게 예측함으로써 냉난방시스템을 효과적이며 경제적으로 운용할 수 있도록 하는 냉난방부하 예측방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근 각 국에서는 화석에너지의 점진적인 고갈에 대응하고 지구환경을 개선하기 위해 에너지의 이용을 더욱 합리화하려는 노력을 경주하고 있는데, 이러한 에너지 이용의 합리화를 달성하기 위한 하나의 방안으로서 공조대상 건물에 대해 냉난방부하를 정확하게 예측하고, 이 예측된 냉난방부하를 근거로 냉난방시스템을 최적으로 운전하는 것을 들 수 있다.

[0003] 그러나 공조대상 건물의 냉난방부하를 예측하기가 쉽지 않기 때문에 냉난방시스템의 운전을 주로 운전자의 경험에 의존하여 왔으며, 그 결과 많은 경우에 있어서 운전자의 판단 실수 및 운전 미숙으로 인해 불필요한 전력이 소모되거나 냉난방공급량이 부족하여 사용자의 불편을 초래하는 경우가 종종 발생하였다.

[0004] 상기와 같은 문제를 해결하는 동시에 냉난방시스템을 좀 더 경제적으로 운전하기 위해 냉난방부하 예측방법에 관한 연구가 활발하게 진행되어 왔으나, 기존의 냉난방부하 예측방법들은 모두 복잡한 수학적, 통계학적 개념에 기초를 두고 이를 제어하는 방법이 주를 이루고 있고, 이에 따라 이에 대한 전문지식이 없는 운전자가 사용하기 어려운 문제가 있다. 또한 냉난방부하 예측을 적용해야하는 건물특성에 대한 입력값이 많이 필요하거나 과거 운전 데이터에 상당부분 의존하게 되어 있어 건물특성에 대한 입력값을 구할 수 없는 건물이나 과거 운전데이터가 부족한 건물에 적용하기가 어렵다는 또 다른 문제가 있다.

[0005] 이에 본 발명자 등은 상기와 같은 기존의 냉난방부하 예측방법이 가지는 문제점을 해결하기 위해 새로운 냉난방부하 예측방법을 제안하여 특허등록(특허 제10-1301123호)을 받은바 있는데, 이 냉난방부하 예측방법에서는 아래의 수학식 1 내지 수학식 3에서와 같이 건물의 공조대상 공간에 있어서의 현열부하와 잠열부하를 구한 다음, 이들을 더하여 냉방부하를 산출하는데 이때 현열부하는 수학식 2에 의해 구하고, 잠열부하는 수학식 3에 의해 구하고, 이때 현열부하계수(P_s)와 일사량계수(P_{sol})는 건물의 부하계산서 혹은 공조대상 공간의 면적에 의해 일의적으로 계산한다.

수학식 1

[0006] $$\dot{Q} = \dot{Q}_s + \dot{Q}_l = \dot{Q}_{sol} + \dot{Q}_{cond} + \dot{Q}_{air} + \dot{Q}_{int}$$

[0007] 여기서, $\dot{Q}$는 냉방부하, $\dot{Q}_s$는 현열부하, $\dot{Q}_l$는 잠열부하이고, $\dot{Q}_{sol}$은 태양복사열, $\dot{Q}_{cond}$는 전도열, $\dot{Q}_{air}$는 침입외기와 도입외기에 의한 열, $\dot{Q}_{int}$는 내부 발생열과 기타 열부하이다.

수학식 2

[0008] $$\dot{Q}_s = P_s(T_o - T_i) + P_{sol} I_{sol} + (1 - \ _s)\dot{m}_{ven}(h_{io} - h_i) + \dot{m}_{inf}(h_{io} - h_i) + C_s$$

[0009] 여기서, $\dot{Q}_s$는 현열부하, P_s는 현열부하계수, T_o는 외기온도, T_i는 실내온도, P_{sol}은 일사량계수, I_{sol}은 일사량, $_s$는 환기장치의 현열회수율, $\dot{m}_{ven}$은 환기에 의해 외부로부터 유입되는 공기의 양, h_{io}는 실내비습도와 외기온도가 만나는 점에서 공기의 엔탈피, h_i는 실내조건에서 공기의 엔탈피, $\dot{m}_{inf}$는 침입외기의 양, C_s는 현열부하 상수이다.

수학식 3

[0010] $$\dot{Q}_l = (1 - \ _l)\dot{m}_{ven}(h_{io} - h_i) + \dot{m}_{inf}(h_{io} - h_i) + C_l$$

[0011] 여기서, $\dot{Q}_l$는 잠열부하, $_l$는 환기장치의 잠열회수율, $\dot{m}_{ven}$은 환기에 의해 외부로부터 유입되는 공기의 양, h_{io}는 실내비습도와 외기온도가 만나는 점에서 공기의 엔탈피, h_i는 실내조건에서 공기의 엔탈피, $\dot{m}_{inf}$는 침입외기의 양, C_l은 잠열부하 상수를 나타낸다.

[0012] 즉, 상기 특허에서는 건물의 부하계산서 혹은 공조대상 공간의 면적에 의해 일의적으로 계산된 현열부하계수(P_s)와 일사량계수(P_{sol})를 이용하여 현열부하($\dot{Q}_s$)를 산출하는데, 실제에 있어서는 창호와 벽체에서의 전열부하와 일사부하 특성이 매우 다름에도 상기와 같이 창호와 벽체를 구별하지 않고 현열부하계수(P_s)와 일사량계수(P_{sol})를 하나로 도출하여 사용하게 되면 상당한 오차를 수반할 수 있다는 문제점이 있다.

