



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년12월14일
(11) 등록번호 10-1928654
(24) 등록일자 2018년12월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F24T 10/00 (2018.01) G06F 17/11 (2006.01)
(52) CPC특허분류
F24T 10/00 (2018.05)
F25B 30/06 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0069693
(22) 출원일자 2017년06월05일
심사청구일자 2017년06월05일
(56) 선행기술조사문헌
JP2007085675 A*
KR1020160038981 A*
JP2013108655 A*
KR1020140108818 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
지에스건설 주식회사
서울특별시 종로구 종로 33 (청진동)
인하대학교 산학협력단
인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)
(72) 발명자
장용성
경기도 용인시 처인구 이동면 덕성리 백옥대로 388
주경남
서울특별시 노원구 노원로 29 4동 205호 (공릉동, 태능우성아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
이동희

전체 청구항 수 : 총 6 항

심사관 : 김석중

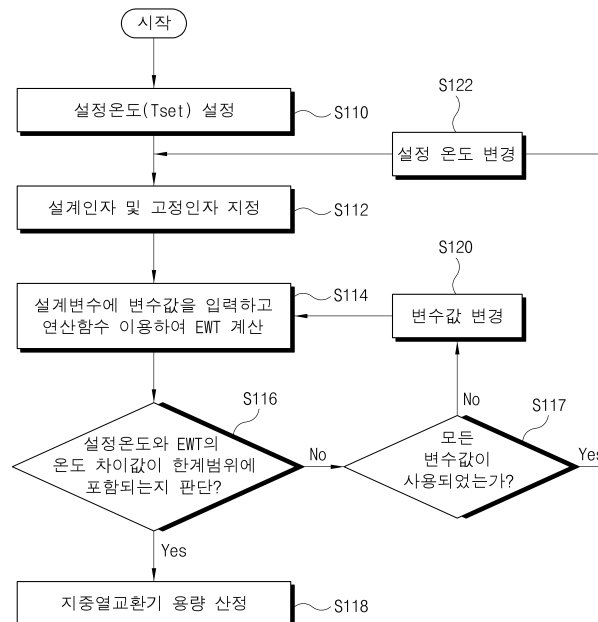
(54) 발명의 명칭 지열히트펌프 시스템에서의 지중열교환기 용량산정방법

(57) 요약

본 발명은 지열히트펌프 시스템에서의 지중열교환기 용량산정방법에 관한 것으로, 본 발명에 따른 지중열교환기 용량산정방법은, 히트펌프의 운전조건에 부합하도록 임의로 설정하여 설정온도(Tset)로 입력하는 제1단계와; 설치공간이나 설치여건을 고려하여, 지중열교환기의 개수(N), 지중열교환기의 깊이(H) 및 지중열교환기의 간격(B)

(뒷면에 계속)

대표도 - 도3



의 3가지 설계인자 중 적어도 하나를 설계변수로 지정하고, 지정된 설계변수를 제외한 나머지 설계인자는 지정된 상수값을 갖는 고정인자로 입력하는 제2단계와; 설정된 범위 내의 임의의 값을 상기 설계변수의 변수값으로 하여, 지중열교환기 출구온도(EWT)를 계산하는 제3단계와; 상기 설정온도(Tset)와 계산된 상기 지중열교환기의 출구온도(EWT)의 온도 차이값이 '0'의 값에 근접한 값의 범위로 미리 설정된 한계범위 내에 포함되는지 판단하는 제4단계와; 상기 온도 차이값이 상기 한계범위 내에 포함되면, 상기 설계변수로 입력된 값 및 상기 고정인자의 상수값을 지중열교환기의 개수(N), 지중열교환기의 깊이(H) 및 지중열교환기의 간격(B)으로 하여 지중열교환기의 용량을 산정하는 제5단계를 구비한다.

(52) CPC특허분류

F25B 49/02 (2013.01)

G06F 17/11 (2013.01)

F24T 2010/56 (2018.05)

F24T 2201/00 (2018.05)

F25B 2313/002 (2013.01)

(72) 발명자

김의종

인천광역시 동구 송현로 39, 202동 1502호

박승훈

경기도 고양시 덕양구 세솔로 105, 1709동 1403호

명세서

청구범위

청구항 1

히트펌프, 상기 히트펌프와 열교환하는 지열열교환기, 상기 히트펌프와 열교환하여 냉난방이 되는 건물을 포함하는 지열히트펌프 시스템에서의 지중열교환기 용량산정방법에 있어서:

상기 지중열교환기에 상기 히트펌프로 유입되는 지중열교환기의 출구온도(EWT:Entering Water Temperature)를, 상기 히트펌프의 운전조건에 부합하도록 임의로 설정하여 설정온도(Tset)로 입력하는 제1단계와;

설치공간이나 설치여건을 고려하여, 지중열교환기의 개수(N), 지중열교환기의 깊이(H) 및 지중열교환기의 간격(B)의 3가지 설계인자 중 적어도 하나를 설계변수로 지정하고, 지정된 설계변수를 제외한 나머지 설계인자는 지정된 상수값을 갖는 고정인자로 입력하는 제2단계와;

설정된 범위 내의 임의의 값을 상기 설계변수의 변수값으로 하여, 모델링된 지중열교환기 모델을 적용하고 에너지 보존법칙과 열전달 방정식들을 이용하여 지중열교환기 출구온도(EWT)를 계산하는 제3단계와;

상기 설정온도(Tset)와 계산된 상기 지중열교환기의 출구온도(EWT)의 온도 차이값이 '0'의 값에 근접한 값의 범위로 미리 설정된 한계범위 내에 포함되는지 판단하는 제4단계와;

상기 온도 차이값이 상기 한계범위 내에 포함되면, 상기 설계변수로 입력된 값 및 상기 고정인자의 상수값을 지중열교환기의 개수(N), 지중열교환기의 깊이(H) 및 지중열교환기의 간격(B)으로 하여 지중열교환기의 용량을 산정하고,

상기 온도 차이값이 상기 한계범위에 포함되지 않으면, 상기 설계변수로 입력되는 상기 변수값을 변경하여 상기 온도 차이값이 상기 한계범위 내에 포함될 때까지 상기 제3단계 및 상기 제4단계를 반복수행하는 제5단계를 구비하고,

상기 지중열교환기 모델은, 원형 단면에 복수의 지중열교환기들이 배치되고, 중심에 위치한 지중열교환기를 동일한 간격(B)만큼 이격된 6개의 지중열교환기들이 둘러싸는 형태로 복수 개(N)의 지중열교환기가 지면으로부터 일정 깊이(H)로 매립되는 배열구조를 가지며, 경계와 가장 근접한 지중열교환기와 경계와의 간격은 'B/2'이고, 경계와 가장 근접한 지중열교환기는 동일한 간격(B) 만큼 이격된 3개의 지중열교환기가 인접되는 배열구조를 가지고,

상기 제3단계에서,

상기 지중열교환기 출구온도(EWT)는, 복수의 지중열교환기들에 대하여 각각의 지중열교환기 출구온도(EWT)를 계산하고, 이를 산술평균하는 방식으로 계산되고,

상기 제3단계에서,

6개의 지중열교환기들에 의해 둘러싸여지는 중심에 위치한 지중열교환기의 출구온도(EWT)는, 아래의 수학적식 1 내지 6을 이용하여 계산되고,

경계와 가장 근접한 지중열교환기의 출구온도(EWT)는, 아래의 수학적식 1 내지 3 및 수학적식 5 내지 7을 이용하여, 계산됨을 특징으로 하는 지열히트펌프 시스템에서의 지중열교환기 용량산정방법.

[수학적식1]

$$Q_g = Q_b \times \begin{cases} \left(1 + \frac{1}{COP_C}\right); \text{냉방운전시} \\ \left(1 - \frac{1}{COP_H}\right); \text{난방운전시} \end{cases}$$

[수학식 2]

$$LWT = \frac{Q_g}{m \times N \times C_p} + EWT_0$$

[수학식 3]

$$q_1 = m \times C_p \times (LWT - T_1)$$

[수학식 4]

$$q_2 = k \times 0.7H \times B \times \frac{(T_2 - T_1)}{B} \times 6$$

[수학식 5]

$$q_3 = m \times C_p \times (T_1 - EWT)$$

[수학식 6]

$$q_1 + q_2 = q_3$$

[수학식 7]

$$q_2 = \left(k \times 0.7H \times B \times \frac{(T_g - T_3)}{\frac{B}{2}} \right) + \left(k \times 0.7H \times B \times \frac{(T_2 - T_3)}{B} \times 3 \right)$$

$$= 1.4kH(T_g - T_3) + 0.7kH(T_2 - T_3)$$

(여기서, N은 지중열교환기의 개수, H는 지중열교환기의 깊이, B는 지중열교환기의 간격, k는 지중의 열전도도(W/mK), m은 작동유체 유량(kg/s), Cp는 작동유체 비열(J/kg·K), Tg는 지중온도(℃), EWT₀는 지중열교환기 출구온도(EWT) 초기값(℃), LWT는 지중열교환기 입구온도(℃), Q_g는 지중부하, Q_b는 건물부하, COP_H는 난방 운전시 히트펌프 성능계수, COP_C는 냉방 운전시 히트펌프 성능계수, 'q₁'은 지중열교환기 입구부터 중심점까지의 지중열교환기 배관내의 유체의 이동에 의해 발생하는 Y방향 열전달을 의미하고, 'q₃'은 지중열교환기 중심점에서 출구까지의 지중열교환기 배관내의 유체의 이동에 의해 발생하는 Y방향 열전달을 의미하고, 'q₂'는 인접 지중열교환기로부터의 전도(conduction)에 의해 발생하는 X방향 열전달을 의미하고, T₁은 중심에 위치한 계산대상 지중열교환기의 중심점 온도를 의미하고, T₂는 계산대상 지중열교환기에 인접된 지중열교환기의 중심점 온도를 의미하고, T₃는 경계와 가장 근접한 계산대상 지중열교환기의 중심점 온도를 의미하고, Tg는 지중 온도를 의미한다.)

