



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0076508
(43) 공개일자 2013년07월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F01K 19/02 (2006.01) F22B 33/18 (2006.01)
F22B 37/26 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0145125
(22) 출원일자 2011년12월28일
심사청구일자 2011년12월28일
(71) 출원인
한밭대학교 산학협력단
대전광역시 유성구 동서대로 125 (덕명동)
(72) 발명자
엄태인
대전광역시 유성구 엑스포로 501, 청구나래 아파트 109-1102호 (전민동, 나래아파트)
(74) 대리인
특허법인다울

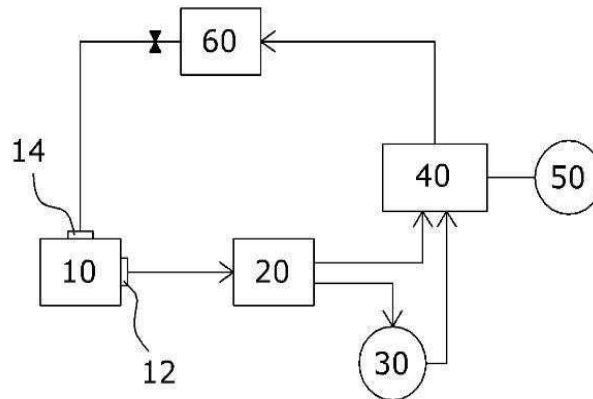
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 원심 압축기를 이용한 증기발전 시스템 및 증기발전 방법

(57) 요약

원심 압축기를 이용한 증기발전 시스템 및 증기발전 방법이 개시된다. 본 발명의 원심 압축기를 이용한 증기발전 시스템은, 원심 압축기를 이용한 증기발전 시스템 및 그 시스템을 이용한 발전용 증기터빈; 발전용 증기터빈과 연결 배치되며, 발전용 증기터빈의 발전과정에서 발생하는 수증기를 포집하여 응축수와 수증기로 분리하는 수증기 분리부; 및 분리된 수증기를 단열압축하여 발전용 증기터빈에 공급하는 수증기 압축부;를 포함하며, 수증기 압축부는, 원심 압축기를 포함한다. 이에 의하여, 수증기의 잠열을 재활용하고, 별도의 고온, 고압 수증기 발생 장치인 연료 연소장치와 보일러를 요구하지 않고 지속적인 발전을 가능하게 할 수 있으며, 원심 압축기 가동에 필요한 동력보다 증기터빈에서의 발전량이 상당히 많으므로 전력수급에 매우 효율적일 뿐 아니라, 화석연료 추가 소비, 온실가스 발생 등의 문제를 해결할 수 있다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 20103020100010

부처명 지식경제부

연구사업명 신재생에너지기술개발사업

연구과제명 수증기 압축기술을 이용한 고효율 폐자원 극저 에너지 소모건조 연료화 기술

주관기관 한밭대학교 산학협력단

연구기간 2010.06.01 ~ 2013.05.31

특허청구의 범위

청구항 1

발전용 증기터빈;

상기 발전용 증기터빈과 연결 배치되며, 상기 발전용 증기터빈의 발전과정에서 발생하는 수증기를 포집하여 응축수와 수증기로 분리하는 수증기 분리부; 및

상기 분리된 수증기를 단열압축하여 상기 발전용 증기터빈에 공급하는 수증기 압축부; 를 포함하며,

상기 수증기 압축부는, 원심 압축기를 포함하는 것을 특징으로 하는 원심 압축기를 이용한 증기발전 시스템.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 수증기 분리부는,

온도 47~200℃, 압력 0.1~3.0 bar 상태의 수증기를 포집하는 것을 특징으로 하는 원심 압축기를 이용한 증기발전 시스템.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 수증기 분리부는,

상기 발전용 증기터빈과 별도의 장치 또는 시스템에서 배출되는 수증기를 더 포집하는 것을 특징으로 하는 원심 압축기를 이용한 증기발전 시스템.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 수증기 압축부는,

압력 8~50 bar, 온도 200~500℃ 상태로 수증기를 압축하는 것을 특징으로 하는 원심 압축기를 이용한 증기발전 시스템.

