



(19) 대한민국 지식재산청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2026년01월27일
(11) 등록번호 10-2919439
(24) 등록일자 2026년01월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H05K 7/20 (2006.01) F25B 15/00 (2022.01)
F25B 27/02 (2006.01) F28C 1/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H05K 7/20827 (2013.01)
F25B 15/00 (2022.01)
(21) 출원번호 10-2024-0146502
(22) 출원일자 2024년10월24일
심사청구일자 2024년10월24일
(56) 선행기술조사문헌
KR102603055 B1*
JP2024031339 A*
JP2017191431 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
국립한밭대학교 산학협력단
대전광역시 유성구 동서대로 125 (덕명동)
(72) 발명자
조진균
대전광역시 유성구 동서대로 125 N13동 302호
문주현
대전광역시 유성구 동서대로 125 N13동 307호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인비엘티

전체 청구항 수 : 총 10 항

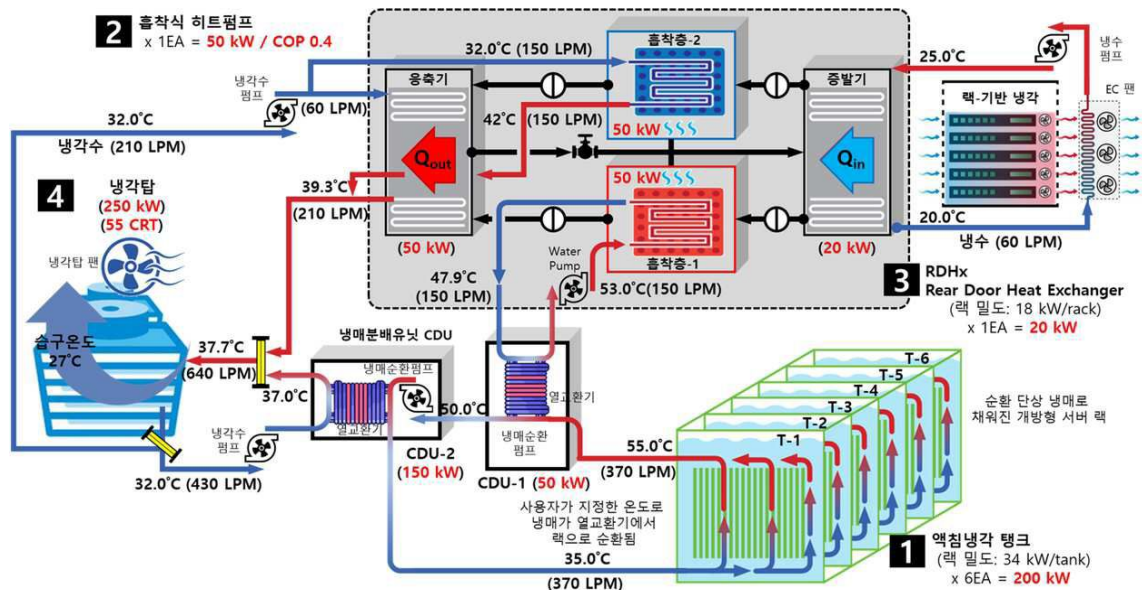
심사관 : 박정근

(54) 발명의 명칭 액침냉각과 흡착식 히트펌프 연계 데이터센터 폐열활용 냉각시스템 및 이의 작동방법

(57) 요약

본 발명은 액침냉각과 흡착식 히트펌프 연계 데이터센터 폐열활용 냉각시스템 및 이의 작동방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 제1 냉매를 이용하여 전자기기를 냉각하는 액침냉각 챔버; 열을 공급받아 제2 냉매를 탈착하는 제1흡착층과, 상기 제1흡착층에 전달된 상기 제2 냉매를 응축시키는 응축기와, 응축된 상기 제2 냉매를 증발시키는 증발기와, 증발된 상기 제2 냉매를 흡착제에 흡착시키는 제2흡착층을 갖는 흡착식 히트펌프; 상기 액침냉각 챔버에서 제1흡착층으로 열을 공급하는 온수사이클; 응축기를 냉각하여 제2냉매를 응축시키고 액침냉각챔버에서 열을 공급받는 냉각수사이클; 및 전자기기에 발생된 열을 회수하여 상기 증발기의 열원으로 공급하는 냉수사이클;을 포함하는 것을 특징으로 하는 액침냉각과 흡착식 히트펌프 연계 폐열활용 냉각시스템에 관한 것이다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

F25B 27/02 (2013.01)

F28C 1/00 (2013.01)

H05K 7/20309 (2013.01)

H05K 7/20318 (2013.01)

H05K 7/20327 (2013.01)

(72) 발명자

최병남

경기도시흥시 배곧1로 27-15, 105동 806호

고민건

인천광역시 연수구 계림로 58번길 5, 202호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2410000163

과제번호 00421998

부처명 산업통상자원부

과제관리(전문)기관명 한국에너지기술평가원

연구사업명 에너지효율혁신기술개발

연구과제명 액침냉각을 이용한 데이터센터 열관리 초고효율화 기술개발 및 실증

과제수행기관명 국립한밭대학교

연구기간 2024.04.01 ~ 2024.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

냉각시스템에 있어서,

제1 냉매를 이용하여 전자기기를 냉각하는 액침냉각사이클;

열을 공급받아 제2 냉매를 탈착하는 제1흡착층과, 상기 제1흡착층에 전달된 상기 제2 냉매를 응축시키는 응축기와, 응축된 상기 제2 냉매를 증발시키는 증발기와, 증발된 상기 제2 냉매를 흡착제에 흡착시키는 제2흡착층을 갖는 흡착식 히트펌프;

액침냉각챔버에서 제1흡착층으로 열을 공급하는 온수사이클;

응축기를 냉각하여 제2냉매를 응축시키고 상기 액침냉각챔버에서 열을 공급받는 냉각수사이클; 및

전자기기에 발생된 열을 회수하여 상기 증발기의 열원으로 공급하는 냉수사이클;을 포함하고,

상기 냉각시스템은 데이터 센터를 냉각하기 위한 시스템이고, 상기 전자기기는 서버랙이며, 상기 액침냉각사이클의 액침냉각탱크는 순환단상냉매로 채워진 개방형 서버랙이고,

서버랙을 냉각하여 가열된 제1냉매가 상기 온수사이클의 온수와 열교환되어 냉각되는 제1열교환기; 및 서버랙을 냉각하여 가열된 제1냉매가 상기 냉각수사이클의 냉각수와 열교환되어 냉각되는 제2열교환기;를 포함하며,

상기 제1냉매의 순환동력을 제공하는 냉매순환펌프를 포함하고,

상기 제1냉매는 액침냉각탱크에서 서버랙을 냉각하고 가열된 후, 제2열교환기에서 온수측으로 열을 공급하고, 제2열교환기에서 냉각수 측으로 열을 공급하고 냉각되어 액침냉각탱크로 순환되며,

상기 온수사이클의 온수는 제1열교환기에서 가열되어 상기 제1흡착층에 열을 공급하여 순환되고 상기 제1흡착층은 열을 공급받아 제2냉매를 탈착시키는 것을 특징으로 하는 액침냉각과 흡착식 히트펌프 연계 폐열활용 냉각시스템.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

제 1항에 있어서,

상기 온수의 순환동력을 제공하는 온수펌프를 포함하는 것을 특징으로 하는 액침냉각과 흡착식 히트펌프 연계 폐열활용 냉각시스템.

