



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0031988
(43) 공개일자 2023년03월07일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F25B 7/00 (2022.01) F25B 5/02 (2006.01)
F25B 6/04 (2006.01) F25B 9/00 (2022.01)
- (52) CPC특허분류
F25B 7/00 (2022.01)
F25B 5/02 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2023-7006085(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2018년06월21일
심사청구일자 없음
- (62) 원출원 특허 10-2019-7037129
원출원일자(국제) 2018년06월21일
심사청구일자 2021년06월14일
- (85) 번역문제출일자 2023년02월21일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2018/038807
- (87) 국제공개번호 WO 2018/237175
국제공개일자 2018년12월27일
- (30) 우선권주장
62/522,836 2017년06월21일 미국(US)
(뒷면에 계속)

- (71) 출원인
허니웰 인터내셔널 인코포레이티드
미국 노스캐롤라이나 28202 샬럿 사우스 민트 스트리트 855
- (72) 발명자
피터슨, 마이클
미국 07950 뉴저지, 모리스 플레인스 피.오.박스 377 4디3 엠/에스, 타보 로드 115
포트커, 구스타보
미국 07950 뉴저지, 모리스 플레인스 피.오.박스 377 4디3 엠/에스, 타보 로드 115
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
특허법인씨엔에스

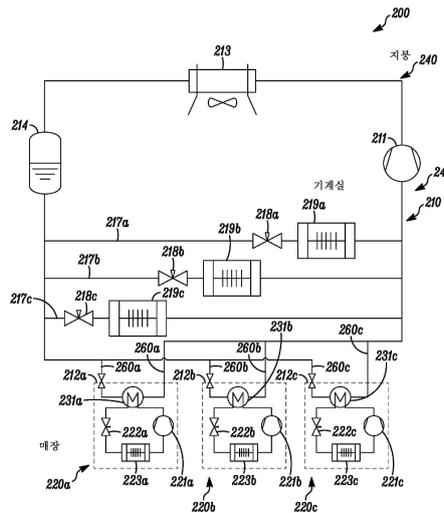
전체 청구항 수 : 총 3 항

(54) 발명의 명칭 **냉각 시스템 및 방법**

(57) 요약

복수의 냉각 유닛들을 포함하는 캐스케이드식 냉각 시스템(cascaded refrigeration system)이 개시되며, 각각의 냉각 유닛은 제1 냉각 회로(각각의 제1 냉각 회로는 증발기 및 열 교환기를 포함); 및 제2 냉각 회로를 포함하고, 각각의 제1 회로 열 교환기는 그의 각각의 제1 냉각 회로와 제2 냉각 회로 사이에서 열 에너지를 전달 하도록 배열된다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

F25B 6/04 (2013.01)
F25B 9/006 (2022.01)
F25B 2400/06 (2013.01)
F25B 2400/121 (2013.01)

(72) 발명자

야나 모타, 사무엘

미국 07950 뉴저지, 모리스 플레인스 피.오.박스
377 4디3 엠/에스, 타보 로드 115

보글, 로날드, 피터

미국 07950 뉴저지, 모리스 플레인스 피.오.박스
377 4디3 엠/에스, 타보 로드 115

세티, 안키투

미국 07950 뉴저지, 모리스 플레인스 피.오.박스
377 4디3 엠/에스, 타보 로드 115

(30) 우선권주장

62/522,846 2017년06월21일 미국(US)

16/014,863 2018년06월21일 미국(US)

명세서

청구범위

청구항 1

캐스케이드식 냉각 시스템(cascaded refrigeration system)으로서,

(a) 복수의 저온 냉각 회로들로서, 각각의 저온 냉각 회로는:

(i) 약 150 이하의 GWP를 갖는 가연성 저온 냉매;

(ii) 약 2 마력 이하의 정격 마력을 갖는 압축기; 및

(iii) 약 -5℃ 내지 약 -15℃의 온도들의 범위에서 상기 가연성 저온 냉매가 응축되는 열 교환기를 포함하는, 상기 복수의 저온 냉각 회로들; 및

(b) 상기 저온 냉매 응축 온도 미만 그리고 약 -5℃ 내지 약 -15℃의 범위의 온도에서 증발하는 불연성 중온 냉매를 포함하는 중온 냉각 회로를 포함하며, 상기 중온 냉매는 상기 저온 냉각 회로 내의 상기 가연성 냉매로부터 열을 흡수함으로써 상기 열 교환기에서 증발하는, 캐스케이드식 냉각 시스템.