청구항 5

발전용 증기터빈 및 상기 발전용 증기터빈과 별도의 장치 중 적어도 어느 하나에서 배출되는 수증기를 포집하고, 응축수와 수증기로 분리하는 단계(단계 a);

상기 분리된 수증기를 원심 압축기에 의해 단열압축하는 단계(단계 b);

상기 단열압축에 의한 압축 수증기를 상기 발전용 증기터빈에 공급하는 단계(단계 c); 및

상기 발전용 증기터빈에서 상기 단계 c에서 공급받은 압축 수증기를 이용하여 발전하고, 발전에 이용된 폐수증기를 배출하는 단계(단계 d); 를 포함하는 원심 압축기를 이용한 증기발전 방법.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 단계 d에서 배출된 폐수증기는,

상기 단계 a에서 포집되는 수증기로 재사용되고, 상기 재사용은 1회 또는 복수 회 반복 수행되는 것을 특징으로 하는 원심 압축기를 이용한 증기발전 방법.

청구항 7

청구항 5에 있어서,

상기 수증기 압축부의 원심 압축기는,

임펠러와 디퓨저가 장착된 볼류트를 포함하는 것을 특징으로 하는 원심 압축기를 이용한 증기발전 시스템.

청구항 8

청구항 5에 있어서,

상기 임펠러는,

회전속도가 10,000 ~ 200,000 RPM 범위의 초고속으로 작동되는 것을 특징으로 하는 원심 압축기를 이용한 증기발전 시스템.

명세서

기술분야

- [0001] 본 발명은 원심 압축기를 이용한 증기발전 시스템 및 증기발전 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 증기 터빈에서 배출되는 저온, 저압의 수증기를 초고속 원심 압축기에 의해 단열압축하고 이를 다시 발전용 증기터빈 작동에 이용함으로써 증기발생을 위한 연소장치 등을 생략할 수 있는 증기발전 시스템 및 이를 이용한 증기발전 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [0002] 일반적인 화력발전소, 소각로, 매립장 가스, 혐기성 소화가스를 이용한 증기발전 시스템은 발전용 증기터빈 입구의 증기 압력과 온도가 각각 8~50 bar, 200~500℃ 정도이고 터빈에서 발전을 한 후 응축기로 배출되는 증기 압력은 약 0.1 bar 정도이고 온도는 47℃ 정도이다. 이와 같이 기존 화력발전소에서는 증기터빈에서 배출되는 증기는 응축기에서 외부 저온 열원에 의해 열을 잃어버리고 액체인 응축수로 변환 후 압축 펌프에 의해 연소장치로 유입되어 고온, 고압의 증기로 변환된 후 증기터빈에서 발전을 하게 된다.
- [0003] 종래 화력발전소에서 증기터빈 출구에서 배출되는 저압, 저온 증기를 직접 재사용하지 못한 이유는, 기체인 증기를 고압으로 압축할 수 있는 기술이 불충분하고 효율이 낮아 불가피하게 저압, 저온 증기를 응축수로 변환하여 고압 펌프로 증기 터빈에서 요구하는 높은 압력까지 액체 상태로 압축하여 공급하여야 가능하였다. 이 경우 펌프의 동력 소비는 증기터빈에서 발생하는 전력의 2.0% 이하이고, 펌프 출구의 응축수 엔탈피는 보일러에서 연료의 연소열을 받아 고압, 고온의 증기를 발생시켜 증기터빈에서 발전할 수 있다.
- [0004] 이와 같이 증기터빈 가동에 필요한 고온, 고압의 증기를 발생시키기 위해 추가적인 에너지를 사용하게 되고, 이에 따른 화석연료 등의 소비, 분진 등의 폐기물의 발생, 대기오염 등이 추가로 발생하게 된다.
- [0005] 그러나 통상적으로 사용되는 왕복형(피스톤) 또는 회전(rotary vane)형 등 용적식 기체 압축장치를 사용하면, 고온 수증기 압축시 다량의 응축수가 발생하고 기밀유지가 어렵우며, 재료의 열팽창에 의해 운전이 어려워 주로 50℃ 이하의 저온 기체를 압축하는 데 사용할 수 있어서, 증기터빈에서 배출되는 수증기를 직접 압축하여 재사용할 수 없는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0006] 본 발명의 목적은 상기 문제점들을 해결하기 위한 것으로서, 종래 화력발전소 증기터빈에서 배출되는 수증기를 포집하여 낮은 동력을 소비하는 초고속 원심 압축기로 단열압축하여 증기터빈 가동에 필요한 고온, 고압의 수증기를 공급하고 발전에 직접 이용할 수 있도록 하는 초고속 원심 압축기를 이용한 증기발전 시스템 및 증기발전 방법을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