[0013] 또한 창호와 벽체의 일사특성은 방위별로 매우 많이 다르며 전열특성도 방위별로 다를 수가 있음에도 위 특허에서와 같이 방위를 구별하지 않고 건물 전체 혹은 단일 존에 대하여 하나의 부하계수를 사용하는 것은 적절하지 않다. 그리고 건물의 부하계산서는 최대부하를 기준으로 작성하기 때문에 겨울철에는 일사부하를 고려하지 않고 여름철에도 일사부하를 정확하게 반영하기 어려우며 따라서 부하계산서로부터 부하계수를 도출하는 경우에도 상당한 오차를 수반할 수 있다.

[0014] 따라서 창호와 벽체에서의 전열부하와 일사부하 특성 및 방위별 일사특성 등을 고려한 새로운 냉난방부하 예측방법의 개발이 요구된다.

선행기술문헌

특허문헌

[0015] (특허문헌 0001) KR 10-0830095 B1

(특허문헌 0002) KR 10-1301123 B1

(특허문헌 0003) JP 2002-349937 A

발명의 내용

해결하려는 과제

[0016] 따라서 본 발명은 종래의 냉난방부하 예측방법이 가지는 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로, 공조대상 건물의 창호와 벽체를 구분하여 전열부하와 일사부하 특성을 고려하고, 방위별 일사특성 등을 반영하며, 부하계산서에 의존하지 않고 부하특성계수를 구함으로써 종래에 비해 더욱 정확한 예측 일사량을 이용한 냉난방부하 예측방법을 제공하는 데에 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0017] 상기와 같은 본 발명의 목적은 이용한 냉난방부하 예측방법을, 냉난방부하는 수학식 4에 의해 계산하되, 일사부하와 전열부하는 각각 수학식 6과 수학식 7에 의해 계산하는 것에 의해 달성된다.

[0018] [수학식 4]

[0019] $$\dot{Q} = \dot{Q}_s + \dot{Q}_l = \dot{Q}_{sol} + \dot{Q}_{ht} + \dot{Q}_{air} + \dot{Q}_{int}$$

[0020] [수학식 6]

[0021] $$\dot{Q}_{ht} = \sum_{i=1}^{6}\sum_{j=1}^{N}\{P_{ht,win}(i,j)A_{win}(i,j) + P_{ht,wall}(i,j)A_{wall}(i,j)\}(T_o - T_d)$$

[0022] [수학식 7]

[0023] $$\dot{Q}_{sol} = \sum_{i=1}^{6}\sum_{j=1}^{N}\{P_{sol,win}(i,j)A_{win}(i,j) + P_{sol,wall}(i,j)A_{wall}(i,j)\}I_{sol}(i)$$

[0024] 그리고 본 발명은 창호의 전열특성계수($P_{ht,win}$)와 벽체의 전열특성계수($P_{ht,wall}$)는 각각 총합열전달계수의 함수로서 각각 수학식 8과 수학식 9의 선형식에 의해 구하는 것을 특징으로 한다.

[0025] [수학식 8]

[0026] $$P_{ht,win}(i,j) = C_1 U_{win}(i,j) + C_2$$

[0027] [수학식 9]

[0028] $$P_{ht,wall}(i,j)=C_3U_{wall}(i,j)+C_4$$

[0029] 또한 본 발명은, 창호의 일사특성계수는 일사획득계수의 함수로서 수학식 10에 의해 구하는 것을 또 다른 특징으로 한다.

[0030] [수학식 10]

[0031] $$P_{sol,win}(i,j)=\left[C_5SHGC(i,j)^2+C_6SHGC(i,j)+C_7\right]SC_{win}(i,j)$$

[0032] 이에 더하여 본 발명은, 벽체의 일사특성계수는 벽체의 태양흡수율과 총합열전달계수의 함수로서 수학식 11에 의해 구하는 것을 또 다른 특징으로 한다.

[0033] [수학식 11]

[0034] $$P_{sol,wall}(i,j)=\left[C_8\alpha(i,j)^nU_{wall}(i,j)^m+C_9\right]SC_{wall}(i,j)$$

[0035] 더욱이 본 발명은, 방위별 매 시간의 예측 일사량은 수학식 17에 의해 구하는 것을 또 다른 특징으로 한다.

[0036] [수학식 17]

[0037] $$I_{sol}(i)=C_{sol}(i)I_{dh}+I_{dif}$$

[0038] 여기서, C_{sol} 은 직달일사방위계수로서 수학식 18에 의해 구한다.

[0039] [수학식 18]

[0040] $$C_{sol}(i)=\frac{\cos(h)\cos(A-A_w(i))}{\sin(h)}$$

[0041] 또한 본 발명은, 창호와 벽체의 전열특성계수와 일사특성계수는 유전자알고리즘을 사용하여 전열조정계수와 일사조정계수로 각각 조정되는 것을 또 다른 특징으로 한다.

발명의 효과

[0042] 본 발명은 공조대상 건물의 창호와 벽체에서의 전열부하와 일사부하 특성을 구분하고 방위별 일사특성 등을 반영함으로써 종래에 비해 더욱 정확하게 냉난방부하를 산출할 수 있다.

[0043] 또한 본 발명은 창호와 벽체의 전열특성계수와 일사특성계수를 각각 유전자알고리즘을 사용하여 전열조정계수와 일사조정계수로 조정함으로써 예측부하와 실측부하 사이의 불일치를 최소화할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0044] 도 1은 창호의 총합열전달계수의 변화에 따른 전열특성계수의 변화를 나타낸 그래프,

도 2는 벽체의 총합열전달계수의 변화에 따른 전열특성계수의 변화를 나타낸 그래프,

도 3은 창호의 일사획득계수의 변화에 따른 일사특성계수의 변화를 나타낸 그래프,

도 4는 2014년 1월 1달간의 본 발명에 따른 냉난방부하 예측방법에 의해 예측한 난방부하와 EnergyPlus에 의해 해석한 난방부하를 비교한 그래프,

도 5는 2014년 7월 1달간의 2014년 1월 1달간의 본 발명에 따른 냉난방부하 예측방법에 의해 예측한 냉방부하와 EnergyPlus에 의해 해석한 냉방부하를 비교한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0045] 이하에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 도시한 첨부 도면을 통해 본 발명의 구성과 작용을 더욱 상세히 설명한다. 그리고 이하에서 설명하는 본 발명의 냉난방부하 예측방법은 마이크로프로세서(microprocessor), 통신장치, 입력장치 및 디스플레이 등이 구비된 컴퓨터(PC)나 제어기를 통해 이행된다.

