



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0082597
(43) 공개일자 2022년06월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G05B 23/02 (2006.01) F24D 19/10 (2020.01)
F24F 11/63 (2018.01) F25B 49/02 (2022.01)
G05B 13/04 (2006.01) G06Q 50/10 (2012.01)

(52) CPC특허분류

G05B 23/0221 (2013.01)
F24D 19/10 (2022.01)

(21) 출원번호 10-2020-0172641

(22) 출원일자 2020년12월10일

심사청구일자 2020년12월10일

(71) 출원인

인천대학교 산학협력단

인천광역시 연수구 아카데미로 119 (송도동)

(72) 발명자

윤성민

인천광역시 연수구 컨벤시아대로130번길 32, 202동 704호(송도동, 송도자이하버뷰2단지아파트)

(74) 대리인

특허법인빛과소금

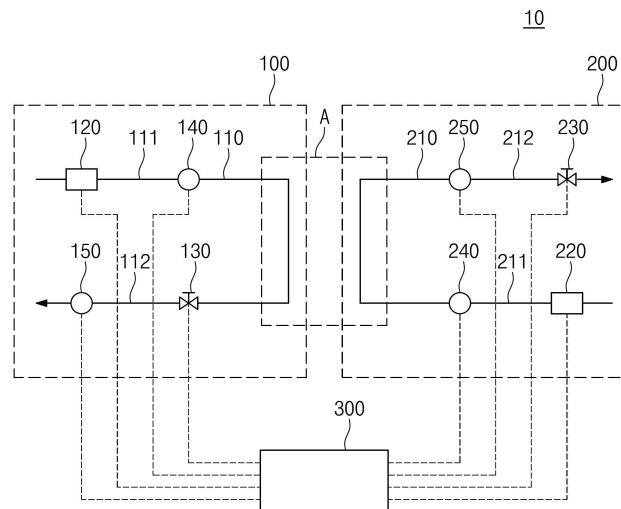
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 건물 내 에너지 시스템의 감시 방법 및 장치

(57) 요약

건물 내 에너지 시스템의 감시 방법이 개시된다. 건물 내 에너지 시스템의 감시 방법은 건물 내에서 공급부와 수요부 간의 에너지 교환 시스템을 감시하는 방법으로, 상기 공급부와 상기 수요부 간의 에너지 평형 방정식에 상기 공급부의 제어 신호와 측정 신호, 그리고 상기 수요부의 제어 신호와 측정 신호를 입력 변수로 적용하여 추가 변수를 예측하는 가상 센서를 도출하는 단계; 상기 입력 변수와 상기 추가 변수를 자동 엔코더로 학습하여 상기 입력 변수와 상기 추가 변수 각각에 대해 복제 변수를 도출하는 단계; 및 상기 복제 변수를 이용하여 상기 에너지 교환 시스템을 감시하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

F24F 11/63 (2018.01)

F25B 49/02 (2022.01)

G05B 13/048 (2013.01)

G05B 23/0243 (2013.01)

G05B 23/0283 (2013.01)

G06Q 50/10 (2015.01)

명세서

청구범위

청구항 1

• • • • • 건물 내에서 공급부와 수요부 간의 에너지 교환 시스템을 감시하는 방법에 있어서,

상기 공급부와 상기 수요부 간의 에너지 평형 방정식에 상기 공급부의 제어 신호와 측정 신호, 그리고 상기 수요부의 제어 신호와 측정 신호를 입력 변수로 적용하여 추가 변수를 예측하는 가상 센서를 도출하는 단계;

상기 입력 변수와 상기 추가 변수를 자동 엔코더로 학습하여 상기 입력 변수와 상기 추가 변수 각각에 대해 복제 변수를 도출하는 단계; 및

상기 복제 변수를 이용하여 상기 에너지 교환 시스템을 감시하는 단계를 포함하는 건물 내 에너지 시스템의 감시 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 공급부의 제어 신호는,

상기 공급부의 제1유체 공급 라인 상에 설치되는 제1유동 발생기의 제어 신호와 제1밸브의 제어 신호를 포함하고,

상기 공급부의 측정 신호는,

상기 제1유체 공급 라인에 설치된 제1센서에서 측정된 상기 유체의 온도 정보 또는 압력 정보를 포함하고,

상기 수요부의 제어 신호는,

상기 수요부의 제2유체 공급 라인 상에 설치되는 제2유동 발생기의 제어 신호와 제2밸브의 제어 신호를 포함하고,

상기 수요부의 측정 신호는,

상기 제2유체 공급 라인에 설치된 제2센서에서 측정된 상기 유체의 온도 정보 또는 압력 정보를 포함하고,

상기 가상 센서는 상기 제1유체 공급 라인 중 상기 제1센서가 설치되지 않은 지점에서 유체의 온도 정보 또는 압력 정보를 상기 추가 변수로 예측하거나, 상기 제2유체 공급 라인 중 상기 제2센서가 설치되지 않은 지점에서 유체의 온도 정보 또는 압력 정보를 상기 추가 변수로 예측하는 건물 내 에너지 시스템의 감시 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 제1유동 발생기의 제어 신호와 상기 제2유동 발생기의 제어 신호는 제어부로부터 전달되는 주파수 정보를 포함하고,

상기 제1밸브의 제어 신호와 상기 제2밸브의 제어 신호는 밸브 개도를 포함하는 건물 내 에너지 시스템의 감시 방법.

청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 가상 센서를 도출하는 단계는,

상기 제1유동 발생기와 상기 제2유동 발생기의 장치 성능 곡선에서 기준 점을 도출하고, 상기 기준 점을 기준으

로 상기 제어 신호에 따라 상기 제1유체 공급 라인과 상기 제2유체 공급 라인을 흐르는 유체의 유량 정보를 산출하는 건물 내 에너지 시스템의 감시 방법.

