



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년03월07일
 (11) 등록번호 10-1955812
 (24) 등록일자 2019년02월28일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F24F 11/00 (2018.01) *F25B 49/02* (2006.01)
- (52) CPC특허분류
F24F 11/30 (2018.01)
F24F 11/46 (2018.01)
- (21) 출원번호 10-2017-0111349
- (22) 출원일자 2017년08월31일
 심사청구일자 2017년08월31일
- (56) 선행기술조사문헌
 대한건축학회 학술발표대회 논문집 제35권 제1호
 PP.291-292 (2015.04.)*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
 한밭대학교 산학협력단
 대전광역시 유성구 동서대로 125 (덕명동)
- (72) 발명자
 이광호
 [Redacted]
 권혁주
 [Redacted]
 김민지
 [Redacted]
- (74) 대리인
 김대영

전체 청구항 수 : 총 4 항

심사관 : 진홍중

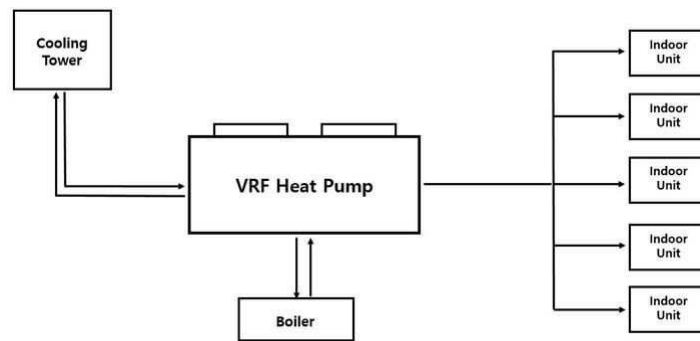
(54) 발명의 명칭 **VRF 히트펌프 시스템의 냉·난방 능력의 예측식 산출 방법**

(57) 요약

본 발명은 VRF 히트펌프 시스템의 냉·난방 능력의 예측식 산출 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는, 수랭식 VRF 히트펌프 시스템에서 정량적인 에너지 소비량을 예측하기 위하여 필요한 냉·난방 능력 및 소비전력을 산출할 수 있는 VRF 히트펌프 시스템의 냉·난방 능력의 예측식 산출 방법에 관한 것이다.

이러한 본 발명에서 수랭식 VRF 히트펌프 시스템의 냉·난방 능력의 예측식 산출 방법은, 수랭식 VRF 히트펌프를 단일 또는 복수개의 수열원 유닛 및 복수개의 실내기와 배관으로 연결하여 실내를 냉난방하는 수랭식 VRF 히트펌프 시스템에서 정량적인 에너지 소비량을 예측하기 위한 냉·난방 능력의 예측식 산출 방법에 있어서, 상기 히트펌프로 유입되는 냉각수 또는 온수 입수온도 및 상기 실내기로 유입되는 공기의 건구 또는 습구온도를 토대로 산출되는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

F24F 11/62 (2018.01)

F25B 49/02 (2013.01)

F24F 2110/10 (2018.01)

F24F 2140/20 (2018.01)

F25B 2500/05 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415150886

부처명 산업통상자원부

연구관리전문기관 한국에너지기술평가원

연구사업명 신재생에너지핵심기술개발

연구과제명 수직밀폐형 지중열교환기 및 지열원 히트펌프 시스템 성능 향상에 관한 실증 연구

기여율 1/1

주관기관 가진기업(주)

연구기간 2016.12.01 ~ 2019.09.30

명세서

청구범위

청구항 1

수랭식 VRF 히트펌프를 단일 또는 복수개의 수열원 유닛 및 복수개의 실내기와 배관으로 연결하여 실내를 냉난방하는 수랭식 VRF 히트펌프 시스템에서 정량적인 에너지 소비량을 예측하기 위한 냉·난방 능력의 예측식 산출 방법에 있어서,

상기 히트펌프로 유입되는 냉각수 또는 온수 입수온도 및 상기 실내기로 유입되는 공기의 건구 또는 습구온도를 토대로 산출되고,

상기 냉·난방 능력 중 냉방 능력(CAPFT_{Cooling})의 예측식은,

실내기로 유입되는 공기의 습구온도에서 서로 다른 5개 이상의 온도를 추출하여 해당 온도에 대응하는 냉각수의 입수온도를 10~45℃ 범위에서 실측하고,

실측된 공기의 습구온도와 냉각수의 입수온도를 토대로 산출된 냉방 능력비에서 냉방 능력비가 변하는 냉각수의 입수온도를 결정하며,

상기 결정된 냉각수의 입수온도를 변곡점으로 하여 상기 변곡점 온도보다 높은 온도를 고온구간으로 하고, 상기 변곡점 온도보다 낮은 온도를 저온구간으로 하여 각 구간별로 아래의 수학적식을 통하여 도출되는 것을 특징으로 하는 수랭식 VRF 히트펌프 시스템의 냉·난방 능력의 예측식 산출 방법.

- 고온구간

$$CAPFT_{Cooling} = a + b(T_{WB,avg}) + c(T_{WB,avg})^2 + d(T_c) + e(T_c)^2 + f(T_{WB,avg})(T_c)$$

- 저온구간

$$CAPFT_{Cooling} = a + b(T_{WB,avg}) + c(T_{WB,avg})^2$$

여기서, T_c는 수랭식 VRF 히트펌프로 들어가는 냉각수 입수온도이고, T_{WB,avg}는 실내기로 유입되는 공기의 습구온도임.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 변곡점 온도에 대한 예측식은 아래의 수학적식을 통해 도출되는 것을 특징으로 하는 수랭식 VRF 히트펌프 시스템의 냉·난방 능력의 예측식 산출 방법.

$$T_c = a + b(T_{WB,avg}) + c(T_{WB,avg})^2 + d(T_{WB,avg})^3$$

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 냉·난방 능력 중 난방 능력의 예측식은,

실내기로 유입되는 공기의 건구온도에서 서로 다른 5개 이상의 온도를 추출하여 해당 온도에 대응하는 온수의 입수온도를 10~45℃ 범위에서 실측하고,

실측된 공기의 건구온도와 온수의 입수온도를 토대로 산출된 난방 능력비에서 난방 능력비가 변하는 온수의 입

수온도를 결정하며,

상기 결정된 온수의 입수온도를 변곡점으로 하여 상기 변곡점 온도보다 높은 온도를 고온구간으로 하고, 상기 변곡점 온도보다 낮은 온도를 저온구간으로 하여 각 구간별로 아래의 수학적식을 통하여 도출되는 것을 특징으로 하는 수랭식 VRF 히트펌프 시스템의 냉·난방 능력의 예측식 산출 방법.