청구항 9

제 8항에 있어서,

상기 냉각사이클의 냉각수는 냉각탑에 의해 냉각되어 상기 응축기와 제2흡착층으로 공급되어 냉각탑으로 순환되는 것을 특징으로 하는 액침냉각과 흡착식 히트펌프 연계 폐열활용 냉각시스템.

청구항 10

제 9항에 있어서,

상기 냉각탑에서 냉각된 냉각수 일부는 제2열교환기를 거쳐 가열된 후, 다시 상기 냉각탑으로 순환되는 것을 특징으로 하는 액침냉각과 흡착식 히트펌프 연계 폐열활용 냉각시스템.

청구항 11

제 10항에 있어서,

상기 냉각수의 순환동력을 제공하는 냉각수 펌프;를 포함하는 것을 특징으로 하는 액침냉각과 흡착식 히트펌프 연계 폐열활용 냉각시스템.

청구항 12

제 11항에 있어서,

상기 냉수사이클은 후면 도어 열교환기를 포함하는 것을 특징으로 하는 액침냉각과 흡착식 히트펌프 연계 폐열활용 냉각시스템.

청구항 13

제 12항에 있어서,

상기 냉수사이클은,

공랭식 냉각팬은 냉수를 통해 냉각되어 상기 서버랙을 냉각시키고, 냉각팬을 거쳐 가열된 냉수는 상기 증발기에 열을 공급하고 냉각되어 순환되는 것을 특징으로 하는 액침냉각과 흡착식 히트펌프 연계 폐열활용 냉각시스템.

청구항 14

제 13항에 있어서,

상기 냉수의 순환동력을 제공하는 냉수 펌프;를 포함하는 것을 특징으로 하는 액침냉각과 흡착식 히트펌프 연계 폐열활용 냉각시스템.

청구항 15

제 14항에 있어서,

상기 제2냉매는 물인 것을 특징으로 하는 액침냉각과 흡착식 히트펌프 연계 폐열활용 냉각시스템.

청구항 16

제 15항에 있어서,

상기 제1흡착층과 상기 제2흡착층의 흡착제는 실리카겔 또는 MIL101Cr 흡착제인 것을 특징으로 하는 액침냉각과 흡착식 히트펌프 연계 폐열활용 냉각시스템.

청구항 17

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 액침냉각과 흡착식 히트펌프 연계 데이터센터 폐열활용 냉각시스템 및 이의 작동방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 정보기술의 급격한 발전과 데이터 처리 수요의 폭발적인 증가로 데이터센터의 대규모 건설은 주요 국가의 중요한 발전 전략이 되었다. 도 1은 IT장비의 전력밀도 변화에 따른 데이터센터 냉각 시스템의 발전과 변화를 도시한 것이다.

[0003] 현재 또는 미래의 데이터센터는 소위 ABC 기술인 인공지능(AI), 빅 데이터(big data), 클라우드(cloud)에 의해서 ICT 산업 및 파생된 신생 산업뿐만 아니라 기존 산업의 서비스도 변화시키고 있다.

[0004] 이른바 제조업, 농업 및 수산업과 같은 전통 산업의 생태계까지도 송두리째 디지털 전환(digital transformation)으로 구체화되고 있다. IT장비는 일반적으로 할당된 워크로드와 장비성능에 따라 랙당 50 kW 이상의 전력밀도에 도달할 수 있다. 평균 밀도는 랙당 10 kW 미만으로 유지되지만 IT용량이 5 MW 이상인 데이터센터에서는 더 높은 경향이 있다. IT장비에 공급되는 거의 모든 전력은 열로 변환된다.

[0005] 전 세계의 거의 모든 신축 및 기축 데이터센터 IT장비 냉각은 공랭식(air cooling)을 사용한다. 그러나 생성형 AI 등을 실현할 IT장비 및 랙(rack) 수준의 열 부하가 꾸준히 증가함에 따라 많은 데이터센터가 적절한 풍량이나 충분한 냉각을 공급하는 능력이 한계에 다다르고 있다.

[0006] 이러한 상황으로 인해 공랭식을 대체할 냉각 전략이 필요하게 되었고, 수냉식(liquid cooling)이 가장 현실적인 솔루션으로 떠오르고 있다. 수냉식 냉각시스템의 전반적인 목표는 가능한 한 많은 폐열을 액체 냉매를 통하여 히트펌프 열원으로 전달하고 랙 내부의 IT장비에 필요한 전체 공기흐름을 줄이는 것이다. 또한 더 낮은 온도로 냉각하여 IT장비의 성능을 높이기 위해 수냉식 냉각이 필요할 수도 있다. 도 1은 서버 랙 또는 상면(white space) 단위면적 당 IT장비 최대 전력밀도와 관련하여 적용 가능한 냉각전략의 범위를 보여준다.

[0007] 본 발명은 데이터센터의 수요와 IT장비의 고집적도 및 전력밀도에 대응하고 기존의 공랭식 시스템을 전환하기 위한 액침냉각 시스템과 더 나아가서 막대한 냉각폐열을 다시 냉각열원으로 환원할 수 있는 흡착식 히트펌프를 연계한 데이터센터 냉각시스템을 도출하였다. 이를 위해 폐열이용 흡착식 히트펌프의 최적 설계와 전체 냉각시스템의 정량적 에너지효율 평가를 통해 해당 시스템의 적용성을 제시하였다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 10-2603055

(특허문헌 0002) 일본 등록특허 JP 5347620 B2

(특허문헌 0003) 대한민국 공개특허 10-2022-0105521

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 따라서 본 발명은 상기와 같은 종래의 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 본 발명의 실시예에 따르면, 데이터 센터에서 액침냉각과 폐열회수가 가능한 시스템을 연계하여 IT장비의 증가하는 전력 수요를 해결하는 방법을 제시하는 것을 목적으로 한다.
- [0010] 본 발명의 실시예에 따르면, 액침냉각과 흡착식 히트펌프를 통합하여 폐열을 재활용하고, 회수된 냉각 폐열을 일반적으로 활용하는 난방열원이 아닌 다시 데이터센터의 냉각열원으로 활용할 수 있는, 액침냉각과 흡착식 히트펌프 연계 데이터센터 폐열활용 냉각시스템 및 이의 작동방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0011] 한편, 본 발명에서 이루고자 하는 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0012] 본 발명의 제1목적은 냉각시스템에 있어서, 제1 냉매를 이용하여 전자기기를 냉각하는 액침냉각사이클; 열을 공급받아 제2 냉매를 탈착하는 제1흡착층과, 상기 제1흡착층에 전달된 상기 제2 냉매를 응축시키는 응축기와, 응축된 상기 제2 냉매를 증발시키는 증발기와, 증발된 상기 제2 냉매를 흡착제에 흡착시키는 제2흡착층을 갖는 흡착식 히트펌프; 상기 액침냉각 챔버에서 제1흡착층으로 열을 공급하는 온수사이클; 응축기를 냉각하여 제2냉매를 응축시키고 상기 액침냉각챔버에서 열을 공급받는 냉각수사이클; 및 전자기기에 발생된 열을 회수하여 상기 증발기의 열원으로 공급하는 냉수사이클;을 포함하는 것을 특징으로 하는 액침냉각과 흡착식 히트펌프 연계 폐열활용 냉각시스템으로서 달성될 수 있다.
- [0013] 그리고 상기 냉각시스템은 데이터 센터를 냉각하기 위한 시스템이고, 상기 전자기기는 서버 랙인 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0014] 또한 상기 액침냉각사이클의 액침냉각탱크는 순환단상냉매로 채워진 개방형 서버랙인 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0015] 그리고 서버랙을 냉각하여 가열된 제1냉매가 상기 온수사이클의 온수와 열교환되어 냉각되는 제1열교환기;를 더 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0016] 또한 서버랙을 냉각하여 가열된 제1냉매가 상기 냉각수사이클의 냉각수와 열교환되어 냉각되는 제2열교환기;를 더 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0017] 그리고 상기 제1냉매의 순환동력을 제공하는 냉매순환펌프를 포함하고, 상기 제1냉매는 액침냉각탱크에서 서버랙을 냉각하고 가열된 후, 제2열교환기에서 온수측으로 열을 공급하고, 제2열교환기에서 냉각수 측으로 열을 공급하고 냉각되어 액침냉각탱크로 순환되는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0018] 또한 상기 온수사이클의 온수는 제1열교환기에서 가열되어 상기 제1흡착층에 열을 공급하여 순환되고 상기 제1흡착층은 열을 공급받아 제2냉매를 탈착시키는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0019] 그리고 상기 온수의 순환동력을 제공하는 온수펌프를 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0020] 또한 상기 냉각수사이클의 냉각수는 냉각탑에 의해 냉각되어 상기 응축기와 제2흡착층으로 공급되어 냉각탑으로 순환되는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0021] 그리고 상기 냉각탑에서 냉각된 냉각수 일부는 제2열교환기를 거쳐 가열된 후, 다시 상기 냉각탑으로 순환되는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0022] 또한 상기 냉수사이클은 후면 도어 열교환기를 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0023] 그리고 상기 냉수사이클은, 공랭식 냉각팬은 냉수를 통해 냉각되어 상기 랙을 냉각시키고, 냉각팬을 거쳐 가열