청구항 5

건물 내에 설치되며, 유체가 흐르는 공급부;

건물 내에 설치되며, 상기 공급부의 유체와 에너지가 교환되는 유체가 흐르는 수요부; 및

상기 공급부와 상기 수요부에 제어 신호를 각각 전달하고, 상기 공급부와 상기 수요부에서 측정된 측정 신호를 수신하는 제어부를 포함하되,

상기 제어부는 상기 공급부와 상기 수요부 간의 에너지 평형 방정식에 상기 공급부의 제어 신호와 측정 신호, 그리고 상기 수요부의 제어 신호와 측정 신호를 입력 변수로 적용하여 추가 변수를 예측하는 가상 센서를 도출하고, 상기 입력 변수와 상기 추가 변수를 자동 엔코더로 학습하여 상기 입력 변수와 상기 추가 변수 각각에 대해 복제 변수를 도출하고, 상기 복제 변수를 이용하여 상기 공급부와 상기 수요부를 감시하는 건물 내 에너지 시스템의 감시 장치.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 공급부는,

유체가 흐르는 제1유체 공급 라인;

상기 제1유체 공급 라인에서 유체가 흐르는 동력을 발생시키는 제1유동 발생기;

상기 제1유체 공급 라인에 설치되는 제1밸브; 및

상기 제1유체 공급 라인에 설치되어 상기 유체의 온도 정보 또는 압력 정보를 측정하는 제1센서를 포함하고,

상기 수요부는,

상기 유체가 흐르는 제2유체 공급 라인;

상기 제2유체 공급 라인에서 상기 유체가 흐르는 동력을 발생시키는 제2유동 발생기;

상기 제2유체 공급 라인에 설치되는 제2밸브; 및

상기 제2유체 공급 라인에 설치되어 상기 유체의 온도 정보 또는 압력 정보를 측정하는 제2센서를 포함하며,

상기 가상 센서는 상기 제1유체 공급 라인을 따라 흐르는 유체의 유량 또는 상기 제2유체 공급 라인을 따라 흐르는 유체의 유량을 상기 추가 변수로 예측하는 건물 내 에너지 시스템의 감시 장치.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 가상 센서는 상기 제1유체 공급 라인 중 상기 제1센서가 설치되지 않은 지점에서 유체의 온도 정보 또는 압력 정보를 상기 추가 변수로 예측하거나, 상기 제2유체 공급 라인 중 상기 제2센서가 설치되지 않은 지점에서 유체의 온도 정보 또는 압력 정보를 상기 추가 변수로 예측하는 건물 내 에너지 시스템의 감시 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 건물 내 에너지 시스템의 감시 방법 및 장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는 가상 센서를 이용하여 건물 내 에너지 시스템을 감시하는 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 건물 에너지 소비는 전 세계 총 에너지 소비의 약 1/3을 차지하며 그 비율은 점차 증가하고 있다. 또한 최근 건물 내 에너지 사용량이 크게 증가할 수 있는 COVID-19에 대한 우려로 인해 실내 환경의 중요성이 부각되고 있다. 건물 에너지 성능과 실내 환경을 개선하기 위해 모니터링, 제어, 진단, 예측 및 자동화와 같은 기능을 수행하는 지능형 건물 기술이 널리 연구되었다. 이러한 연구는 센서 네트워크를 구축하여 수집 한 운영 데이터를 기반으로 계획 및 수행되었으며, 최근 일부 연구에서는 통계 및 기계 학습의 발전으로 인해 데이터 기반 접근 방식을 사용하고 있다.
- [0003] 지능적이고 자동화된 기술의 목표를 달성하기 위해서는 건물 에너지 시스템에 안정적이고 유익한 센싱 환경을 제공하는 것이 필수적이다. 센서 네트워크 구축 분야의 다양한 노력에도 불구하고 실제 빌딩 시스템의 센싱 문제는 여전히 남아 있으며, 특히 센서가 많이 부재하고, 많은 물리적 변수와 경제적 비용으로 인해 센서가 충분하지 못하다. 그리고 센서는 일반적으로 모니터링이 아닌 시스템 제어를 위해 설치되는데, 시스템 내부에 설치된 많은 종류가 다른 센서에 접근하고, 이를 관리하는 것이 쉽지 않다. 또한 열화, 하드웨어 및 네트워크 문제, 주변 환경 등의 요인으로 인한 다양한 감지 오류가 발생한다. 이러한 요인은 시스템 제어 루프의 에너지 소비를 크게 증가시키고 건물의 열 쾌적성을 떨어뜨릴 수 있다.
- [0004] 특히 센서는 정상작동 상태에서도 작업 환경에 따라 시스템 오류가 발생할 수 있다. 예를 들어, 급기 온도 센서의 시스템 오류는 인접한 난방 장치와의 복사 열 교환으로 인해 옥상 에어컨에서 발견되었다. 이러한 시스템 오류는 감지 환경을 신뢰할 수 없게 만드므로, 열악한 환경에서 지능형 빌딩 에너지 기술을 개발하고 운영하기가 어려운 문제가 있다.
- [0005] 가상 센서 기술(Virtual sensing technology)은 건물 에너지 시스템에 사용되는 효과적인 센싱 기술 중 하나로, 가상 센서(Virtual sensor) 및 가상 센서 보정(Virtual sensor calibration) 기술을 포함한다. 가상 센서는 다른 실제 센서와의 수학적 및 물리적 관계를 통해, 측정하기 어렵거나 불가능한 대상 변수를 실시간으로 추정한다. 가상 센서는 모델 기반(model-driven), 데이터 기반(data-driven) 및 그레이 박스 접근 방식(grey-box approaches)의 세 가지 모델링 방법을 사용하여 개발되었다. 가상 센서는 기존 물리적 센서에 대한 백업(back up) 및 교체(replacement)를 제공할 수 있다. 그리고 기존 물리적 센서를 사용할 때 측정하기 어려운 변수, 조건 및 성능을 관찰할 수 있다. 이러한 가상 센서는 물리적 센싱 시스템을 기반으로 한 감지(sensing), 모니터링(monitring), 제어(control), 오류 감지(fault detection), 진단(diagnosis), 현장 센서 교정(in-situ sensor calibration) 및 예측(forecasting)에 사용된다.
- [0006] 기존 가상 센서는 건물 에너지 시스템에서 VLVS(variable-level virtual sensor)로 간주할 수 있으며, 단일 대상에 대한 다중 입력 변수 구조를 가지며, 일반적으로 시스템 노드 및 다양한 유형의 건물 및 시스템 성능에서 온도, 압력 및 질량 유량과 같은 물리적 변수를 측정하는 데 사용된다.
- [0007] 그러나 개별 VLVS에는 다음과 같은 한계가 있다. 첫째, 실제 시스템에서 여러 개의 개별 가상 센서를 관리하는 것은 실제로 불편한데, 이는 가상 센서와 물리적 센서를 위에서 언급한 시스템 오류에 따라 보정해야 하기 때문이다. 둘째, 구조적으로 기존 가상 센서는 모델링에서 목표 변수(target variable, Y)와 다른 가상 센서의 고려에 따른 이점을 활용하지 않는데, 이로 인해 가상 센서의 정확도가 낮아지는 문제가 발생한다.
- [0008] 때문에, 실제 시스템의 제한된 감지 환경을 고려할 때 이러한 두 가지 요소를 고려하여 가상 센서의 정확성과 가용성을 향상시킬 수 있는 기술이 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 본 발명은 측정 정확도가 향상되고, 건물 내 에너지 시스템의 다기능 고정밀 가상 감지가 가능한 건물 내 에너지 시스템의 감시 방법 및 장치를 제공한다.

