



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0062798
(43) 공개일자 2019년06월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F01K 25/06 (2006.01) F01D 21/00 (2006.01)
F01K 13/02 (2017.01)
(52) CPC특허분류
F01K 25/06 (2013.01)
F01D 21/003 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0161349
(22) 출원일자 2017년11월29일
심사청구일자 2017년11월29일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)
(72) 발명자
김주형
인천광역시 연수구 해돋이로84번길 30 (송도동, 송도급호어울림아파트) 103동 104호
이태진
경기도 안성시 석정2길 13-8 (석정동, 신원아침도시아파트) 102동 803호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인빛과소금

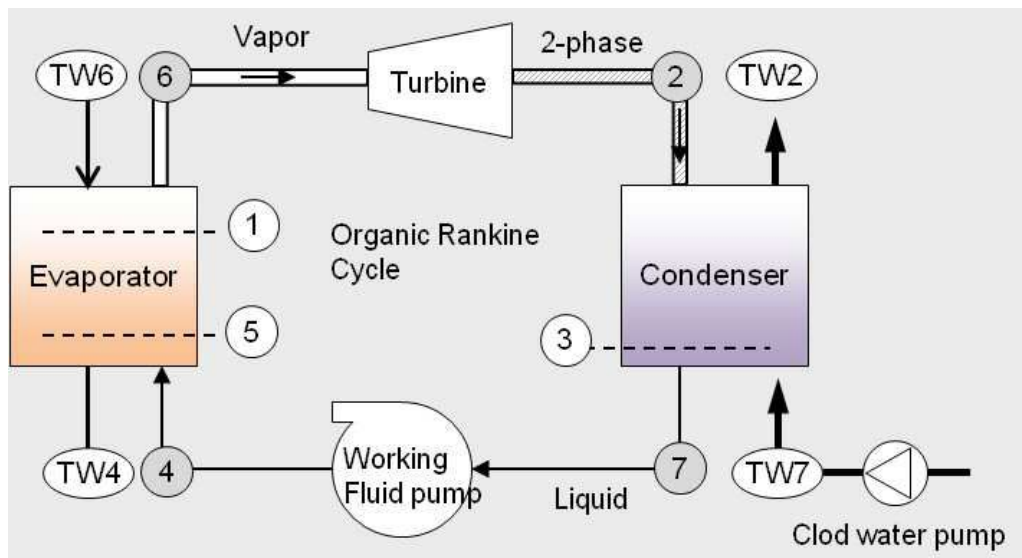
전체 청구항 수 : 총 2 항

(54) 발명의 명칭 유기랭킨사이클 시스템의 효율을 극대화시키기 위한 최적의 작동유체 혼합을 결정 방법

(57) 요약

본 발명은 유기랭킨사이클 시스템의 효율을 극대화시키기 위한 최적의 작동유체 혼합을 결정 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는, 증발기 열원의 온도차 및 응축기 냉각수의 온도차의 평균값을 통해 유기랭킨사이클 시스템의 발전기 효율을 극대화 할 수 있는 최적의 작동유체 혼합을 결정할 수 있는 방법에 관한 것이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

F01K 13/02 (2013.01)

(72) 발명자

신경호

충청북도 청주시 흥덕구 1순환로513번길 33 (신봉동, 삼정백조아파트) 105동 807호

심다민

경상남도 창원시 진해구 진해대로 727 (석동, 대우푸르지오) 113동 801호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 KEPRI-16-24

부처명 한국전력공사

연구관리전문기관 한국전력공사

연구사업명 자체위탁연구과제(기타공공기관_비R&D)

연구과제명 친환경 대체냉매 개발 및 폐열 활용 ORC 시스템 적용

기 여 율 1/1

주관기관 한국전력공사

연구기간 2016.12.01 ~ 2018.09.30

명세서

청구범위

청구항 1

유기랭킨사이클 시스템에서 발전기가 최고 효율을 나타내는 작동유체의 혼합율을 결정하는 방법으로서,

열원이 증발기로 들어갈 때와 나올 때의 온도를 측정하는 단계;

냉각수가 응축기로 들어갈 때와 나올 때의 온도를 측정하는 단계;

증발기 열원의 온도차와 응축기 냉각수의 온도차의 온도 편차 평균값($DTS_{average}$)을 결정하는 단계; 및

하기 수식 4를 통해 발전기가 최고 효율을 나타내는 작동유체의 혼합율을 결정하는 것을 특징으로 하는 유기랭킨사이클 시스템의 효율을 극대화시키기 위한 최적의 작동유체 혼합율 결정 방법.