된 냉수는 상기 증발기에 열을 공급하고 냉각되어 순환되는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0024] 또한 상기 제2냉매는 물인 것을 특징으로 하는 액침냉각과 흡착식 히트펌프 연계 냉각시스템.

[0025] 그리고 상기 제1흡착층과 상기 제2흡착층의 흡착제는 실리카겔 또는 MIL101Cr 흡착제인 것을 특징으로 할 수 있다.

[0026] 본 발명의 제2목적은, 냉각시스템의 작동방법에 있어서, 앞서 언급한 제1목적에 따른 액침냉각과 흡착식 히트펌프 연계 냉각시스템의 작동방법으로서 달성될 수 있다.

발명의 효과

[0027] 본 발명의 실시예에 따른 액침냉각과 흡착식 히트펌프 연계 데이터센터 냉각시스템 및 이의 작동방법에 따르면, 데이터 센터에서 액침냉각과 폐열회수가 가능한 시스템을 연계하여 IT장비의 증가하는 전력 수요를 해결하는 방법을 제시할 수 있다.

[0028] 본 발명의 실시예에 따른 액침냉각과 흡착식 히트펌프 연계 데이터센터 폐열활용 냉각시스템 및 이의 작동방법에 따르면, 액침냉각과 흡착식 히트펌프를 통합하여 폐열을 재활용하고, 회수된 냉각 폐열을 일반적으로 활용하는 난방열원이 아닌 다시 데이터센터의 냉각열원으로 활용할 수 있는 효과를 갖는다.

[0029] 한편, 본 발명에서 얻을 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0030] 본 명세서에 첨부되는 다음의 도면들은 본 발명의 바람직한 실시예를 예시하는 것이며, 발명의 상세한 설명과 함께 본 발명의 기술적 사상을 더욱 이해시키는 역할을 하는 것이므로, 본 발명은 그러한 도면에 기재된 사항에만 한정되어 해석되어서는 아니 된다.

도 1은 IT장비의 전력밀도 변화에 따른 데이터센터 냉각 시스템의 발전과 변화,

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 액침냉각과 흡착식 히트펌프 연계 데이터센터 냉각시스템과, RDHx로의 폐열활용 시스템의 구성도,

도 3a는 본 발명의 실시예에 따른 실리카겔-물 시스템에서 온수, 냉각수 및 냉수 순환을 모두 활용한 2-층 흡착식 히트펌프 시스템의 개념도

도 3b는 본 발명의 실시예에 따른 흡착식 히트펌프의 작동 흐름도

도 4a는 본 발명의 실험예에 따른 실리카겔-물 흡착 반응에 따른 2-층 온도, 도 4b는 히트펌프 각 구성요소별 출구 수온,

도 5a는 Mil101Cr-물 흡착 반응에 따른 2-층 온도, 도 5b는 히트펌프 각 구성요소별 출구 수온,

도 6은 IT장비의 구성요소별 전력사용 비율 및 ITUE 적용기준,

도 7은 액침냉각과 흡착식 히트펌프 연계 데이터센터 냉각시스템 전력(설계)전력 및 PUE/TUE 결과를 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0031] 이상의 본 발명의 목적들, 다른 목적들, 특징들 및 이점들은 첨부된 도면과 관련된 이하의 바람직한 실시예들을 통해서 쉽게 이해될 것이다. 그러나 본 발명은 여기서 설명되는 실시예들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 오히려, 여기서 소개되는 실시예들은 개시된 내용이 철저하고 완전해질 수 있도록 그리고 통상의 기술자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 제공되는 것이다.

[0032] 본 명세서에서, 어떤 구성요소가 다른 구성요소 상에 있다고 언급되는 경우에 그것은 다른 구성요소 상에 직접 형성될 수 있거나 또는 그들 사이에 제 3의 구성요소가 개재될 수도 있다는 것을 의미한다. 또한 도면들에 있어서, 구성요소들의 두께는 기술적 내용의 효과적인 설명을 위해 과장된 것이다.

[0033] 본 명세서에서 기술하는 실시예들은 본 발명의 이상적인 예시도인 단면도 및/또는 평면도들을 참고하여 설명될

것이다. 도면들에 있어서, 막 및 영역들의 두께는 기술적 내용의 효과적인 설명을 위해 과장된 것이다. 따라서 제조 기술 및/또는 허용 오차 등에 의해 예시도의 형태가 변형될 수 있다. 따라서 본 발명의 실시예들은 도시된 특정 형태로 제한되는 것이 아니라 제조 공정에 따라 생성되는 형태의 변화도 포함하는 것이다. 예를 들면, 직각으로 도시된 영역은 라운드지거나 소정 곡률을 가지는 형태일 수 있다. 따라서 도면에서 예시된 영역들은 속성을 가지며, 도면에서 예시된 영역들의 모양은 소자의 영역의 특정 형태를 예시하기 위한 것이며 발명의 범주를 제한하기 위한 것이 아니다. 본 명세서의 다양한 실시예들에서 제1, 제2 등의 용어가 다양한 구성요소들을 기술하기 위해서 사용되었지만, 이들 구성요소들이 이 같은 용어들에 의해서 한정되어서는 안 된다. 이들 용어들은 단지 어느 구성요소를 다른 구성요소와 구별시키기 위해서 사용되었을 뿐이다. 여기에 설명되고 예시되는 실시예들은 그것의 상보적인 실시예들도 포함한다.

[0034] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 '포함한다(comprises)' 및/또는 '포함하는(comprising)'은 언급된 구성요소는 하나 이상의 다른 구성요소의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.