과제의 해결 수단

- [0010] 본 발명에 따른 건물 내에서 공급부와 수요부 간의 에너지 교환 시스템을 감시하는 방법은, 상기 공급부와 상기 수요부 간의 에너지 평형 방정식에 상기 공급부의 제어 신호와 측정 신호, 그리고 상기 수요부의 제어 신호와 측정 신호를 입력 변수로 적용하여 추가 변수를 예측하는 가상 센서를 도출하는 단계; 상기 입력 변수와 상기 추가 변수를 자동 인코더로 학습하여 상기 입력 변수와 상기 추가 변수 각각에 대해 복제 변수를 도출하는 단계; 및 상기 복제 변수를 이용하여 상기 에너지 교환 시스템을 감시하는 단계를 포함한다.

- [0011] 또한, 상기 공급부의 제어 신호는, 상기 공급부의 제1유체 공급 라인 상에 설치되는 제1유동 발생기의 제어 신호와 제1밸브의 제어 신호를 포함하고, 상기 공급부의 측정 신호는, 상기 제1유체 공급 라인에 설치된 제1센서에서 측정된 상기 유체의 온도 정보 또는 압력 정보를 포함하고, 상기 수요부의 제어 신호는, 상기 수요부의 제2유체 공급 라인 상에 설치되는 제2유동 발생기의 제어 신호와 제2밸브의 제어 신호를 포함하고, 상기 수요부의 측정 신호는, 상기 제2유체 공급 라인에 설치된 제2센서에서 측정된 상기 유체의 온도 정보 또는 압력 정보를 포함하고, 상기 가상 센서는 상기 제1유체 공급 라인 중 상기 제1센서가 설치되지 않은 지점에서 유체의 온도 정보 또는 압력 정보를 상기 추가 변수로 예측하거나, 상기 제2유체 공급 라인 중 상기 제2센서가 설치되지 않은 지점에서 유체의 온도 정보 또는 압력 정보를 상기 추가 변수로 예측할 수 있다.
- [0012] 또한, 상기 제1유동 발생기의 제어 신호와 상기 제2유동 발생기의 제어 신호는 제어부로부터 전달되는 주파수 정보를 포함하고, 상기 제1밸브의 제어 신호와 상기 제2밸브의 제어 신호는 밸브 개도율 정보를 포함할 수 있다.
- [0013] 또한, 상기 가상 센서를 도출하는 단계는, 상기 제1유동 발생기와 상기 제2유동 발생기의 장치 성능 곡선에서 기준 점을 도출하고, 상기 기준 점을 기준으로 상기 제어 신호에 따라 상기 제1유체 공급 라인과 상기 제2유체 공급 라인을 흐르는 유체의 유량 정보를 산출할 수 있다.
- [0014] 또한, 본 발명에 따른 건물 내 에너지 시스템의 감시 장치는 건물 내에 설치되며, 유체가 흐르는 공급부; 건물 내에 설치되며, 상기 공급부의 유체와 에너지가 교환되는 유체가 흐르는 수요부; 및 상기 공급부와 상기 수요부에 제어 신호를 각각 전달하고, 상기 공급부와 상기 수요부에서 측정된 측정 신호를 수신하는 제어부를 포함하되, 상기 제어부는 상기 공급부와 상기 수요부 간의 에너지 평형 방정식에 상기 공급부의 제어 신호와 측정 신호, 그리고 상기 수요부의 제어 신호와 측정 신호를 입력 변수로 적용하여 추가 변수를 예측하는 가상 센서를 도출하고, 상기 입력 변수와 상기 추가 변수를 자동 엔코더로 학습하여 상기 입력 변수와 상기 추가 변수 각각에 대해 복제 변수를 도출하고, 상기 복제 변수를 이용하여 상기 공급부와 상기 수요부를 감시할 수 있다.
- [0015] 또한, 상기 공급부는, 유체가 흐르는 제1유체 공급 라인; 상기 제1유체 공급 라인에서 유체가 흐르는 동력을 발생시키는 제1유동 발생기; 상기 제1유체 공급 라인에 설치되는 제1밸브; 및 상기 제1유체 공급 라인에 설치되어 상기 유체의 온도 정보 또는 압력 정보를 측정하는 제1센서를 포함하고, 상기 수요부는, 상기 유체가 흐르는 제2유체 공급 라인; 상기 제2유체 공급 라인에서 상기 유체가 흐르는 동력을 발생시키는 제2유동 발생기; 상기 제2유체 공급 라인에 설치되는 제2밸브; 및 상기 제2유체 공급 라인에 설치되어 상기 유체의 온도 정보 또는 압력 정보를 측정하는 제2센서를 포함하며, 상기 가상 센서는 상기 제1유체 공급 라인을 따라 흐르는 유체의 유량 또는 상기 제2유체 공급 라인을 따라 흐르는 유체의 유량을 상기 추가 변수로 예측할 수 있다.
- [0016] 또한, 상기 가상 센서는 상기 제1유체 공급 라인 중 상기 제1센서가 설치되지 않은 지점에서 유체의 온도 정보 또는 압력 정보를 상기 추가 변수로 예측하거나, 상기 제2유체 공급 라인 중 상기 제2센서가 설치되지 않은 지점에서 유체의 온도 정보 또는 압력 정보를 상기 추가 변수로 예측할 수 있다.

