



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0012426
(43) 공개일자 2018년02월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F01K 23/02 (2006.01) F01K 11/02 (2006.01)
F02G 5/02 (2006.01) F04C 18/08 (2006.01)
(52) CPC특허분류
F01K 23/02 (2013.01)
F01K 11/02 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0095191
(22) 출원일자 2016년07월27일
심사청구일자 2016년07월27일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)
(72) 발명자
이창언
경기도 부천시 원미구 중동로280번길 63, 606동 302호(중동, 중흥마을 두산극동)
(74) 대리인
특허법인세원

전체 청구항 수 : 총 3 항

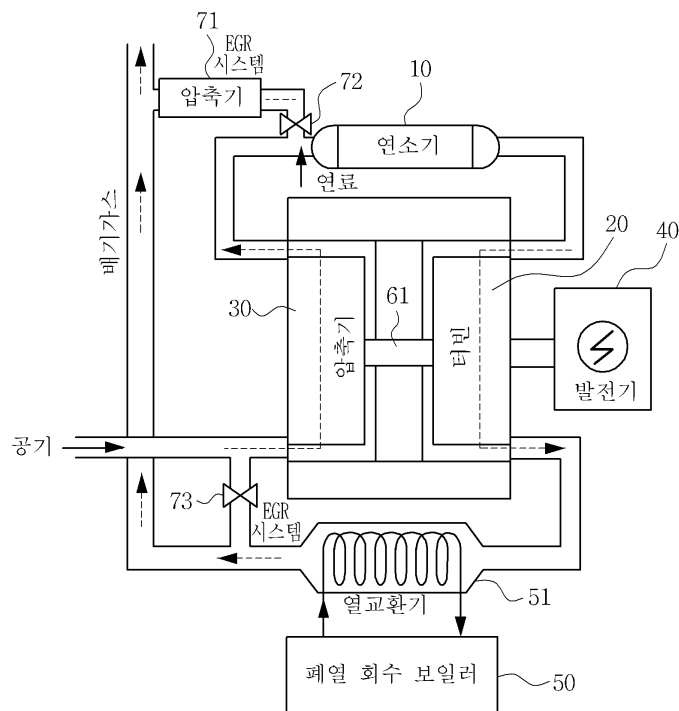
(54) 발명의 명칭 제로터 브레이튼 엔진에 폐열회수 장치를 적용한 마이크로 열병합 시스템

(57) 요약

본 발명은 구성이 간단하고 제작이 용이한 제로터 펌프를 이용하여 열병합 시스템의 소형화를 가능하게 함과 동시에, 열효율을 향상시켜 소규모의 발전 및 난방 시설에 적합한 제로터 브레이튼 엔진에 폐열회수 장치를 적용한 마이크로 열병합 시스템을 제공한다.

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



본 발명의 마이크로 열병합 시스템은, 연료를 연소시키기 위한 연소기와, 연소기로부터 배출되는 배기가스를 이용하여 회전동력을 발생시키기 위한 것으로 배기가스의 유입에 의해 회전하는 내,외부로터를 구비한 제로터 펌프로 이루어진 터빈과, 터빈의 회전동력으로 구동되는 내,외부로터를 구비한 제로터 펌프로 이루어진 것으로 유입되는 외부공기를 압축시켜 상기 연소기에 공급하기 위한 압축기와, 터빈의 회전동력으로 구동되어 전기를 발생시키는 발전기와, 터빈으로부터 배출되는 폐열과 열교환하는 폐열회수보일러를 포함하며, 터빈을 구성하는 제로터 펌프의 내,외부로터와 압축기를 구성하는 제로터 펌프의 내,외부로터는 하나의 회전축에 고정되어 함께 회전하고, 연소기에서 연소되는 연료는 천연가스를 사용한다.