- 고온구간

- 저온구간

$$CAPFT_{Heating} = a + b(T_{DB,avg}) + c(T_{DB,avg})^2 + d(T_h) + e(T_h)^2 + f(T_{DB,avg})(T_h);$$

여기서, T_h 는 온수 입수온도이고, $T_{DB,avg}$ 는 실내기 유입 건구온도임.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 변곡점 온도에 대한 예측식은 아래의 수학적식을 통해 도출되는 것을 특징으로 하는 수랭식 VRF 히트펌프 시스템의 냉·난방 능력의 예측식 산출 방법.

$$T_h = a + b(T_{DB,avg}) + c(T_{DB,avg})^2 + d(T_{DB,avg})^3$$

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 VRF 히트펌프 시스템의 냉·난방 능력의 예측식 산출 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는, 수랭식 VRF 히트펌프 시스템에서 정량적인 에너지 소비량을 예측하기 위하여 필요한 냉·난방 능력을 산출할 수 있는 VRF 히트펌프 시스템의 냉·난방 능력의 예측식 산출 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 전 세계적으로 에너지 절감과 CO₂ 저감이 화두가 되고 있는 요즘 각국에서는 2020년 만료 예정인 교토의정서를 대체하는 신 기후체제(파리협정)를 마련하는 등 다양한 협약을 통해 에너지 절감과 CO₂ 저감에 초점을 맞추고 있다. 하지만 현재 우리나라는 에너지 과소비 국가 중 하나로 에너지 소비량은 지속적으로 증가하고 있는 추세이며, 그 소비량 중 건물에서의 에너지 소비량만 20%를 차지하고 있다.

[0003] 또한 에너지경제연구원의 에너지 총 조사보고서에 따르면, 일반 건물 내의 에너지 소비량 중 냉·난방에 의한 소비량이 약 50%로 공조시스템에서 많은 비중을 차지하고 있는 실정이다. 이에 따라 일반 건물에서의 공조 에너지 절감에 대한 요구 증가와 동시에 이를 절감할 수 있는 다양한 설비시스템이 연구 중에 있다.

[0004] 최근에는 각 실의 특성과 부하에 따라 냉매의 유량을 개별·분산적으로 조절할 수 있는 VRF(Variable Refrigerant Flow) 히트펌프 시스템이 각광받고 있다. 또한 CO₂ 저감과 에너지 절감 등에 효과적인 방안으로써 국내를 비롯한 많은 국가에서 급속한 성장세를 이어가고 있는 추세이다.

[0005] 이러한 VRF 히트펌프 시스템에 관련된 많은 연구들이 상당수 진행 중이지만 대부분의 연구들이 특정 환경이나 조건에 따른 VRF 시스템의 성능 및 쾌적 제어 알고리즘과 실내 온열환경 평가 등에만 초점이 맞춰져 있다. 또한 대부분의 연구들이 공랭식 VRF 히트펌프 시스템에 집중되어 있으며, 수랭식 VRF 히트펌프와 관련된 연구부족과 실제 건물 및 시물레이션 상에서 다양한 작동조건 하에서 정량적인 에너지 성능을 예측하기 위한 연구는 미비한 실정이다. 이는 지열히트펌프를 포함한 수랭식 VRF 히트펌프를 시물레이션 상에 구현할 때 실내에 영향을 주는 다양한 변수들인 냉각수 입수온도, 실내 건·습구 온도, 냉·난방능력 및 소비전력, 부분부하 운전 조건 등 여러 변수들의 의해 변화하는 시스템의 효율을 시물레이션 상에 구현하기 어렵기 때문으로 사료된다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) KR 10-0740257 B1

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 본 발명의 목적은 수랭식 VRF 히트펌프 시스템에서 정량적인 에너지 소비량을 예측하기 위하여 필요한 냉·난방 능력을 산출할 수 있는 VRF 히트펌프 시스템의 냉·난방 능력의 예측식 산출 방법을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 특징에 따르면, 본 발명은, 수랭식 VRF 히트펌프 시스템의 냉·난방 능력의 예측식 산출 방법에 관한 것으로, 수랭식 VRF 히트펌프를 단일 또는 복수개의 수열원 유닛 및 복수개의 실내기와 배관으로 연결하여 실내를 냉난방하는 수랭식 VRF 히트펌프 시스템에서 정량적인 에너지 소비량을 예측하기 위한 냉·난방 능력의 예측식 산출 방법에 있어서, 상기 히트펌프로 유입되는 냉각수 또는 온수 입수온도 및 상기 실내기로 유입되는 공기의 건구 또는 습구온도를 토대로 산출된다.

[0009] 상기 냉·난방 능력 중 냉방 능력(CAPFT_{cooling})의 예측식은, 실내기로 유입되는 공기의 습구온도에서 서로 다른 5개 이상의 온도를 추출하여 해당 온도에 대응하는 냉각수의 입수온도를 10~45℃ 범위에서 실측하고, 실측된 공기의 습구온도와 냉각수의 입수온도를 토대로 산출된 냉방 능력비에서 냉방 능력비가 변하는 냉각수의 입수온도를 결정하며, 상기 결정된 냉각수의 입수온도를 변곡점으로 하여 상기 변곡점 온도보다 높은 온도를 고온구간으로 하고, 상기 변곡점 온도보다 낮은 온도를 저온구간으로 하여 각 구간별로 아래의 수학적식을 통하여 도출된다.

[0010] - 고온구간

[0011]
$$CAPFT_{cooling} = a + b(T_{WB,avg}) + c(T_{WB,avg})^2 + d(T_c) + e(T_c)^2 + f(T_{WB,avg})(T_c)$$

[0012] - 저온구간

[0013]
$$CAPFT_{cooling} = a + b(T_{WB,avg}) + c(T_{WB,avg})^2$$

[0014] 여기서, T_c는 수랭식 VRF 히트펌프로 들어가는 냉각수 입수온도이고, T_{WB,avg}는 실내기로 유입되는 공기의 습구온도이다.