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 설계변수는 최대값과 최소값이 미리 설정되고, 상기 설계변수는 최대값과 최소값의 범위에 속하는 임의의 변수값으로 하여 상기 수학식에 입력됨을 특징으로 하는 지열히트펌프 시스템에서의 지중열교환기 용량산정방법.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 제5단계에서, 설정된 범위 내의 가능한 모든 변수값이 상기 설계변수로 입력된 경우에도 상기 온도 차이값이 상기 한계범위 내에 포함되지 않으면, 상기 제1단계의 상기 설정온도를 변경하는 설정온도 변경단계와;

변경된 상기 설정온도를 바탕으로 상기 제2단계 내지 상기 제5단계를 수행하는 재수행 단계를 더 구비함을 특징으로 하는 지열히트펌프 시스템에서의 지중열교환기 용량산정방법.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 재수행 단계에서, 설정된 범위 내의 가능한 모든 변수값이 상기 설계변수로 입력된 경우에도 상기 온도 차이값이 상기 한계범위 내에 포함되지 않으면, 상기 제2단계의 상기 설계변수 중 적어도 하나를 고정인자로 변경하거나, 상기 고정인자 중 적어도 하나를 상기 설계변수로 변경하는 단계와;

변경된 상기 설계변수 또는 상기 고정인자를 바탕으로 상기 제3단계 내지 상기 제5단계를 수행하는 단계를 더 구비함을 특징으로 하는 지열히트펌프 시스템에서의 지중열교환기 용량산정방법.

청구항 9

청구항 6에 있어서,

상기 제5단계에서, 설정된 범위 내의 가능한 모든 변수값이 상기 설계변수로 입력된 경우에도 상기 온도 차이값이 상기 한계범위 내에 포함되지 않으면, 상기 제2단계의 상기 설계변수 중 적어도 하나를 고정인자로 변경하거나, 상기 고정인자 중 적어도 하나를 상기 설계변수로 변경하는 변수 변경단계와;

변경된 상기 설계변수 또는 고정인자를 바탕으로 상기 제3단계 내지 상기 제5단계를 수행하는 재수행단계를 더 구비함을 특징으로 하는 지열히트펌프 시스템에서의 지중열교환기 용량산정방법.

청구항 10

청구항 7에 있어서,

상기 재수행 단계에서, 설정된 범위 내의 가능한 모든 변수값이 상기 설계변수로 입력된 경우에도 상기 온도 차이값이 상기 한계범위 내에 포함되지 않으면, 상기 제1단계의 상기 설정온도를 변경하는 단계와;

변경된 상기 설정온도를 바탕으로 상기 제2단계 내지 상기 제5단계를 수행하는 단계를 더 구비함을 특징으로 하

는 지열히트펌프 시스템에서의 지중열교환기 용량산정방법.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명은 지열히트펌프 시스템에서의 지중열교환기 용량산정방법에 관한 것으로, 보다 구체적으로는, 지열히트펌프 시스템의 주요 설계인자인 지중열교환기의 출구온도(EWT)가 설계조건에 부합하도록 최적화 알고리즘을 이용하여 지중열교환기의 용량을 산정할 수 있는 지열히트펌프 시스템에서의 지중열교환기 용량산정방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 일반적으로, 지열히트펌프 시스템은 지중열교환기와 히트펌프를 포함하며, 지중열교환기로부터의 지중 열원을 흡수 또는 방출하며 히트펌프와 연계된 건물에 대해서 냉방 및 난방을 수행하는 공기조화기이다. 지열히트펌프 시스템은 냉방 시에는 건물 내의 열을 지중으로 방출하고, 난방 시에는 지중의 열을 흡수하여 건물 내로 공급함으로써 냉방 및 난방 운전을 행한다.
- [0003] 이러한 지열히트펌프 시스템에서 지중열교환기 내부를 순환 후 히트펌프로 유입되는 지중열교환기 출구온도(EWT:Entering Water Temperature)는 히트펌프의 성능을 결정하는 주요인자이며, 동일한 지중 부하조건에서도 지중열교환기의 개수 및 배열 간격, 지중 특성에 따라 값이 달라진다. 일반적으로 지중열교환기 출구온도(EWT)의 최대 거동 범위는 시스템 설계자에 의도에 의해 결정되며, 설계 시 최소 10년 이상의 장기간 시스템 운전 조건에서 지중열교환기 출구온도(EWT)의 거동범위가 설계 범위 내에서 유지되는지 파악하는 것이 중요하다.
- [0004] 지중열교환기를 과잉으로 설계하면 설계자가 정한 지중열교환기 출구온도(EWT)의 최대 및 최소 범위에 동떨어져 설계의도를 반영하지 못하고 초기 투자비 상승을 초래한다. 반면, 지나치게 축소된 길이로 설계하게 되면 지중열교환기 출구온도(EWT)가 설계 범위를 넘어서고 경우에 따라서는 히트펌프 수용 범위를 넘어서 시스템이 제대로 작동하지 않게 되는 문제점을 야기하게 된다.
- [0005] 따라서 장기간 운전 상황에서 지중열교환기의 출구온도(EWT)가 설계 조건에 근접하도록 지중열교환기의 용량을 최적으로 산정하는 것이 필요하다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0006] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허공보 제10-0955393호(2010.04.21.)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 따라서, 본 발명의 목적은 상기한 종래의 문제점을 극복할 수 있는 지열히트펌프 시스템에서의 지중열교환기 용량산정방법을 제공하는 데 있다.
- [0008] 본 발명의 다른 목적은 히트펌프 시스템의 주요 설계인자인 지중열교환기 출구온도(EWT)가 설계조건에 부합되도록 최적화 알고리즘을 이용하여 지중열교환기의 용량을 산정할 수 있는 지열히트펌프 시스템에서의 지중열교환기 용량산정방법을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

- [0009] 상기한 기술적 과제들의 일부를 달성하기 위한 본 발명의 구체화에 따라, 본 발명에 따른 히트펌프, 상기 히트펌프와 열교환하는 지열열교환기, 상기 히트펌프와 열교환하여 냉난방이 되는 건물을 포함하는 지열히트펌프 시스템에서의 지중열교환기 용량산정방법은, 상기 지중열교환기에 상기 히트펌프로 유입되는 지중열교환기의 출구온도(EWT:Entering Water Temperature)를, 상기 히트펌프의 운전조건에 부합하도록 임의로 설정하여 설정온도(Tset)로 입력하는 제1단계와; 설치공간이나 설치여건을 고려하여, 지중열교환기의 개수(N), 지중열교환기의 깊

이(H) 및 지중열교환기의 간격(B)의 3가지 설계인자 중 적어도 하나를 설계변수로 지정하고, 지정된 설계변수를 제외한 나머지 설계인자는 지정된 상수값을 갖는 고정인자로 입력하는 제2단계와; 설정된 범위 내의 임의의 값을 상기 설계변수의 변수값으로 하여, 모델링된 지중열교환기 모델을 적용하고 에너지 보존법칙과 열전달 방정식들을 이용하여 지중열교환기 출구온도(EWT)를 계산하는 제3단계와; 상기 설정온도(Tset)와 계산된 상기 지중열교환기의 출구온도(EWT)의 온도 차이값이 '0'의 값에 근접한 값의 범위로 미리 설정된 한계범위 내에 포함되는지 판단하는 제4단계와; 상기 온도 차이값이 상기 한계범위 내에 포함되면, 상기 설계변수로 입력된 값 및 상기 고정인자의 상수값을 지중열교환기의 개수(N), 지중열교환기의 깊이(H) 및 지중열교환기의 간격(B)으로 하여 지중열교환기의 용량을 산정하고, 상기 온도 차이값이 상기 한계범위에 포함되지 않으면, 상기 설계변수로 입력되는 상기 변수값을 변경하여 상기 온도 차이값이 상기 한계범위 내에 포함될 때까지 상기 제3단계 및 상기 제4단계를 반복수행하는 제5단계를 구비한다.

[0010] 상기 지중열교환기 모델은, 원형 단면에 가장 중심에 위치한 지중열교환기를 동일한 간격(B)만큼 이격된 6개의 지중열교환기들이 둘러싸는 형태로 복수 개(N)의 지중열교환기가 지면으로부터 일정 깊이(H)로 매립되는 배열구조를 가지며, 경계와 가장 근접한 지중열교환기와 경계와의 간격은 'B/2'이고, 경계와 가장 근접한 지중열교환기는 동일한 간격(B) 만큼 이격된 3개의 지중열교환기가 인접되는 배열구조를 가질 수 있다.

[0011] 상기 제3단계에서, 상기 지중열교환기 출구온도(EWT)는, 복수의 지중열교환기들에 대하여 각각의 지중열교환기 출구온도(EWT)를 계산하고, 이를 산술평균하는 방식으로 계산될 수 있다.