(52) CPC특허분류

F02G 5/02 (2013.01)

F04C 18/08 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	B0010565
부처명	산업통상자원부
연구관리전문기관	한국산업기술진흥원
연구사업명	지역혁신센터조성사업
연구과제명	고기능성 밸브 기술지원 지역혁신센터사업
기 여 율	1/1
주관기관	동아대학교 산학협력단
연구기간	2016.03.01 ~ 2017.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

연료를 연소시키기 위한 연소기;

상기 연소기로부터 배출되는 배기가스를 이용하여 회전동력을 발생시키기 위한 것으로, 상기 배기가스의 유입에 의해 회전하는 내,외부로터를 구비한 제로터 펌프로 이루어진 터빈;

상기 터빈의 회전동력으로 구동되는 내,외부로터를 구비한 제로터 펌프로 이루어진 것으로, 유입되는 외부공기를 압축시켜 상기 연소기에 공급하기 위한 압축기;

상기 터빈의 회전동력으로 구동되어 전기를 발생하는 발전기; 및

상기 터빈으로부터 배출되는 폐열과 열교환하는 폐열회수보일러를 포함하는 것을 특징으로 하는 제로터 브레이튼 엔진에 폐열회수 장치를 적용한 마이크로 열병합 시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 터빈을 구성하는 제로터 펌프의 내,외부로터와 압축기를 구성하는 제로터 펌프의 내,외부로터는 하나의 회전축에 고정되어 함께 회전하도록 된 것을 특징으로 하는 제로터 브레이튼 엔진에 폐열회수 장치를 적용한 마이크로 열병합 시스템.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 연소기에서 연소되는 연료는 천연가스인 것을 특징으로 하는 제로터 브레이튼 엔진에 폐열회수 장치를 적용한 마이크로 열병합 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 제로터 브레이튼 엔진에 폐열회수 장치를 적용한 마이크로 열병합 시스템에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 압축기(Compressor), 연소기(Combustor), 터빈(Turbine), 발전기(Generator), 폐열회수보일러(Waste Heat Recovery Boiler), EGR 시스템으로 구성되는 전체 시스템에서 압축기와 터빈 기능을 수행하기 위한 수단으로 제로터 펌프를 이용하고 터빈에서 배출되는 배기가스로 폐열회수 보일러를 가동시킴으로써 열효율을 높일 수 있도록 한 제로터 브레이튼 엔진에 폐열회수 장치를 적용한 마이크로 열병합 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 열병합 시스템은 내연기관이나 가스터빈 등과 같은 동력발생수단을 이용하여 연료를 연소시켜 동력을 발생하고 이 동력으로 전기를 생산함과 동시에, 내연기관이나 가스터빈에서 연소시 배출되는 폐열을 회수하여 열원으로 이용하는 종합적인 발전 시스템으로 잘 알려져 있다.

[0003] 일 예로서, 공개특허 10-2008-0010587호에는 내연기관을 이용한 열병합발전시스템이 알려져 있고, 공개특허 10-2004-0077828호에는 가스터빈을 이용한 열병합 발전시스템이 알려져 있다.

[0004] 그러나, 이러한 내연기관 또는 가스터빈을 이용하는 열병합 시스템은 동력발생수단인 내연기관 또는 가스터빈의 구성이 커서 전체 시스템을 소형화하고 제작하는데 어려움이 있고, 설치비용 및 운영비용이 많이 들기 때문에, 소규모의 주택이나 병원 등의 공공시설에서 사용하기에 적합하지 않은 단점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 상기한 종래의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 그 목적은 구성이 간단하고 제작이 용이한 제로터 펌

프를 이용하여 열병합 시스템의 소형화를 가능하게 함과 동시에, 열효율을 향상시켜 소규모의 발전 및 난방 시설에 적합한 제로터 브레이튼 엔진에 폐열회수 장치를 적용한 마이크로 열병합 시스템을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

- [0006] 상기의 목적을 달성하기 위하여 본 발명은, 연료를 연소시키기 위한 연소기; 상기 연소기로부터 배출되는 배기가스를 이용하여 회전동력을 발생시키기 위한 것으로, 상기 배기가스의 유입에 의해 회전하는 내,외부로터를 구비한 제로터 펌프로 이루어진 터빈; 상기 터빈의 회전동력으로 구동되는 내,외부로터를 구비한 제로터 펌프로 이루어진 것으로, 유입되는 외부공기를 압축시켜 상기 연소기에 공급하기 위한 압축기; 상기 터빈의 회전동력으로 구동되어 전기를 발생하는 발전기; 및 상기 터빈으로부터 배출되는 폐열과 열교환하는 폐열회수보일러를 포함하는 제로터 브레이튼 엔진에 폐열회수 장치를 적용한 마이크로 열병합 시스템에 특징이 있다.
- [0007] 또한 본 발명은 상기 터빈을 구성하는 제로터 펌프의 내,외부로터와 압축기를 구성하는 제로터 펌프의 내,외부로터는 하나의 회전축에 고정되어 함께 회전하도록 된 제로터 브레이튼 엔진에 폐열회수 장치를 적용한 마이크로 열병합 시스템에 특징이 있다.
- [0008] 또한 본 발명은 상기 연소기에서 연소되는 연료는 천연가스인 제로터 브레이튼 엔진에 폐열회수 장치를 적용한 마이크로 열병합 시스템에 특징이 있다.