발명의 효과

- [0017] 본 발명에 의하면, 건물 내 에너지 시스템의 감시 장치는 공급부와 수요부 사이의 에너지 평형 방정식과 제어 신호, 측정 신호를 이용하여 추가 변수를 예측하는 가상 센서를 도출하고, 제어 신호, 측정 신호, 그리고 추가 변수를 자동 엔코더로 학습하여 복제 변수를 도출하고, 복제 변수를 이용하여 에너지 교환 시스템을 감시한다. 이처럼 건물 내 에너지 시스템의 감시 장치는 개별 단위의 가상 센서에서 모니터링 및 관리가 이루어지는 것이 아니라 공급부, 수요부, 물리적 센서, 그리고 가상 센서들 간의 통합적 영향을 고려한 시스템 단위에서 모니터링 및 관리가 이루어지므로 높은 정확도로 건물 내 에너지 시스템을 감시할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0018] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 건물 내 에너지 시스템의 감시 장치를 나타내는 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 건물 내 에너지 시스템을 감시하는 방법을 나타내는 순서도이다.
- 도 3은 본 발명의 일 예에 따른 가상 센서 도출 단계를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 4는 장치 성능 곡선을 나타내는 그래프이다.
- 도 5는 본 발명의 다른 예에 따른 가상 센서 도출 단계를 설명하기 위한 도면이다.

도 6은 본 발명의 또 다른 예에 따른 가상 센서 도출 단계를 설명하기 위한 도면이다.

도 7은 본 발명의 실시 예와 비교예에 따른 훈련 결과를 비교하기 위한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0019] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 예를 상세히 설명할 것이다. 그러나 본 발명의 기술적 사상은 여기서 설명되는 실시 예에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 오히려, 여기서 소개되는 실시 예는 개시된 내용이 철저하고 완전해질 수 있도록 그리고 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 제공되는 것이다.
- [0020] 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, 막 및 영역들의 두께는 기술적 내용의 효과적인 설명을 위해 과장된 것이다.
- [0021] 또한, 본 명세서의 다양한 실시 예들에서 제1, 제2, 제3 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. 따라서, 어느 한 실시 예에 제 1 구성요소로 언급된 것이 다른 실시 예에서는 제 2 구성요소로 언급될 수도 있다. 여기에 설명되고 예시되는 각 실시 예는 그것의 상보적인 실시 예도 포함한다. 또한, 본 명세서에서 '및/또는'은 전후에 나열한 구성요소들 중 적어도 하나를 포함하는 의미로 사용되었다.
- [0022] 명세서에서 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한 복수의 표현을 포함한다. 또한, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 구성요소 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징이나 숫자, 단계, 구성요소 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 배제하는 것으로 이해되어서는 안 된다. 또한, 본 명세서에서 "연결"은 복수의 구성요소들 간접적으로 연결하는 것, 및 직접적으로 연결하는 것을 모두 포함하는 의미로 사용된다.
- [0023] 또한, 하기에서 본 발명을 설명함에 있어 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략할 것이다.
- [0025] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 건물 내 에너지 시스템의 감시 장치를 나타내는 도면이다.
- [0026] 도 1을 참조하면, 건물 내 에너지 시스템의 감시 장치(10)는 공급부(100), 수요부(200), 그리고 제어부(300)를 포함한다.
- [0027] 공급부(100)는 건물 내에 설치되며, 에너지를 교환할 수 있는 유체를 공급한다. 수요부(200)는 건물 내에 설치되며, 공급부(100)의 유체와 에너지를 교환할 수 있는 유체가 흐른다. 공급부(100)와 수요부(200)에서 흐르는 유체는 액체 상태 또는 기체 상태 일 수 있다. 제어부(300)는 공급부(100)와 수요부(200) 사이의 에너지 교환 상태를 감시한다. 이하, 각 구성에 대해 자세하게 설명한다.
- [0028] 공급부(100)는 제1유체 공급 라인(110), 제1유동 발생기(120), 제1밸브(130), 그리고 제1센서(140, 150)를 포함한다.
- [0029] 제1유체 공급 라인(110)은 내부에 유체가 흐를 수 있는 유로를 제공한다. 제1유동 발생기(120)는 제1유체 공급 라인(110)에 설치되며, 유체가 흐를 수 있는 동력을 발생시킨다. 제1유동 발생기(120)는 펌프(Pump) 또는 팬(Fan) 일 수 있다. 제1밸브(130)는 제1유체 공급 라인(110)에 설치되며, 밸브 개도를 조절로 제1유체 공급 라인(110)을 따라 흐르는 유체의 유량을 제어한다. 제1센서(140, 150)는 제1유체 공급 라인(110)의 입력단(111)과 출력단(112) 중 적어도 어느 하나에 설치될 수 있으며, 제1유체 공급 라인(110)을 따라 흐르는 유체의 온도 정보 또는 압력 정보를 측정할 수 있다.
- [0030] 수요부(200)는 제2유체 공급 라인(210), 제2유동 발생기(220), 제2밸브(230), 그리고 제2센서(240)를 포함한다.
- [0031] 제2유체 공급 라인(210)은 내부에 유체가 흐를 수 있는 유로를 제공한다. 제2유체 공급 라인(210)은 일부 영역이 제1유체 공급 라인(110)의 일부 영역과 교차하거나 인접하게 배치되며, 해당 영역(A)에서 제1유체 공급 라인(110)과 제2유체 공급 라인(210) 간에 에너지 교환이 이루어진다.
- [0032] 제2유동 발생기(220)는 제2유체 공급 라인(210)에 설치되며, 유체가 흐를 수 있는 동력을 발생시킨다. 제2유동

발생기(220)는 펌프(Pump) 또는 팬(Fan) 일 수 있다. 제2밸브(230)는 제2유체 공급 라인(210)에 설치되며, 밸브 개도율 조절로 제2유체 공급 라인(210)을 따라 흐르는 유체의 유량을 제어한다. 제2센서(240, 250)는 제2유체 공급 라인(210)의 입력단(211)과 출력단(212) 중 적어도 어느 하나에 설치될 수 있으며, 제2유체 공급 라인(210)을 따라 흐르는 유체의 온도 정보 또는 압력 정보를 측정할 수 있다.