[0012] 상기 제3단계에서, 6개의 지중열교환기들에 의해 둘러싸여지는 중심에 위치한 지중열교환기의 출구온도(EWT)는, 아래의 수학적 식 1 내지 6을 이용하여 계산될 수 있다.

[0013] [수학적식 1]

$$Q_g = Q_b \times \begin{cases} \left(1 + \frac{1}{COP_C}\right); \text{냉방운전시} \\ \left(1 - \frac{1}{COP_H}\right); \text{난방운전시} \end{cases}$$

[0014]

[0015] [수학적식 2]

$$LWT = \frac{Q_g}{m \times N \times C_p} + EWT_0$$

[0016]

[0017] [수학적식 3]

$$q_1 = m \times C_p \times (LWT - T_1)$$

[0018]

[0019] [수학적식 4]

$$q_2 = k \times 0.7H \times B \times \frac{(T_2 - T_1)}{B} \times 6$$

[0020]

[0021] [수학적식 5]

$$q_3 = m \times C_p \times (T_1 - EWT)$$

[0022]

[0023] [수학적식 6]

$$q_1 + q_2 = q_3$$

[0024]

[0025] (여기서, N은 지중열교환기의 개수, H는 지중열교환기의 깊이, B는 지중열교환기의 간격, k는 지중의 열전도도 (W/mK), m은 작동유체 유량(kg/s), Cp는 작동유체 비열(J/kg · K), Tg는 지중온도(℃), EWT₀는 지중열교환기 출구온도(EWT) 초기값(℃), LWT는 지중열교환기 입구온도(℃), Q_g는 지중부하, Q_b는 건물부하, COP_H는 난방 운전시 히트펌프 성능계수, COP_C는 냉방 운전시 히트펌프 성능계수, 'q₁'은 지중열교환기 입구부터 중심점까지의 지중열교환기 배관내의 유체의 이동에 의해 발생하는 Y방향 열전달을 의미하고, 'q₃'은 지중열교환기 중심점에서 출구까지의 지중열교환기 배관내의 유체의 이동에 의해 발생하는 Y방향 열전달을 의미하고, 'q₂'는 인접 지중열교환기로부터의 전도(conduction)에 의해 발생하는 X방향 열전달을 의미하고, T1은 중심에 위치한 계산대상 지중열교환기의 중심점 온도를 의미하고, T2는 계산대상 지중열교환기에 인접된 지중열교환기의 중심점 온도를 의미한다.)

[0026] 상기 제3단계에서,

[0027] 경계와 가장 근접한 지중열교환기의 출구온도(EWT)는, 아래의 수학적식 1 내지 3 및 수학적식 5 내지 7을 이용하여 계산될 수 있다.

[0028] [수학적식 1]

$$Q_g = Q_b \times \begin{cases} \left(1 + \frac{1}{COP_C}\right) ; \text{냉방운전시} \\ \left(1 - \frac{1}{COP_H}\right) ; \text{난방운전시} \end{cases}$$

[0029]

[0030] [수학적식 2]

$$LWT = \frac{Q_g}{m \times N \times C_p} + EWT_0$$

[0031]

[0032] [수학적식 3]

$$q_1 = m \times C_p \times (LWT - T_3)$$

[0033]

[0034] [수학적식 5]

$$q_3 = m \times C_p \times (T_3 - EWT)$$

[0035]

[0036] [수학적식 6]

$$q_1 + q_2 = q_3$$

[0037]

[0038] [수학적식 7]

$$\begin{aligned} q_2 &= \left(k \times 0.7H \times B \times \frac{(T_g - T_3)}{\frac{B}{2}}\right) + \left(k \times 0.7H \times B \times \frac{(T_2 - T_3)}{B} \times 3\right) \\ &= 1.4kH(T_g - T_3) + 0.7kH(T_2 - T_3) \end{aligned}$$

[0039]

[0040] (여기서, N은 지중열교환기의 개수, H는 지중열교환기의 깊이, B는 지중열교환기의 간격, k는 지중의 열전도도 (W/mK), m은 작동유체 유량(kg/s), Cp는 작동유체 비열(J/kg · K), Tg는 지중온도(℃), EWT₀는 지중열교환기 출

구온도(EWT) 초기값($^{\circ}\text{C}$), LWT는 지중열교환기 입구온도($^{\circ}\text{C}$), Q_g 는 지중부하, Q_b 는 건물부하, COP_H 는 난방 운전시 히트펌프 성능계수, COP_C 는 냉방 운전시 히트펌프 성능계수, ' q_1 '은 지중열교환기 입구부터 중심점까지의 지중열교환기 배관내의 유체의 이동에 의해 발생하는 Y방향 열전달을 의미하고, ' q_3 '은 지중열교환기 중심점에서 출구까지의 지중열교환기 배관내의 유체의 이동에 의해 발생하는 Y방향 열전달을 의미하고, ' q_2 '는 인접 지중열교환기로부터의 전도(conduction)에 의해 발생하는 X방향 열전달을 의미하고, T2는 계산대상 지중열교환기에 인접된 지중열교환기의 중심점 온도를 의미하고, T3는 경계와 가장 근접한 계산대상 지중열교환기의 중심점 온도를 의미하고, T_g 는 지중 온도를 의미한다.)

[0041] 상기 설계변수는 최대값과 최소값이 미리 설정되고, 상기 설계변수는 최대값과 최소값의 범위에 속하는 임의의 변수값으로 하여 상기 수학식에 입력될 수 있다.

[0042] 상기 5단계에서, 설정된 범위 내의 가능한 모든 변수값이 상기 설계변수로 입력된 경우에도 상기 온도 차이값이 상기 한계범위 내에 포함되지 않으면, 상기 제1단계의 상기 설정온도를 변경하는 설정온도 변경단계와; 변경된 상기 설정온도를 바탕으로 상기 제2단계 내지 상기 제5단계를 수행하는 제수행 단계를 더 구비할 수 있다.

[0043] 상기 제수행 단계에서, 설정된 범위 내의 가능한 모든 변수값이 상기 설계변수로 입력된 경우에도 상기 온도 차이값이 상기 한계범위 내에 포함되지 않으면, 상기 제2단계의 상기 설계변수 중 적어도 하나를 고정인자로 변경하거나, 상기 고정인자 중 적어도 하나를 상기 설계변수로 변경하는 단계와; 변경된 상기 설계변수 또는 상기 고정인자를 바탕으로 상기 제3단계 내지 상기 제5단계를 수행하는 단계를 더 구비할 수 있다.

[0044] 상기 5단계에서, 설정된 범위 내의 가능한 모든 변수값이 상기 설계변수로 입력된 경우에도 상기 온도 차이값이 상기 한계범위 내에 포함되지 않으면, 상기 제2단계의 상기 설계변수 중 적어도 하나를 고정인자로 변경하거나, 상기 고정인자 중 적어도 하나를 상기 설계변수로 변경하는 변수 변경단계와; 변경된 상기 설계변수 또는 고정인자를 바탕으로 상기 제3단계 내지 상기 제5단계를 수행하는 제수행단계를 더 구비할 수 있다.

[0045] 상기 제수행 단계에서, 설정된 범위 내의 가능한 모든 변수값이 상기 설계변수로 입력된 경우에도 상기 온도 차이값이 상기 한계범위 내에 포함되지 않으면, 상기 제1단계의 상기 설정온도를 변경하는 단계와; 변경된 상기 설정온도를 바탕으로 상기 제2단계 내지 상기 제5단계를 수행하는 단계를 더 구비할 수 있다.

발명의 효과

[0046] 본 발명에 따르면, 지열히트펌프 시스템의 주요 설계인자인 지중열교환기 출구온도(EWT)가 설계조건에 부합하도록 최적화 알고리즘을 통해 지중열교환기의 용량을 산출함에 의해, 지나친 투자비 상승을 최소화 또는 방지하고, 시스템 운영비 및 시스템 안정화의 최적화를 이룰 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

- [0047] 도 1은 본 발명의 실시예들에 따른 지열히트펌프 시스템의 개략도이다.
- 도 2는 본 발명에 따른 지중열교환기 용량산정 방법의 제1실시예를 나타낸 동작순서도이다.
- 도 3은 본 발명에 따른 지중열교환기 용량산정 방법의 제2실시예를 나타낸 동작순서도이다.
- 도 4는 본 발명에 따른 지중열교환기 용량산정 방법의 제3실시예를 나타낸 동작순서도이다.
- 도 5는 도 4의 과정에서 설계변수 및 고정인자 선정예를 도시한 것이다.
- 도 6은 지중열교환기의 용량산정 과정을 나타낸 표이다.
- 도 7은 본 발명에 사용되는 지중열교환기 배열구조를 간략화하여 나타낸 모델이다.
- 도 8은 도 7의 A-A'의 단면구조를 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0048] 이하에서는 본 발명의 바람직한 실시예가, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명의 철저한 이해를 제공할 의도 외에는 다른 의도 없이, 첨부한 도면들을 참조로 하여 상세히 설명될 것이다.

[0049] 도 1은 본 발명의 실시예들에 따른 지열히트펌프 시스템의 개략도이다.