- [0007] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 원심 압축기를 이용한 증기발전 시스템은, 발전용 증기터빈; 상기 발전용 증기터빈과 연결 배치되며, 상기 발전용 증기터빈의 발전과정에서 발생하는 수증기를 포집하여 응축수와 수증기로 분리하는 수증기 분리부; 및 상기 분리된 수증기를 단열압축하여 상기 발전용 증기터빈에 공급하는 수증기 압축부; 를 포함하며, 상기 수증기 압축부는, 원심 압축기를 포함한다.
- [0008] 상기 수증기 분리부는, 온도 47~200℃, 압력 0.1~3 bar 상태의 수증기를 포집하는 것일 수 있다.
- [0009] 상기 수증기 분리부는, 상기 발전용 증기터빈과 별도의 장치 또는 시스템에서 배출되는 수증기를 더 포집하는 것일 수 있다.
- [0010] 상기 수증기 압축부는, 압력 8~50 bar, 온도 200~500 ℃ 상태로 수증기를 압축하는 것일 수 있다.
- [0011] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 원심 압축기를 이용한 증기발전 방법은, 발전용 증기터빈 및 상기 발전용 증기터빈과 별도의 장치 중 적어도 어느 하나에서 배출되는 수증기를 포집하고, 응축수와 수증기로 분리하는 단계(단계 a); 상기 분리된 수증기를 원심 압축기에 의해 단열압축하는 단계(단계 b); 상기 단열압축에 의한 압축 수증기를 상기 발전용 증기터빈에 공급하는 단계(단계 c); 및 상기 발전용 증기터빈에서 상기 단계 c에서 공급 받은 압축 수증기를 이용하여 발전하고, 발전에 이용된 폐수증기를 배출하는 단계(단계 d); 를 포함한다.
- [0012] 상기 단계 d에서 배출된 폐수증기는, 상기 단계 a에서 포집되는 수증기로 재사용되고, 상기 재사용은 1회 또는 복수 회 반복 수행될 수 있다.
- [0013] 상기 수증기 압축부의 원심 압축기는 임펠러와 디퓨저가 장착된 볼류트를 포함하는 것일 수 있다.
- [0014] 상기 임펠러는, 회전속도가 10,000 ~ 200,000 RPM 범위의 초고속으로 작동되는 것일 수 있다.

발명의 효과

- [0015] 본 발명의 증기발전 시스템은 증기터빈에서 배출되는 저온, 저압의 수증기를 분리하여 초고속 원심 압축기에 의해 고온, 고압의 수증기로 압축하여 다시 발전용 증기터빈의 가동에 이용되도록 함으로써 수증기의 잠열을 재사용하고, 별도의 고온, 고압 수증기 발생장치인 연료 연소장치와 보일러를 요구하지 않고 지속적인 발전을 가능하게 할 수 있다. 또한, 수증기 압축에 필요한 동력에 비해 증기터빈에서의 발전량이 높으므로 전력 수급에 매우 효율적이다.

도면의 간단한 설명

- [0016] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 원심 압축기를 이용한 증기발전 시스템을 나타낸 개략도이다.
- 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 원심 압축기를 이용한 증기발전 시스템을 이용한 증기발전 방법을 순차적으로 나타낸 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0017] 먼저, 본 발명의 원심 압축기를 이용한 증기발전 시스템에 대하여 설명한 후, 원심 압축기를 이용한 증기발전 방법에 대하여 설명하도록 한다.
- [0018] 도 1에 따르면, 본 발명의 일실시예에 따른 원심 압축기를 이용한 증기발전 시스템은, 발전용 증기터빈(steam turbine, 10), 수증기 분리부(20) 및 수증기 압축부(40)를 포함한다. 여기서, 경우에 따라, 단열 저장부(30), 수분사부(50) 및 수증기 공급 조절부(60)를 더 포함할 수 있다.