[0015] 그리고 상기 변곡점 온도에 대한 예측식은 아래의 수학적식을 통해 도출된다.

[0016]
$$T_c = a + b(T_{WB,avg}) + c(T_{WB,avg})^2 + d(T_{WB,avg})^3$$

[0017] 또한 상기 냉·난방 능력 중 난방 능력의 예측식은, 실내기로 유입되는 공기의 건구온도에서 서로 다른 5개 이상의 온도를 추출하여 해당 온도에 대응하는 온수의 입수온도를 10~45℃ 범위에서 실측하고, 실측된 공기의 건구온도와 온수의 입수온도를 토대로 산출된 난방 능력비에서 난방 능력비가 변하는 온수의 입수온도를 결정하며, 상기 결정된 온수의 입수온도를 변곡점으로 하여 상기 변곡점 온도보다 높은 온도를 고온구간으로 하

고, 상기 변곡점 온도보다 낮은 온도를 저온구간으로 하여 각 구간별로 아래의 수학적식을 통하여 도출된다.

[0018] - 고온구간

[0019]

[0020] - 저온구간

$$[0021] \quad C_{AFPT}^{Heating} = \alpha + b(T_{DB,avg}) + c(T_{DB,avg})^2 + d(T_h) + e(T_h)^2 + f(T_{DB,avg})(T_h);$$

[0022] 여기서, T_h 는 온수 입수온도이고, $T_{DB,avg}$ 는 실내기 유입 건구온도이다.

[0023] 그리고 상기 변곡점 온도에 대한 예측식은 아래의 수학적식을 통해 도출된다.

$$[0024] \quad T_h = \alpha + b(T_{DB,avg}) + c(T_{DB,avg})^2 + d(T_{DB,avg})^3$$

[0025] 삭제

[0026] 삭제

[0027] 삭제

[0028] 삭제

[0029] 삭제

[0030] 삭제

[0031] 삭제

발명의 효과

[0032] 본 발명에 따른 VRF 히트펌프 시스템의 냉·난방 능력의 예측식 산출 방법에 따르면, 수랭식 VRF 히트펌프 시스템에서 정량적인 에너지 소비량을 예측하기 위하여 필요한 냉·난방 능력 및 소비전력을 산출할 수 있으므로 건물에 수랭식 VRF 히트펌프 시스템을 도입할 경우 정량적으로 산출된 에너지 소비량을 통해 불필요한 에너지 사용을 줄일 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0033] 도 1은 VRF 히트펌프 시스템의 구성을 도시한 개념도,
 도 2는 냉각수 입수온도 및 실내기 유입 습구온도에 따라 변화하는 냉방 능력비를 나타내는 그래프,
 도 3은 냉각수 입수온도 및 실내기 유입 습구온도에 따라 변화하는 냉방 소비전력을 나타내는 그래프,
 도 4는 부분부하율에 따라 변화하는 냉방 소비전력을 나타내는 그래프,
 도 5는 온수 입수온도 및 실내기 유입 건구온도에 따라 변화하는 난방 능력비를 나타내는 그래프,
 도 6은 온수 입수온도 및 실내기 유입 건구온도에 따라 변화하는 난방 소비전력을 나타내는 그래프,
 도 7은 부분부하율에 따라 변화하는 난방 소비전력을 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0034] 이하에서는 본 발명에 따른 VRF 히트펌프 시스템의 냉·난방 능력의 예측식 산출 방법에 관하여 첨부된 도면과 함께 더불어 상세히 설명하기로 한다.

[0036] 1. VRF Heat Pump & Simulation Software

[0037] 1.1 VRF Heat Pump

[0038] 도 1에 도시된 바와 같이, VRF 히트펌프(Heat Pump)는 단일 또는 다중의 수열원 유닛(Cooling Tower 및 Bioiler)에 다수의 실내기(Indoor Unit)를 냉매배관으로 연결하여 유량을 제어하는 고효율 시스템이다. 각 실내기를 통해 부하변동에 능동적으로 대응할 수 있고 부하에 따라 실외기의 용량을 가변적으로 제어할 수 있는 장점이 있다. VRF 히트펌프 중 수랭식 VRF 히트펌프는 외기 온도 및 빌딩 외풍 등 실외조건에 영향을 받던 공랭식에 비해 일정온도의 냉각수를 사용하므로 운전효율이 좋다. 특히 물 냉매 열 교환이므로 공랭식과 동일한 용량의 압축기 조합을 사용하더라도 냉매 이동량이 증가하여 높은 냉난방 능력을 얻을 수 있다.

[0039] 또한 아래의 성능곡선 3가지는 VRF 히트펌프 시스템에서 정량적인 에너지소비량을 예측하기 위해 필요한 성능곡선으로 온도와 부분부하율 변화에 따른 냉·난방능력 및 소비전력 변화를 예측 가능한 성능곡선이다.

[0041] - 냉각수·온수 입수온도 및 실내 건·습구 온도 변화에 따른 전력비 변화 성능곡선

[0042] - 냉각수·온수 입수온도 및 실내 건·습구 온도 변화에 따른 냉·난방 능력비 변화 성능곡선

[0043] - 부분부하율 변화에 따른 냉·난방소비 전력비 변화 성능곡선

[0045] 1.2 시뮬레이션 소프트웨어

[0046] 본 발명에서는 미국 에너지성에서 개발된 건물 냉난방 부하 해석 및 열환경에 대해 수학적으로 검증이 가능한 EnergyPlus라는 시뮬레이션 소프트웨어를 기반으로 연구를 진행하였다. EnergyPlus는 미국 냉동공조학회 ASHRAE에서 권장하는 열평형 방정식을 사용하기 때문에 비정상 상태에서의 열전도 및 복사, 그리고 대류 열전달에 대한 동적해석이 가능하다는 장점이 있다. 특히 Version 7.0 이상부터는 본 발명에서 분석하고자 하는 시스템에어컨의 VRF 히트펌프 시스템에 대한 해석이 가능하기에 본 발명에서 사용된 수랭식 VRF 히트펌프 시스템을 정확히 구현하는데 있어서 필요한 성능곡선을 시뮬레이션 상에 적용 가능하다는 장점이 있다.