- [0050] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 지열히트펌프 시스템(100)은 지중열교환기(110), 히트펌프(120), 냉난방을 필요로 하는 건물(130)을 구비한다.
- [0051] 상기 히트펌프(120)는 냉매를 압축시키는 압축기(122), 냉매와 지중을 순환하는 지중순환수가 열교환을 행하는 열원측 열교환기(124), 건물(130)을 순환하는 부하 순환수가 냉매와 열교환하는 부하측 열교환기(126)를 구비한다. 이외에 통상의 기술자에게 잘 알려진 구성요소가 포함될 수 있으며, 통상의 히트펌프(120)의 구성을 가질 수 있다. 상기 지중순환수는 일명 작동유체라고도 불리며, 물이나, 물과 메탄올의 혼합물, 물과 에틸알콜의 혼합물 등을 다양한 종류 및 다양한 혼합 비율로 만들어진 부동액이 사용된다.
- [0052] 이러한 히트펌프(120)는 열원측 열교환기(124) 및 부하측 열교환기(126)가 상기 지중열교환기(110) 및 건물(130)과 연결될 수 있도록 제조사에서 하나의 모듈유닛으로 만들어져 출하된다. 이러한 히트펌프(120)는 상기 지중열교환기(300)를 흐르는 작동유체의 유량이 일정한 값으로 고정된 상태에서 설계되어 운전된다.
- [0053] 상기 지중열교환기(110)는 지중에 매립되어 열원측 열교환기(124)를 통과하면서 히트펌프(1120)의 냉매와 열교환하는 작동유체를 통해 지중의 열원과 열교환시킨다. 상기 지중열교환기(110)는 수직 밀폐형 지중열교환기가 적용될 수 있다.
- [0054] 도 2는 본 발명의 실시예들에 따른 지열히트펌프 시스템에서의 지중열교환기 용량산정 방법의 제1실시예를 나타낸 동작순서도이다.
- [0055] 본 발명의 실시예들에 따른 지열히트펌프 시스템에서의 지중열교환기 용량 산정은, 본 발명에 따른 용량산정을 위한 최적화 알고리즘을 사용하여 최적의 지중열교환기 용량을 산정하게 된다.
- [0056] 도 2에 도시된 바와 같이, 지중열교환기 용량산정 방법은 제1단계로, 우선적으로 히트펌프를 선정하고 선정된 히트펌프(120)에 대하여 히트펌프의 운전조건에 부합하도록 상기 지중열교환기(110)에서 상기 히트펌프(120)로 유입되는 작동유체의 온도인 지중열교환기 출구온도(EWT:Entering Water Temperature)를 임의로 설정하여 설정온도(Tset)로 하여 입력하게 된다(S110).
- [0057] 지중열교환기(110) 내부를 순환 후 히트펌프(120)로 유입되는 지중열교환기 출구온도(EWT-Entering Water Temperature)는 열펌프의 성능을 결정하는 주요인자이며, 동일한 지중 부하조건에서도 지중열교환기의 개수 및 배열 간격, 지중 특성에 따라 값이 달라진다.
- [0058] 지중열교환기의 출구온도(EWT)의 최대 거동 범위는 시스템 설계자에 의도에 의해 결정되며, 설계 시 최소 10년 이상의 장기간 시스템 운전 조건에서 지중열교환기 출구온도(EWT)의 거동이 설계 범위 내에서 유지될 것이 요구된다.
- [0059] 따라서 이러한 여러 가지 조건을 고려하여 상기 설정온도(Tset)를 임의로 결정하여 입력하게 된다.
- [0060] 다음 제2단계로, 상기 설정온도(Tset)가 설정되어 입력되면, 설치공간이나 설치여건을 고려하여, 지중열교환기의 개수(N), 지중열교환기의 깊이(또는 지중열교환기의 길이)(H) 및 지중열교환기의 간격(B)의 3가지 설계인자 중 적어도 하나를 설계변수로 지정하고, 지정된 설계변수를 제외한 나머지 설계인자는 지정된 상수값을 갖는 고정인자로 지정하게 된다(S112).
- [0061] 상기 설계변수 및 고정인자의 선택은 설치공간이나 설치여건을 고려하여 정해진다.
- [0062] 예를 들어, 지중열교환기(110)를 설치할 공간이 충분히 여유가 있다면 지중열교환기의 간격(B), 개수(N), 또는 깊이(H)에 구애받지 않으므로 3가지 설계인자를 모두 설계변수로 선택할 수 있으며, 이 경우는 고정인자가 없는 경우가 된다. 그러나 공간적 여유가 없을 경우에는 지중열교환기의 간격(B)과 개수(N)를 고정인자로 하고 설계변수로 깊이(H)를 설계변수를 선택해야 한다. 도 5에 도시된 바와 같이, 설치공간(사각형표시부분)이 충분하지 못할 때에는 지중열교환기(사각형 안의 원으로 표시된 부분)의 간격(B)과 개수(N)를 정해두고 깊이(H)를 설계변수로 지정하게 된다.
- [0063] 도 5의 (a)는 지중열교환기를 4m 간격으로 설치할 경우, 최대 설치할 수 있는 지중열교환기의 개수(N)가 67개를 나타낸다. 이때에는 설계변수로 지중열교환기 깊이(H) 하나만을 선택하고, 간격(B)과 개수(N)는 고정인자가 되어 각각 4와 67의 고정된 상수값으로 지정되게 된다. 한정된 공간이기에 간격(B)이 정해지면 개수(N)는 부합하여 정해지게 된다.
- [0064] 이때 본 발명에 따라 상기 설정온도(Tset)가 30℃로 설정된 경우 그에 부합하는 결과로 H=265가 도출되었고, 이

에 따라 최적 용량은 지중열교환기 총 길이(L)인 17.8km(265m×67)로 산정할 수 있다는 것을 의미한다.

- [0065] 그리고, 도 5의 (b)에 도시된 바와 같이, 간격(B)이 5m인 경우에는 그 공간 상에서 최대 설치할 수 있는 지중열교환기는 54개임을 나타내고 이때에는 설계변수로 지중열교환기 깊이(H) 하나만을 선택하고, 간격(B)과 개수(N)는 고정인자가 되어 각각 5와 54의 고정된 상수값으로 지정되게 된다. 이때 본 발명에 따라 상기 설정온도(Tset)가 30℃로 설정된 경우 그에 부합하는 결과로 H=294가 도출되었고, 이에 따라 최적 용량은 지중열교환기 총 길이(L)인 15.9km(294m×54)로 산정할 수 있다는 것을 의미한다.
- [0066] 또한 도 5의 (c)에 도시된 바와 같이, 간격(B)이 6m인 경우에는 그 공간상에서 최대 설치할 수 있는 지중열교환기는 45개임을 나타내고 이때에는 설계변수로 지중열교환기 깊이(H) 하나만을 선택하고, 간격(B)과 개수(N)는 고정인자가 되어 각각 6과 45의 고정된 상수값으로 지정되게 된다. 이때 상기 설정온도(Tset)가 30℃로 설정된 경우 본 발명에 따라 도출된 지중열교환기의 길이는 H=321로 도출되었고, 이에 따라 최적 용량은 지중열교환기 총 길이(L)인 14.5km(321m×45)로 산정할 수 있다는 것을 의미한다.
- [0067] 다른 예로, 지중열교환기의 간격(B)은 시공할 때에 어려움이 없도록 3m~4m 이상 간격을 두고 설치하게 되므로, 상기 지중열교환기 개수(N)와 깊이(H)를 설계변수로 선택하고 지중열교환기 간격(B)은 고정인자로 지정되어 현장 여건에 맞게 상수값으로 결정되어 입력되게 된다. 이 경우 본 발명에 따른 용량산정방법에 따른 최적화 알고리즘을 수행하게 되면, 최적의 개수(N)와 깊이(H)가 도출되게 된다.
- [0068] 또 다른 예로, 정부나 지자체에서 지중열교환기 깊이(H)를 150m 이상으로 설치할 경우 보조금을 지급하는 경우가 있으며, 지중열교환기 깊이(H)가 지나치게 깊어지게 되는 경우 지중열교환기 작동유체를 지하심부에서 지표 근처로 끌어올리기 위해 고출력의 펌프가 필요하게 되는 경우가 있다. 이런 경우에는 펌프 출력이나 보조금 지급여부에 따라 지중열교환기 깊이(H)를 정해진 상수값의 고정인자로 결정하고 지중열교환기의 개수(N)와 간격(B)만을 설계변수로 지정하는 것도 가능하다.
- [0069] 깊이(H), 간격(B), 개수(N) 중 어떤 설계인자를 설계변수 또는 고정인자로 지정할것인지 여부는 설치여건이나 현장 여건에 따라 달라질 수 있으나 통상적으로는 지중열교환기 간격(B)과 개수(N)를 고정인자로 하여 정해두고 지중열교환기의 깊이(H)를 설계변수로 하여 최적의 깊이(H)를 도출하는 것이 일반적이다.
- [0070] 여기서 고정인자의 경우는 상수값으로 정해져 있어 설계변수로 변동되는 과정이 없는 한, 값의 변동의 여지가 없으나, 상기 설계변수의 경우는 설정된 범위 내에서 임의의 변수값으로 하여 후술하는 수학식에 입력되는 것이 가능하다.
- [0071] 이를 위해 상기 설계변수는 최대값과 최소값이 미리 설정되고, 상기 설계변수는 최대값과 최소값의 범위에 속하는 임의의 변수값으로 하여 수학식에 입력되게 된다. 설계변수의 입력값은 최소값에서 최대값까지 또는 최대값에서 최소값까지 순차적으로 입력되도록 하는 것도 가능하고, 설정범위 내에서 무작위로 선정되어 입력되도록 하는 것도 가능하다.
- [0072] 상기 설계변수와 상기 고정인자가 정해지면, 제3단계로, 설정된 범위 내의 임의의 값을 상기 설계변수의 변수값으로 하여 아래의 수학식들에 대입하여 지중열교환기 출구온도(EWT)를 계산한다(S114).
- [0073] 상기 지중열교환기 출구온도(EWT)의 계산을 위해서는 우선적으로 냉난방의 대상이 되는 건물(130)의 건물부하 및 선정된 히트펌프(120)의 성적계수(COP)로부터 지중특성을 고려한 지중부하를 계산한다.
- [0074] 여기서 상기 건물부하는 ISO 13790를 바탕으로 한 국제표준으로 통용되는 방법을 이용할 수 있으며, 건물에 출입하는 열에너지를 잘 알려진 열평형 방정식에 근거하여 계산하게 된다. 건물부하 계산방식은 통상의 기술자에게 잘 알려져 있으며, 미리 계산되어 주어지는 경우도 있다. 1년 동안의 건물부하를 계산하며 실내의 온도가 기상 조건에 의해 설정온도보다 상승할 경우 냉방부하가 계산되며, 설정온도보다 실내의 온도가 낮아질 경우 난방부하가 계산된다. 따라서 여름철 건물부하는 냉방부하가 지배적이며 겨울철은 난방부하가 지배적이다.
- [0075] 상기 지중부하(Qg)는 다음의 수학식1에 의해 계산 가능하다.