[0033] 제어부(300)는 제어 신호를 발생시킨다. 구체적으로, 제1유동 발생기(120)와 제2유동 발생기(220)의 구동을 제어할 수 있는 주파수 신호를 발생시킨다. 그리고 제1밸브(130)와 제2밸브(230)의 밸브 개도율을 제어할 수 있는 주파수 신호를 발생시킨다.

[0034] 제어부(300)는 제1센서(140, 150)와 제2센서(240, 250)로부터 측정 신호를 수신한다. 측정 신호는 제1센서(140, 150)에서 측정된 유체의 온도 정보 또는 압력 정보, 제2센서(240, 250)에서 측정된 유체의 온도 정보 또는 압력 정보를 포함한다.

[0035] 제어부(300)는 공급부(100)와 수요부(200) 사이의 에너지 평형 방정식(Energy balance equation)에 제1유동 발생기(120)의 제어 신호, 제1밸브(130)의 제어 신호, 제1센서(140, 150)의 측정 신호, 제2유동 발생기(220)의 제어 신호, 제2밸브(230)의 제어 신호, 제2센서(240, 250)의 측정 신호를 입력 변수로 적용하여 추가 변수를 예측하는 가상 센서를 도출한다. 여기서 추가 변수란, 에너지 평형 방정식을 구성하는 하나의 변수이다. 에너지 평형 방정식은 입력 변수와 추가 변수로 이루어지는데, 에너지 평형 방정식을 계산함으로써 추가 변수가 예측될 수 있다.

[0036] 가상 센서는 제1유체 공급 라인(110) 중 제1센서(140, 150)가 설치되지 않은 지점에서 유체의 온도 정보 또는 압력 정보를 추가 변수로 예측하거나, 제2유체 공급 라인(210) 중 제2센서(230, 240)가 설치되지 않은 지점에서 유체의 온도 정보 또는 압력 정보를 추가 변수로 예측할 수 있다.

[0037] 제어부(300)는 입력 변수와 추가 변수를 자동 엔코더(Auto encoder)로 학습하여 입력 변수와 추가 변수 각각에 대해 복제 변수를 도출한다. 그리고 복제 변수를 이용하여 에너지 교환 장치(10)를 감시한다.

[0039] 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 건물 내 에너지 시스템을 감시하는 방법을 나타내는 순서도이다.

[0040] 도 2를 참조하면, 건물 내 에너지 시스템을 감시하는 방법은 신호 획득 단계(S10), 추가 변수의 필요 여부 판단 단계(S20), 가상 센서 도출 단계(S30), 복제 변수 도출 단계(S40), 그리고 에너지 시스템 감시 단계(S50)를 포함한다.

[0041] 신호 획득 단계(S10)는 공급부(100)의 제어 신호와 측정 신호, 그리고 수요부(200)의 제어 신호와 측정 신호를 획득한다. 제어부(300)는 제1유동 발생기(120)와 제2유동 발생기(220)가 각각에 인가되는 주파수 신호와 제1밸브(130)와 제2밸브(230) 각각에 인가되는 주파수 신호를 획득한다. 그리고 제어부(300)는 제1센서(140, 150)와 제2센서(240, 250)들에 측정된 유체의 온도 정보 또는 압력 정보를 획득한다.

[0042] 추가 변수의 필요 여부 판단 단계(S20)는, 획득된 상기 신호들로 에너지 장치(10)의 효율적인 감시가 가능한지 여부를 판단한다. 획득된 상기 신호들로 에너지 장치(10)의 효율적인 감시가 어렵다고 판단된 경우, 제어부(300)는 추가 변수를 산출하기 위한 가상 센서를 도출한다.

[0043] 가상 센서 도출 단계(S30)는 공급부(100)와 수요부(200) 사이의 에너지 평형 방정식을 이용하여 추가 변수를 예측할 수 있는 가상 센서를 도출한다. 제어부(300)는 공급부(100)와 수요부(200) 사이의 에너지 평형 방정식에 제1유동 발생기(120)의 제어 신호, 제1밸브(130)의 제어 신호, 제1센서(140, 150)의 측정 신호, 제2유동 발생기(220)의 제어 신호, 제2밸브(230)의 제어 신호, 제2센서(240, 250)의 측정 신호를 입력 변수로 적용하여 추가 변수를 예측하는 가상 센서를 도출한다.

[0045] 도 3은 본 발명의 일 예에 따른 가상 센서 도출 단계를 설명하기 위한 도면이고, 도 4는 장치 성능 곡선을 나타내는 그래프이다. 여기서, 장치 성능 곡선이란, 제1 및 제2유동 발생기, 그리고 제1 및 제2밸브의 제어 신호에 따른 유량 정보를 나타내는 그래프이다.

[0046] 도 3을 참조하면, 건물 내 에너지 시스템의 감시 장치(10)는 제1유체 공급 라인(110)에 제1유동 발생기(120), 제1밸브(130), 그리고 제1센서(140, 150)가 각각 설치된다. 제1센서(140, 150)는 제1유체 공급 라인(110)의 입력단(111)과 출력단(112)에 각각 설치되어, 유체의 온도 정보를 측정한다.