발명의 효과

- [0009] 상기의 특징적 구성을 가지는 본 발명에 의하면, 압축기, 연소기, 터빈, 발전기, 폐열회수보일러를 포함하는 열병합 시스템에서 압축기와 터빈의 기능이 제로터 펌프에 의해 수행되고, 제로터 펌프는 구성이 간단하고 제조가 용이하며, 또한 무게를 크게 감소시킬 수 있고 단순한 구조로 인해 다른 동력발생수단에 비하여 소음을 감소시킬 수 있으며, 터빈 기능의 제로터 펌프로부터 배출되는 폐열과 폐열회수 보일러를 열교환시켜 폐열을 재사용하는 것에 의해 복합 열효율을 상승시킬 수 있다. 따라서, 열병합 시스템을 저비용으로 소형화하는 것이 가능하며 소규모의 주택이나 병원 등의 공공시설에서 유용하게 사용할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0010] 도 1은 본 발명에 따른 제로터 브레이튼 엔진에 폐열회수 장치를 적용한 마이크로 열병합 시스템을 나타낸 개략도.
- 도 2는 본 발명의 열병합 시스템에서 압축기와 터빈으로 사용되는 제로터 펌프의 기본구성을 나타낸 개략도.
- 도 3은 본 발명의 마이크로 열병합 시스템의 T-s 선도.
- 도 4는 본 발명의 마이크로 열병합 시스템의 공기비에 따른 T-s 선도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0011] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부도면에 의거하여 상세하게 설명한다. 도 1 및 도 2는 본 발명에 따른 제로터 브레이튼 엔진에 폐열회수 장치를 적용한 마이크로 열병합 시스템을 나타낸 것으로, 도시된 바와 같이 본 발명의 마이크로 열병합 시스템은 연소기(10), 터빈(20), 압축기(30), 발전기(40), 폐열회수보일러(50) 및 EGR 시스템(71,72,73)으로 이루어진다.
- [0012] 연소기(10)는 연료를 연소시키기 위한 것으로, 연료는 천연가스를 사용한다. 대기중의 공기는 압축기(30)에서 압축하여 압축된 공기를 연소기(10)로 공급함으로써 연소효율을 높일 수 있도록 되어 있고, 연소기(10)에 공급된 압축공기는 연료와 함께 연소 된다. 연소기(10)는 정압팽창 과정이므로 압력은 일정하며 온도, 엔트로피 및 비체적은 증가한다.
- [0013] 터빈(20)은 연소기(10)에서 배출된 배기가스에 의해 작동하여 회전동력을 발생하기 위한 것으로, 터빈(20)에서 발생된 회전동력의 일부는 발전기(40)에 전달되어 전기를 생산하는데 사용되고, 터빈(20)에서 발생된 회전동력의 일부는 압축기(30)를 구동하기 위한 동력으로 사용된다.
- [0014] 상기 터빈(20)과 압축기(30)는 제로터 펌프(60)로 이루어진 것으로, 제로터 펌프(60)는 도 2에 도시된 바와 같이 회전축(61)과 상기 회전축(61)에 의해 회전하는 내부로터(62) 및 외부로터(63)를 구비한 것으로, 내부로터(62)는 N개의 로브를 가지고 있고, 외부로터(63)는 N+1개의 로브를 갖고 있는 상태에서 (N+1)/N 의 회전비를 가지고 회전하도록 되어 있다. 그리고 내부로터(62)와 외부로터(63)는 편심공을 중심으로 하여 일정한 편심을 가

지는데 이 편심으로 인해 내부로터(22)와 외부로터(23) 사이에 유체를 운반할 수 있는 체적부분이 만들어지며, 이 체적부분은 회전하는 동안 증가와 감소를 반복하는 것에 의해 체적이 증가하는 부분은 압력 강하로 주위의 유체를 흡입하고, 체적이 감소하는 부분은 압력의 증가로 인해 유체를 토출하도록 되어 있다.