- [0019] 발전용 증기터빈(10)은 고온, 고압의 수증기의 열에너지를 전기 에너지로 전환하는 것으로서, 고온고압의 증기를 노즐 또는 고정된 날개로부터 분출○팽창시켜 나온 고속의 증기류를 회전하는 터빈 날개에 부딪쳐서 축을 회전시키는 방식으로 작동된다.
- [0020] 또한, 발전용 증기터빈(10)에는 수증기 배출구(12) 및 수증기 주입구(14)가 마련되며, 수증기 배출구(12)는 발전에 이용된 저온, 저압의 폐수증기를 배출하는 통로이고, 수증기 주입구(14)는 발전에 필요한 고온, 고압의 수증기가 주입되는 통로이다.
- [0021] 이때, 상기 저온, 저압의 폐수증기는, 압력 0.1 bar 이상, 온도 47℃ 이상의 수증기일 수 있으며, 상기 발전에 필요한 고온, 고압의 수증기는 압력 8~50 bar, 온도 200~500 ℃의 범위인 것이 바람직하다.
- [0022] 수증기 분리부(20)는, 발전용 증기터빈(10)의 수증기 배출구(12)와 연결되며, 수증기 배출구(12)에서 배출되는 수증기를 포집하고, 포집된 수증기에서 응축수와 수증기를 분리해 내는 부분이다. 이때, 상기 분리된 수증기는, 온도 47~200℃, 압력 0.1~3 bar의 범위인 것이 바람직하다.
- [0023] 도시하지는 않았으나, 경우에 따라, 상기 수증기의 포집은 상기 발전용 증기터빈(10)에서 배출되는 수증기 외에도, 각종 건조, 농축 등의 별도의 시스템 또는 장치에서 배출되는 저압, 저온의 수증기를 포집하여 이용할 수 있다.
- [0024] 한편, 경우에 따라, 수증기 분리부(20)와 연결되는 단열 저장부(30)를 더 포함할 수 있으며, 단열 저장부(30)는 수증기 분리부(20)에서 분리된 응축수를 저장하였다가, 필요에 따라 단열팽창에 의한 압력강화로 재증발하여 수증기를 생성하고 이를 수증기 압축부(40)로 공급하는 기능을 수행할 수 있다. 이때, 상기 압력강화는 0.1~1.0 bar 의 범위에서 이루어지는 것이 바람직하다.
- [0025] 수증기 압축부(40)는 수증기 분리부(20) 및 단열 저장부(30)로부터 저온, 저압의 수증기를 공급받아 고온, 고압의 수증기로 단열압축하는 부분이다. 이에 따라 압축된 고온, 고압의 수증기는 발전용 증기터빈(10)의 주입구(14)를 통해 공급되어 다시 발전에 이용될 수 있다.
- [0026] 수증기 압축부(40)는 원심 압축기 즉, 터보식 압축기인 것이 바람직하며, 초고속 회전체인 임펠러(impeller), 디퓨저(diffuser)가 장착된 볼류트(volute)를 이용한 압축기일 수 있다.
- [0027] 상기 임펠러의 회전속도는 10,000 내지 200,000 RPM 범위의 초고속으로 작동되는 것으로 한다. 또한, 임펠러와 볼류트 사이의 공극은 0.4mm이하인 것이 바람직하며, 이와 같은 강한 원심력에 따라 단열 압축된 수증기는 압력 8~50 bar, 온도 200~500℃인 상태를 가지도록 하는 것이 바람직하다.
- [0028] 상기 원심 압축기를 이용한 증기발전 시스템의 재질은 압력 8~50 bar, 온도 200~500℃인 상태에 적합한 인코넬, 티타늄, 카본블랙, 특수 합금강을 이용할 수 있다.
- [0029] 경우에 따라, 수증기 압축부(40)는 단계적으로 복수 회 압축이 가능한 다단 압축(multistage compression)식일 수 있으며, 이 경우, 각 압축 단 사이에는 수분사부(50)를 더 포함할 수 있다. 수분사부(50)는 적절한 양의 수분을 분사하여 온도를 조절하고 증기량을 증대시키는 역할을 수행할 수 있다.
- [0030] 수증기 압축부(40)와 발전용 증기터빈(10) 사이에는 수증기 공급 조절부(60)를 더 포함할 수 있다. 수증기 공급 조절부(60)는 수증기 압축부(40)에서 압축된 수증기를 저장하고, 발전용 증기터빈(10)에 수증기 공급량을 적절히 조절하는 역할을 한다.
- [0031] 본 발명의 원심 압축기를 이용한 증기발전 방법을 순차적으로 나타낸 흐름도를 도 2에 나타내었다.
- [0032] 도 1 및 도 2를 참조하여 본 발명의 일실시예에 따른 원심 압축기를 이용한 증기발전 방법을 설명하도록 한다. 상기 증기발전 방법은 총 네 단계로 나누어 볼 수 있다.
- [0033] 먼저, 증기발전에 이용된 후 배출된 수증기를 포집하고 응축수와 수증기를 분리한다(단계 a).
- [0034] 이때, 상기 수증기의 포집은 상기 증기발전에 이용된 폐수증기 외에도, 경우에 따라, 각종 건조, 농축 등의 장치에서 배출되는 저압, 저온의 수증기를 포집하여 이용할 수 있다. 상기 저온, 저압의 수증기는 온도 47~200℃, 압력 0.1~3 bar의 범위일 수 있다.
- [0035] 한편, 경우에 따라, 상기 분리된 응축수를 단열 저장부(30)에 저장하였다가, 단열팽창에 의한 압력강화로 재증