- [0047] 제2유체 공급 라인(210)에는 제2유동 발생기(220), 제2밸브(230), 그리고 제2센서(240, 250)가 각각 설치된다. 제2센서(240, 250)는 제2유체 공급 라인(210)의 입력단(211)과 출력단(212)에 각각 설치되어 유체의 온도 정보를 측정한다.
- [0048] 제어부(300)는 제1 및 제2유동 발생기(120, 220)의 제어 신호, 제1 및 제2밸브(130, 230)의 제어 신호, 제1센서(140, 150)에서 측정되는 제1유체 공급 라인(110)의 입력단(111) 및 출력단(112)의 유체 온도, 그리고 제2센서(240, 250)에서 측정되는 제2유체 공급 라인(210)의 입력단(211) 및 출력단(212)의 유체 온도를 획득한다.
- [0049] 상기 에너지 평형 방정식을 이용하여, 건물 내 에너지 장치(10)을 감시하기 위해서는 제1 및 제2유체 공급 라인(110, 210)을 흐르는 유체의 유량 정보(m_{DH} , m_H)가 필요하다. 제어부(300)는 상기 획득된 신호들과 장치 성능 곡선을 이용하여 유량 정보를 예측할 수 있는 가상 센서를 도출한다. 구체적으로, 제어부(300)는 장치 성능 곡선에서 기준 점(P_0)을 도출한다. 그리고 상기 기준 점(P_0)을 기준으로 제1 및 제2유동 발생기(120, 220), 제1 및 제2밸브(130, 230)의 제어 신호(S_1)와 이에 대응하는 유량 정보(m_1)를 통해 제1 및 제2유체 공급 라인(110, 210)을 흐르는 유체의 유량 정보(m_{DH} , m_H)를 예측하는 가상 센서를 도출한다.
- [0051] 도 5는 본 발명의 다른 예에 따른 가상 센서 도출 단계를 설명하기 위한 도면이다.
- [0052] 도 5를 참조하면, 장치(10)에는 제1유체 공급 라인(110)의 출력단(112)에서 유체의 온도를 측정할 수 있는 센서(도 1의 150)가 제공되지 않는다. 이 경우, 제어부(300)는 획득된 상기 제어 신호와 아래 수식 1과 수식 2을 이용하여, 제1유체 공급 라인(110)의 출력단(112)에서 흐르는 유체의 온도 정보를 예측하는 가상 센서를 도출할 수 있다.
- [0053]
$$C_{p,DH} \times \left(M_{design,DH} \times \frac{V_{DH}}{V_{DH,design}} \right) \times (T_{DH,sup} - T_{DH,ret}) = C_{p,H} \times \left(M_{design,H} \times \frac{f_H}{f_{design}} \right) \times (T_{H,sup} - T_{H,ret})$$
- [0054] [수식 1]
- [0055]
$$T_{DH,ret} \propto T_{DH,ret,VS} = T_{DH,sup} - \frac{C_{p,DH}}{C_{p,H}} \times \frac{M_{design,DH}}{M_{design,H}} \times \frac{f_H}{f_{design}} \times \frac{V_{DH,design}}{V_{DH}} \times (T_{H,sup} - T_{H,ret})$$
- [0056] [수식 2]
- [0057] 여기서, $C_{p,DH}$ 는 제1유체 공급 라인(110)을 따라 흐르는 유체의 비열, $M_{design,DH}$ 는 제1유체 공급 라인(110)을 따라 흐르는 유체의 유량, $V_{DH}/V_{DH,design}$ 는 제1밸브(130)의 개도율, $T_{DH,sup}$ 는 제1유체 공급 라인(110)의 입력단(111)에서 흐르는 유체의 온도, $T_{DH,ret}$ 는 제1유체 공급 라인(110)의 출력단(112)에서 흐르는 유체의 온도, $T_{DH,ret,VS}$ 는 가상 센서에 의해 추측된 제1유체 공급 라인(110)의 출력단(112)에서 흐르는 유체의 온도, $C_{p,H}$ 는 제2유체 공급 라인(210)을 따라 흐르는 유체의 비열, $M_{design,H}$ 는 제2유체 공급 라인(210)을 따라 흐르는 유체의 유량, f_H/f_{design} 는 제2유동 발생기(220)를 제어하는 주파수 정보, $T_{H,sup}$ 는 제2유체 공급 라인(210)의 입력단(211)에서 흐르는 유체의 온도, $T_{H,ret}$ 는 제2유체 공급 라인(210)의 출력단(212)에서 흐르는 유체의 온도를 나타냄.
- [0059] 도 6은 본 발명의 또 다른 예에 따른 가상 센서 도출 단계를 설명하기 위한 도면이다.
- [0060] 도 6을 참조하면, 장치(10)에는 제1 및 제2유체 공급 라인(110, 210)을 흐르는 유체의 유량 정보를 측정할 수 있는 센서와 제1유체 공급 라인(110)의 출력단(112)에서 유체의 온도를 측정할 수 있는 센서가 제공되지 않는다. 제어부(300)는 도 4 및 도 5에서 설명한 내용과 같이, 장치 성능 곡선과 제어 신호를 통해 제1 및 제2유체 공급 라인(110, 210)을 흐르는 유체의 유량 정보를 예측하고, 에너지 평형 방정식을 이용하여 제1유체 공급 라인(110)의 출력단(112)에서 흐르는 유체의 온도 정보를 예측하는 가상 센서를 도출할 수 있다.
- [0062] 다시 도 3을 참조하면, 복제 변수 도출 단계(S40)는 입력 변수와 추가 변수를 입력 레이어에 포함하고, 자동 엔코더로 학습하여 입력 변수와 추가 변수 각각에 대해 복제 변수를 도출한다.

[0063] 시스템 감시 단계(S50)는 복제 변수를 이용하여 에너지 교환 시스템을 감시한다.

[0065] 도 7은 본 발명의 실시 예와 비교예에 따른 훈련 결과를 비교하기 위한 그래프이다. 제1그래프는 비교예에 따른 훈련 결과를 나타내는 것으로, 제어 신호와 측정 신호를 입력 레이어에 포함하여 자동 엔코더로 학습한 결과를 나타내고, 제2그래프는 본 발명의 실시 예에 따른 훈련 결과를 나타내는 것으로, 제어 신호와 측정 신호, 그리고 추가 변수 모두를 입력 레이어에 포함하여 자동 엔코더로 학습한 결과를 나타낸다. 그래프로 가로축은 제어 신호, 측정 신호, 그리고 추가 변수를 나타내고, 세로축은 아래 수식 3에 따른 RMSE 값을 나타낸다.