[0048] 2. 냉방 모드(Cooling Mode)

[0049] 2.1 냉방 능력(Cooling Capacity)

[0050] 수랭식 VRF 히트펌프에서의 냉방능력은 히트프로 들어가는 냉각수의 입수온도 및 실내기로 유입되는 공기의 습구온도에 따라 변화한다. 이에 도 2는 국내 S사의 수랭식 VRF TDB 데이터를 토대로 냉방 시 VRF 히트펌프 시스템의 정격조건 대비 냉각수 입수온도(Inlet Water Temperature) 및 실내기 유입 습구온도에 따라 변화하는 냉방 능력비(Capacity Function of Temperature, 이하 CAPFT_{Cooling})를 나타낸 것이다. 그리고 도 2에서 'WB'는 실내기로 유입되는 공기의 습구온도를 의미한다.

[0051] 또한 도 2에서 변곡점(Boundary Curve) 구간을 중심으로 냉각수 입수온도에 따라 저온 구간(Low Temperature Curve)과 고온 구간(High Temperature Curve)으로 나뉘게 된다.

[0052] 이는 냉각수 입수온도가 낮은 저온 구간(Low Temperature Curve)에서의 냉방능력비(CAPFT_{Cooling})는 실내기 유입 습구온도만의 영향을 받는 반면, 고온 구간(High Temperature Curve)의 경우 냉각수 입수온도와 실내기 유입 습구온도 두 변수의 영향을 모두 받기 때문이다. 따라서 수랭식 VRF 히트펌프 시스템의 냉방능력비(CAPFT_{Cooling})를 산출하기 위해서는 3가지 온도구간에 따른 각각의 성능곡선을 도출할 필요성이 있다.

[0053] 고온 구간(High Temperature Curve)은 다음 수학적 1과 같다.

수학적 1

[0054]
$$CAPFT_{Cooling} = a + b(T_{WB,avg}) + c(T_{WB,avg})^2 + d(T_C) + e(T_C)^2 + f(T_{WB,avg})(T_C)$$

[0056] 도 2에서 변곡점(Boundary Curve) 기준으로 냉각수 입수온도가 높아지는 구간인 고온 구간(High Temperature Curve)의 경우 냉방능력비(CAPFT_{Cooling})는 [수학식 1]과 같이 연립 2차방정식으로 정의된다. 여기서 [수학식 1]의 T_c는 수랭식 VRF 히트펌프로 들어가는 냉각수 입수온도를 뜻하며, T_{WB,avg}는 실내기로 유입되는 공기의 습구온도를 뜻한다.

[0057] 고온 구간(High Temperature Curve)에서의 냉방능력비(CAPFT_{Cooling})는 실내기 유입 습구온도(T_{WB,avg})뿐만 아니라, 냉각수 입수온도(T_c)에 의한 영향을 모두 받으므로 두 변수를 같이 고려하여 산출해야 한다. 본 발명에 적용된 수랭식 VRF 히트펌프의 기준이 되는 정격 냉방능력(CAPFT_{Cooling} = 1.0)은 TDB 데이터 기준으로 냉각수 입수온도(T_c)는 30℃, 실내기 유입 습구온도(T_{WB,avg})는 19℃ 일 때를 말한다. 이를 바탕으로 냉각수 입수온도와 실내기 유입 습구온도에 따라 변화하는 냉방능력비(CAPFT_{Cooling})를 산출할 수 있으며, 이후 각 온도에 대응하는 냉방능력비(CAPFT_{Cooling})를 [수학식 1]에 대입하여 각각의 계수 a, b, c, d, e, f을 도출할 수 있다.

[0058] 변곡점(Boundary Curve)은 수학식 2와 같다.

수학식 2

[0059]
$$T_c - a + b(T_{WB,avg}) + c(T_{WB,avg})^2 + d(T_{WB,avg})^3$$

[0061] 도 2에서 변곡점(Boundary Curve) 구간은 냉각수 입수온도(T_c)의 변화에 따라 냉방능력의 패턴이 저온 구간(Low Temperature Curve)과 고온 구간(High Temperature Curve)으로 나누어지는 경계 지점을 나타낸다. [수학식 2]는 실내기 유입 습구온도(T_{WB,avg})에 대한 냉각수 입수온도의 연립 3차 방정식으로 정의되며, 실내기 유입 습구온도(T_{WB,avg})에 따라 변화하는 경계조건인 냉각수 입수온도(T_c)를 [수학식 2]에 대입하여 각각의 계수 a, b, c, d를 도출할 수 있다.

[0062] 저온 구간(Low Temperature Curve)은 수학식 3과 같다.

수학식 3

[0063]
$$CAPFT_{Cooling} - a + b(T_{WB,avg}) + c(T_{WB,avg})^2$$

[0065] 도 2와 같이, 변곡점(Boundary Curve) 구간을 기준으로 냉각수 입수온도가 낮은 구간인 저온 구간(Low Temperature Curve)의 냉방능력비(CAPFT_{Cooling})는 앞서 전술한 바와 같이, 실내기 유입 습구온도(T_{WB,avg})에 의해서만 달라진다. 이에 저온 구간(Low Temperature Curve)은 고온 구간(High Temperature Curve)의 [수학식 1]과 동일하나 냉방능력이 냉각수 입수온도(T_c)의 영향을 받지 않고 실내기 유입 습구온도(T_{WB,avg})에 의해서만 변동되기 때문에 계수 d, e, f의 값은 0으로 결정되며, 이에 [수학식 3]과 같이 정의된다. 또한 고온 구간(High Temperature Curve)과 동일한 정격조건으로 실내기 유입 습구온도(T_{WB,avg})에 따라 변화하는 냉방능력비(CAPFT_{Cooling})를 산출하고 이후 [수학식 3]에 대입하여 각각의 계수 a, b, c를 도출할 수 있다.