[수식 4]

$$\begin{aligned} R245fa_{mass\ fraction} &= 2.6 \cdot DTS_{average} - 6 \pm 5[\%] \\ R1234yf_{mass\ fraction} &= 1 - R245fa_{mass\ fraction} \end{aligned}$$

청구항 2

유기랭킨사이클 시스템에서 발전기가 최고 효율을 나타내는 작동유체의 혼합율을 결정하는 방법으로서,

열원이 증발기로 들어갈 때와 나올 때의 온도를 측정하는 단계;

냉각수가 응축기로 들어갈 때와 나올 때의 온도를 측정하는 단계;

증발기 열원의 온도차와 응축기 냉각수의 온도차의 온도 편차 평균값($DTS_{average}$)을 결정하는 단계; 및

하기 수식 5를 통해 발전기가 최고 효율을 나타내는 작동유체의 혼합율을 결정하는 것을 특징으로 하는 유기랭킨사이클 시스템의 효율을 극대화시키기 위한 최적의 작동유체 혼합율 결정 방법.

[수식 5]

$$\begin{aligned} (R245fa_{mass\ fraction} + R1233zd_{mass\ fraction}) &= 2.6 \cdot DTS_{average} - 6 \pm 5[\%] \\ (R1234yf_{mass\ fraction} + R134a_{mass\ fraction}) &= 1 - (R245fa_{mass\ fraction} + R1233zd_{mass\ fraction}) \end{aligned}$$

발명의 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 유기랭킨사이클 시스템의 효율을 극대화시키기 위한 최적의 작동유체 혼합율 결정 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는, 증발기 열원의 온도차 및 응축기 냉각수의 온도차의 평균값을 통해 유기랭킨사이클 시스템의 발전기 효율을 극대화 할 수 있는 최적의 작동유체 혼합율을 결정할 수 있는 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 유기랭킨사이클(Organic Rankine Cycle)은 도 1에 도시된 바와 같이, 폐열, 태양열, 지열 등의 다양한 열에너지로부터 전기에너지를 얻기 위하여 적용되는데, 기본적으로 증기터빈을 작동하기 위한 랭킨사이클과 동일하나,

작동유체(working fluid)로 물이 아닌 유기물을 사용하는 것이다. 따라서 외부의 열에너지로부터 작동유체를 기화하는 증발기가 사용되며, 이 작동유체는 터빈을 가동하여 발전기에서 전기에너지를 얻게 된다.

[0003] 터빈에서 팽창된 작동유체는 응축기에서 액화되어 탱크로 들어가서 펌프에 의하여 가압되어 다시 증발기로 들어가는 순환시스템으로 이루어진다.

[0004] 작동유체를 물이 아닌 유기물을 사용하는 목적은 낮은 온도의 열원으로부터 에너지를 획득하기 위한 것으로, 물의 경우는 끓는점이 대기압 하에서 100℃ 이지만 압력이 증가하게 되면 상당히 높아진다. 따라서 높은 온도를 갖는 열원이 있어야만 운전이 가능하다.

[0005] 하지만 작동유체를 물이 아닌 유기물을 사용하게 되면 물질에 따라서 높은 압력에서도 기화하는 온도가 100℃ 이하의 낮은 온도를 갖게 된다. 이러한 장점으로 인하여 산업체에서 발생하는 낮은 온도를 갖는 폐열로부터 전기를 얻을 수 있다.

[0006] 랭킨사이클의 작동유체로 적용할 수 있는 유기물은 매우 많이 있으며, 앞으로도 계속 합성물질이 개발되어지면서 새로운 작동유체가 사용되어질 것이다.

[0007] 하지만 각각의 물질적 특성이 다르므로 유기랭킨사이클의 효율을 극대화시키기 위해 어느 작동유체를 사용할 것이며, 어떠한 혼합비율로 작동유체를 혼합하여 사용할 것인지를 결정하는 것은 상당히 복잡한 문제이다.