[0035] 아래의 특정 실시예들을 기술하는데 있어서, 여러 가지의 특정적인 내용들은 발명을 더 구체적으로 설명하고 이해를 돕기 위해 작성되었다. 하지만 본 발명을 이해할 수 있을 정도로 이 분야의 지식을 갖고 있는 독자는 이러한 여러 가지의 특정적인 내용들이 없어도 사용될 수 있다는 것을 인지할 수 있다. 어떤 경우에는, 발명을 기술하는 데 있어서 흔히 알려졌으면서 발명과 크게 관련 없는 부분들은 본 발명을 설명하는데 있어 별 이유 없이 혼돈이 오는 것을 막기 위해 기술하지 않음을 미리 언급해 둔다.

[0037] 이하에서는 본 발명의 실시예에 따른 흡착식 히트펌프 연계 데이터센터 냉각시스템의 구성, 기능 및 이를 이용한 폐열회수와 활용방법에 대해 설명하도록 한다.

[0038] 이하에서는 본 실시예에 따른 200 kW IT장비 전력 모듈을 기반으로 한 폐열회수 냉각 시스템 구성, 기능을 먼저 설명하고, 실시예에 따라 설계된 냉각시스템에 대한 실험예와 실험결과데이터에 대해 하도록 한다. 본 발명의 실험예에서는 (1) 액침냉각 폐열을 이용한 흡착식 히트펌프의 최적 운전 조건 결정, (2) 데이터센터 전력사용효율(PUE) 및 총사용효율(TUE) 지표를 이용한 시스템 에너지 효율분석을 진행하였다. 실험결과로 흡착식 히트펌프의 구성 요소를 모델링하고 분석한 결과, 실리카겔은 53℃에서 높은 성적계수(COP)를 달성한 반면 MIL101Cr은 약 0.4의 COP를 나타내 효율적인 폐열회수 가능성을 보여주었다. 본 발명의 실시예에 따른 시스템을 사용하면 200 kW 수냉식 IT장비 부하와 추가로 18 kW의 공냉식 IT장비 부하를 냉각할 수 있다. 총 전력 소비량은 232.16 kWh로, 1.064의 PUE_{cooling}과 1.367의 TUE_{cooling}을 달성하였다. 해당 효율지표는 액침냉각만 사용할 때보다 약간 증가하지만 폐열회수의 이점은 상당하다.

[0040] 본 발명의 실시예에 따른 흡착식 히트펌프 연계 데이터센터 냉각시스템의 구성, 설계를 설명하기에 앞서 본 발명을 도출하기 위한 방법과 절차 및 에너지 효율 분석방법에 대해 설명하도록 한다.

[0041] 액침냉각 시스템의 가장 중요한 전제조건은 수냉식(liquid-cooled) IT장비가 적용되어야 한다는 것이다. 그러나 현재까지는 수냉식 IT장비는 적용이 제한적이다. 따라서 수냉식 냉각시스템의 설계에서 냉방 요구사항이 불명확한 부분이 발생할 수 있다. 본 발명의 실시예에서는 200 kW급 IT장비 부하를 기준으로 액침냉각 시스템을 설계하고 50 kW 흡착식 히트펌프와 통합한 시스템을 구현하였다. 이것은 20 kW의 후면도어 냉각 열교환기(RDHx: rear door heat exchanger) 통하여 공랭식(air-cooled) IT장비의 냉각에 활용된다.

[0042] 해당시스템을 구현하기 위해서 액침냉각 시스템, 흡착식 히트펌프 그리고 RDHx 상호 연결되는 사용 가능한 열매체의 온도와 유량이 결정되어야 한다. 즉, 액침냉각의 폐열이 흡착식 히트펌프의 입력 열이 되고 흡착식 히트펌프의 출력 열이 RDHx의 입력 열이 된다.

[0043] 따라서 상호 시스템의 가능 조건을 찾는 것이 핵심이 된다. 액침 시스템과 RDHx의 냉각운전 조건은 이미 상용화되어 제시된바가 있기 때문에 흡착식 히트펌프의 상호 연결 가능한 온도조건과 균형을 유지하는 최적 설계가 선행되어야 한다. 먼저, 흡착식 히트펌프의 설계를 최적화하기 위해 실리카겔, MIL-101Cr, SAPO-34와 같은 전통적 흡착제를 고려하는 것이 중요하다. 조정 가능한 온도 범위는 73℃에서 53℃ 사이에서 변동하며, 데이터센터와 같은 폐열회수 응용분야에 시스템을 통합하는 데 중요한 역할을 한다. 성적계수(COP) 범위가 0.01에서 0.7인 경우, 입자군집최적화(PSO: particle swarm optimization) 및 유전 알고리즘(GA: genetic algorithms)과 같은 최적화 기술을 활용하여 효율을 극대화하면서 필요한 온도 범위를 최소화하는 조건을 식별할 수 있다.

[0044] 본 발명의 실험예에서는 흡착식 히트펌프와 데이터센터 냉각 시스템의 연결 가능한 최적 조건을 도출하고 이를

기반으로 에너지효율을 분석하였다. 또한 기준이 되는 공랭식 냉각 시스템과의 비교도 병행하였다.

[0045] 데이터센터 효율성에 대한 수냉식 냉각의 영향을 예측하고 에너지절약을 위해 최적화하는 데 사용할 수 있는 데이터는 부족하였다. 하기 수학적 1의 PUE(power usage effectiveness)는 데이터센터 수냉식 냉각 에너지효율을 측정하는 좋은 척도가 아니다. 공랭식 냉각과 달리 수냉식 냉각은 PUE 계산에서 분자(총 데이터센터 전력)와 분모(IT장비 전력)에 영향을 미치기 때문에 수냉식 냉각과 공랭식 냉각의 효율을 비교하는 데 효과적이지 않을 수 있다.

[0046] 공랭식 냉각 중심의 데이터센터에 수냉식 냉각을 도입하는 것과 관련된 설계 결정을 내리는 데는 TUE(total usage effectiveness)와 같은 대체 지표가 더 유용할 수 있다. 먼저, 관련된 ITUE(IT-power usage effectiveness)는 데이터센터가 아닌 IT장비에 대한 지표이다. PUE와 유사하게 ITUE는 수학적 2와 같이, 총 IT 에너지를 컴퓨팅 에너지로 나눈 값으로 정의된다. PUE가 IT장비의 인프라 부하를 파악하는 것처럼 ITUE는 컴퓨팅에 대해서도 동일한 부하를 파악한다. 데이터센터에는 냉각장비, UPS, PDU 및 기타 IT장비를 지원하는 시스템이 있다. 마찬가지로 IT장비에는 내부 팬, 전원공급 장치(PSU: power supply unit), 전압 조정기(VRs: voltage regulators) 등이 있다. 컴퓨팅 구성요소는 CPU, 메모리, 스토리지 등으로 정의할 수 있다. PUE와 ITUE의 계산과 구조는 동일하다. 그리고 ITUE와 PUE를 결합하면 수학적 3과 같이 TUE를 산출할 수 있다. TUE는 데이터센터로 유입되는 총 에너지를 IT장비 내의 컴퓨팅 구성 요소에 전달되는 총 에너지로 나눈 값으로 정의된다. PUE에 고려되는 IT장비 요소에는 네트워크 스위치, I/O 하위 시스템, 스토리지가 포함되어야 한다. 마찬가지로, ITUE와 TUE는 데이터센터의 모든 IT장비를 포함하도록 확장되어야 한다.