[0076] [수학식1]

$$Q_g = Q_b \times \begin{cases} 1 + \frac{1}{COP_C} & ; \text{냉방운전시} \\ 1 - \frac{1}{COP_H} & ; \text{난방운전시} \end{cases}$$

[0077]

[0078] (여기서 Q_g 는 지중부하, Q_b 는 건물부하, COP_H 는 난방 운전시 히트펌프 성능계수, COP_C 는 냉방 운전시 히트펌프 성능계수를 의미한다.)

[0079] 상기 지중부하(Q_g)가 계산되면, 본 발명에 의해 간략화된 지중열교환기 모델을 이용하고 에너지 보존법칙과 열전달 방정식들을 이용하여 지중열교환기 출구온도(EWT)를 계산하게 된다.

[0080] 본 발명에 사용되는 지중열교환기 모델은 도 7 및 도 8에 도시된다. 도 7은 본 발명에 사용되는 지중열교환기 배열구조를 간략화하여 나타낸 모델이고, 도 8은 도 7의 A-A'의 단면구조를 나타낸 것이다.

[0081] 도 7 및 도 8에 도시된 바와 같이, 지중열교환기 모델은, 원형 단면에 동일한 간격(B)을 가지는 복수개(N)의 지중열교환기가 지면으로부터 일정깊이(H)로 매립되어 있는 구조이다. 이때 가장 중심에 위치한 지중열교환기(a)를 동일한 간격(B)만큼 이격된 6개의 지중열교환기들이 둘러싸는 형태로 지중열교환기들이 배치되게 되는 구조이다. 즉 하나의 지중열교환기를 둘러싸는 6개의 지중열교환기들이 정육각형을 이루는 배치구조를 가지는 경우이다. 그리고 경계와 가장 근접한 지중열교환기(b)와 경계와의 간격은 'B/2'이고, 해석하고자 하는 온도점(또는 온도 노드)의 위치는 지중열교환기의 깊이(H)를 15%, 70%, 15%로 각각 분할한 영역의 중앙에 위치하게 된다. 이에 따라, 지중열교환기의 입구온도(LWT)를 위한 온도점은 지면에서 0.15H 만큼 떨어진 지점까지의 중앙인 0.075H 지점이 되고, 지중열교환기의 중심점 온도(T1,T2,T3)를 위한 중심 온도점(T1,T2,T3)은 지면에서 0.5H 지점, 지중열교환기의 출구온도(EWT1,EWT2,EWT3)를 위한 온도점은 지면에서 0.925H 만큼 떨어진 지점이 되게 된다. 여기서 하나의 지중열교환기를 기준으로 할 때, 온도점은 지중열교환기의 0.075H 지점, 0.5H 지점, 0.925H에 각각 위치하게 된다.

[0082] 또한 열전달은 X방향(수평방향)과 Y방향(수직방향)의 2차원 방향으로만 구성되고, Y방향 열전달인 ' q_1 ', ' q_3 '은 지중열교환기 배관내의 유체의 이동에 의해 발생하는 열전달이고, X방향 열전달인 ' q_2 '는 전도(conduction)에 의해 발생하는 열전달이다. 특히 ' q_1 '은 지중열교환기 입구부터 중심점까지의 지중열교환기 배관내의 유체의 이동에 의해 발생하는 Y방향 열전달을 의미하고, ' q_3 '은 지중열교환기 중심점에서 출구까지의 지중열교환기 배관내의 유체의 이동에 의해 발생하는 Y방향 열전달을 의미하고, ' q_2 '는 인접 지중열교환기로부터의 전도(conduction)에 의해 발생하는 X방향 열전달을 의미한다.

[0083] 도 7 및 도 8에 도시된 지중열교환기 모델을 이용한 지중열교환기 출구온도(EWT)는 수학식 2 내지 수학식 8을 적용하거나 응용하여 계산할 수 있다.

[0084] [수학식 2]

$$LWT = \frac{Q_g}{m \times N \times C_p} + EWT_0$$

[0085]

[0086] [수학식 3]

$$q_1 = m \times C_p \times (LWT - T_1)$$

[0087]

[0088] [수학식 4]

$$q_2 = k \times 0.7H \times B \times \frac{(T_2 - T_1)}{B} \times 6$$

[0089]

[0090] [수학식 5]

$$q_3 = m \times C_p \times (T_1 - EWT)$$

[0091]

[0092] [수학식 6]

$$q_1 + q_2 = q_3$$

[0093]

[0094] [수학식 7]

$$q_2 = (k \times 0.7H \times B \times \frac{(T_g - T_3)}{\frac{B}{2}}) + (k \times 0.7H \times B \times \frac{(T_2 - T_3)}{B} \times 3)$$

$$= 1.4kH(T_g - T_3) + 0.7kH(T_2 - T_3)$$

[0095]

[0096] [수학식 8]

$$\overline{EWT} = \frac{\sum_{i=1}^N EWT_i}{N}$$

[0097]

[0098] 여기서, N은 지중열교환기의 개수, H는 지중열교환기의 길이 또는 깊이, B는 지중열교환기의 간격, k는 지중의 열전도도(W/mK), m은 작동유체 유량(kg/s), Cp는 작동유체 비열(J/kg · K), Tg는 지중온도(℃), EWT₀는 지중열교환기 출구온도(EWT) 초기값(℃), LWT는 지중열교환기 입구온도(℃)(위치와 관계없이 동일한 온도값), Q_g는 수학식 1에 의해 구해지는 지중부하를 의미한다.

[0099] 그리고, 수학식 2는 지중열교환기 입구온도(LWT)를 구하기 위한 수학식이고, 수학식 3 내지 6은 수학식 6의 q₁, q₂, q₃를 구하는 열전달 방정식들로 중심에 위치한 지중열교환기(a)에 대한 출구온도인 'EWT₁'을 구하기 위한 수학식들이나, 이는 경계에 인접한 지중열교환기(b)를 제외한 동일구조를 가지는 모든 지중열교환기(a,c)에도 동일하게 적용가능하다. 이 경우 T1은 지중열교환기 출구온도(EWT)를 구하는 대상이 되는 대상 지중열교환기의 중심점 온도가 되고, T2는 대상 지중열교환기에 인접된 지중열교환기의 중심점 온도가 될 것이다.

[0100] 수학식 4에서 0.7H×B는 T2 온도점과 T1 온도점 사이의 열류가 통과하는 수직면의 면적을 의미하며, 분모의 B는 T2 온도점과 T1 온도점의 간격(지중열교환기의 간격)을 의미한다. 수학식 4에서 상수 6을 곱한 이유는 T1 온도점에 인접한 X방향의 온도점들의 개수(인접된 열교환기의 개수)가 6개이기 때문이며, 이는 T1온도점을 둘러싸고 있는 6개의 온도점들이 모두 T2 온도점에 해당하기 때문이다. 따라서, 지중열교환기 총 개수가 N=2인 경우, 곱해지는 상수는 6이 아닌 1이 되며, 하나의 지중열교환기에 X방향으로 인접된 지중열교환기의 개수가 n개인 경우에 곱해지는 값 또한 n이 되게 된다.

[0101] 그리고, 수학식 7은 T3 온도점처럼 경계와 근접한 지중열교환기(b)의 온도점에 대한 X방향 열전달방정식으로, T3 온도점처럼 경계에 인접한 온도점의 경우 수학식 4 대신에 수학식 7이 적용되게 된다. 수학식 7의 구성은, 지중온도를 나타내는 Tg 온도점과의 열전달 및 T3 온도점과 인접한 3개의 T2 온도점과의 열전달 항으로 이루어지게 된다.

[0102] 상술한 수학식 2 내지 6을 이용하는 경우, 미지수는 T1, T2, EWT가 되어 중심에 위치한 지중열교환기(a)의 출구온도인 EWT₁을 구하는 것이 가능하고, 이를 응용하여, 경계에 인접한 지중열교환기(b)의 온도점을 제외한 모든 지중열교환기(a,c)의 각 온도점들에 대한 수식을 통해, 경계에 인접한 지중열교환기(b)를 제외한 모든 지중열교환기(a,c)의 출구온도(EWT₁, EWT₂)를 구하는 것이 가능하다.