[0066]
$$RMSE = \sqrt{\frac{(X_{Real} - X_{VS})^2}{N}} \quad RMSE = \sqrt{\frac{(X_{Real} - X_{VS})^2}{N}} \quad [\text{수식 3}]$$

[0067] 여기서, RMSE는 root mean square error이며, X_{Real} 은 물리적 센서로 실제 측정한 값이고, X_{VS} 는 본 발명의 실시 예와 비교 예에 따라 가상 센서로 도출한 값을 나타낸다.

[0068] 도 7을 참조하면, 본 발명의 실시 예에 따른 훈련 결과로 예측된 값들은 비교 예에 따른 훈련 결과로 예측된 값들에 비해 낮은 RMSE 값을 가짐을 확인할 수 있다. 이에 의해, 본 발명의 실시 예에 따른 건물 내 에너지 시스템을 감시하는 방법은 측정 정확도가 향상되어, 건물 내 에너지 시스템의 다기능 고정밀 가상 감지가 가능함을 확인할 수 있다.

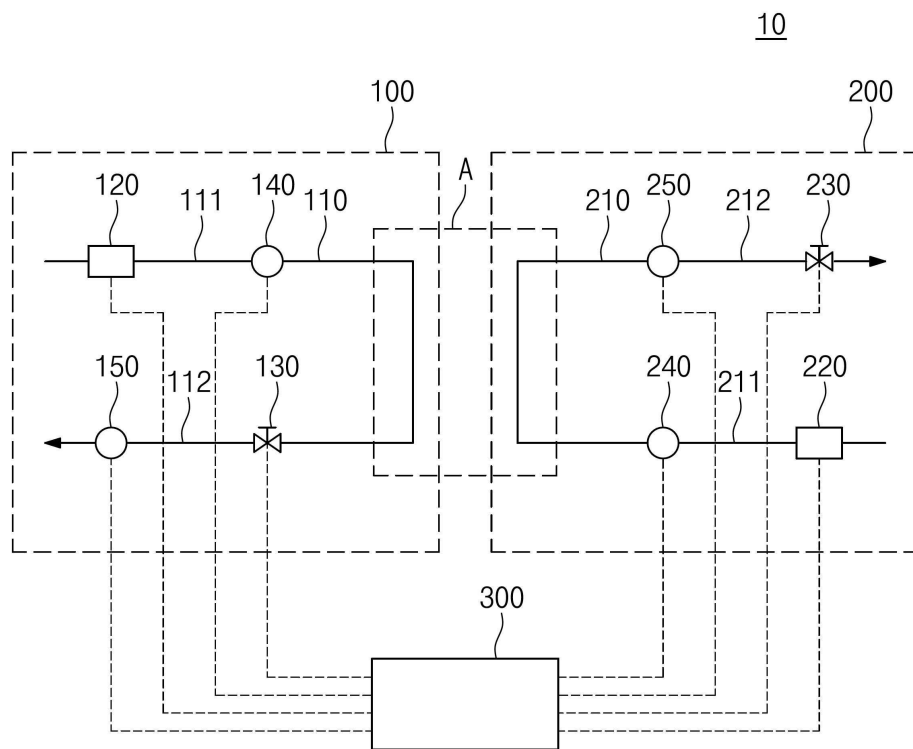
[0070] 이상, 본 발명을 바람직한 실시 예를 사용하여 상세히 설명하였으나, 본 발명의 범위는 특정 실시 예에 한정되는 것은 아니며, 첨부된 특허청구범위에 의하여 해석되어야 할 것이다. 또한, 이 기술분야에서 통상의 지식을 습득한 자라면, 본 발명의 범위에서 벗어나지 않으면서도 많은 수정과 변형이 가능함을 이해하여야 할 것이다.

부호의 설명

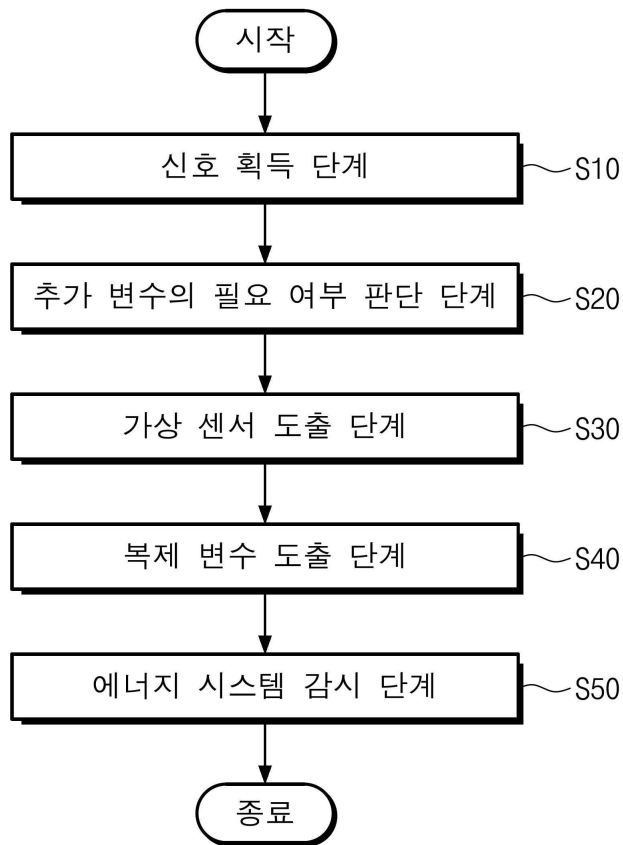
[0071] 10: 건물 내 에너지 시스템의 감시 장치
 100: 공급부
 110: 제1유체 공급 라인
 120: 제1유동 발생기
 130: 제1밸브
 140, 150: 제1센서
 200: 수요부
 210: 제2유체 공급 라인
 220: 제2유동 발생기
 230: 제2밸브
 240: 제2센서
 300: 제어부