[0067] 2.2 Cooling Energy Input : Temperature

[0068] 수랭식 VRF 히트펌프 시스템에서 냉방 소비전력 역시, 냉각수 입수온도(T_c) 및 실내기 유입 습구온도(T_{WB,avg})에 따라 변화하는 것을 알 수 있다. 이에 도 3은 국내 S사의 수랭식 VRF TDB 데이터를 토대로 냉방 시 VRF 히트펌프 시스템의 정격조건 대비 냉각수 입수온도와 실내기 유입 습구온도에 따라 변화하는 소비전력(Energy Input Ratio Function of Temperature, 이하 EIRFT_{Cooling})를 나타낸 것이다. 하지만 냉방능력과는 달리 냉방 소비전력비의 경우 저온 구간(Low Temp Curve)과 고온 구간(High Temp Curve)을 구분 지을 수 있는 변곡점(Boundary Curve)이 명확하지 않다.

[0069] 이에 냉방 소비전력 성능곡선은 모든 냉각수 입수온도(T_c) 구간에 대하여 하나의 성능곡선만 산출하여도 정확도에 문제가 없을 것으로 판단된다.

수학식 4

[0071]
$$EIRFT_{Cooling} = a + b(T_{WB,avg}) + c(T_{WB,avg})^2 + d(T_c) + e(T_c)^2 + f(T_{WB,avg})(T_c)$$

[0073] 냉방 소비전력비($EIRFT_{Cooling}$)는 [수학식 4]와 같이 냉각수 입수온도(T_c) 및 실내기 유입 습구온도($T_{WB,avg}$)에 따라 변화하는 연립 2차 방정식에 의해 정의된다. 또한 냉방 소비전력비($EIRFT_{Cooling}$)를 도출하기 위해선 정격조건 상의 소비전력(PI)가 선정되어야 한다. 이 역시 TDB 데이터를 토대로 정격조건은 냉각수 입수온도(T_c)는 30℃, 실내기 유입 습구온도($T_{WB,avg}$)는 19℃일 때를 말하며, 정격 소비전력(PI)을 기준으로 냉각수 입수온도(T_c)와 실내기 유입 습구온도($T_{WB,avg}$)에 따라 변화하는 냉방 소비전력비($EIRFT_{Cooling}$)을 산출할 수 있다. 이후 냉각수 입수온도(T_c)와 실내기 유입 습구온도($T_{WB,avg}$)에 따라 변화하는 냉방 소비전력비($EIRFT_{Cooling}$)를 [수학식 4]에 대입하여 계수 a, b, c, d, e, f를 도출할 수 있다.

[0075] 2.3 Cooling Energy Input : Part-Load Ratio

[0076] 수랭식 VRF 히트펌프 시스템에서 냉방 소비전력에 대한 성능곡선은 도 4와 같이 냉각수 입수온도(T_c)와 실내기 유입 습구온도($T_{WB,avg}$)뿐만 아니라, 부분부하율에 따라서도 영향을 받는다. 여기서 부분부하율은 히트펌프로 들어오는 냉각수 입수 온도(T_c)와 실내기로 유입되는 공기의 습구온도에 따라 변화하는 냉방능력에 대해 실내기에서 제거해야 할 냉방부하 비를 말한다. 이러한 부분부하율에 따른 냉방 소비전력 비(Energy Input Ratio Function of Part Load Ratio, 이하 $EIRFPLR_{Cooling}$)는 정격조건 하의 소비전력(PI)에 대한 부분부하율 변화에 따라 변화하는 소비전력의 비를 의미한다. 또한 부분부하율에 따른 냉방 소비전력은 국내 S사의 수랭식 VRF TDB 데이터를 통해 확인 가능하며, 부분부하율에 따라 변화하는 냉방 소비전력비($EIRFPLR_{Cooling}$)는 다음과 같은 [수학식 5]로 정의된다.

수학식 5

[0078]
$$EIRFPLR_{Cooling} = a + b(PLR) + c(PLR)^2 + d(PLR)^3$$

[0080] 부분부하율에 따른 냉방 소비전력 성능곡선의 경우 [수학식 5]로 나타내며, VRF 시스템의 부분부하율이 100% 이하일 때로 정의된다. 또한 아래의 [표 1]과 같이 TDB 데이터를 통해 부분부하율에 따른 냉방능력을 확인하고 부분부하율이 100%이 조건하의 냉방 소비전력에 대한 각 부분부하율에 따른 소비전력 비를 산출하였다.

표 1

[0082]

Cooling EIRFPLR				
Cooling Power(kW)	Normalized EIRFPLR	PLR	PLR ²	PLR ³
1.83	0.438	0.5	0.25	0.125
2.37	0.567	0.6	0.36	0.216
2.92	0.699	0.7	0.49	0.343
3.53	0.844	0.796	0.633	0.503
3.94	0.943	0.896	0.802	0.718
4.18	1	1	1	1

[0084] 삭제

[0085] 이후 부분부하율에 따라 변화하는 EIRFPLR_{cooling}을 [수학식 5]에 대입하여 각각의 계수 a, b, c, d를 도출할 수 있다. 참고로, 도 4의 작성을 위한 대표 수랭식 VRF 모델의 PLR 및 EIRFPLR_{cooling}의 중간 계산 과정을 상기 [표 1]에 나타내었다.

[0087] 3. 난방 모드(Heating Mode)

[0088] 3.1 Heating Capacity

[0089] 난방모드의 경우 수랭식 VRF 히트펌프에서의 난방능력비(Heating Capacity Ratio, 이하 CAPFT_{Heating})는 히트펌프로 들어오는 온수 입수온도(T_h) 및 실내기로 유입되는 공기의 건구온도(T_{DB,avg})에 따라 변화한다. 도 5에서는 국내 S사의 수랭식 VRF TDB 데이터를 토대로 VRF 히트펌프의 난방 시 온수 입수온도(T_h) 및 실내기 유입 건구온도(T_{DB,avg})에 따라 변화하는 난방능력비(CAPFT_{Heating})를 나타낸 것이다. 도 5에서 'DB'는 실내기로 유입되는 공기의 건구온도를 의미한다.

[0090] 난방능력비(CAPFT_{Heating})는 냉방능력비(CAPFT_{Cooling})와 동일하게 변곡점(Boundary Curve) 구간을 기준으로 온수 입수온도(T_h)에 따른 저온 구간(Low Temperature Curve)과 고온 구간(High Temperature Curve)으로 나뉜다. 하지만 냉방모드와 반대로, 난방모드의 고온 구간(High Temperature Curve)의 경우 온수 입수온도(T_h)에 의한 난방능력비의 변화가 없고 실내기 유입 건구온도(T_{DB,avg})에 의한 영향만 받으며 반대로 저온 구간(Low Temperature Curve)의 경우 온수 입수온도(T_h)와 실내기 유입 건구온도(T_{DB,avg})의 영향을 모두 받는다. 따라서 수랭식 VRF 히트펌프 시스템의 난방능력비(CAPFT_{Heating}) 역시 3가지 온도구간에 대한 성능곡선을 도출하여야 한다.