[0046] 본 발명은 종래에 비해 더욱 정확한 예측 일사량을 이용한 냉난방부하 예측방법을 제공하고자 하는 것으로, 이를 위해 본 발명은 공조대상 건물의 창호와 벽체를 구분하고 방위별로 전열특성계수와 일사특성계수 등의 부하특성계수를 고려하여 냉난방부하를 예측하는데, 이와 같이 본 발명에서 공조대상 건물에 있어서 창호와 벽체를 구분하고 방위별로 전열특성계수와 일사특성계수를 고려하는 것은 건물에 있어서 창호와 벽체는 서로 다른 냉난방부하 특성을 가지고, 방위별로 구조체의 종류가 다를 수 있으며, 또한 벽체에 작용하는 일사는 곧바로 건물의 냉난방부하로 작용하는 것이 아니라 벽체의 표면에 축적되어 온도 상승을 유발하고, 이로 인한 온도차로 인해 부하가 나타나게 되는 반면 창호는 일사를 투과시켜 건물에 직접 유입되기 때문에 건물 냉난방부하를 보다 정확하게 구하기 위한데 따른 것이다.

[0047] 이하에서는 본 발명의 창호와 벽체를 구분하고 방위별 부하특성계수를 고려한 냉난방부하를 예측하는 방법에 대해 상세히 설명한다.

[0048] 일반적으로 건물의 실내를 냉난방하기 위해 필요로 하는 냉난방부하에 영향을 미치는 부하(열)에는 유리와 벽체를 통과하는 태양복사열, 외기와 실내의 온도차에 의해 전달되는 열, 침입외기 및 도입외기에 의한 열, 인체나 실내기구의 내부발생열, 급기덕트의 손실을 포함한 기타부하 등이 있는데, 냉난방부하를 계산할 때에는 통상 아래의 수학식 4(위의 수학식 1과 실질적으로 동일)에서와 같이 구분하여 계산한다.

수학식 4

[0049] $$\dot{Q} = \dot{Q}_s + \dot{Q}_l = \dot{Q}_{sol} + \dot{Q}_{ht} + \dot{Q}_{air} + \dot{Q}_{int}$$

[0050] 여기서, $\dot{Q}$는 냉난방부하, $\dot{Q}_s$는 현열부하, $\dot{Q}_l$는 잠열부하를 나타내고, $\dot{Q}_{sol}$은 일사부하, $\dot{Q}_{ht}$는 전열부하, $\dot{Q}_{air}$는 환기부하, $\dot{Q}_{int}$는 내부부하를 나타낸다.

[0051] 본 발명은 위 수학식 4에 있어서 환기부하($\dot{Q}_{air}$)와 내부부하($\dot{Q}_{int}$)는 위의 특허 제10-1301123호에 개

시된 방법을 포함하는 종래의 부하 계산방법, 예를 들면 환기부하($\dot{Q}_{air}$)와 내부부하($\dot{Q}_{int}$)의 합을 아래의 수학식 5에 의해 구하고, 반면에 일사부하($\dot{Q}_{sol}$)와 전열부하($\dot{Q}_{ht}$)는 창호와 벽체를 구분하면서 방위별로 다른 부하특성계수(전열특성계수와 일사특성계수)를 적용하며, 따라서 다음의 수학식 6과 수학식 7에 의해 각각 구한다.

수학식 5

[0052] $$\dot{Q}_{air}+\dot{Q}_{int}=\dot{m}_a(h_{io}-h_i)(1-\eta_s)+C_s+\dot{m}_a(h_o-h_{io})(1-\eta_l)+C_l$$

[0053] 여기서, $\dot{m}_a$ 는 환기량, h_{io} 는 실내비습도와 외기온도가 만나는 점에서 공기의 엔탈피, h_i 는 실내조건에서 공기의 엔탈피, η_s 는 환기장치의 현열회수율, C_s 는 현열부하 상수이고, h_o 는 외기조건에서 공기의 엔탈피, η_l 는 환기장치의 잠열회수율, C_l 은 잠열부하 상수이다.

수학식 6

[0054] $$\dot{Q}_{ht}=\sum_{i=1}^{6}\sum_{j=1}^{N}\{P_{ht,win}(i,j)A_{win}(i,j)+P_{ht,wall}(i,j)A_{wall}(i,j)\}(T_o-T_d)$$

[0055] 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.

수학식 7

[0056] $$\dot{Q}_{sol}=\sum_{i=1}^{6}\sum_{j=1}^{N}\{P_{sol,win}(i,j)A_{win}(i,j)+P_{sol,wall}(i,j)A_{wall}(i,j)\}I_{sol}(i)$$

[0057] 여기서, $P_{sol,win}$ 과 $P_{sol,wall}$ 은 각각 창호와 벽체의 일사특성계수, I_{sol} 은 방위별 매 시간의 예측

일사량이고, A_{win} 및 A_{wall} 등은 위의 수학식 6에서와 같다.

[0058] 종래의 특허(특허 제10-1301123호)의 냉난방부하 계산방법에서는 부하특성계수를 건물 전체 혹은 단일 존에 대하여 부하계산서로부터 구하였으나, 본 발명에서와 같이 창호와 벽체를 구분하고 방위별로 달라지는 부하특성계수는 종래에서와 같이 부하계산서로부터 구할 수 없다. 따라서 본 발명에서는 에너지평형법에 근거한 건물에너지 시뮬레이션 프로그램을 사용하여 부하특성계수를 구하는데, 본 발명에서 사용한 건물에너지 시뮬레이션 프로그램은 현재 가장 널리 사용되고 있으면서 해석 정확도가 우수한 EnergyPlus이다.