[0015] 따라서, 연소기(10)로부터 배출되는 배기가스를 이용하여 제로터 펌프(60)의 내,외부로터(62,63)를 회전시켜, 회전방향에 따라 팽창과정 또는 압축과정을 수행시키는 것에 의해 회전동력을 발생시키는 터빈(20)의 기능(팽창과정) 또는 상기 터빈(20)의 회전동력으로 외부 공기를 압축시켜 연소기(10)에 압축공기를 공급하는 압축기(30)의 기능(압축과정)을 수행할 수 있다. 이때, 상기 터빈(20)을 구성하는 제로터 펌프의 내,외부로터와 압축기(30)를 구성하는 제로터 펌프의 내,외부로터는 도 1에서와 같이 하나의 회전축(61)에 고정하여 함께 회전하도록 구성함으로써 별도의 동력전달수단을 생략하는 것이 바람직하다.

[0016] 제로터 펌프(60)는 구성이 간단하여 제작이 간편하고 단순한 구조로 인해 무게가 크게 감소하며 다른 기어펌프에 비해 소음이 적고, 주철 등 다양한 재료를 사용하여 가공이 가능하므로 다른 기어펌프에 비해 경제성을 가지고 있으며, 내부로터(62)와 외부로터(63) 사이의 상대 속도가 매우 낮으므로 장기간 사용하여도 체적효율의 변화가 적으며, 마멸도 또한 적어 수명이 길다.

[0017] 또한, 제로터 펌프(60)는, 일정 누기가 허용되며, 가동시 로터의 접촉점이 계속 변화하므로 시일링(Sealing)이 필요 없고, 축에 오일을 공급하는 방식이며, 오일 압축기로 많이 사용하고, 자체 윤활(Lubrication)이 가능한 장점이 있다.

[0018] 제로터 펌프로 구성된 터빈(20)은 연소기(10)로부터 배출된 배기가스의 열량을 이용하여 단열팽창 과정으로 엔트로피는 일정하고 온도와 압력은 감소하며 비체적은 증가한다. 또한 제로터 펌프로 구성된 압축기(30)는 터빈(20)과 반대인 단열압축 과정으로 엔트로피는 일정하며 온도, 압력은 증가하고 비체적은 감소한다.

[0019] 다시 도 1을 참조하면, 터빈(20)에서 배출되는 폐열은 열교환기(51)를 통해 폐열회수보일러(50)와 열교환하도록 되어 있다. 따라서 터빈(20)으로부터 배출되는 폐열이 폐열회수보일러(50) 구동을 위한 열원으로 사용됨으로써 열병합 효율을 증가시킬 수 있다.

[0020] 또한 EGR 시스템(71,72,73)은, 연소 후 배기가스 일부를 다시 연소실로 유입시켜 화염온도를 낮추어 공해물질을 저감시키는 대표적인 방법으로 알려진 기술로서, 도 1에 있어서 도면부호 71은 EGR 시스템의 압축기이고, 도면부호 72,73은 EGR양을 조절하기 위한 밸브이다. 도 1에서와 같이 처음 공급되는 공기라인과 연소기(10)로 공급되는 배기가스라인에 EGR 시스템(71,72,73)을 적용하였다. 적용 시 EGR양을 제어할 수 있는 밸브(72,73)를 설치해 운전환경에 맞게 용량을 조절할 수 있게 하였다. EGR 시스템(71,72,73)의 적용으로 인해 낮아진 화염온도는 공해물질 저감을 가져오며, 그로 인해 당량비 1근처에서 시스템을 운전 할 수 있게 해준다. 이는 열효율 상승(보일러 효율: 90%, Micro-CHP 시스템 효율: 88~90% - EGR을 약 40% 적용 시)으로 이어진다.