[0008] 한편, 유기랭킨사이클에 관한 종래기술로는 대한민국공개특허 제10-2016-0094763호가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 상술한 바와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로, 증발기 열원의 온도차 및 응축기 냉각수의 온도차의 평균값을 통해 유기랭킨사이클 시스템의 발전기 효율을 극대화 할 수 있는 최적의 작동유체 혼합율을 결정할 수 있는 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0010] 상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 하나의 양상은, 유기랭킨사이클 시스템에서 발전기가 최고 효율을 나타내는 작동유체의 혼합율을 결정하는 방법으로서, 열원이 증발기로 들어갈 때와 나올 때의 온도를 측정하는 단계; 냉각수가 응축기로 들어갈 때와 나올 때의 온도를 측정하는 단계; 증발기 열원의 온도차와 응축기 냉각

수의 온도차의 온도 편차 평균값($DTS_{average}$)을 결정하는 단계; 및 하기 수식 4를 통해 발전기가 최고 효율을 나타내는 작동유체의 혼합율을 결정하는 것을 특징으로 한다.

[0011] [수식 4]

$$\begin{aligned} R_{245fa_{mass\ fraction}} &= 2.6 \cdot DTS_{average} - 6 \pm 5[\%] \\ R_{1234yf_{mass\ fraction}} &= 1 - R_{245fa_{mass\ fraction}} \end{aligned}$$

[0012]

[0013] 또한, 유기랭킨사이클 시스템에서 발전기가 최고 효율을 나타내는 작동유체의 혼합율을 결정하는 방법으로서, 열원이 증발기로 들어갈 때와 나올 때의 온도를 측정하는 단계; 냉각수가 응축기로 들어갈 때와 나올 때의 온도

를 측정하는 단계; 증발기 열원의 온도차와 응축기 냉각수의 온도차의 온도 편차 평균값($DTS_{average}$)을 결정하는 단계; 및 하기 수식 5를 통해 발전기가 최고 효율을 나타내는 작동유체의 혼합율을 결정하는 것을 특징으로 한다.

[0014] [수식 5]

$$\begin{aligned} (R_{245fa_{mass\ fraction}} + R_{1233zd_{mass\ fraction}}) &= 2.6 \cdot DTS_{average} - 6 \pm 5[\%] \\ (R_{1234yf_{mass\ fraction}} + R_{134a_{mass\ fraction}}) &= 1 - (R_{245fa_{mass\ fraction}} + R_{1233zd_{mass\ fraction}}) \end{aligned}$$

[0015]