청구항 2

캐스케이드식 냉각 시스템으로서,

(a) 복수의 저온 냉각 회로들로서, 각각의 저온 냉각 회로는:

(i) 약 150 이하의 GWP를 갖는 가연성 저온 냉매;

(ii) 약 2 마력 이하의 정격 마력을 갖는 압축기; 및

(iii) 약 -5℃ 내지 약 -15℃의 온도들의 범위에서 상기 가연성 저온 냉매가 응축되는 열 교환기를 포함하는, 상기 복수의 저온 냉각 회로들; 및

(b) 상기 저온 냉각 회로 내의 상기 가연성 냉매로부터 열을 흡수함으로써 상기 열 교환기에서 증발하는 불연성 중온 냉매를 포함하는 중온 냉각 회로를 포함하며, 상기 열 교환기는 만액식 열 교환기(flooded heat exchanger)이고, 상기 불연성 중온 냉매는 상기 저온 냉매 응축 온도 미만 그리고 약 -5℃ 내지 약 -15℃ 범위의 온도에서 증발하는, 캐스케이드식 냉각 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서, 각각의 냉각 회로는 모듈형 냉각 유닛 내에 있고, 상기 모듈형 냉각 유닛들 중 적어도 하나는 대중에게 개방되는 제1 영역에 위치되고, 상기 중온 냉각 시스템은 상기 저온 냉각 유닛의 실질적으로 완전히 외부에 위치되고, 상기 가연성 저온 냉매는 적어도 약 75 중량%의 R1234yf, R1234ze(E), R455A 및 이들의 조합을 포함하며, 상기 불연성 중온 냉매는 R515A인, 캐스케이드식 냉각 시스템.

발명의 설명

기술분야

[0001] 관련 출원에 대한 상호 참조

[0002] 본 출원은 2017년 6월 21일에 출원된 미국 가출원 제62/522,836호 및 2017년 6월 21일에 출원된 제62/522,846호에 각각 관련되고 그의 우선권을 주장하며, 이들 각각은 본원에 참조로 포함된다.

[0003] 기술분야

[0004] 본 개시내용은 냉각(refrigeration) 시스템 및 방법에 관한 것으로, 배타적이지는 않으나 상세하게는, 저 GWP 냉매와 함께 사용하기에 적합한 냉각 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