도면

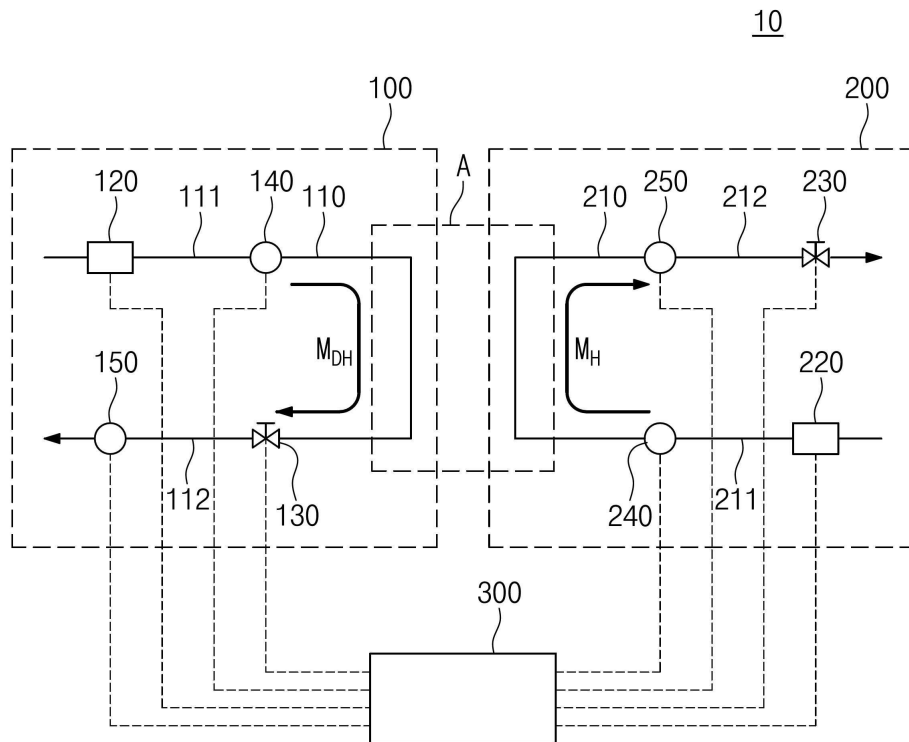
도면1



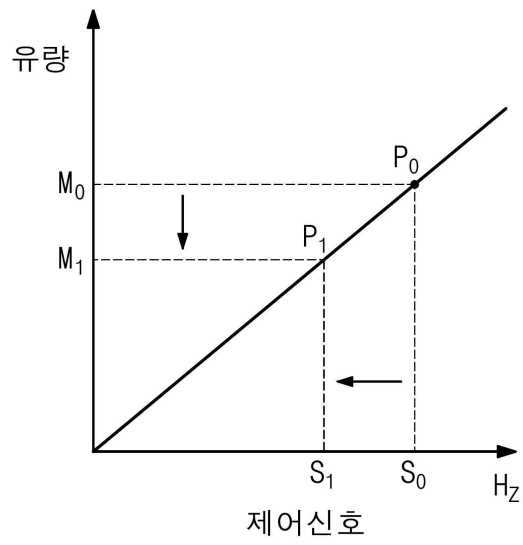
도면2



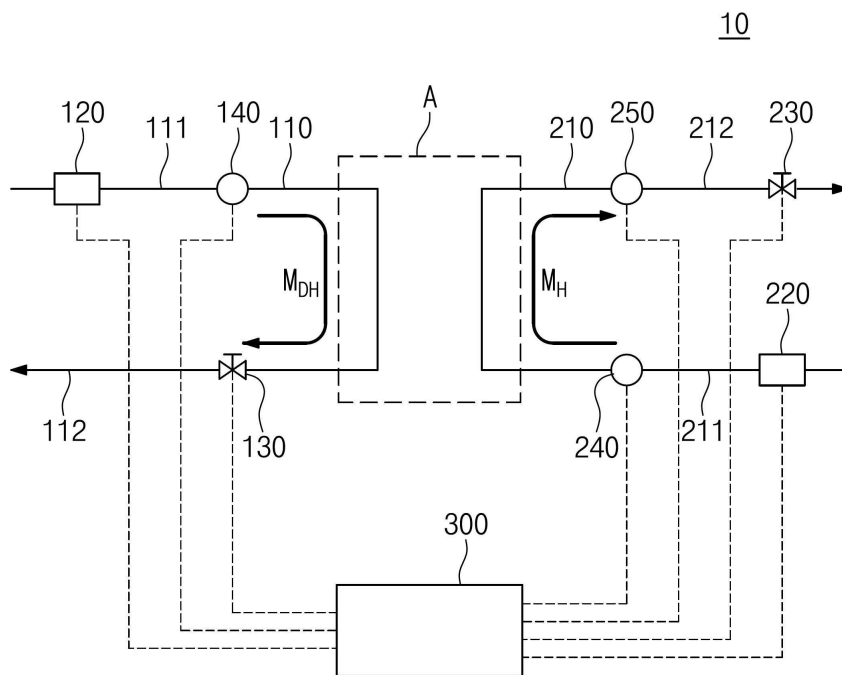
도면3



도면4

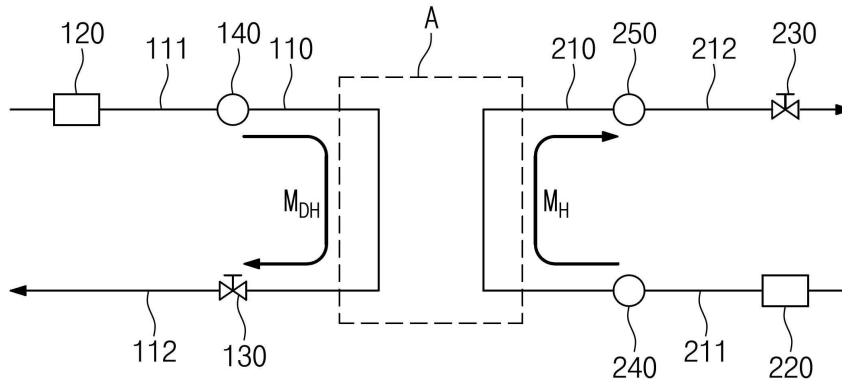


도면5



도면6

10



도면7