발명의 효과

- [0016] 본 발명에 따른 유기랭킨사이클 시스템의 효율을 극대화시키기 위한 최적의 작동유체 혼합을 결정 방법은 증발기 열원의 온도차 및 응축기 냉각수의 온도차의 평균값을 통해 최적의 작동유체 혼합을 결정함으로써, 유기랭킨사이클 시스템의 발전기 효율을 극대화 할 수 있는 작동유체의 혼합을 쉽고 간편하게 결정할 수 있는 효과가 있다.
- [0017] 본 발명의 효과들은 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 청구범위의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0018] 도 1은 유기랭킨사이클을 나타낸 개략도이다.
- 도 2는 본 발명의 유기랭킨사이클 시스템의 효율을 극대화시키기 위한 최적의 작동유체 혼합을 결정 방법에서 유기랭킨사이클의 변수 및 작동유체의 혼합율에 따른 발전기의 효율을 나타낸 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 유기랭킨사이클 시스템의 효율을 극대화시키기 위한 최적의 작동유체 혼합을 결정 방법에서 증발기 열원의 온도차와 응축기 냉각수의 온도차가 같다고 가정한 경우에 온도차 및 증발기 입구 온도에 따라 발전기가 최고 효율을 나타낼 때의 R245fa의 질량 분율을 나타낸 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 유기랭킨사이클 시스템의 효율을 극대화시키기 위한 최적의 작동유체 혼합을 결정 방법에서 증발기 및 응축기에서의 열원의 온도차 및 냉각수의 온도차에 따른 발전기가 최고 효율일 때의 R245fa의 질량 분율을 그래프로 나타낸 도면이다.
- 도 5는 본 발명의 유기랭킨사이클 시스템의 효율을 극대화시키기 위한 최적의 작동유체 혼합을 결정 방법에서 온도 편차의 평균 값(DTS_AVE)이 일정한 상태에서 증발기 열원의 온도차와 응축기 냉각수의 온도차가 상이한 경우에 발전기가 최고 효율을 보일 때의 R245fa의 질량 분율을 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0019] 이하, 본 발명의 일 실시형태에 대해서 상세하게 설명한다.
- [0020] 다만 발명의 요지와 무관한 일부 구성은 생략 또는 압축할 것이나, 생략된 구성이라고 하여 반드시 본 발명에서 필요가 없는 구성은 아니며, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 결합되어 사용될 수 있다.
- [0021] 본 발명의 실시예에 따른 유기랭킨사이클 시스템의 효율을 극대화시키기 위한 최적의 작동유체 혼합을 결정 방법은 증발기 열원의 온도차 및 응축기 냉각수의 온도차의 평균값을 통해 유기랭킨사이클 시스템의 발전기 효율을 극대화 할 수 있는 최적의 작동유체 혼합을 결정할 수 있는 방법에 관한 것이며, 도 2 내지 도 5에 도시된 값들을 도출하기 위해, 시뮬레이션 프로그램으로 [Refprop]를 사용하였다.
- [0022] 이를 위해 본 발명에서는 발전기의 효율을 극대화시키기 위한 최적의 작동유체 혼합율에 영향을 미치는 유기랭킨사이클의 변수들을 추출하였다.
- [0023] 도 2는 유기랭킨사이클의 변수 및 작동유체의 혼합율에 따른 발전기의 효율을 나타낸 것이다.
- [0024] 도 2에서 유기랭킨사이클의 변수 값들 중 좌측에 표시된 값은 유기랭킨사이클의 기준 변수이며, 이러한 기준 변수에 따른 작동유체의 혼합을 별 발전기의 효율이 최상단에 표시되어 있다.
- [0025] 또한, 기준 변수들 중 각각의 변수를 변화시켰을 때의 작동유체의 혼합을 별 발전기의 효율이 변화된 변수와 같은 줄에 표시되어 있다.
- [0026] 도 2에서 하단에는 발전기 효율 값을 작동유체의 혼합을 별로 최고의 발전기 효율을 나타내는 값을 기준으로 하여 백분율로 나타낸 것이다.
- [0027] 도 2에 도시된 바와 같이, 유기랭킨사이클의 기준 변수에서는 R1234yf : R245fa = 95 : 5 로 혼합되었을 때 발전기 효율이 3.37로 가장 높았으며, 변수 중 증발기 입구 온도(TS6, Liquid temp at the evaporator inlet), 증발기 열원의 온도차(DTS_EVAP) 및 응축기 냉각수의 온도차(DTS_COND)를 제외한 나머지 변수들은 값을 변화시

켜도 상기와 동일한 결과가 나왔다.