[0103] 경계에 인접한 지중열교환기(B)의 출구온도는 수학식 4 대신에 수학식 7을 적용하여 수식을 만드는 것이 가능하고, 이 경우는 수학식 3과 수학식 5에서 변수 'T1' 대신에 'T3'를 적용하는 방식으로 수학식 2 내지 3 및 수학

식 5 내지 7을 이용하게 되면, 미지수는 T3, T2, EWT가 되어 경계에 인접한 지중열교환기(b)의 출구온도(EWT₃)를 구하는 것도 가능하게 된다. 이렇게 계산된 모든 지중열교환기(a,b,c)의 출구온도들(EWT_i)을 수학적 식 8과 같이 산술평균하여 최종적으로 지중열교환기 출구온도(EWT)를 계산하는 것이 가능하다.

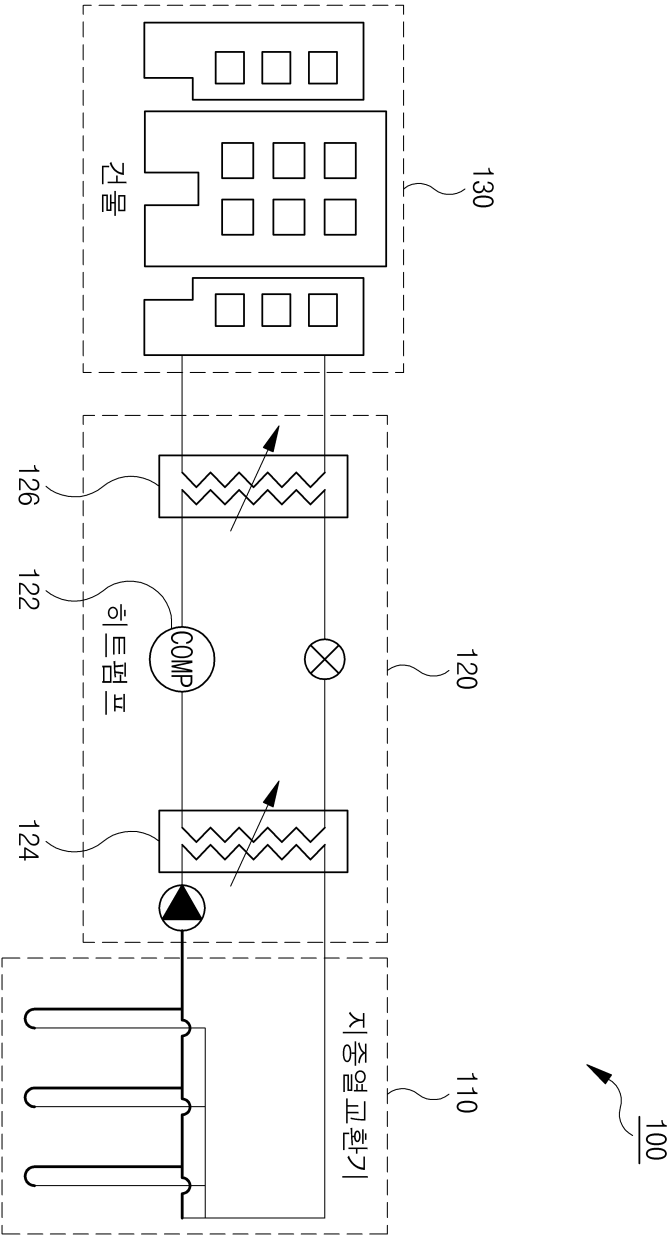
- [0104] 이후 상기 지중열교환기 출구온도(EWT)가 계산되면, 제4단계로, 상기 설정온도(Tset)와 계산된 상기 지중열교환기의 출구온도(EWT)의 온도 차이값이 '0'의 값에 근접한 값의 범위로 미리 설정된 한계범위 내에 포함되는지 판단하게 된다(S116).
- [0105] 이어 제5단계로, 상기 온도 차이값이 상기 한계범위 내에 포함되면(Yes), 상기 설계변수로 입력된 값 및 상기 고정인자의 상수값을 지중열교환기의 개수(N), 지중열교환기의 깊이(H) 및 지중열교환기의 간격(B)으로 하여 지중열교환기의 용량을 산정하게 된다(S118).
- [0106] 상기 온도 차이값이 상기 한계범위에 포함되지 않으면(No), 상기 설계변수로 입력되는 상기 변수값을 변경하여(S120), 상기 온도 차이값이 상기 한계범위 내에 포함될 때까지 상기 제3단계 및 상기 제4단계를 반복수행하고 상기 제5단계를 통해 지중열교환기의 용량을 산정하게 된다.
- [0107] 도 6은 지중열교환기의 간격(B) 및 깊이(H)가 고정인자이고, 지중열교환기의 개수(N)가 설계변수로 되어, 지중열교환기의 용량산정을 위한 최적의 개수(N)를 도출하는 과정을 나타낸 표이다.
- [0108] 도 6에 도시된 바와 같이, 최적화 알고리즘을 이용하여, 온도 차이값이 한계범위 내에 속하는 최적의 개수(N)를 찾기 위해 변수값 변경과정(S120)을 거쳐 총 11회에 걸친 시뮬레이션을 통해 결과를 도출하였다. 이때 한계범위 내에 속하는 경우는 온도 차이값이 0.15인 11번째의 경우로, 도출된 지중열 교환기 개수(N) 값은 34.7 이다. 이는 최적의 지중열 교환기의 개수(N)는 최소 35개가 필요함을 의미하며, 설정온도(Tset)가 30℃로 가정하면, 최종적으로 도출된 지중열교환기의 개수(N) 값으로 지중열 교환기를 설계할 경우, 10년 후의 지중열 교환기의 동작 유체온도(EWT)는 30℃ 에 근접함을 의미하게 된다.
- [0109] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 상기 한계범위를 설정하거나 상기 제4단계 및 상기 제5단계를 수행함이 없이, 상기 설계변수에 입력가능한 모든 값을 입력하여 입력값에 따른 상기 지중열교환기 출구온도(EWT)를 각각 계산하여, 이 중에서 상기 온도 차이값이 가장 작은 값을 가지는 경우의 지중열교환기의 개수(N), 지중열교환기의 깊이(H) 및 지중열교환기의 간격(B)을 최적 용량값으로 하여 지중열교환기의 용량을 산정하는 것이 가능하다.
- [0110] 도 3은 본 발명의 실시예들에 따른 지열히트펌프 시스템에서의 지중열교환기 용량산정 방법의 제2실시예를 나타낸 동작순서도이다.
- [0111] 본 발명의 실시예들에 따른 지열히트펌프 시스템에서의 지중열교환기 용량 산정을 위해서는, 본 발명에 따른 용량산정을 위한 최적화 알고리즘을 사용하여 최적의 지중열교환기 용량을 산정하게 된다.
- [0112] 도 3에 도시된 바와 같이, 지중열교환기 용량산정 방법은 제1단계 내지 제4단계의 과정은 도 2를 통해 설명한 본 발명의 제1실시예와 동일하다.
- [0113] 상기 5단계에서, 설정된 범위 내의 가능한 모든 변수값이 상기 설계변수로 입력된 경우에도 상기 온도 차이값이 상기 한계범위 내에 포함되지 않으면, 상기 제1단계의 상기 설정온도를 변경하는 설정온도 변경단계가 추가될 수 있다. 이후 변경된 상기 설정온도를 바탕으로 상기 제2단계 내지 상기 제5단계를 수행하는 제수행 단계가 더 수행될 수 있다.
- [0114] 좀 더 구체적으로, 상기 제5단계에서, 상기 온도 차이값이 상기 한계범위 내에 포함되면(Yes), 상기 설계변수로 입력된 변수값 및 상기 고정인자의 상수값을 지중열교환기의 개수(N), 지중열교환기의 깊이(H) 및 지중열교환기의 간격(B)으로 하여 지중열교환기의 용량을 산정하게 된다(S118).
- [0115] 그러나, 온도 차이값이 상기 한계범위에 포함되지 않으면(No), 상기 설계변수로 입력되는 입력값 중 가능한 모든 입력값이 상기 변수값으로 입력되었는지 여부를 판단하게 된다(S117). 본 발명의 최적화 알고리즘에서 설계 변수는 최대값에서 최소값까지 모든 가능한 입력값이 변수값으로 입력되므로, 이를 통해 지중열교환기의 출구온도(EWT)가 계산되어 온도 차이값을 계산하는 반복적인 과정이 수행되었는지 여부를 판단하게 된다.
- [0116] 설계변수로 입력될 수 있는 가능한 모든 입력값이 상기 변수값으로 입력되지 않은 경우에는(No), 상기 설계변수로 입력되는 상기 변수값을 변경하여(S120), 상기 온도 차이값이 상기 한계범위 내에 포함될 때까지 상기 제3단계 및 상기 제4단계를 반복수행하고 이후 상기 제5단계를 통해 지중열교환기의 용량을 산정하게 된다.
- [0117] 설계변수로 입력될 수 있는 가능한 모든 입력값이 상기 변수값으로 입력된 경우에는(Yes), 상기 설계변수는 변

동의 여지가 없으므로, 상기 설정온도(Tset)를 변경하여(S122), 상기 변경된 설정온도(Tset)가 상기 제2단계 또는 상기 제3단계로 입력되도록 한다.