[0021] 도 3은 마이크로 열병합 시스템의 T-S 선도이고, 도 4는 공기비에 따른 T-s 선도로써, 기존 브레이튼 사이클(Brayton Cycle)의 경우 1-2-3-4-1의 순서(단열압축-정압팽창-단열팽창-정압압축)로 순환하며, 본 발명의 마이크로 열병합 시스템의 경우 상기 브레이튼 사이클에 폐열회수 보일러(50)의 열교환기(51)를 추가한 1-2-3-4-5-1 순으로 순환한다. 이때 그래프의 면적은 사용하는 열량(Q)을 뜻한다. 도 3에서 1-2 구간과 3-4 구간에서 엔트로피가 일정하지 않은 이유는 압축기(30)와 터빈(20)의 효율을 85%로 하여 계산했기 때문이다. 1-2, 3-4 구간이 단열조건이라면 엔트로피는 일정할 것이다. 압축기(30)와 터빈(20)의 효율이 85%일 때 면적(열량)이 100%일 때보다 증가한 것으로 보여 전체적인 효율이 상승한 것 같지만 실제로는 증가한 면적보다 버려지는 열량의 비율이 더 크기 때문에 효율은 감소한다.

[0022] 본 발명의 마이크로 열병합 시스템의 가장 큰 장점은 기존의 브레이튼 사이클의 터빈에서 나오는 배기가스를 회수하여 폐열회수 보일러를 작동시키는 것에 있다. T-S선도에서 기존의 브레이튼 사이클의 사용 열량은 1-2-3-4 구간의 면적이지만, 본 발명의 마이크로 열병합 시스템은 폐열회수보일러의 추가로 인해 빗금친 부분(버려지는 열량)까지 추가적으로 사용한다. 따라서 효율 또한 증가한다.

[0023] 정확한 효율 증가 수치는 HYSYS 수치해석 프로그램을 통해 다음의 조건으로 계산해 본 결과, 브레이튼 사이클의 효율에 비하여 본 발명의 마이크로 열병합 시스템에 의한 효율이 더 높은 것을 확인할 수 있었다.

[0024] <조건> 표 1

표 1

[0025]

터빈 효율	압축기 효율
85%	85%

[0026]

<효율 및 터빈 입,출구 온도>

[0027]

- 압축비에 따른 효율 변화(공기비 1.5)-표 2

표 2

[0028]

압축비	15	10
브레이턴 사이클 효율 (Brayton Cycle)	32.7%	29.3%
폐열회수 보일러 효율	82.9%	83.7%
마이크로-CHP 효율	88.6%	88.5%
터빈 입구 온도	1787℃	1733℃
터빈 출구 온도	1014℃	1067℃

[0029]

- 공기비에 따른 효율 변화(압축비 15)-표 3

표 3

[0030]

공기비	1.5	2.8
브레이턴 사이클 효율 (Brayton Cycle)	32.7%	28.1%
폐열회수 보일러 효율	82.9%	78.1%
마이크로-CHP 효율	88.6%	84.3%
터빈 입구 온도	1787℃	1164℃
터빈 출구 온도	1014℃	650.6℃

[0031]

지금까지 설명된 실시예는 본 발명의 바람직한 실시예를 설명한 것에 불과하고, 본 발명의 권리범위는 설명된 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 기술적 사상과 특허청구범위 내에서 이 분야의 당업자에 의하여 다양한 변경, 변형 또는 치환이 가능할 것이며, 그와 같은 실시예들은 본 발명의 범위에 속하는 것으로 이해되어야 한다.