- [0028] 반면, 변수 중 증발기 입구 온도, 증발기 열원의 온도차 및 응축기 냉각수의 온도차가 변화되었을 때에는 발전기 효율이 가장 높을 때의 작동유체의 혼합율이 변화하였다. 이때, 증발기 열원의 온도차는 열원이 증발기로 들어갈 때와 나올 때의 온도차를 말하며, 응축기 냉각수의 온도차는 냉각수가 응축기로 들어갈 때와 나올 때의 온도차를 말한다.
- [0029] 구체적으로, 증발기 입구 온도가 28℃에서 50℃로 변화했을 때는 R1234yf : R245fa = 0 : 100 일 때, 즉, 작동유체가 R245fa 단일냉매일 때, 발전기 효율이 9.35로 가장 높았으며, 증발기 열원의 온도차 및 응축기 냉각수의 온도차가 4에서 8로 변화하였을 때에는 R1234yf : R245fa = 90 : 10 으로 혼합되었을 때, 발전기 효율이 각각 2.64 및 2.59로 가장 높았다.
- [0030] 이에 따라, 최고의 발전기 효율을 나타내는 작동유체의 혼합율은 증발기 입구 온도, 증발기 열원의 온도차 및 응축기 냉각수의 온도차에 영향을 받는 다는 것을 알 수 있다.
- [0031] 즉, 작동유체의 혼합율과 상기 세 가지 변수의 관계를 하기 수식 1과 같이 나타낼 수 있다.
- [0032] [수식 1]
- [0033] $\eta_{\text{ORC}} = f(\text{TS6(=evaporator inlet heat water temp)}, \text{DTS}_{\text{evaporator}}, \text{DTS}_{\text{condenser}})$
- [0034] (η_{ORC} : 유기랭킨사이클 작동유체 혼합율)
- [0035] 이때, 상기 수식 1에서 작동유체의 혼합율은 상기 표 1에 나타난 바와 같이, R1234yf 및 R245fa의 혼합율을 나타내며, 이에 따라, 상기 수식 1을 하기 수식 2와 같이 나타낼 수 있다.
- [0036] [수식 2]
- [0037]
$$\text{R245fa}_{\text{mass fraction}} = f(\text{T}_{\text{evaporator inlet heat water temp}}, \text{DTS}_{\text{evaporator}}, \text{DTS}_{\text{condenser}})$$
- [0038] 여기서, $\text{R1234yf}_{\text{mass fraction}} = 1.0 - \text{R245fa}_{\text{mass fraction}}$
- [0039] 상기 수식 2에서와 같이, R245fa의 질량 분율은 증발기 입구 온도, 증발기 열원의 온도차 및 응축기 냉각수의 온도차의 함수로 나타낼 수 있으며, R245fa의 질량 분율을 구하면, R1234yf의 질량 분율도 구할 수 있어, 최종적으로 작동유체의 혼합율을 구할 수 있다.
- [0040] 여기서, 도 3은 증발기 열원의 온도차와 응축기 냉각수의 온도차가 같다고 가정한 경우에 온도차 및 증발기 입구 온도에 따라 발전기가 최고 효율을 나타낼 때의 R245fa의 질량 분율을 나타낸 것이다. 즉, 온도차 및 증발기 입구 온도를 고정시킨 상태에서 R245fa의 함량을 변화시키면서 발전기가 최고 효율을 나타내는 R245fa의 혼합율을 확인한 것이다.
- [0041] 도 3에 도시된 바와 같이, 증발기 및 응축기에서의 열원 및 냉각수의 온도차가 4 내지 20일 때에는 R245fa의 질량 분율이 5 내지 50%일 때 발전기가 최고 효율을 나타내었다. 즉, 혼합냉매일 때 발전기가 최고 효율을 나타냈다.
- [0042] 반면, 증발기 및 응축기에서의 열원 및 냉각수의 온도차가 25 이상일 때에는 R245fa의 질량 분율이 100일 때, 즉, 단일냉매일 때 발전기가 최고 효율을 나타내는 것을 확인할 수 있다.
- [0043] 따라서, 증발기 및 응축기에서의 열원의 온도차 및 냉각수의 온도차가 동일하다는 가정 하에, 온도차가 4 내지 20의 범위를 벗어날 때에는 단일 작동유체일 때 발전기 효율이 최대치를 기록한다는 것을 알 수 있다.
- [0044] 이에 따라, 본 발명에서는 증발기 및 응축기에서의 열원의 온도차 및 냉각수의 온도차가 4 내지 20일 때, 온도차와 R245fa의 질량 분율 간의 관계식을 도출하기 위해, 도 4에 도시된 바와 같이, 증발기 및 응축기에서의 열원의 온도차 및 냉각수의 온도차에 따른 발전기가 최고 효율일 때의 R245fa의 질량 분율을 그래프로 나타내었다. 이때, R245fa의 질량 분율은 평균값을 사용하였다.
- [0045] 도 4에 도시된 바와 같이, 증발기 및 응축기에서의 열원의 온도차 및 냉각수의 온도차에 따른 발전기가 최고 효율일 때의 R245fa의 질량 분율의 그래프가 직선에 가까운 형태를 보이고 있으며, 이에 따라, 직선으로 가정할 경우, $y = 2.5986x - 6.0826$ 이라는 식을 도출할 수 있다.
- [0046] 여기서, y는 발전기가 최고효율일 때의 R245fa의 질량 분율이고, x는 증발기 및 응축기에서의 열원의 온도차 및

냉각수의 온도차(DTS)이며, 이를 상기 식에 적용하면 하기 수식 3과 같이 나타낼 수 있다.