- [0005] 규제 변화 등에 의해, 냉각 산업은 R404A와 같은 고-지구 온난화 지수(GWP) 냉매를 150 미만 GWP의 냉매와 같은 저 GWP 냉매로 대체하도록 가중되는 압박을 받고 있다. 이는 대량의 냉매가 사용되는 상업용 냉각 시스템에서 특히 중요하다.
- [0006] 한 가지 접근법은 저 GWP 냉매, 예컨대 이산화탄소 냉매(R744) 및 탄화수소 냉매를 사용하는 것이었다. 그러나, 지금까지 사용된 이러한 접근법은 증가된 운영 비용을 초래하는 열악한 시스템 에너지 효율과 같은 상당한 안전성 및 경제적 결점들; 높은 초기 시스템 비용을 초래하는 높은 시스템 복잡성; 높은 유지보수 비용을 초래하는 낮은 시스템 정비성 및 신뢰성; 및 높은 시스템 가연성을 겪을 수 있다. 종래 배열에 따른, 높은 가연성 냉매를 포함하는 시스템들은 이들이 열악한 수준의 안전성을 초래할 수 있고; 규제 코드 제한과 상충될 수 있으며; 냉각 시스템 운영자 및 제조업자에 대한 책임을 증가시킬 수 있기 때문에 특히 불리하다. 슈퍼마켓 냉장고, 냉동고 및 냉각 진열 케이스와 같은 많은 상업용 냉각 기기들은 대중적으로 액세스가능하고 종종 인구 밀도가 높은 공간에서 동작된다는 점을 고려할 때 안전이 특히 우려가 된다.
- [0007] 따라서, 본 출원인은 냉동 산업이 기존의 기술과 함께 사용될 수 있는, 고 GWP 냉매의 사용을 감소시키기 위한 안전하고, 견고하고 지속가능한 접근법을 계속 필요로 한다는 것을 인식하게 되었다.
- [0008] 이전에 사용된 하나의 그러한 접근법이 도 1a에 도시되어 있다. 도 1은 슈퍼마켓 내의 상업용 냉각에 통상적으로 사용되는 냉각 시스템(100)을 도시한다. 시스템(100)은 중온 냉각 회로(110) 및 저온 냉각 회로(120)를 통해 중온 및 저온 냉각 둘 모두를 제공하는 직접 팽창식 시스템이다.
- [0009] 도 1a에서 100으로 라벨링된 전형적인 종래 구성에서, 중온 냉각 회로(110)는 그의 냉매로서 R134a를 갖는다. 중온 냉각 회로(110)는 중온 냉각을 제공하고 열 교환기(130)를 통해 저온 냉각 회로(120)로부터 배출된 열을 제거한다. 중온 냉각 회로(110)는 지붕(140), 기계실(141) 및 매장(142) 사이에서 연장된다. 반면에, 저온 냉각 회로(120)는 그의 냉매로서 R744를 갖는다. 저온 냉각 회로(120)는 기계실(141)과 매장(142) 사이에서 연장된다. 유용하게, 상기에 논의된 바와 같이, R744는 낮은 GWP를 갖는다.
- [0010] 그러나, 도 1a에 개시된 유형의 냉각 시스템이 우수한 효율 수준을 제공할 수 있지만, 본 출원인은 이러한 유형의 시스템이 적어도 2개의 주요 결점을 갖는다는 것을 인식하였다: 먼저, 이러한 시스템은 고 GWP 냉매(R134a)(R134a는 약 1300의 GWP를 가짐)를 사용하며; 두 번째로, 심지어 저 GWP 냉매(R744)를 이러한 시스템의 저온 부분에 사용한다 해도, 이 냉매는 상당한 안전성 및 경제적 결점들을 비롯한 상기에 논의된 많은 결점을 나타낸다.

발명의 내용

- [0011] 본 발명은 캐스케이드식 냉각 시스템(cascaded refrigeration system)을 포함하며, 캐스케이드식 냉각 시스템은, 복수의 제1 냉각 회로들로서, 각각의 제1 냉각 회로는 가연성 제1 냉매, 약 2마력(약 1.5 킬로와트) 이하의 정격 마력(압축기에 입력되는 전력의 측정 값임)을 갖는 압축기, 및 상기 제1 냉매가 응축되는 열 교환기를 포함하는, 복수의 제1 냉각 회로들; 및 불연성인 제2 냉매, 및 상기 제1 냉각 응축 온도 미만의 온도에서 상기 제2 냉매가 증발하는 증발기를 포함하는 제2 냉각 회로를 포함하며, 상기 제2 냉매는 상기 제1 냉매로부터 열을 흡수함으로써 상기 열 교환기에서 증발한다.
- [0012] 본 발명은 캐스케이드식 냉각 시스템을 포함하며, 캐스케이드식 냉각 시스템은, 복수의 저온 냉각 회로들로서, 각각의 제1 저온 냉각 회로는 가연성 제1 냉매, 약 2마력 이하의 정격 마력을 갖는 압축기, 및 약 -5°C 내지 약 -15°C의 온도들의 범위에서 상기 제1 냉매가 응축되는 열 교환기를 포함하는, 복수의 저온 냉각 회로들; 및 불연성 중온 냉매, 및 상기 저온 냉매 응축 온도 미만 그리고 약 -5°C 내지 약 -15°C의 범위의 온도에서 상기 중온 냉매가 증발하는 증발기를 포함하는 중온 냉각 회로를 포함하며, 상기 중온 냉매는 상기 저온 냉매로부터 열을 흡수함으로써 상기 열 교환기에서 증발한다.
- [0013] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 냉매에 대한 용어 "가연성"은 냉매가, 조건 및 장치를 정의하고 현재 방법 ASTM E681-09 annex A1)을 사용하는 ASHRAE 34-2016 시험 프로토콜 하에서 A1으로 분류되지 않음을 의미한다. 따라서, 조건 및 장치를 정의하고 현재 방법 ASTM E681-09 annex A1)을 사용하는 ASHRAE 34-2016 시험 프로토콜 하에서 A2L로 분류되거나 A2L 분류보다 더 가연성인 냉매는 가연성으로 간주될 것이다.
- [0014] 반대로, 냉매에 대한 용어 "불연성"은, 냉매가, 조건 및 장치를 정의하고 현재 방법 ASTM E681-09 annex A1)을