[0091] 저온 구간(Low Temperature Curve)은 수학식 6과 같다.

수학식 6

$$CAPFT_{Heating} = a + b(T_{DB,avg}) + c(T_{DB,avg})^2 + d(T_h) + e(T_h)^2 + f(T_{DB,avg})(T_h)$$

[0094] 도 5에서 변곡점(Boundary Curve)을 기준으로 냉각수 입수온도가 낮아지는 구간인 저온 구간(Low Temperature Curve)의 난방능력비(CAPFT_{Heating})는 [수학식 6]과 같이, 온수 입수온도(T_h)와 실내기 유입 건구온도(T_{DB,avg})에 따라 변화하는 연립 2차방정식으로 정의된다. 냉방모드일 때와는 반대로 난방모드의 저온 구간(Low Temperature Curve)에서는 온수 입수온도(T_h)와 실내기 유입 건구온도(T_{DB,avg}) 모두 고려해야 한다. 또한 본 발명에서 사용된 국내 S사의 수랭식 VRF TDB 데이터에 의하면 저온 구간(Low Temperature Curve)의 기준이 되는 정격 난방능력비(CAPFT_{Heating} = 1.0)는 온수 입수온도(T_h) 20℃, 실내 건구온도(T_{DB,avg}) 27℃ 일 때를 말한다. 이를 기준으로 온수 입수온도(T_h)와 실내기 유입 건구온도(T_{DB,avg})에 따라 변화하는 난방능력비(CAPFT_{Heating})를 산출할 수 있으며, 각 온도에 따른 난방능력비(CAPFT_{Heating})를 [수학식 6]에 대입하여 각 계수의 a, b, c, d, e를 도출할 수 있다.

[0095] 변곡점(Boundary Curve)은 수학식 7과 같다.

수학식 7

$$T_h = a + b(T_{DB,avg}) + c(T_{DB,avg})^2 + d(T_{DB,avg})^3$$

[0098] 도 5에서 온수 입수온도의 변화에 따른 난방능력 패턴이 급격하게 변화하는 시점을 변곡점(Boundary Curve) 구간으로 나타내며, 이는 3차 방정식으로 정의된다. 냉방모드와 마찬가지로, 변곡점(Boundary Curve) 구간은 저온 구간(Low Temperature Curve)과 고온 구간(High Temperature Curve)으로 나누어지는 경계조건이 되는 지점으로 실내기 유입 건구온도(T_{DB,avg})에 대한 온수 입수온도(T_h)의 식으로 정의된다. 따라서 실내기 유입 건구온도(T_{DB,avg})에 따라 변화하는 경계조건의 온수 입수온도(T_h)를 [수학식 7]에 대입하여 각각의 계수 a, b, c, d를 도

출한다.

[0099] 고온 구간(High Temperature Curve)은 수학적 식 8과 같다.

수학적 식 8

[0100]

[0102] 도 5와 같이, 변곡점(Boundary Curve) 기준으로 온수 입수온도가 높은 구간인 고온 구간(High Temperature Curve)의 난방능력비(CAPFT_{Heating})는 [수학적 식 8]과 같이 실내기 유입 건구온도(T_{DB,avg})에 의해서만 변동된다. 이는 저온 구간(Low Temperature Curve)과 고온 구간(High Temperature Curve)은 [수학적 식 6]으로서 동일하게 정의되지만, 고온 구간(High Temperature Curve)은 온수 입수온도(T_h)의 영향을 받지 않고 실내기 유입 건구온도(T_{DB,avg})에 의해서만 결정되므로 계수 d, e, f의 값은 0이 된다. 이에 따라 고온 구간(High Temperature Curve)의 성능곡선 식은 [수학적 식 8]과 같이 정의된다. 또한, 앞서 서술된 저온 구간(Low Temperature Curve)과 동일한 정격조건으로 실내 건구온도(T_{DB,avg})에 따라 변화하는 난방능력비(CAPFT_{Heating})를 산출한 후 [수학적 식 8]에 대입하여 계수 a, b, c를 도출할 수 있다.

[0104] 3.2 Heating Energy Input Curve : Temperature

[0105] 도 6은 국내 S사의 TDB 데이터를 기반으로 난방모드의 온수 입수온도 및 실내기 유입 건구온도에 따라 변화하는 수랭식 VRF 히트펌프의 난방소비전력비(Energy input Ratio Function of Temperature, 이하 EIRFT_{Heating})를 나타낸 것이다. 난방 소비전력(EIRFT_{Heating})은 냉방 소비전력(EIRFT_{Cooling})과 동일하게, 변곡점(Boundary Curve)이 명확하지 않으므로 모든 온수 입수온도(T_h) 구간에 대하여 하나의 성능곡선으로만 산출하여도 정확도에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

수학적 식 9

[0107]
$$EIRFT_{Heating} = a + b(T_{DB,avg}) + c(T_{DB,avg})^2 + d(T_h) + e(T_h)^2 + f(T_{DB,avg})(T_h)$$

[0109] 난방 소비전력비(EIRFT_{Heating})은 [수학적 식 9]와 같이 온수 입수온도(T_h)의 전 구간 및 실내기 유입 건구온도(T_{DB,avg})에 따라 변화하는 연립 2차 방정식에 의해 정의된다. 난방 소비전력비(EIRFT_{Heating})를 도출하기 위해서는 정격조건 상의 소비전력 (PI)을 선정하여야 한다. 냉방모드와 마찬가지로 본 발명에서 사용된 국내 S사의 수랭식 VRF TDB 데이터에 의하면, 난방 소비전력(EIRFT_{Heating})의 정격조건은 온수 입수온도(T_h) 20℃, 실내기 유입 건구온도(T_{DB,avg})는 27℃ 일 때를 의미한다. 이를 통해 정격 소비전력(PI)을 기준으로 온수 입수온도(T_h)와 실내기 유입 건구온도(T_{DB,avg})에 따라 변화하는 난방소비전력비를 산출할 수 있다. 이후 온수 입수온도(T_h)와 실내기 유입 건구온도(T_{DB,avg})에 따라 변화하는 난방 소비전력비(EIRFT_{Heating})를 [수학적 식 9]에 대입하여 계수 a, b, c, d, e, f를 도출할 수 있다.