[0047] [수식 3]

If DTS_{evaporator} = DTS_{condenser} then

$$R245fa_{mass\ fraction} = 2.6 \cdot DTS - 6[\%]$$

[0048] 이때, 상기 수식 3에서는 증발기 열원의 온도차와 응축기 냉각수의 온도차가 동일한 경우로 가정하였으나, 실제로는 온도 편차가 서로 상이 할 수 있다.

[0049] 이에 따라, 온도 편차의 평균 값(DTS_AVE)이 일정한 상태에서 증발기 열원의 온도차와 응축기 냉각수의 온도차가 상이한 경우에 발전기가 최고 효율을 보일 때의 R245fa의 질량 분율을 도 5에 나타내었다. 이때, 온도 편차의 평균값이 각각 10 및 15로 일정할 때 발전기가 최고 효율을 보일 때의 R245fa의 질량 분율을 온도 편차가 서로 동일할 때의 R245fa의 질량 분율과 비교하였다.

[0050] 도 5에 도시된 바와 같이, 온도 편차의 평균값이 10인 경우에 증발기 열원의 온도차와 응축기 냉각수의 온도차가 상이한 경우와 증발기 열원의 온도차와 응축기 냉각수의 온도차가 각각 10으로 동일할 때, 발전기가 최고 효율을 나타내는 R245fa의 질량 분율을 비교해보면, 5% 이내의 편차를 보이는 것을 알 수 있으며, 이는 온도 편차의 평균값이 15인 경우에도 동일한 것을 알 수 있다.

[0051] 이에 따라, 상기 수식 3의 DTS값을 증발기 열원의 온도차와 응축기 냉각수의 온도차의 온도 편차 평균값($DTS_{average}$)으로 대체할 경우, 발전기가 최고 효율을 나타내는 R245fa의 질량 분율은 상기 수식 3의 결과값에서 $\pm 5\%$ 를 벗어나지 않는 것을 알 수 있으며, 이에 따라, 하기 수식 4를 도출할 수 있다.

[0052] [수식 4]

$$R245fa_{mass\ fraction} = 2.6 \cdot DTS_{average} - 6 \pm 5[\%]$$

$$R1234yf_{mass\ fraction} = 1 - R245fa_{mass\ fraction}$$

[0053] 수식 4에 나타난 바와 같이, 증발기 열원의 온도차와 응축기 냉각수의 온도차의 온도 편차 평균값($DTS_{average}$)을 알면, 수식 4를 통해 발전기가 최고 효율을 나타내는 R245fa의 질량 분율 및 R1234yf의 질량 분율을 도출해 낼 수 있다.

[0054] 이때, 증발기 열원의 온도차와 응축기 냉각수의 온도차의 온도 편차 평균값($DTS_{average}$)은 유기랭킨사이클 시스템에 포함된 설비들, 예를 들면, 응축기, 증발기등과 열원, 냉각수 등이 특정됨으로써 결정되며, 열원이 증발기로 들어갈 때와 나올 때의 온도 및 냉각수가 응축기로 들어갈 때와 나올 때의 온도를 측정하여, 측정된 값을 토대로 증발기 열원의 온도차와 응축기 냉각수의 온도차의 온도 편차 평균값($DTS_{average}$)을 구하여, 상기 수식 4에 적용할 수 있다.

[0055] 상기 수식 4는 작동유체가 2개일 때의 혼합율을 구할 수 있으며, 작동유체가 4개일 경우에는 하기 수식 5를 통해 혼합율을 구할 수 있다.

[0056] [수식 5]

$$(R245fa_{mass\ fraction} + R1233zd_{mass\ fraction}) = 2.6 \cdot DTS_{average} - 6 \pm 5[\%]$$

$$(R1234yf_{mass\ fraction} + R134a_{mass\ fraction}) = 1 - (R245fa_{mass\ fraction} + R1233zd_{mass\ fraction})$$