[0047] [수학적 1]

[0048]
$$PUE = \frac{\text{총 데이터센터 사용 전력}}{\text{총 IT장비 사용 전력}}$$

[0049] [수학적 2]

[0050]
$$ITUE = \frac{\text{IT장비의 총 인입 전력}}{\text{순수 컴퓨터 요소의 총 인입 전력}}$$

[0051] [수학적 3]

[0052]
$$TUE = PUE \times ITUE$$

[0054] 기존의 데이터센터는 공랭식 냉각 시스템을 사용하였기 때문에 양적으로 많은 냉각폐열이 생산되지만 공기 또는 냉각수의 낮은 온도로 질적(exergy)으로 활용하는데 한계가 있었다. 따라서 활용 가능한 온도로 만들기 위해 추가적인 에너지가 필요했고 거의 대부분 난방 열원으로 사용되었다. 추가적인 에너지가 소요되는 시스템은 진정한 폐열재활용으로 보기 힘들다.

[0055] 고밀도 IT장비의 냉각을 위해 수냉식 냉각을 사용하면 비교적 높은 온도의 냉매(유체)에서 폐열을 얻을 수 있기 때문에 별도의 에너지를 투입하여 온도를 올리지 않고 폐열을 활용하는 방안을 고려할 수 있다.

[0056] 본 발명의 실시예에서는 이러한 방안으로 액침냉각과 흡착식 히트펌프를 결합하였다.

[0057] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 시스템의 개념도를 보여주고 단위용량은 앞에서 설명했듯이 IT장비 부하 200 kW 기준이다. 총 IT장비 부하 요구량 200 kW를 구현하기 위해서 34 kW/tank의 6개 액침탱크와 냉각을 위해 물-대-냉매 열교환기를 적용한 CDU(coolant distribution unit)를 설치하였다.

[0058] 수냉식 열매체 순환의 1차 측 냉수와 2차 측 냉매가 된다. CDU에 의해서 제어되는 1-2차 측 냉수-냉매순환은 손실이 없다고 가정하여 CDU의 용량은 200 kW로 적용하였다. 그러나 폐열을 재활용하기 위해서 CDU를 직렬로 두 대로 분리하고 각각의 용량을 50 kW (CDU-1)와 150 kW (CDU-2)로 분배하였다.

[0059] CDU-1(제1열교환기)에서 50 kW의 냉각 폐열을 흡착식 히트펌프로 보내고 CDU-2(제2열교환기)의 150 kW의 열을 냉각탑으로 보내도록 구성하였다.

[0060] CDU와 IT장비가 침수되어 있는 액침탱크와의 냉매순환은 인입온도 35℃의 설계유량(ΔT=20℃)은 CDU 용량과 작동유체의 비열(0.33 W/ℓ·℃)을 기준으로 370 ℓ/min의 냉매순환펌프의 용량을 결정하고 설계양정은 CDU와 배관의 정압을 고려하여 40 mAq로 적용하였다.

[0061] 흡착식 히트펌프로의 재생열 공급은 액침냉각 후 55° C의 냉매(유체)가 CDU-1의 열교환기를 통하여 53° C의 150

ℓ/min 온수가 제1흡착층(adsorbent bed)으로 공급된 후 다시 47.9℃로 되돌아온다. 즉, 약 50 kW의 냉각 폐열이 공급되는 개념이다.

[0062] 흡착식 히트펌프의 내부의 열 흐름과 온도는 설계 최적화를 통하여 RDHx(후면 도어 열교환기)로 20 kW 용량의 냉방을 공급하고 냉각탑으로 100 kW의 열을 보내도록 구성되었다.

[0063] 냉각폐열 활용은 18 kW/rack의 1개 서버 랙을 기준으로 하고 냉각을 위해 RDHx 유닛을 설치하였다. 본 발명의 실시예에 따른 시스템은 수냉식 냉각 시스템으로 분류가 가능하지만 원칙적으로는 공랭식 IT장비를 사용한다.

[0064] 총 RDHx 유닛의 용량은 공기유실과 재순환의 영향이 없다고 가정하고 설계부하의 100%를 적용한 18 kW와 공기 온도차는 $\Delta T=10^{\circ}\text{C}$ 로 풍량은 $100\text{ m}^3/\text{min}$ 이다. 냉수순환은 배관손실 등을 고려하여 총 RDHx 용량의 110%를 충족하도록 20 kW로 선정하였다. 냉수 순환펌프는 흡착식 히트펌프 출구온도 20℃의 1차 펌프 시스템이고 설계유량은 $\Delta T=5^{\circ}\text{C}$ 기준으로 60 ℓ/min과 설계양정 50 mAq로 펌프의 크기를 결정하였다.

[0065] 마지막으로 냉각수 순환펌프는 냉각탑 출구온도 32℃(습구온도 기준 27℃)의 설계유량은 냉각탑 용량을 기준으로 총 640 ℓ/min이 공급하도록 펌프의 크기를 결정하고 설계양정은 30 mAq로 적용하였다. 여기에는 액침시스템으로 순환하는 430 ℓ/min과 흡착식 히트펌프와 RDHx로 순환하는 210 ℓ/min로 두 개의 펌프가 병렬로 구성되어 있다.

[0067] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 흡착기, 탈착기(또는 재생기), 응축기 및 증발기를 포함하는 기본적인 2-베드 흡착식 냉각 시스템 개념이다.

[0068] 제1흡착층에서 발생하는 재생반응은 온수가 투입되고 흡착층 열을 제거하는 반응이다. 반대편 제2흡착층에서는 증발기로부터 진공에서 증기를 흡착하여 흡착층은 가열되고 냉각수가 사용된다. 탈착 혹은 재생은 일반적으로 50℃에서 90℃ 범위의 고온열을 필요로 하며, 수증기를 방출한다. 증기는 이후 응축기에서 응축되고, 응축기는 증발기로 물을 공급하여 연속적인 냉각 사이클을 유지한다.

[0069] 다음 단계는 흡착반응을 계산하며, 선형 구동력(LDF: linear driving force) 방정식이 사용된다. 흡착 및 탈착 시간이 중요한 변수이며, 일반적으로 거시적 증기확산에 의해 제어된다고 가정된다. 다양한 흡착제-냉매 쌍에 대해 이러한 과정을 시뮬레이션하기 위해 LDF 방정식이 흡착 및 탈착 속도를 특성화하는 데 사용된다. 이 방정식은 흡착물의 실제 농도와 평형 농도 사이의 관계를 효과적으로 포착하여 흡착 및 탈착 과정에 관련된 반응 속도를 간단하면서도 정확하게 표현한다.

[0070] [수학식 4]

$$\frac{dx}{dt} = k_0 \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right)(x_{eq} - x)$$

[0071]

[0072] k_0 LDF 방정식의 실험상수 [ℓ/s]

[0073] E_a 활성화 에너지 [J/kg]

[0074] R 기체상수 [J/kg · K]

[0075] T 온도 [K]

[0076] x 흡착 흡수 [kg/kg]

[0077] x_{eq} 평형 흡수, kg/kg

[0079] 본 발명의 실시예에서는 두 가지 흡착 재료(실리카겔과 MIL101Cr)가 사용되었다.

[0080] MIL101Cr-물 시스템의 경우, 실험 데이터를 LDF 모델에 필요한 상수를 대입하였으며, 반응 속도 상수는 Al-Mousawi et al와 Gediz et al에 의해 제시되었다.

[0081] 한편, 실리카겔-물 시스템의 반응 속도 상수는 $k_0=1.318e^5$ ℓ/s과 $E_a=42,000$ J/mol로 사용할 수 있다.