[0111] 3.3 Heating Energy Input Curve : Part-Load Ratio Curve

[0112] 수랭식 VRF 히트펌프 시스템의 경우 난방 소비전력에 대한 성능곡선은 온수 입수온도와 실내기 유입 건구온도뿐만 아니라 부분부하율의 영향을 받는다. 난방모드의 부분부하율의 경우 히트펌프로 들어오는 온수 입수온도(T_h)와 실내기로 유입되는 공기의 건구온도(T_{DB,avg})에 따라 변화하는 난방능력에 대해 실내기에서 제거해야 할 난방 부하비를 뜻한다. 이에 따라 도 7과 같이 부분부하율에 따른 난방소비전력 비(Energy Input Ratio Function of Part Load Ratio, 이하 EIRFPLR_{Heating})는 정격조건 하의 소비전력(PI)에 대한 부분부하율 변화에 따라 변화하는 소비전력의 비를 의미한다. 본 발명에서 사용된 S사의 TDB 데이터는 부분부하율이 100% 이하이므로 부분부하율에 따라 변화하는 난방 소비전력비(EIRFPLR_{Heating})는 다음과 같은 [수학적 식 10]으로 정의된다.

수학식 10

$$EIRFPLR_{Heating} = a + b(PLR) + c(PLR)^2 + d(PLR)^3$$

[0114]

[0116]

또한 [표 2]와 같이 TDB 데이터를 통한 부분부하율에 따른 난방능력을 확인 후 부분부하율이 100%인 조건하의 난방 소비전력에 대한 각 부분부하율에 따른 소비전력 비를 산출하였다. 소비전력 비를 산출 후 부분부하율에 따라 변화하는 난방소비전력 비(EIRFPLR_{Heating})을 [수학식 10]에 대입하여 각각의 계수 a, b, c, d를 도출할 수 있다.

표 2

[0118]

Heating EIRFPLR				
Heating Power(kW)	Normalized EIRFPLR	PLR	PLR ²	PLR ³
1.89	0.436	0.5	0.25	0.125
2.46	0.568	0.569	0.36	0.212
3.02	0.697	0.7	0.484	0.337
3.63	0.838	0.796	0.634	0.504
4.07	0.94	0.896	0.803	0.72
4.33	1	1	1	1

[0120]

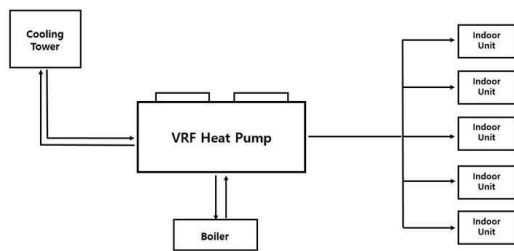
지금까지 여러 성능곡선에서 산출된 각각의 계수는 EnergyPlus의 수랭식 VRF 모델에 해당하는 Curve 값에 입력 됨으로써, 해당 시스템을 건물에 적용 시에 다양한 조건에 따라 동적으로 변화하는 냉·난방능력 및 에너지소비량을 정량적으로 예측할 수 있을 것이다.

[0122]

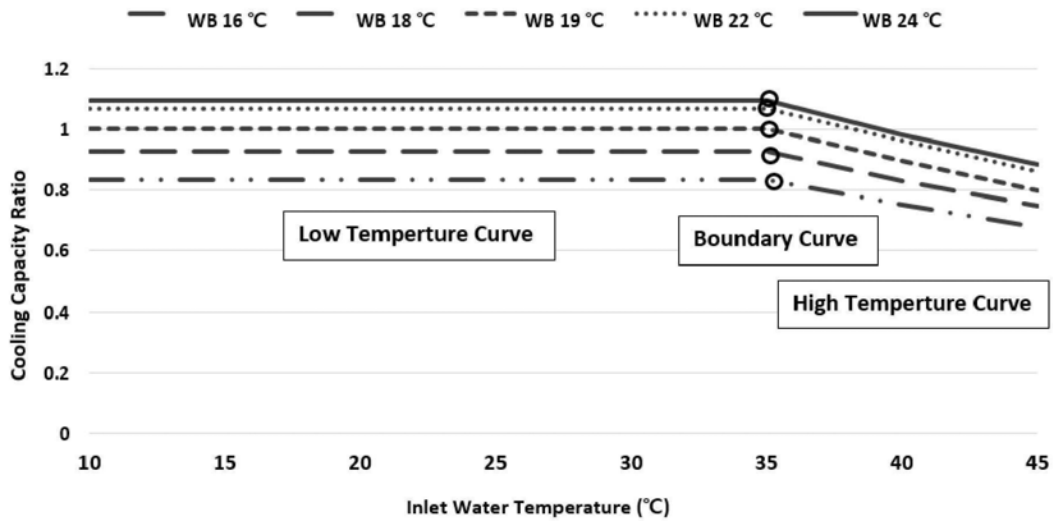
이상에서와 같이 본 발명의 권리는 위에서 설명된 실시예에 한정되지 않고 청구범위에 기재된 바에 의해 정의되며, 본 발명의 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 청구범위에 기재된 권리범위 내에서 다양한 변형과 개작을 할 수 있다는 것은 자명하다.