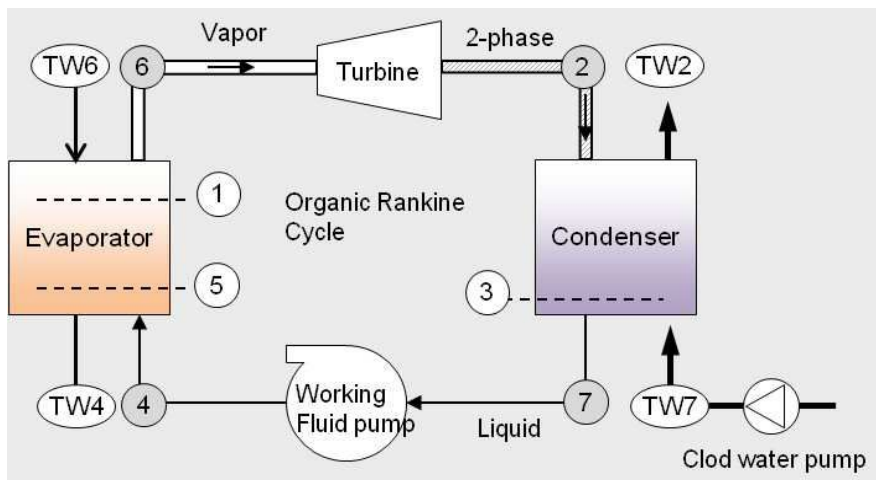
[0060] 상기 수식 5에서 추가된 작동유체인 R1233zd는 R245fa와 동일한 특성을 가지며, R134a는 R1234yf와 동일한 특성을 가지는 작동유체이다.

[0061] 따라서, 동일한 특성을 가지는 작동유체라는 가정 하에, 작동유체의 개수에 제한 없이, 발전기가 최고 효율을 나타낼 때의 작동유체의 혼합율을 상기 수식 5를 통해 결정할 수 있다.

[0062] 이상에서 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 상세하게 설명하였으나, 본 발명은 상술한 실시예에 국한되는 것은 아니고, 본 발명의 취지 또는 범위를 벗어나지 않고 본 발명을 다양하게 변경하고 변형할 수 있다는 사실은 당업자에게 자명할 것이다. 따라서, 본 발명의 보호범위는 첨부한 청구범위 및 그와 균등한 범위로 정해져야 할 것이다.