[0082] 흡착층에서 에너지 보존 방정식이 매우 중요하다. 등압 흡착은 일정한 압력에서 발생하며, 이때 흡착제가 흡착되어 열을 방출한다. 등온 가열은 일정한 흡착물 농도에서 흡착제를 가열하여 탈착을 준비하는 과정에서 시스템의 온도를 상승시킨다. 등압 탈착은 일정한 압력에서 발생하며, 등온 가열 시 공급된 열로 인해 흡착제가 증기

를 방출한다. 등은 냉각은 일정 흡착물 농도에서 흡착제 층을 냉각시켜, 다음 흡착 사이클을 준비하기 위해 온도를 낮춘다. 이후 응축기에서 에너지 보존법칙에 따라 탈착되고 냉각된 냉매가 증발기로 공급될 액체 상태로 전환되도록 한다.

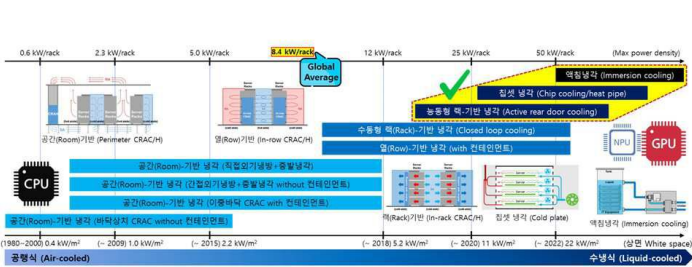
- [0083] 마지막 단계에서는 시스템 구성 요소 간 에너지 보존의 수렴 여부를 확인하여 반복적인 해가 안정화되었음을 확인하고, 모델링된 동작이 실제 흡착 사이클의 물리적 과정과 일치한다. 에너지 흐름에 대한 포괄적인 분석을 제공하여 시스템의 운영 효율을 이해할 수 있다. 본 발명의 실시예에서는 흡착식 히트펌프 시스템을 시뮬레이션하기 위해 복잡하고 시간 의존적인 비선형 과정을 포함하는 상미분 방정식을 해결하는 것이 중요하다. 상미분 방정식(ODE: ordinary differential equation) 솔버 중 MATLAB ODE23방식은 온도, 압력 또는 흡착물 농도의 급격한 변화에서 발생하는 방정식을 처리하는 데 효과적이다. 하지만, 급격한 시간 변화에 대응할 수 있는 ODE 솔버에 대해 안정성을 위해 작은 시간 간격이 필요하게 되어 계산 비용과 시간이 증가할 수 있다.
- [0085] 이하에서는 본 발명의 실시예에 따른 최종 목적인 냉각폐열이용 액침냉각과 흡착식 히트펌프 및 RDHx의 복합시스템의 에너지 효율평가를 위해서 앞에서 정의한 기준에 따라 구성한 냉각시스템의 정격(설계) 에너지소비를 기반으로 냉각 PUE 및 TUE를 산출하였다.
- [0086] 도 4는 에너지 보존 방정식 모델에서 얻은 온도결과를 나타낸다. 도 4a에서, 회색과 보라색 실선은 각각 흡착층 내의 온도를 나타낸다. 한쪽은 흡착기로 기능하는 반면, 다른 쪽은 재생기의 기능을 수행한다. 두 층은 탈착기와 흡착기로 역할을 한 사이클 타임에 교대로 수행한다. 두 층은 초기 53℃의 가열된 온수가 인입되어 재생 과정을 거치며, 32℃의 냉각수를 받아 흡착 과정을 진행한다.
- [0087] 도 4b는 흡착층에서 열교환이 일어난 후 각 구성요소의 출구온도를 보여주는 그래프이다. 53℃와 32℃의 입구온도에서 흡착과정이 일어나기 위해서는 200초의 짧은 사이클 간격이 필수적이다. 응축기의 온도는 크게 변하지 않았으며, 32℃에서 33.5℃ 사이를 유지하였다.
- [0088] 증발기 입구온도가 25℃이고, 평균 20℃의 냉각된 공기를 공랭식 IT장비가 적용된 데이터센터에 공급할 수 있다. COP는 증발기에서 발생한 냉각 열과 흡착제가 제거한 열 비율로 정의된다. 이것은 흡착식 히트펌프에 제공된 열 에너지를 얼마나 효율적으로 냉각에 활용하는가를 나타낸다. 열원 온도가 상승하면 재생 과정에서도 더 많은 열 에너지가 필요한 점을 고려하고, 냉각효과를 달성하기 위해 더 많은 에너지를 소모하게 된다. 그 결과, COP가 감소한다.
- [0089] 실리카겔-물 조합에서는 온수 온도가 53℃일 때 COP가 초기에는 0.77이지만, 온수가 63℃로 상승하면 COP는 0.27로 감소하고, 온도가 73℃로 더 증가하면 COP는 0.17로 감소한다. COP가 온도증가에 따라 감소하는 이유는 짧은 시간에 열원 온도가 상승할수록 물 흡수량이 증가하여 출력이 증가하기 때문이다. 질량 유량 대비하여 엔탈피 차이를 증가시켜 짧은 사이클 시간 내에 출력이 더욱 증가하게 된다. 도 4a에 설명된 바와 같이, 온수순환층에서의 출력 증가는 전체 COP가 감소를 야기한다.
- [0090] 도 5a와 도 5b는 실리카겔과 동일한 조건에서 MIL101Cr-물 시스템에 대해 수행된 계산 결과를 나타낸다. 그래프의 형태는 실리카겔과 비교했을 때 다른 경향을 보이며, 계산된 COP 값은 실용적인 적용이 가능할 수준으로, 53-32℃ 조합에서는 COP가 0.4, 63-32℃ 조합에서는 COP가 0.25로 나타났다. 실리카겔의 경우 요구되는 COP가 0.77로서 온수순환 층에서 열전달이 적게 발생한다. 하지만, MIL101Cr-물 흡착 시스템에서는 짧은 시간 내에 발열/흡열량으로 인해 요구 COP가 작고, 적정 흡착성능을 보임을 확인할 수 있다.
- [0092] 공랭식 및 수냉식 냉각 시스템의 공정한 에너지효율 평가는 PUE와 함께 ITUE의 개념을 적용하기 위해서 IT장비의 적용기준이 필요하다. 도 6은 일반적인 IT장비의 구성요소가 사용하는 전력비율을 보여준다.
- [0093] 고효율 IT장비는 같은 입력 에너지 대비 더 많은 프로세스/작업을 한다는 의미이다. 고효율 IT장비를 기준으로 살펴보면 단일 IT장비로 공급되는 전력을 100%로 보면 컴퓨팅 프로세스는 74.4%, PSU 6.8%, VRs 14.3% 그리고 팬이 4.5%를 차지한다. 총 200 kW의 IT부하를 적용하면 컴퓨팅 프로세스는 148.9 kW, PSU 13.5 kW, VRs 28.6 kW 및 팬 9.0 kW의 전력이 사용된다. 수냉식 냉각 시스템을 분석하기 위해서는 수냉식 IT장비를 적용해야 한다. 따라서 IT장비의 구성요소 중 팬이 필요 없게 된다. 이에 ITUE를 계산하면 팬이 포함된 공랭식 IT장비의 경우 1.34이며, 수냉식 IT장비는 별도의 팬이 필요 없기 때문에 1.28이 된다.
- [0094] 도 7은 IT장비 부하 200 kW인 냉각 시스템 구성장비의 정격(설계)전력을 보여준다. 주요 냉각 시스템은 액침냉각이므로 별도의 냉동기가 필요하지 않는다. 수냉식 IT장비를 열 전도성 유전체 액체에서 비교적 높은 온도인 35→55℃로 발열을 제거한다. CDU 2차 측 냉매순환펌프는 물보다 비열이 작기 때문에 유량이 약간 증가하여 정

격전력은 3.80 kW가 된다.