[0059] 이하에서는 EnergyPlus를 사용하여 창호의 전열특성계수, 벽체의 전열특성계수, 창호의 일사특성계수 및 벽체의 일사특성계수를 구하는 방법을 각각 설명하고, 또한 예측한 수평면 전일사량으로부터 방위별 예측 일사량을 구하는 방법에 대해 상세히 설명한다.

[0060] (1) 창호의 전열특성계수($P_{ht,win}$)

[0061] 본 발명에서 창호에 대한 전열특성계수를 구하기 위해 EnergyPlus의 데이터베이스에서 제공하는 여러 종류(본 실험에서는 23개)의 창호에 대해 총합열전달계수와 전열특성계수 사이의 관계를 살펴보았는데, 그 결과 도 1에서와 같이 창호에 있어서 총합열전달계수와 전열특성계수는 선형적인 관계로 표현될 수 있음을 확인하였으며, 따라서 이를 수식화하면 아래의 수학식 8과 같이 표현할 수 있으므로 실제 설치된 창호에 대한 총합열전달계수(U_{win})를 수학식 8에 대입하면 창호의 전열특성계수($P_{ht,win}$)를 쉽게 구할 수 있다.

수학식 8

[0062] $$P_{ht,win}(i,j)=C_1 U_{win}(i,j)+C_2$$

[0063] 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_2는 각각 도 1의 그래프에서의 직선의 기울기와 절편으로서 다양한 종류의 창호의 구조에 대해 건물에너지 시뮬레이션 프로그램을 사용하여 구할 수 있고, i는 건물 냉난방 공간을 둘러싸고 있는 6개면의 방위를 나타내며, j는 건물의 한 방위면을 구성하는 창호 종류의 수를 나타낸다.

[0064] (2) 벽체의 전열특성계수($P_{ht,wall}$)

[0065] 본 발명에서는 건물을 구성하는 다양한 벽체의 구조를 고려한 부하특성계수를 구하기 위해 건물을 구성하는 벽체의 구조를 변수로 하여 각각의 변수를 3가지 조건으로 나누어 분석하였으나, 이때 변수의 조건을 매번 바꾸어 해석하게 되면 경우의 수가 지나치게 많아지기 때문에 이를 해결하기 위해 실험계획법을 이용하여 일정 개수(본 실험에서는 27개)의 벽체를 해석모델로 설정하고, 이들 해석모델에 대해 창호의 전열특성계수를 구할 때와 마찬

가지로 총합열전달계수와 전열특성계수 사이의 관계를 살펴보았으며, 그 결과 도 2에서와 같이 벽체에 있어서도 창호에 있어서와 똑같이 총합열전달계수와 전열특성계수는 선형적인 관계로 표현될 수 있음을 확인하였고, 따라서 이를 수식화하면 아래의 수학식 9와 같이 표현할 수 있으며, 실제 설치된 벽체에 대한 총합열전달계수(U_{wall})를 수학식 9에 대입하게 되면 벽체의 전열특성계수($P_{ht,wall}$)를 구할 수 있다.

수학식 9

[0066] $$P_{ht,wall}(i,j)=C_3 U_{wall}(i,j)+C_4$$

[0067] 여기서, U_{wall}는 벽체의 총합열전달계수로서 건물설계서 등에 이미 기재되어 있거나 또는 벽체의 구조를 알면 계산에 의해 쉽게 산출할 수 있으며, 상수 C_3, C_4도 각각 도 2의 그래프에서의 직선의 기울기와 절편으로서 다양한 종류의 벽체의 구조에 대해 건물에너지 시뮬레이션 프로그램을 사용하여 구할 수 있으며, i는 건물 냉난방 공간을 둘러싸고 있는 6개면의 방위를 나타내고, j는 건물의 한 방위면을 구성하는 벽체 종류의 수를 나타낸다.

[0068] (3) 창호의 일사특성계수($P_{sol,win}$)

[0069] 창호에 대한 일사특성계수를 구하기 위해 본 발명에서는 EnergyPlus의 데이터베이스에서 제공하는 여러 종류의 창호(본 실험에서는 207개)에 대하여 일사획득계수($SHGC$)와 일사특성계수($P_{sol,win}$) 사이의 관계를 살펴보았으며, 그 결과를 도 3에 나타내었다.

[0070] 도 3에 표시된 그래프에 대해 커브피팅(curve fitting)을 행하게 되면 창호에 대한 일사특성계수($P_{sol,win}$)는 아래의 수학식 9에서와 같이 일사획득계수($SHGC$)의 2차식으로 표현되며, 따라서 실제 설치된 창호에 대한 일사획득계수($SHGC$)를 수학식 10에 대입하면 창호의 일사특성계수($P_{sol,win}$)를 쉽게 구할 수 있다.

수학식 10

[0071] $$P_{sol,win}(i,j)=\left[C_5 SHGC(i,j)^2+C_6 SHGC(i,j)+C_7\right]SC_{win}(i,j)$$

[0072] 여기서, 상수 C_5, C_6 및 C_7는 각각 다양한 종류의 창호에 대해 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 되고, i는 건물 냉난방 공간을 둘러싸고 있는 6개면의 방위를 나타내고, j는 건물의 한 방위면을 구성하는 창호 종류의 수를 나타낸다.