발시켜 수증기를 생성하고, 이를 이후 단계의 수증기 압축에 이용하는 단계를 더 포함할 수 있다. 이때, 상기 압력강하는 0.1~1.0 bar의 범위에서 이루어지는 것이 바람직하다.

[0036] 다음으로, 상기 분리된 수증기를 원심 압축의 방법으로 단열압축한다(단계 b).

[0037] 상기 압축은 발전용 증기터빈(10)에서 필요로 하는 고온, 고압의 조건으로 이루어지며, 상세하게는, 압력 8~50 bar, 온도 200~500 °C 범위의 수증기로 압축하는 것이 바람직하다.

[0038] 여기서, 상기 원심 압축은 원심 압축기, 특히, 임펠러를 이용한 초고속 압축기에 의해 수행하는 것이 바람직하며, 이때, 상기 임펠러의 회전속도는 10,000 ~ 200,000 RPM 범위의 초고속으로 작동하도록 하는 것이 바람직하다.

[0039] 경우에 따라, 상기 수증기의 단열압축은 단계적으로 복수 회 다단 압축할 수 있으며, 이 경우 각 단계 압축에서 수분사(water spray)에 의해 온도를 조절하고 증기량을 증대시킬 수 있다.

[0040] 다음으로, 상기 압축된 수증기를 발전용 증기터빈(10)에 공급한다(단계 c).

[0041] 이때, 압축 수증기 공급 조절부에 의해 발전용 증기터빈(10)에 공급되는 수증기의 양을 적절히 조절할 수 있다.

[0042] 마지막으로, 발전용 증기터빈(10)에서 공급받은 압축된 수증기를 이용하여 발전하고, 발전에 이용된 폐수증기를 배출한다(단계 d).

[0043] 상기 폐수증기는, 압력 0.1 bar 이상, 온도 47°C 이상의 수증기일 수 있으며, 온도 47~200°C, 압력 0.1~3 bar인 것이 바람직하다.

[0044] 시험예: 증기터빈 발전 시스템의 발전효율 분석

[0045] 분당 회전수 120,000인 초고속 회전 임펠러를 이용한 2단 압축장치에서 얻은 수증기와 동일한 조건의 압축 수증기를 증기 터빈 시스템에 공급하여 발전시켜 발전효율을 분석하여 보았다.

[0046] 하기 표 1에 종래 저압, 저온 증기터빈이 포함된 발전 시스템(구분 ①) 및 본 발명의 초고속 임펠러를 적용한 증기터빈(구분 ②, ③)을 포함한 발전 시스템의 발전효율 분석결과를 나타내었다.