사용하는 ASHRAE 34-2016 시험 프로토콜 하에서 A1으로 분류됨을 의미한다.

- [0015] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "중온 냉각"은 회로 내에서 순환하는 냉매가 약 -5°C 내지 약 -15°C 의 온도, 바람직하게는 약 -10°C 의 온도에서 증발하는 냉각 회로들을 지칭한다. 온도와 관련하여 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "약"은 식별된 온도의 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 의 변동을 의미하는 것으로 이해된다. 중온 회로 내에서 순환하는 냉매는 $-10^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, 또는 $-10^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 의 온도에서 증발할 수 있다.
- [0016] 본 발명의 중온 냉각은, 예를 들어 유제품, 델리 고기(deli meats) 및 신선 식품과 같은 제품을 냉각시키는 데 사용될 수 있다. 상이한 제품들에 대한 개별 온도 수준은 제품 요건에 기초하여 조정된다.
- [0017] 저온 냉각은 전형적으로 약 -25°C 의 증발 수준으로 제공된다. 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "저온 냉각"은 회로 내에서 순환하는 냉매가 약 -20°C 내지 약 -30°C , 바람직하게는 약 -25°C 의 온도에서 증발하는 냉각 회로들을 지칭한다. 저온 회로 내에서 순환하는 냉매는 $-25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, 또는 $-25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 의 온도에서 증발할 수 있다.
- [0018] 본 발명의 저온 냉각은, 예를 들어 아이스크림 및 냉동 제품과 같은 제품을 냉각시키는 데 사용될 수 있으며, 다시, 상이한 제품들에 대한 개별 온도 수준은 제품 요건에 기초하여 조정된다.
- [0019] 본 발명은 또한 캐스케이드식 냉각 시스템을 포함하며, 캐스케이드식 냉각 시스템은, 가연성 제1 냉매, 약 2마력 이하의 정격 마력을 갖는 압축기, 및 약 -5°C 내지 약 -15°C 의 온도들의 범위에서 상기 제1 냉매가 응축되는 열 교환기를 포함하는 복수의 저온 냉각 회로들로서, 상기 저온 냉각 회로들의 각각은 별개의 저온 냉각 유닛 내에 포함되는, 복수의 저온 냉각 회로들; 및 불연성 중온 냉매, 및 상기 저온 냉매 응축 온도 미만 그리고 약 -5°C 내지 약 -15°C 의 범위의 온도에서 상기 중온 냉매가 증발하는 증발기를 포함하는 중온 냉각 회로를 포함하며, 상기 중온 냉매는 상기 저온 냉매로부터 열을 흡수함으로써 상기 열 교환기에서 증발한다. .
- [0020] 본 발명은 또한 캐스케이드식 냉각 시스템을 포함하며, 캐스케이드식 냉각 시스템은, 가연성 저온 냉매, 약 2마력 이하의 정격 마력을 갖는 압축기, 및 약 -5°C 내지 약 -15°C 의 온도들의 범위에서 상기 저온 냉매가 응축되는 열 교환기를 포함하는 복수의 저온 냉각 회로들; 및 불연성 중온 냉매, 및 상기 저온 냉매 응축 온도 미만 그리고 약 -5°C 내지 약 -15°C 의 범위의 온도에서 상기 중온 냉매가 증발하는 증발기를 포함하는 중온 냉각 회로를 포함하며, 상기 열 교환기는 상기 중온 냉매가 상기 저온 냉매로부터 열을 흡수함으로써 상기 열 교환기에서 증발하는 만액식 열 교환기(flooded heat exchanger)이다.