[0073] (4) 벽체의 일사특성계수($P_{sol,wall}$)

[0074] 벽체에 대한 일사특성계수를 구하기 위해 본 발명에서는 실험계획법을 이용하여 일정 개수(본 실험에서는 27개)의 벽체를 전산 해석모델로 설정하고 벽체의 구조를 바꾸어 가면서 전산실험을 수행하였다. 전산실험을 통해 확인할 결과 벽체에 대한 일사특성계수($P_{sol,wall}$)는 아래의 수학식 11에서와 같은 태양흡수율(α)과 총합열전달계수(U_{wall})의 지수함수로 표현되며, 따라서 실제 설치된 벽체에 대한 태양흡수율(α)과 총합열전달계수(U_{wall})를 수학식 11에 각각 입력하게 되면 벽체의 일사특성계수($P_{sol,wall}$)를 구할 수 있다.

수학식 11

[0075] $$P_{sol,wall}(i,j)=\left[C_8\alpha(i,j)^n U_{wall}(i,j)^m+C_9\right]SC_{wall}(i,j)$$

[0076] 여기서, α는 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_9과 지수 n, m는 건물에너지 시뮬레이션 프로그램을 사용하여 구할 수 있고, SC_{wall}는 벽체에 설치된 외부 차양장치의 일사차폐계수로서 차양의 기하학적 형상과 방위를 고려하여 계산되며, i 및 j는 위 수학식 10에서와 같다.

[0077] (5) 방위별 일사량

[0078] 건물의 냉난방부하를 예측하기 위해 부하특성계수 외에 외기온도, 습도, 일사량에 대한 예측 정보가 필요한데, 이러한 예측 정보 중 외기온도와 습도는 기상청 등의 기상예보시스템이 제공하는 기상예보로부터 획득할 수 있지만 일사량에 대해서는 기상청에서 이들 기관에서 예보정보로서 제공하지 않기 때문에 본 발명자 등은 일사량에 대한 정보를 얻기 위해 기상청에서 제공하는 시간별 운량(CA)과 시간별 상대습도(RH) 및/또는 일교차(ΔT)를 구하여 시간별 청명도 지수(Kt)를 산출하고, 이 산출된 시간별 청명도 지수(Kt)를 이용하여 시간별 수평면 전일사량(I_T)을 예측하는 방법을 개발하여 특허출원(출원번호: 10-2014-0194891)한 바 있

으며, 이하에서는 본 발명자 등이 개발한 시간별 수평면 전일사량(I_T)을 예측하는 방법에 대해 설명한다.

[0079] 시간별 수평면 전일사량(I_T)을 예측하기 위해서는 먼저 기상청으로부터 기상데이터를 획득하고, 이 획득된 기상데이터로부터 시간별 운량(CA)과 시간별 상대습도(RH) 및 일교차(ΔT)를 구하여 시간별 청명도 지수(Kt)를 산출한다.

[0080] 여기서 청명도 지수(Kt)란 대기권 밖의 일사량이 수평면에 최대로 도달했을 때와 실제로 수평면에 도달한 일사량의 비를 의미하고, 이러한 청명도 지수(Kt)는 아래의 수학식 12와 같이 정의할 수 있다.

[0081]

수학식 12

$$K_t = \frac{I_T}{I_o \sin(h)}$$

[0082]

[0083] 여기서, I_T 는 수평면 전일사량, I_o 는 대기권 밖 일사량, h 는 태양의 고도이다.

[0084] 위의 수학식 12에서 청명도 지수(Kt)와 대기권 밖 일사량(I_o) 및 태양고도(h)를 이용하여 수평면 총일사량(I_T)을 구할 수 있는데, 여기서 대기권 밖의 일사량(I_o)과 태양의 고도(h)는 이미 알려져 있는 값이다.

[0085] 본 발명자는 여러 가지의 기상데이터 중에서 어떤 기상데이터가 시간별 청명도 지수(Kt)와 가장 연관되어 있는지를 확인하기 위해 과거 5년간(2009년 ~ 2013년)의 대전지방 기상청 실측데이터로부터 피어슨(Pearson) 상관관계를 분석하였으며, 그 결과는 아래의 표 1과 같다.

[0086] 피어슨 상관관계란 두 변량 X, Y 사이의 선형적인 상관관계의 정도를 나타내는 계수로서 1에 가까울수록 높은 양의 상관관계를 가지고, -1에 가까울수록 높은 음의 상관관계를 가지는 반면, 계수가 0에 가까울수록 상관관계가 없음을 의미한다.

표 1

[0087]

구분	시간별 청명도 지수(Kt)와의 상관계수
시간별 운량	-0.800

평균운량	-0.755
12시 운량	-0.732
시간별 온도	0.02
최고온도	0.02
최저온도	-0.179
일교차	0.601
시간별 습도	-0.699
최고습도	-0.334
최저습도	-0.627
습도차	0.572

[0088] 피어슨 상관관계를 통해 위의 표 1로부터 시간별 청명도 지수(Kt)는 운량 에서는 시간별 운량(CA), 습도에서는 시간별 상대습도(RH), 온도는 일교차(ΔT)와 높은 상관관계가 있음을 확인할 수 있다.

[0089] 따라서 본 발명에서는 일사량에 가장 큰 영향을 미치는 시간별 운량(CA)과 시간별 상대습도(RH)를 독립변수로 선정하여 시간별 청명도 지수(Kt)를 아래의 수학식 13과 같은 상관관계식을 사용하여 구한다.

수학식 13

[0090] $$Kt = D_1 + D_2 CA + D_3 CA^2 + D_4 CA^3 + D_5 RH + D_6 RH^2 + D_7 RH^3$$

[0091] 여기서, Kt는 청명도 지수, CA는 시간별 운량, RH는 시간별 상대습도이다.

[0092] 위 수학식 13에 있어서 상관관계식의 계수는 지역마다 다를 수 있는데, 본 발명에서는 대전 지역의 과거 5년간 기상청 실측데이터를 입력 데이터로 사용함으로써 상관관계식의 계수를 구하였으며, 그 결과는 아래의 표 2와 같으며, 이때 기상청에서는 3시간 간격으로 운량을 제공하며, 따라서 본 발명에서는 시간별 운량을 구하기 위해 보간법을 사용하였다.