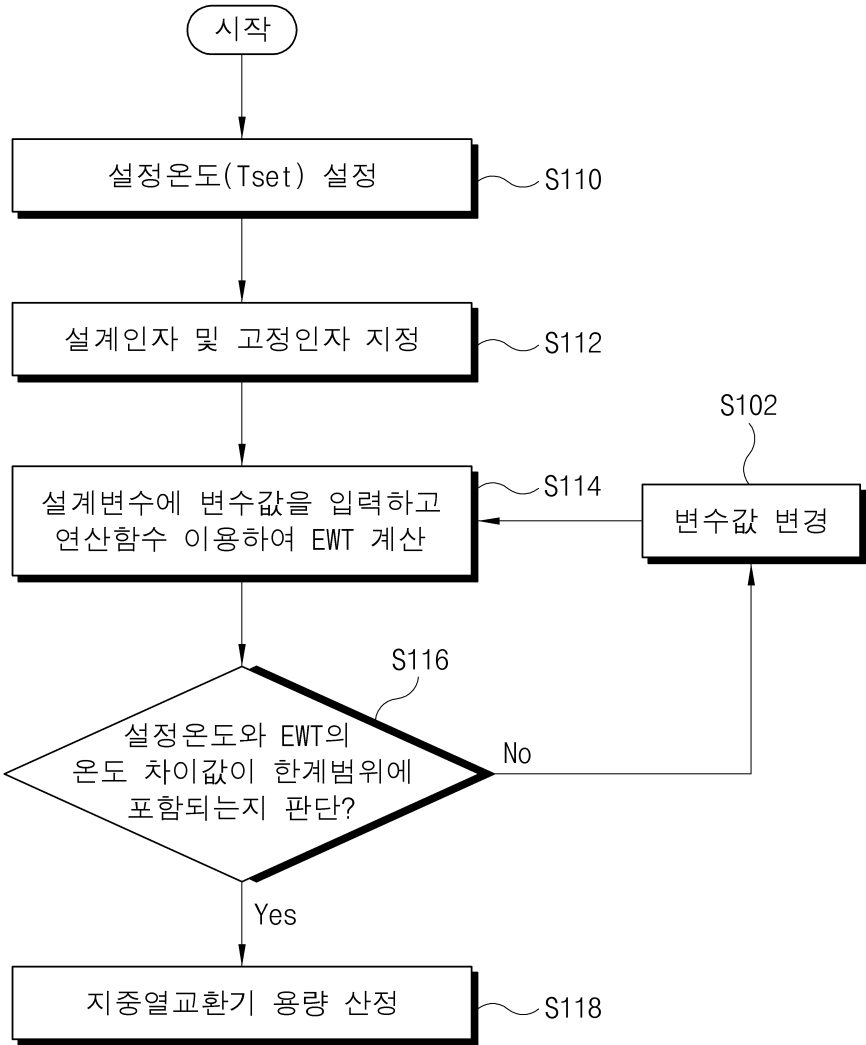
- [0118] 이후 변경된 상기 설정온도(Tset)를 바탕으로 상술한 제1실시예를 통해 설명한 제2단계 내지 제5단계 또는 제3단계 내지 제5단계를 수행하여 최적의 지중열교환기의 용량을 산정하게 된다.
- [0119] 상기 설정온도(Tset)가 변경된 경우에도 상기 온도 차이값이 상기 한계범위 내에 포함되지 않으면, 상기 설정온도 변경절차를 다시 수행한 이후에 상술한 제1실시예를 통해 설명한 제2단계 내지 제5단계 또는 제3단계 내지 제5단계를 수행하여 최적의 지중열교환기의 용량을 산정하는 것이 가능하다.
- [0120] 상기 설정온도(Tset)가 변경된 상태에서 상술한 제1실시예를 통해 설명한 제2단계 내지 제5단계 또는 제3단계 내지 제5단계를 수행하여 설정된 범위 내의 가능한 모든 변수값이 상기 설계변수로 입력된 경우에도 상기 온도 차이값이 상기 한계범위 내에 포함되지 않는 경우도 있을 수 있다.
- [0121] 이 경우에는 상기 제2단계의 상기 설계변수 중 적어도 하나를 고정인자로 변경하거나, 상기 고정인자 중 적어도 하나를 상기 설계변수로 변경하는 절차를 수행한 이후에, 변경된 상기 설계변수 또는 상기 고정인자를 바탕으로 상기 제3단계 내지 제5단계의 과정을 수행하여 최적의 지중열교환기의 용량을 산정하는 것이 가능하다.
- [0122] 도 4는 본 발명의 실시예들에 따른 지열히트펌프 시스템에서의 지중열교환기 용량산정 방법의 제3실시예를 나타낸 동작순서도이다.
- [0123] 본 발명의 실시예들에 따른 지열히트펌프 시스템에서의 지중열교환기 용량 산정을 위해서는, 본 발명에 따른 용량산정을 위한 최적화 알고리즘을 사용하여 최적의 지중열교환기 용량을 산정하게 된다.
- [0124] 도 4에 도시된 바와 같이, 지중열교환기 용량산정 방법은 제1단계 내지 제4단계의 과정은 본 발명의 제1실시예와 동일하다.
- [0125] 상기 5단계에서, 설정된 범위 내의 가능한 모든 변수값이 상기 설계변수로 입력된 경우에도 상기 온도 차이값이 상기 한계범위 내에 포함되지 않으면, 상기 제1단계의 상기 설계변수 또는 상기 고정인자를 변경하는 변수변경 단계가 추가될 수 있다. 이후 변경된 설계변수 또는 고정인자를 바탕으로 상기 제2단계 내지 상기 제5단계를 수행하는 재수행 단계가 더 수행될 수 있다.
- [0126] 좀 더 구체적으로, 상기 제5단계에서, 상기 온도 차이값이 상기 한계범위 내에 포함되면(Yes), 상기 설계변수로 입력된 변수값 및 상기 고정인자의 상수값을 지중열교환기의 개수(N), 지중열교환기의 깊이(H) 및 지중열교환기의 간격(B)으로 하여 지중열교환기의 용량을 산정하게 된다(S118).
- [0127] 그러나, 온도 차이값이 상기 한계범위에 포함되지 않으면(No), 상기 설계변수로 입력되는 입력값 중 가능한 모든 입력값이 상기 변수값으로 입력되었는지 여부를 판단하게 된다(S117). 본 발명의 최적화 알고리즘에서 설계변수는 최대값에서 최소값까지 모든 가능한 입력값이 변수값으로 입력되므로, 이를 통해 지중열교환기의 출구온도(EWT)가 계산되어 온도 차이값을 계산하는 반복적인 과정이 수행되었는지 여부를 판단하게 된다.
- [0128] 설계변수로 입력될 수 있는 가능한 모든 입력값이 상기 변수값으로 입력되지 않은 경우에는(No), 상기 설계변수로 입력되는 상기 변수값을 변경하여(S120), 상기 온도 차이값이 상기 한계범위 내에 포함될 때까지 상기 제3단계 및 상기 제4단계를 반복수행하고 이후 상기 제5단계를 통해 지중열교환기의 용량을 산정하게 된다.
- [0129] 그러나, 설계변수로 입력될 수 있는 가능한 모든 입력값이 상기 변수값으로 입력된 경우에는(Yes), 상기 제2단계의 상기 설계변수 중 적어도 하나를 고정인자로 변경하거나, 상기 고정인자 중 적어도 하나를 상기 설계변수로 변수변경절차가 수행된다(S124). 설계변수의 변경은 설치공간이나 설치여건을 고려하여 정해지게 된다.
- [0130] 이후 변경된 상기 설계변수 또는 상기 고정인자를 바탕으로 상기 제3단계 내지 제5단계의 과정을 수행하여 최적의 지중열교환기의 용량을 산정하는 것이 가능하다.
- [0131] 상기 설계변수 또는 상기 고정인자를 변경한 이후에, 상기 5단계에서, 설정된 범위 내의 가능한 모든 변수값이 상기 설계변수로 입력된 경우에도 상기 온도 차이값이 상기 한계범위 내에 포함되지 않으면, 상기 제1단계의 상기 설정온도를 변경하는 설정온도 변경단계가 추가될 수 있다. 이후 변경된 상기 설정온도를 바탕으로 상기 제2단계 내지 상기 제5단계를 수행하는 단계가 더 수행될 수 있다.
- [0132] 좀 더 구체적으로, 상기 설계변수 또는 상기 고정인자를 변경한 이후에, 설계변수로 입력될 수 있는 가능한 모든 입력값이 설계변수로 입력될 수 있는 가능한 모든 입력값이 상기 변수값으로 입력되었음에도, 상기 한계범위