도면

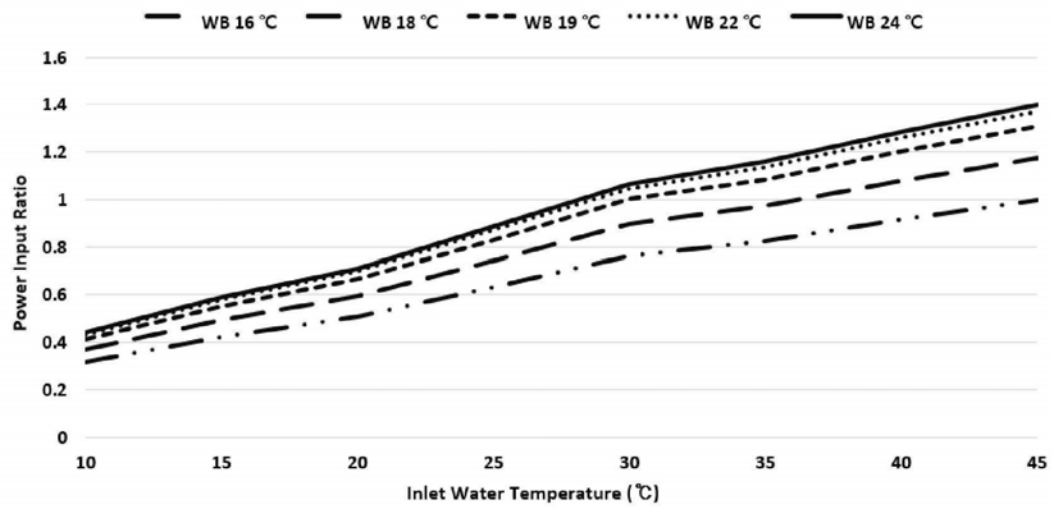
도면1



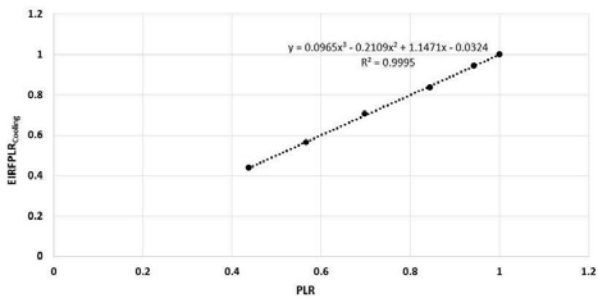
도면2



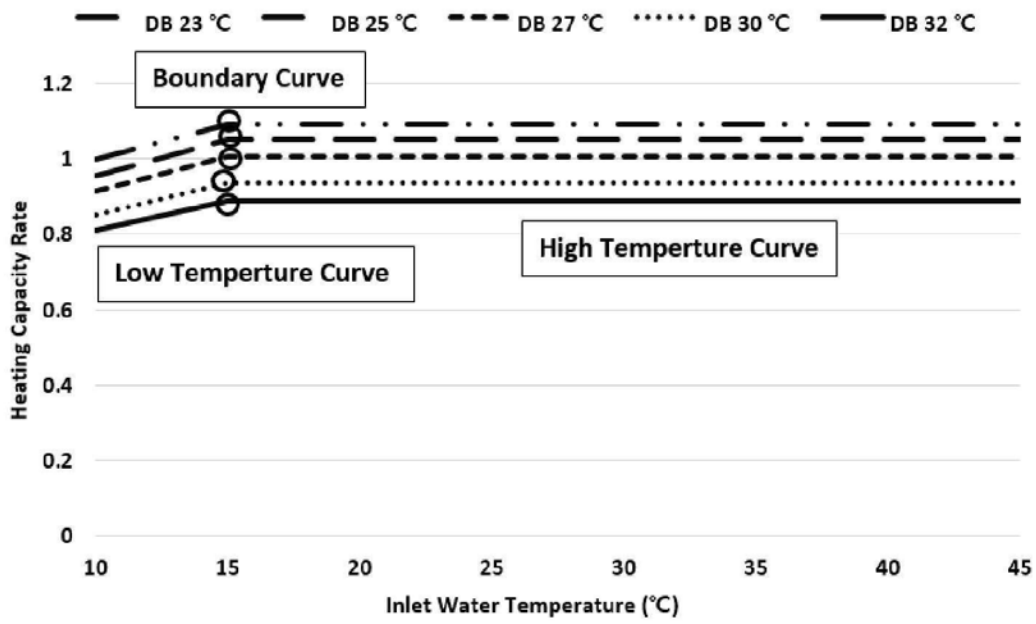
도면3



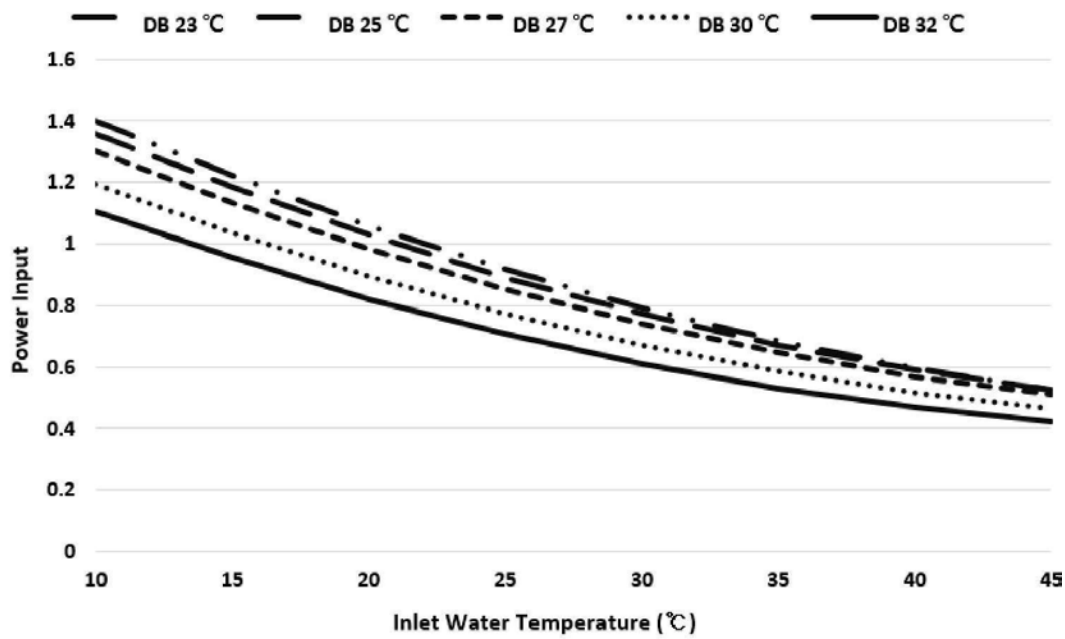
도면4



도면5



도면6



도면7