표 2

[0093]

구분	계수
D_1	0.8277
D_2	-0.1185e-1
D_3	0.6370e-3
D_4	-0.3739e-3
D_5	-0.5191e-2

D_6	0.9571e-4
D_7	-0.8066e-6

[0094] 상기와 같은 과정에 의해 시간별 일사량에 있어서 시간별 운량과 시간별 상대습도가 반영된 청명도 지수(Kt)에 대한 상관관계식이 결정되고 나면 이 상관관계식에 기상청으로부터 예보된 시간별 운량과 상대습도를 입력함으로써 시간별 청명도 지수(Kt)를 구한다.

[0095] 상기 과정에 의해 청명도 지수(Kt)가 산출되고 나면, 이 시간별 청명도 지수(Kt)를 아래의 수학식 14에 대입하여 시간별 수평면 총일사량(I_T)을 예측한다.

수학식 14

[0096] $$I_T = K_t I_o \sin(h)$$

[0097] 여기서, I_T는 시간별 수평면 전일사량, Kt는 청명도 지수, I_o는 대기권 밖 일사량, h는 태양의 고도이다.

[0098] 여기서 우리나라 기상청은 3시간 간격으로 상대습도를 예보하는데, 따라서 본 발명에서는 보간법을 사용하여 시간별 상대습도를 구한다.

[0099] 또한 우리나라 기상청은 운량을 예보하지 않고, 그 대신 3시간 간격으로 하늘 상태(맑음, 구름조금, 구름많음, 흐림)로 예보하기 때문에 이들 하늘상태를 아래의 표 3에서와 같이 0~10의 운량으로 환산하여 사용하며, 3시간 간격의 운량은 보간법을 사용하여 시간별 운량으로 변환한다.

표 3

[0100]

하늘상태	맑음	구름조금	구름많음	흐림
CA	1	4	7	9.5

[0101] 그리고 위에서는 기상청에서 3시간 간격으로 예보하는 하늘 상태를 기준으로 시간별 운량을 구하는 것으로 하여 설명하였으나, 이와 달리 기상정보기관인 Accuweather에서는 구름의 양을 0~100%로 예보하여 제공하기 때문에 이 구름의 양을 10으로 나누어 0~10의 운량으로 사용할 수도 있다.

[0102] 앞서 설명한 바와 같이 피어슨 상관관계를 통해 시간별 청명도 지수(Kt)는 시간별 운량(CA)과 시간별 상대습도(RH) 및 일교차(ΔT)와 높은 관계가 있는데, 따라서 위에서는 상기 3가지의 높은 상관관계를 가지는 변량 중 시간별 운량(CA)과 시간별 상대습도(RH)를 독립변수로 선정하여 시간별 청명도 지수

(Kt)를 구하는 것으로 하여 설명하였다.

[0103] 그러나 위에서 살펴본 바와 같이 하루 중의 일교차(ΔT)도 이들 시간별 운량(CA)과 시간별 상대습도(RH)와 마찬가지로 일사량에 큰 영향을 미치며 일교차는 상대습도에 비해 예보 정확도가 높다. 따라서 또 다른 실시예로서 청명도 지수(Kt)를 산출할 때 시간별 운량(CA)과 일교차를 독립변수로 선정하여 시간별 청명도 지수(Kt)를 구하며, 이때 시간별 청명도 지수(Kt)는 아래의 수학식 15로부터 구할 수도 있다.

수학식 15

[0104] $$Kt=D_1+D_2CA+D_3CA^2+D_4CA^3+D_5\Delta T+D_6\Delta T^2+D_7\Delta T^3$$

[0105] 여기서, Kt는 청명도 지수, CA는 시간별 운량, ΔT는 일교차이다.

[0106] 위 수학식 15에 있어서 상관관계식의 계수는 지역마다 다를 수 있고, 본 발명에서는 앞에서와 마찬가지로 대전 지역의 과거 5년간 기상청 실측데이터를 입력 데이터로 사용함으로써 상관관계식의 계수를 구하였으며, 그 결과는 아래의 표 4와 같으며, 이때 기상청에서는 3시간 간격으로 운량을 제공하며, 따라서 본 발명에서는 시간별 운량을 구하기 위해 보간법을 사용하였다.

표 4

[0107]

구분	계수
D_1	0.8277
D_2	-0.1185e-1
D_3	0.6370e-3
D_4	-0.3739e-3
D_5	-0.5191e-2
D_6	0.9571e-4
D_7	-0.8066e-6

[0108] 한편, 건물에 영향을 미치는 일사량은 직달일사량과 산란일사량으로 나눌 수 있으며, 직달일사량은 대기권 밖 일사가 대기를 투과한 후 건물에 직접 도달하는 일사량을 말하고, 산란일사량은 대기의 수증기, 먼지 등에 의해 산란되어 건물에 도달하는 일사량으로서 등방성 가진다. 이미 잘 알려진 Erbs 모델 등과 같은 직산분리 모델을 사용하면 수평면 전일사량을 직달일사량과 산란일사량으로 분리할 수 있는데, 이때 직산분리에 의해 구분된 직

달일사량은 수평면 직달일사량이기 때문에 수직면에 대한 직달일사량을 구하기 위해서는 다시 아래의 수학식 16에서와 같이 수평면 직달일사량을 변환하여야 한다.

수학식 16

[0109]
$$I_{dv}(i)=\frac{\cos(h)\cos(A-A_w(i))}{\sin(h)}I_{dh}$$

[0110] 여기서 I_{dv}는 수직면의 직달일사량, I_{dh}는 수평면 직달일사량, h는 태양고도, A는 태양의 방위각, A_w는 건물벽의 방위각을 나타내며, i는 건물 냉난방 공간을 둘러싸고 있는 6개면의 방위를 나타낸다.