도면

도면1



도면2

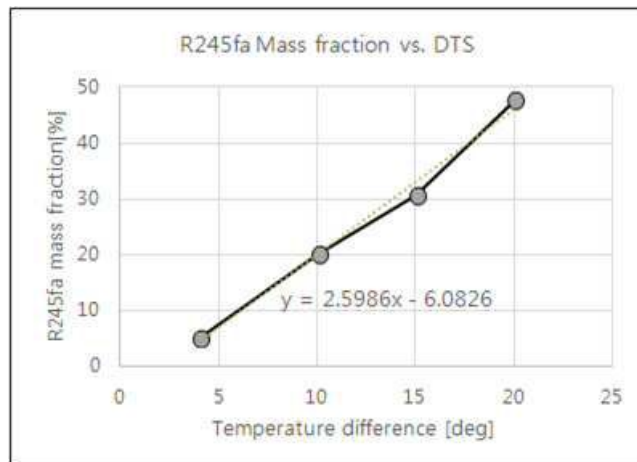
				R1234yf_100	R1234yf_95	R1234yf_90	R1234yf_85	...	R1234yf_10	R1234yf_5	R1234yf_0	
				R245fa_0	R245fa_5	R245fa_10	R245fa_15	...	R245fa_90	R245fa_95	R245fa_100	
ORC				Parameter	3.23	3.37	3.36	3.23	...	2.81	3.20	3.24
TS6 : Liquid temp at the evaporator inlet	28	50	→	9.12	9.24	9.24	9.14	...	8.58	9.03	9.35	
TS7 : Liquid temp at the condenser inlet	4	-15	→	9.09	9.26	9.24	9.07	...	8.21	8.82	9.24	
QEVA : Evaporator heat capacity	150	250	→	1.08	1.17	1.17	1.09	...	0.89	1.10	1.08	
UA_evaporator	30	60	→	3.91	4.10	4.09	3.92	...	3.42	3.91	3.94	
DTS_EVAP :	4	8	→	2.40	2.64	2.73	2.68	...	2.37	2.59	2.39	
DSH : Evaporator super heat	2	10	→	3.11	3.21	3.17	3.01	...	2.64	3.05	3.15	
DTS_COND	4	8	→	2.34	2.59	2.69	2.66	...	2.37	2.57	2.33	
UA_condenser	30	60	→	3.93	4.14	4.09	3.94	...	3.42	3.93	3.95	
C_P : specific heat at constant pressure	4.18	4.18						...				
DSC : Condenser sub-cool	2	10	→	2.99		3.03	2.88	...	2.53	2.94	3.05	
EFFT : Turbine efficiency	100	50	→	1.56	1.63	1.63	1.57	...	1.39	1.58	1.60	
EFFP : Pump efficiency	100	50	→	3.15	3.29	3.29	3.16	...	2.80	3.18	3.23	
				→ 95.84%	100.00%	99.75%	95.77%	...	83.51%	94.92%	96.16%	
TS6 : Liquid temp at the evaporator inlet	28	50	→	97.52%	98.78%	98.82%	97.76%	...	91.75%	96.61%	100.00%	
TS7 : Liquid temp at the condenser inlet	4	-15	→	98.17%	100.00%	99.81%	97.95%	...	88.67%	95.29%	99.79%	
QEVA : Evaporator heat capacity	150	250	→	92.49%	100.00%	99.66%	92.80%	...	76.04%	94.13%	92.15%	
UA_evaporator	30	60	→	95.48%	100.00%	99.77%	95.60%	...	83.44%	95.33%	96.09%	
DTS_EVAP :	4	8	→	87.89%	96.75%	100.00%	98.39%	...	86.92%	95.04%	87.42%	
DSH : Evaporator super heat	2	10	→	96.79%	100.00%	98.76%	93.89%	...	82.37%	95.17%	98.28%	
DTS_COND	4	8	→	87.07%	96.20%	100.00%	98.98%	...	88.19%	95.49%	96.79%	
UA_condenser	30	60	→	94.90%	100.00%		95.13%	...	82.47%	94.84%	95.37%	
C_P : specific heat at constant pressure	4.18	4.18						...				
DSC : Condenser sub-cool	2	10	→	97.91%	0.00%	99.45%	94.36%	...	82.92%	96.26%	100.00%	
EFFT : Turbine efficiency	100	50	→	95.77%	100.00%	99.87%	96.05%	...	85.01%	96.62%	98.19%	
EFFP : Pump efficiency	100	50	→	95.61%	100.00%	99.97%	96.16%	...	85.01%	96.69%	98.02%	

도면3

If $DTS_{\text{evaporator}} = DTS_{\text{condenser}}$

R245fa Mass fraction at pick efficiency																		Average
	TS6_25	TS6_30	TS6_35	TS6_40	TS6_45	TS6_50	TS6_55	TS6_60	TS6_65	TS6_70	TS6_75	TS6_80	TS6_85	TS6_90	TS6_95	TS6_100	TS6_105	
4-DTS	5%	5%	5%	5%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	5%
10-DTS	NG	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	20%
15-DTS	NG	NG	NG	35%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	100%	100%	100%	100%	31%
20-DTS	NG	NG	NG	NG	50%	50%	45%	45%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	48%
25-DTS	NG	NG	NG	NG	NG	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
30-DTS	NG	NG	NG	NG	NG	NG	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
35-DTS	NG	NG	NG	NG	NG	NG	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	

도면4



도면5

		R245fa Mass fraction at pick efficiency																	
DTS_AVE	DTS_EVAP	DTS_COND	TS6_25	TS6_30	TS6_35	TS6_40	TS6_45	TS6_50	TS6_55	TS6_60	TS6_65	TS6_70	TS6_75	TS6_80	TS6_85	TS6_90	TS6_95	TS6_100	TS6_105
10	5.0	15.0		20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	7.5	12.5		20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	10.0	10.0		20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	12.5	7.5		20%	20%	20%	20%	15%	15%	15%	15%	15%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	15.0	5.0		20%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
15	10.0	20.0					35%	35%	35%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	100%	100%	100%	100%
	12.5	17.5					35%	35%	35%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	100%	100%	100%	100%
	15.0	15.0					35%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	100%	100%	100%	100%
	17.5	12.5					30%	30%	30%	30%	25%	25%	25%	25%	25%	100%	100%	100%	100%
	20.0	10.0					30%	30%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	100%	100%	100%	100%