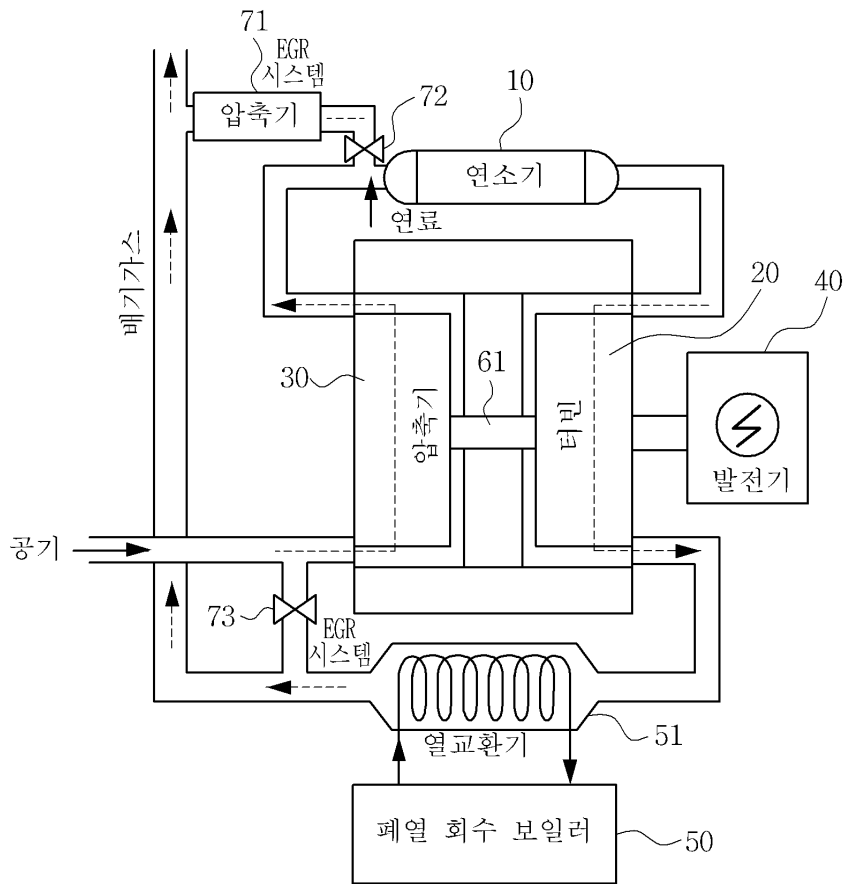
부호의 설명

[0032]

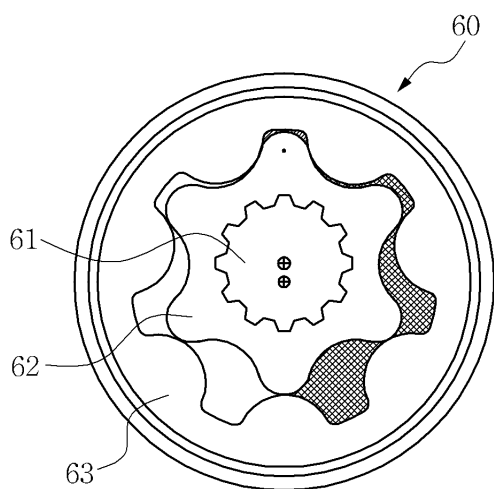
10 : 연소기	20 : 터빈
30 : 압축기	40 : 발전기
50 : 폐열회수보일러	51 : 열교환기
60 : 제로터 펌프	61 : 회전축
62,63 : 내,외부로터	71,72,73 : EGR 시스템

도면

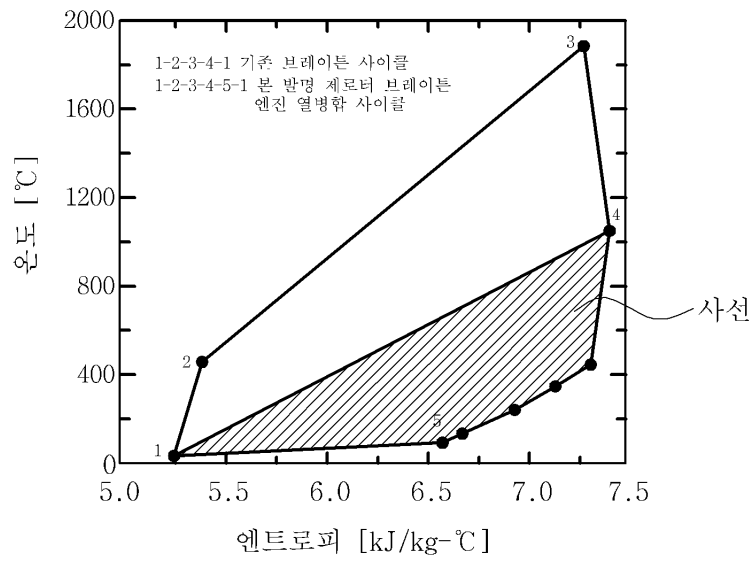
도면1



도면2



도면3



도면4