[0111] 따라서 건물이 받는 총일사량(I_{sol})은 각 방위별로 받는 직달일사량과 산란일사량의 합으로서 아래의 수학식 17에 의해 계산한다.

수학식 17

[0112]
$$I_{sol}(i)=C_{sol}(i)I_{dh}+I_{diff}$$

[0113] 여기서, C_{sol}은 직달일사방위계수로 아래의 수학식 18에 의해 구하고, I_{dh}는 수평면 직달일사량, I_{diff}는 산란일사량이다.

수학식 18

[0114]
$$C_{sol}(i)=\frac{\cos(h)\cos(A-A_w(i))}{\sin(h)}$$

[0115] 여기서 h는 태양고도, A는 태양의 방위각, A_w는 건물벽의 방위각을 나타내며, i는 건물 냉난방 공간을 둘러싸고 있는 6개면의 방위를 나타낸다.

[0116] 본 발명자 등은 이상 설명한 바와 같은 본 발명의 냉난방부하 예측방법의 유효성을 확인하기 위해 겨울을 대표하는 달인 1월과 여름을 대표하는 달인 7월 각각 1달 동안의 시간별 냉난방부하를 본 발명에 따라 계산한 결과와 EnergyPlus로 해석한 결과를 비교하였으며, 그 결과를 도 4 및 도 5에 각각 나타내었다.

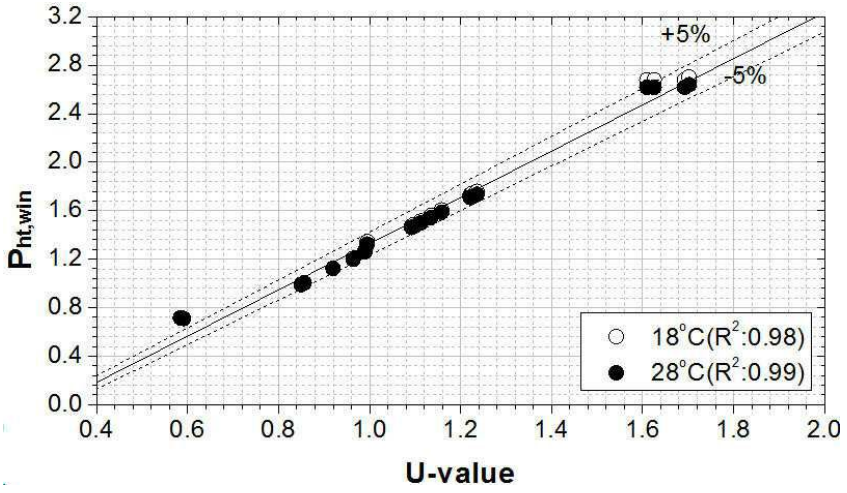
[0117] 도 4 및 도 5에 있어서 실선은 본 발명의 냉난방부하 예측방법으로 계산한 냉난방부하이고, 점선은 EnergyPlus로 해석한 냉난방부하로서 +(plus)는 난방부하를 -(minus)는 냉방부하를 의미하며, 시간에 따른 부하변화 경향과 부하의 크기 모두 매우 잘 일치한다는 것을 확인할 수 있다.

[0118] 위의 결과는 본 발명에 따라 예측한 건물의 냉난방부하로서 이러한 예측된 냉난방부하는 실제의 부하(실측부하)와 차이가 있을 수 있으며, 따라서 본 발명에서는 유전자알고리즘을 이용하여 부하특성계수를 보정하게 되면 이들 간의 오차를 대폭 줄일 수 있는데, 이를 위해 창호와 벽체의 전열특성계수($P_{ht,win}(i,j)$, $P_{ht,wall}(i,j)$)에 전열조정계수($C_{ht,win}$, $C_{ht,wall}$)를 각각 곱하고, 창호와 벽체의 일사특성계수($P_{sol,win}(i,j)$, $P_{sol,wall}(i,j)$)에 일사조정계수($C_{sol,win}$, $C_{sol,wall}$)를 각각 곱한 다음, 유전자알고리즘을 사용하여 건물의 예측부하와 실측부하의 오차가 최소가 되는 창호와 벽체의 전열조정계수($C_{ht,win}$, $C_{ht,wall}$)와 일사조정계수($C_{sol,win}$, $C_{sol,wall}$)를 구하여 보정하며, 이와 같이 유전자알고리즘을 사용하여 변수(본 발명에서는 부하특성계수)를 보정하는 절차와 방법은 이미 잘 알려져 있으므로 이에 대한 상세한 설명은 생략한다.

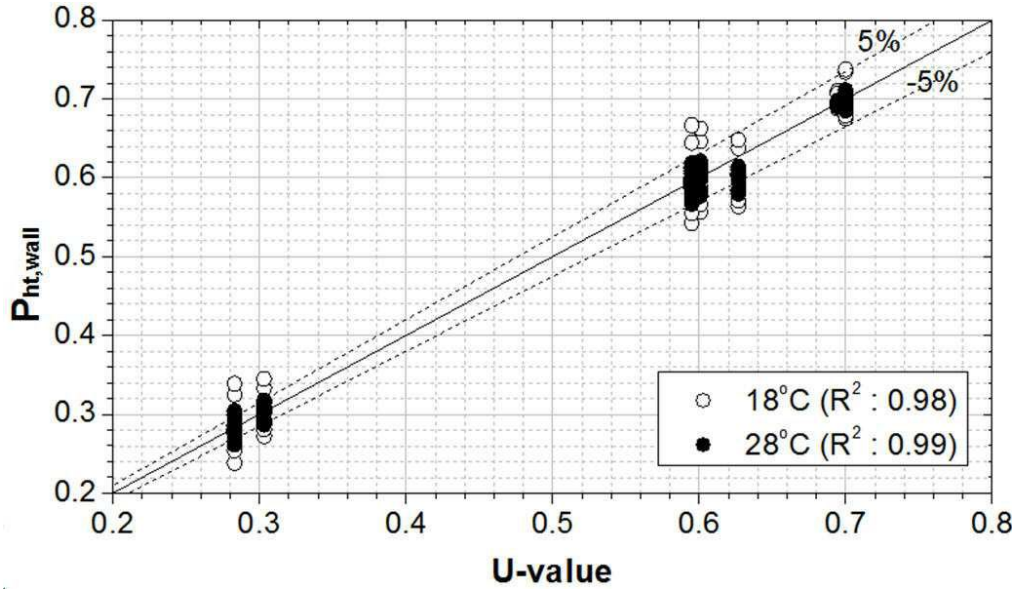
[0119] 이상 설명한 바와 같이 본 발명은 공조대상 건물의 창호와 벽체에서의 전열부하와 일사부하 특성을 구분하고, 방위별 일사특성 등을 반영함으로써 냉난방부하를 더욱 정확하게 예측할 수 있다.