도면

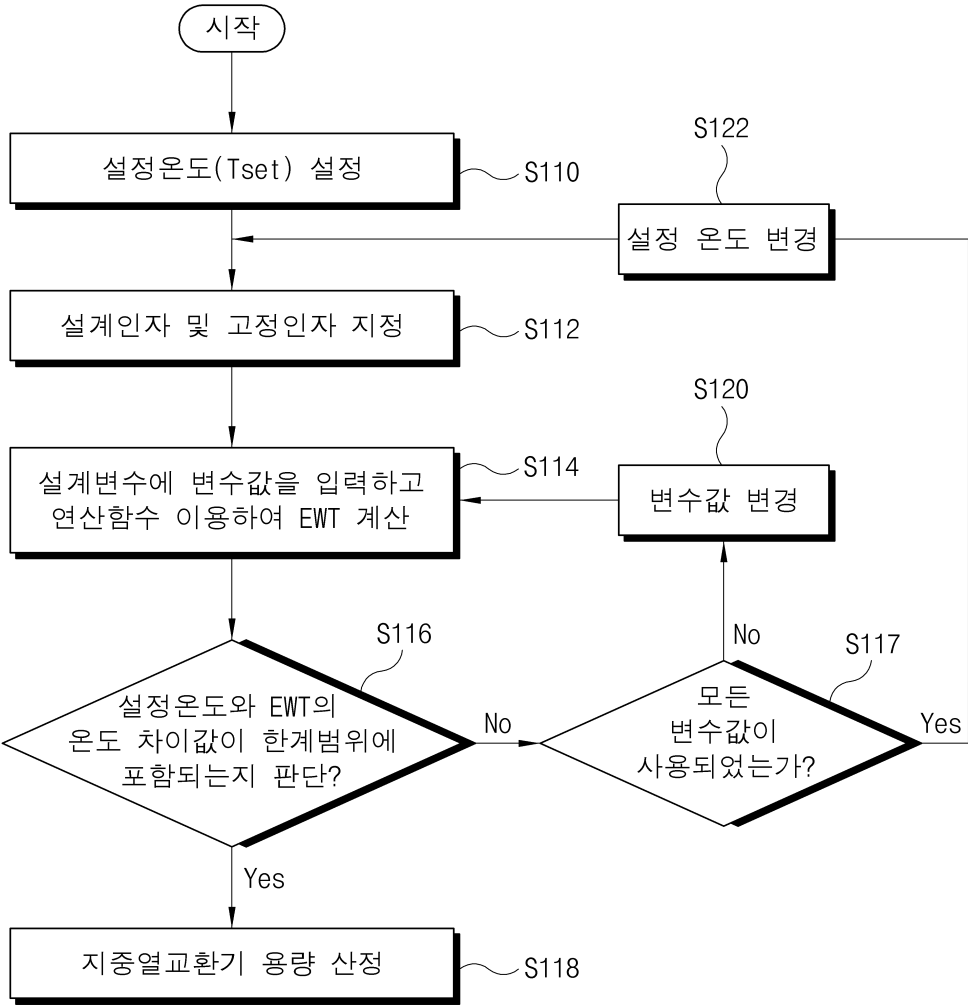
도면1



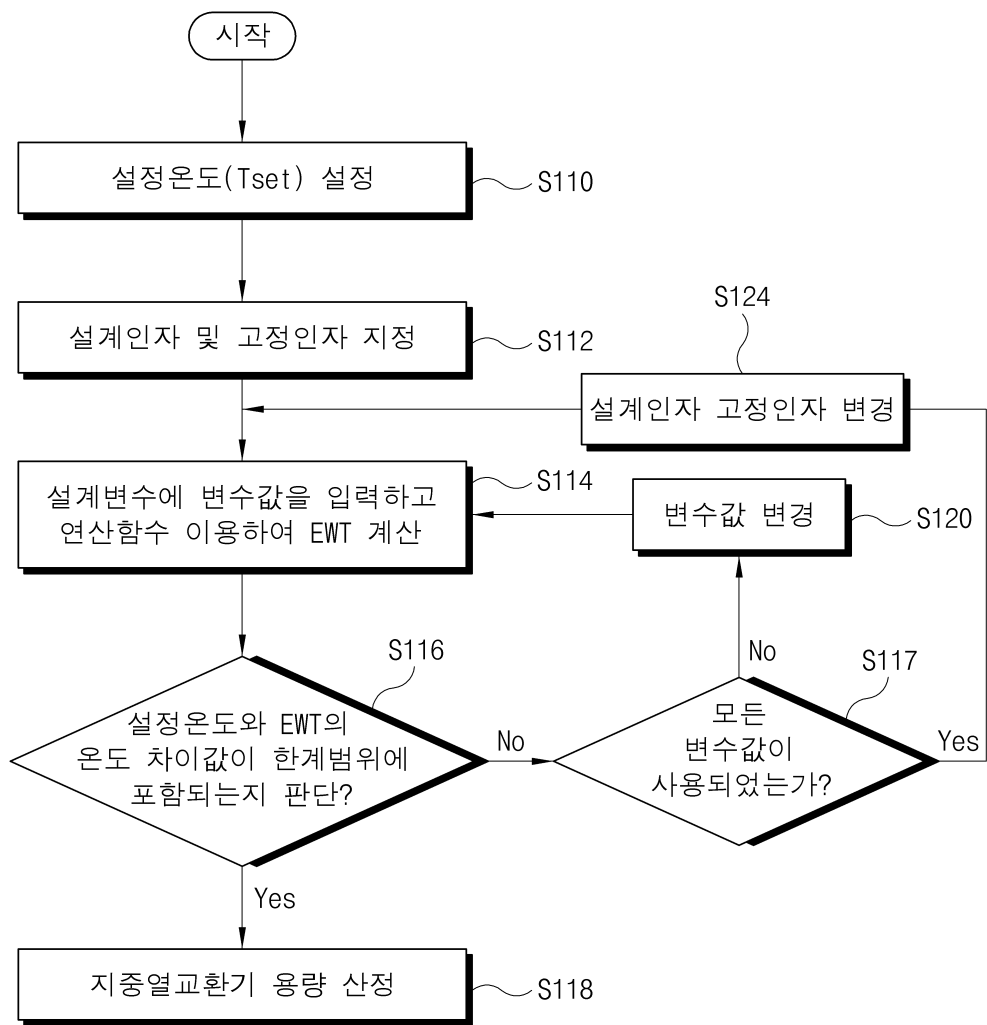
도면2



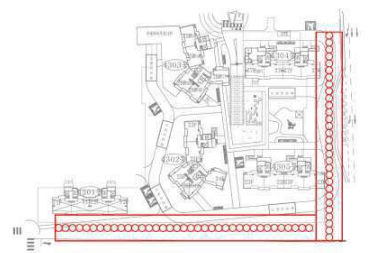
도면3



도면4

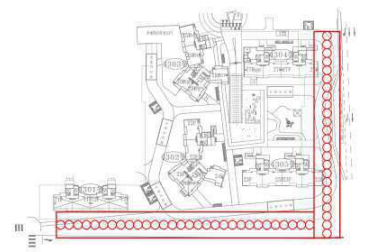


도면5



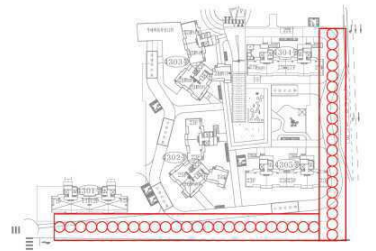
Tset= 30 ℃			
B(m)	H(m)	N	L(km)
4	265	67	17.8

(a)



Tset = 30 ℃			
B(m)	H(m)	N	L(km)
5	294	54	15.9

(b)



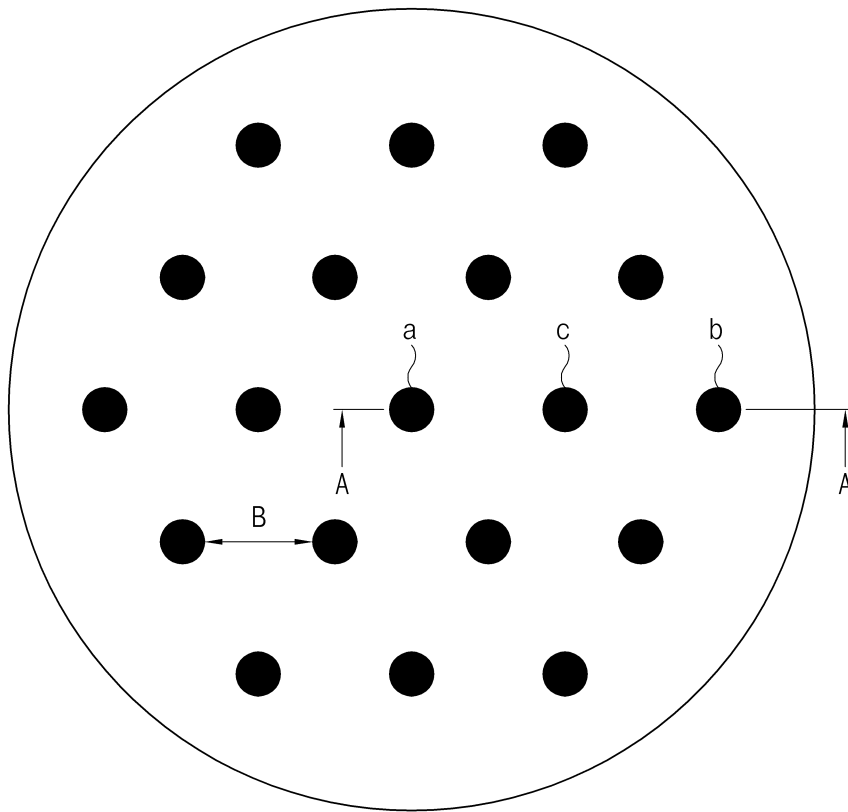
Tset = 30 ℃			
B(m)	H(m)	N	L(km)
6	321	45	14.5

(c)

도면6

Simulation step	1	2	3	4	...	10	11
온도차이값	2.50	4.23	0.30	2.58	...	0.18	0.15
지중열교환기 총 길이(L [m])	6000	6750	5250	4500	...	5100	5203
지중열교환기 개수(N)	40	45	35	30	...	34	34.7

도면7



도면8