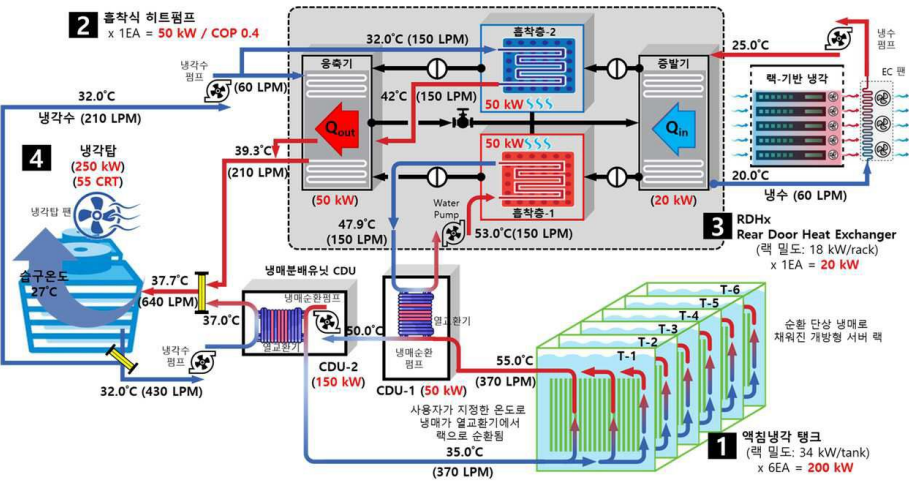
- [0095] CDU 1차측은 냉각탑과 연결된 냉각수순환펌프가 설치되고 정격전력은 3.31 kW이다. 또한 냉각탑 송풍기는 2.09 kW이다. 흡착식 히트펌프는 CDU-1로부터 재생열을 공급하는 폐열순환펌프는 53℃에서 열을 빼앗아 47.9℃로 돌아오며 정격전력은 1.86 kW이고 증발기에서 20℃의 냉수를 생산하여 RDHx로 공급하고 25℃로 돌아오는 냉수순환펌프의 정격전력은 0.77 kW이다. 또한, 응축기와 흡착층에서 냉각탑으로 순환하는 냉각수순환펌프의 정격전력은 1.58 kW이다. 마지막으로 RDHx의 fan은 0.75 kW로 정격전력이 산출된다. 비교대상으로 폐열회수 없이 액침냉각만 할 경우는 흡착식 히트펌프와 RDHx는 제외되고 냉각수순환펌프의 유량은 580 ℓ/min으로 정격전력은 4.47 kW가 된다. 그러나 냉각탑 용량은 230 kW로 약간 감소하고 팬 용량도 축소되어 정격전력은 1.89 kW이다.
- [0097] 2020년 이후, 전 세계 데이터센터의 PUE는 1.55~1.59 대에 머물러 있다. 물론 이것은 공랭식 냉각 시스템이 거의 전체를 차지할 것이다. 200 kW의 액침냉각만 적용하면 데이터센터 전체 전력은 210.16 kW(냉각전력: 10.16 kW)로 $PUE_{cooling}$ 은 1.051로 획기적으로 향상된다. 그 다음, 액침냉각과 흡착식 히트펌프 그리고 RDHx를 결합한 폐열활용 냉각시스템은 18 kW의 공랭식 IT 장비가 추가되어 데이터센터 전체 전력은 232.16 kW(냉각전력: 14.16 kW)로 $PUE_{cooling}$ 은 1.064로 액침냉각만 적용할 때와 비교하여 미세하게 증가한 것이다. 그러나 추가적인 18 kW의 냉각 에너지를 얻기 때문에 더 효율적일 수 있다. 마지막으로 TUE개념을 도입하면 공랭식 냉각 시스템은 2.131 (ITUE 1.34 적용) 그리고 액침시스템 단독으로 적용할 때는 $TUE_{cooling}$ 은 1.345로 그 비율과 격차는 더 커진다. 폐열활용 냉각 시스템은 액침 시스템의 수냉식 IT장비와 RDHx의 공랭식 IT장비로 비율을 구별하여 산출하였고 $TUE_{cooling}$ 은 1.367이다. 마찬가지로 TUE는 미세하게 증가하지만 폐열을 활용한다는 측면을 반드시 고려해야 한다.
- [0099] 본 발명의 실시예에서는 IT장비 부하의 증가에 따른 데이터센터의 액체냉각의 적용과 폐열재활용에 대한 것이다. 액침냉각 적용과 여기에서 발생하는 폐열을 흡착식 히트펌프에서 재생하고 난방열원이 아닌 RDHx에 다시 냉각열원으로 사용하는 획기적인 시스템을 최초로 제시하였다.
- [0100] 여기에는 (1) 200 kW IT장비 부하 모듈을 기준으로 한 폐열활용이 냉각시스템의 통합설계, (2) 액침냉각의 폐열 조건으로 흡착식 히트펌프의 구동을 가능하게 하는 최적 구동조건 도출, 그리고 (3) 해당 시스템에 대한 PUE/TUE 지표를 활용한 에너지 효율분석을 포함한다. 본 발명에 대해 결과를 요약하면 다음과 같다.
- [0101] 흡착식 히트펌프: 흡착식 히트펌프의 구성 요소인 흡착기, 탈착기, 증발기, 응축기에 대한 에너지 변환 방정식은 MATLAB에서 LDF 방정식과 함께 ODE를 사용하여 해결되었다. 두 가지 다른 흡착제의 성능이 평가되었다. 실리카겔을 사용한 경우, 시스템은 53℃에서 높은 COP를 달성하여 상당한 흡착 요구용량을 나타내었으며, 비교적 높은 수준의 COP를 보여주었다. MIL101Cr 흡착제를 사용한 경우, 물과 결합했을 때 COP가 약 0.4로 양호한 성능을 보였으며, 이는 이 흡착제가 폐열 재생에 효과적인 가능성을 시사한다. 이러한 본 발명의 실시예에 따른 결과는 폐열 회수 응용에서 흡착식 히트펌프의 효율을 극대화하기 위해 적절한 흡착제를 선택하는 것이 중요하다는 점을 강조한다.
- [0102] 폐열회수 및 에너지효율성: 폐열회수가 가능한 흡착식 히트펌프와 연계한 액침냉각 시스템을 적용한 200 kW IT 장비 부하와 추가로 18 kW의 공랭식 IT장비를 사용하는 데이터센터의 경우, 총 전력 사용량은 232.16 kWh이며, 그 결과 $PUE_{cooling}$ 은 1.064가 된다. 액침냉각 시스템의 수냉식 IT장비와 RDHx의 공랭식 IT장비를 분리하면 $TUE_{cooling}$ 은 1.367로 계산된다. 액침냉각만 사용할 때보다 PUE와 TUE가 약간 증가하지만 폐열회수의 이점도 고려하면 보다 에너지 효율적이다.
- [0104] 또한, 상기와 같이 설명된 장치 및 방법은 상기 설명된 실시예들의 구성과 방법이 한정되게 적용될 수 있는 것이 아니라, 상기 실시예들은 다양한 변형이 이루어질 수 있도록 각 실시예들의 전부 또는 일부가 선택적으로 조합되어 구성될 수도 있다.