도면

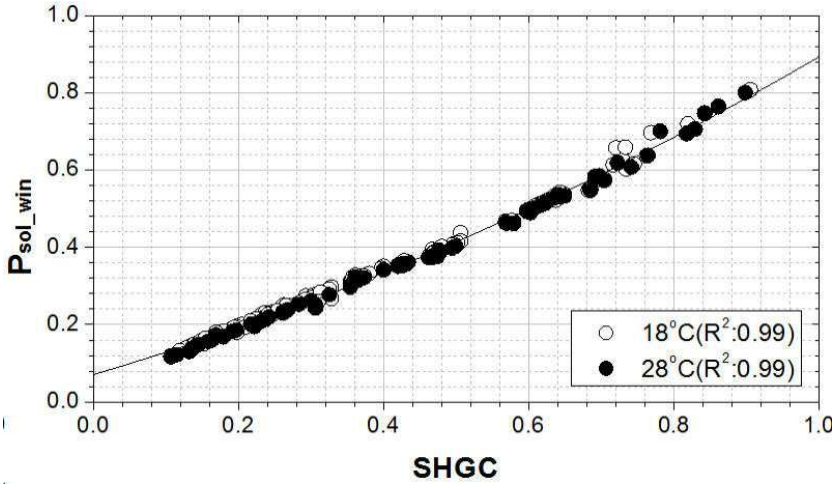
도면1



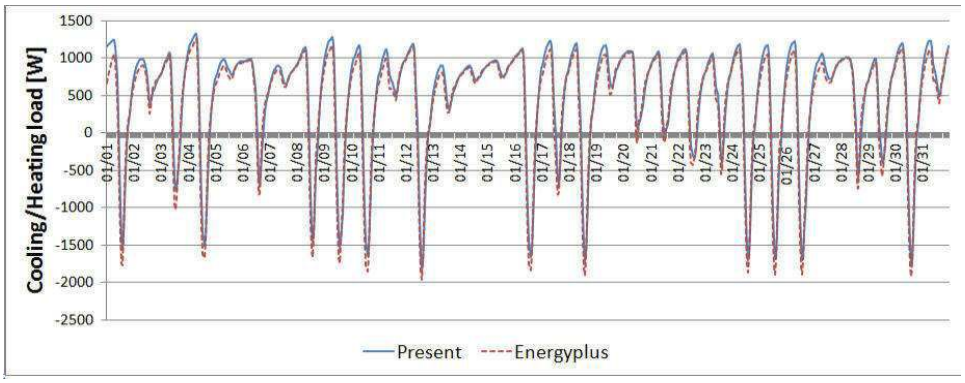
도면2


0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
$P_{ht,wall}$
U-value
5%
-5%
18°C (R^2 : 0.98)
28°C (R^2 : 0.99)

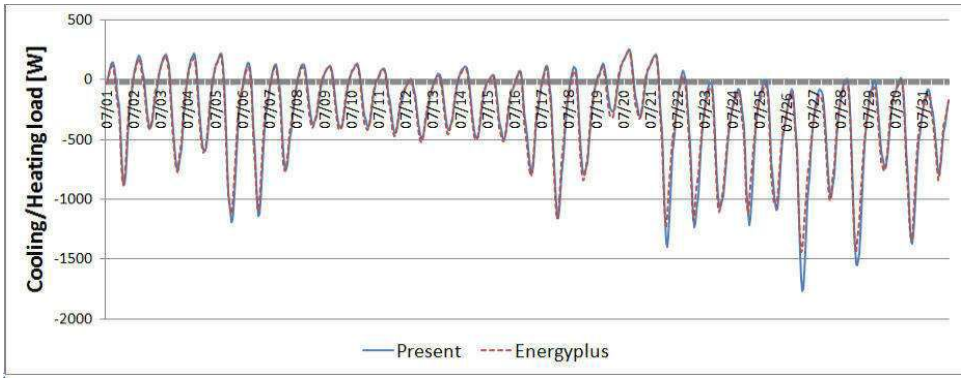
도면3


1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
P_{sol_win}
SHGC
18°C(R^2:0.99)
28°C(R^2:0.99)

도면4


1500
1000
500
0
-500
-1000
-1500
-2000
-2500
Cooling/Heating load [W]
01/01
01/02
01/03
01/04
01/05
01/06
01/07
01/08
01/09
01/10
01/11
01/12
01/13
01/14
01/15
01/16
01/17
01/18
01/19
01/20
01/21
01/22
01/23
01/24
01/25
01/26
01/27
01/28
01/29
01/30
01/31
Present
Energyplus

도면5


Cooling/Heating load [W]
500
0
-500
-1000
-1500
-2000
07/01
07/02
07/03
07/04
07/05
07/06
07/07
07/08
07/09
07/10
07/11
07/12
07/13
07/14
07/15
07/16
07/17
07/18
07/19
07/20
07/21
07/22
07/23
07/24
07/25
07/26
07/27
07/28
07/29
07/30
07/31
Present
Energyplus