표 1

구분	증기 터빈 입구			증기 터빈 출구			수증기 용량 (kg/hr)	터빈 발 전량 (kW)	수증기 압축기 모터동력 (kW)	압축기 동력/ 터빈 발 전량 (%)	순(net) 발전율 (%)
	온도 (°C)	압력 (bar)	enthalpy (kcal/kg)	온도 (°C)	압력 (bar)	enthalpy (kcal/kg)					
①	240	8.9	698.7	47.3	0.11	591	5,700	679	-	소각로 발전	11.7 (발전 효율, %)
②	350	8.9	754.1	47.3	0.11	617	5,700	1,027	570	65.5	34.5
③	400	8.9	779.4	47.3	0.11	617	5,700	1,186	570	55.3	44.7

[0048] (터빈 발전효율 95% 기준)

[0049] 여기서, 구분 ①은 낮은 열량의 연료를 사용하여 저압 증기터빈을 구동하여 전기를 생산하는 기존 화력발전소의 터빈 발전량과 투입한 연료의 열량 대비 생산 전력을 발전 효율로 정의하여 표시하였다.

[0050] 상기 표 1에 따르면, 구분 ②, ③에 제시된 바와 같이 본 발명의 발전 시스템에 포함되는 초고속 임펠러의 회전수와 관련한 임펠러의 설계인자 변화와 시간당 압축할 수 있는 수증기의 양, 압축된 수증기의 압력 및 온도 변화에 따라 터빈발전량의 압축장치 모터 소비동력에 다소 차이가 있었다.

[0051] 그러나 초고속 회전체를 이용한 수증기에 의해 공급된 고압, 고온 수증기를 이용한 터빈 발전량은 압축기 구동 모터의 동력을 상쇄하고도 약 34.5~44.7%의 순수 전력을 얻을 수 있었다.

[0052] 따라서 화석연료, 원자력 에너지를 이용하지 않고도 대용량 발전을 하여 지구촌의 에너지 문제와 온실가스에 의한 지구온난화 문제를 동시에 해결할 수 있는 가능성이 있음을 알 수 있다. 한편, 화석연료 발전에 의한 온실가스 배출량이 전체 온실가스 배출량의 약 30%를 차지하며, 기타 건조, 농축, 화학공장 등에서 대기로 배출되는 수증기를 모두 재이용할 수 있으므로 전체 온실가스의 50% 정도를 저감할 수 있음을 알 수 있다.

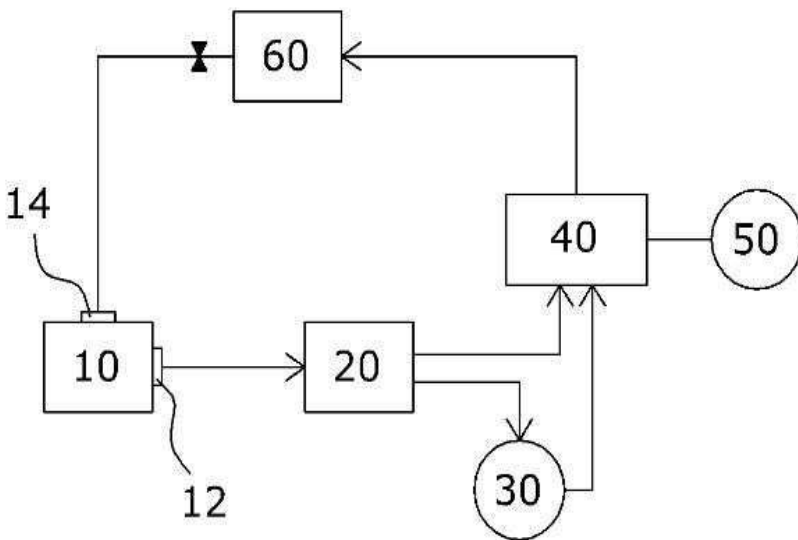
[0053] 이상, 본 발명의 바람직한 실시예를 들어 상세하게 설명하였으나, 본 발명은 상기 실시예에 한정되지 않으며, 본 발명의 기술적 사상의 범위 내에서 당 분야에 통상의 지식을 가진 자에 의하여 여러 가지 변형이 가능하다.

부호의 설명

[0054] 10: 발전용 증기터빈 12: 수증기 배출구
14: 수증기 주입구 20: 수증기 분리부
30: 단열 저장부 40: 수증기 압축부
50: 수분사부 60: 수증기 공급 조절부

도면

도면1



도면2