도면

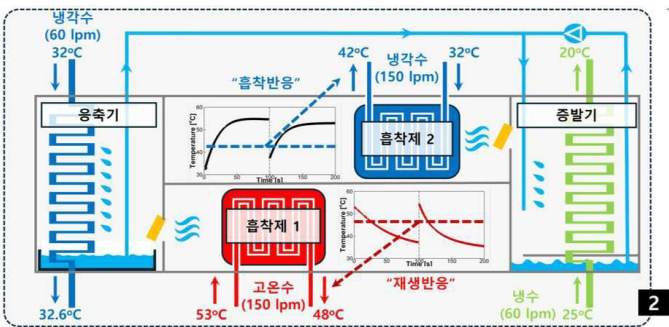
도면1



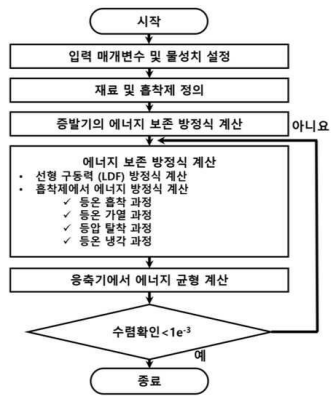
도면2



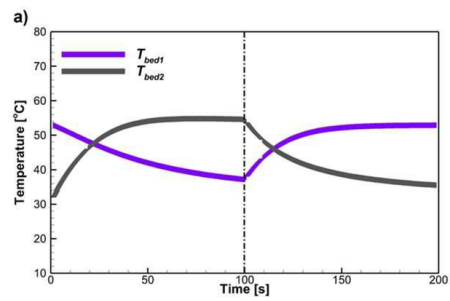
도면3a



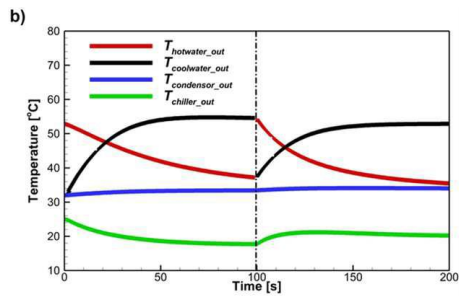
도면3b



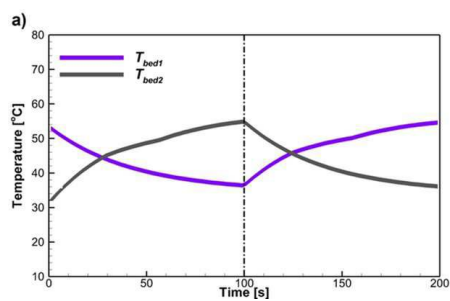
도면4a



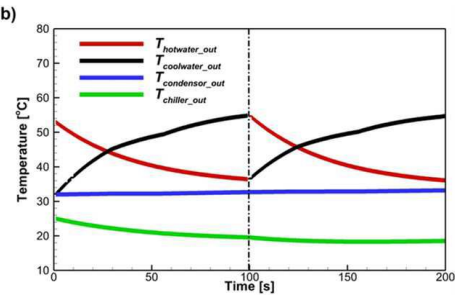
도면4b



도면5a



도면5b



도면6

IT장비 구성요소	구성요소별 전력사용 비율(%)		개념도
	저효율 장비	고효율	
전원공급 장치 PSU	17.5	6.8	
전압 조정기 VRs	17.0	14.3	
팬	5.5	4.5	
연산장치, 메모리, 기타	60.0	74.4	
합계	100	100	
ITUE	공랭식 1.67 (팬 포함)	1.34 (팬 포함)	
수냉식	1.58 (팬 미포함)	1.28 (팬 미포함)	

도면7

시스템 구분	장비 구분	설계기준	시스템 개념
1. IT 장비	1-1) 수냉식 IT장비	- 설계 IT장비 부하: 200 kW / 평균 부하율: 100%	
	1-2) 공냉식 IT장비	- 설계 IT장비 부하: 18 kW / 평균 부하율: 100%	
2. 액침냉각	■ 냉각용량(CDU)	- 액침냉각용량(CDU): 200 kW × (100%) = 200 kW	
	2-1) 냉매순환펌프	- 냉매(Coolant): 35~55°C, 370 LPM, 40 mAq	
2-2) 냉각수순환펌프	■ 냉각수순환펌프	- 냉각수: 37~32°C, 430 LPM, 30 mAq	
	*냉각수순환펌프	- 냉각수: 37~32°C, 580 LPM, 30 mAq	
3. 흡착식 HP	■ 냉각용량	- 냉각: 50 kW(입력) × COP 0.4 = 20 kW(출력)	
	3-1) 폐열순환펌프	- 온수(폐열): 53~48°C, 145 LPM, 50 mAq	
3-2) 냉수순환펌프	■ 냉수순환펌프	- 냉수: 20~25°C, 60 LPM, 50 mAq	
	*냉각수순환펌프	- 냉각수: 39.3~32°C, 210 LPM, 30 mAq	
4. RDHx	■ 냉각용량	- RDHx: 18 kW × (110%) = 20 kW	
	4-1) RDHx 팬	- 팬 전력: 7.5 W/CMM	
5. 냉각탑	■ 냉각용량	- 냉각: 250 kW(55 CRT) = 200 + 20 + 30 kW (S.F.15%)	
	*냉각용량	- 냉각: 230 kW(51 CRT) = 200 + 30 kW (S.F.15%)	
5-1) 냉각탑 팬	■ 냉각탑 팬	- 팬 전력: 3.26 W/LPM	
인프라 설비	에너지 소비요소	정격전력	
1. IT 부분	1-1) 수냉식 IT장비	- 200 kWh (팬 미포함)	
	1-2) 공냉식 IT장비	- 18 kW (팬 포함)	
2. 비-IT 부분	IT 장비 합계	218 kW (*200 kW)	
	2-1) 냉매순환펌프	- 3.80 kWh (효율 70%, S.F.10%)	
2-2) 냉각수순환펌프	*냉각수순환펌프	- 3.31 kWh (효율 70%, S.F. 10%)	
	*냉각수순환펌프	- 4.47 kWh (효율 70%, S.F. 10%)	
3-1) 폐열순환펌프	■ 폐열순환펌프	- 1.86 kWh (효율 70%, S.F. 10%)	
	*냉수순환펌프	- 0.77 kWh (효율 70%, S.F. 10%)	
3-3) 냉각수순환펌프	*냉각수순환펌프	- 1.58 kWh (효율 70%, S.F. 10%)	
4-1) RDHx 팬	■ RDHx 팬	- 0.75 kWh = 100 CMM × 7.5 W/CMM	
	5-1) 냉각탑 팬	- 2.09 kWh = 640 LPM × 3.26 W/LPM	
*냉각탑 팬	*냉각탑 팬	- 1.89 kWh = 580 LPM × 3.26 W/LPM	
비-IT 장비 합계	비-IT 장비 합계	14.16 kWh (*10.16 kWh)	
3. 데이터센터	중 합계	232.16 kWh (*210.16 kWh)	
	PU _{Ecooling}	1.064 = 232.16 kWh/218 kWh (*1.051 = 210.16 kWh / 200 kWh)	
비고	TU _{Ecooling}	1.367 (*1.345)	
	*액침냉각 단독 사용(폐열회수 시스템 미적용)		