- [0021] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "만액식 열교환기"는 액체 냉매가 증발되어 실질적 과열 없이 냉매 증기를 생성하는 열 교환기를 지칭한다. 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "실질적 과열 없음"은 증발기를 빠져나가는 증기가 열교환기에서 액체 냉매의 비등 온도보다 1°C 이하인 온도에 있음을 의미한다.
- [0022] 본 발명은 또한 캐스케이드식 냉각 시스템을 포함하며, 캐스케이드식 냉각 시스템은, 가연성 저온 냉매, 약 2마력 이하의 정격 마력을 갖는 압축기, 및 약 -5°C 내지 약 -15°C 의 온도들의 범위에서 상기 저온 냉매가 응축되는 열 교환기를 포함하는 복수의 저온 냉각 회로들로서, 상기 저온 냉각 회로들의 각각은 별개의 저온 냉각 유닛 내에 포함되는, 복수의 저온 냉각 회로들; 및 불연성 중온 냉매를 포함하는 중온 냉각 회로를 포함하며, 상기 열 교환기는 상기 저온 냉매 응축 온도 미만 그리고 약 -5°C 내지 약 -15°C 의 범위의 온도에서 상기 중온 냉매가 증발하는 증발기를 포함하고, 상기 열 교환기는 상기 중온 냉매가 상기 저온 냉매로부터 열을 흡수함으로써 증발하는 만액식 열 교환기이다.
- [0023] 본 발명은 또한 캐스케이드식 냉각 시스템을 포함하며, 캐스케이드식 냉각 시스템은, 복수의 저온 냉각 회로들로서, 각각의 저온 냉각 회로는 적어도 약 50 중량%, 또는 적어도 약 75 중량%, 또는 적어도 95 중량%, 또는 적어도 99 중량%의 HFO-1234yf, transHFO-1234ze 또는 이들의 조합을 포함하는 가연성 저온 냉매, 약 2마력 이하의 정격 마력을 갖는 압축기, 및 약 -5°C 내지 약 -15°C 의 온도들의 범위에서 상기 저온 냉매가 응축되는 열 교환기를 포함하는, 복수의 저온 냉각 회로들; 및 불연성 중온 냉매를 포함하는 중온 냉각 회로를 포함하며, 상기 열 교환기는 상기 저온 냉매 응축 온도 미만 그리고 약 -5°C 내지 약 -15°C 의 범위의 온도에서 상기 중온 냉매가 증발하는 증발기를 포함하고, 상기 중온 냉매는 상기 저온 냉매로부터 열을 흡수함으로써 상기 열 교환기에서 증발한다.
- [0024] 본 발명은 또한 캐스케이드식 냉각 시스템을 포함하며, 캐스케이드식 냉각 시스템은, 복수의 저온 냉각 회로들로서, 각각의 저온 냉각 회로는 적어도 약 50 중량%, 또는 적어도 약 75 중량%, 또는 적어도 95 중량%, 또는 적어도 99 중량%의 HFO-1234yf, transHFO-1234ze 또는 이들의 조합을 포함하는 가연성 저온 냉매, 약 2마력 이하의 정격 마력을 갖는 압축기, 및 약 -5°C 내지 약 -15°C 의 온도들의 범위에서 상기 저온 냉매가 응축되는 열 교

환기를 포함하는, 복수의 저온 냉각 회로들; 및 중온 냉매를 포함하는 중온 냉각 회로를 포함하며, 상기 중온 냉매는 불연성이고, 상기 열 교환기는 상기 저온 냉매 응축 온도 미만 그리고 약 -5℃ 내지 약 -15℃의 범위의 온도에서 상기 중온 냉매가 증발하는 증발기를 포함하고, 상기 중온 냉매는 상기 저온 냉매로부터 열을 흡수함으로써 상기 열 교환기에서 증발한다.

[0025] 본 발명은 또한 캐스케이드식 냉각 시스템을 포함하며, 캐스케이드식 냉각 시스템은, 적어도 약 50 중량%, 또는 적어도 약 75 중량%, 또는 적어도 95 중량%, 또는 적어도 99 중량%의 HFO-1234yf, transHFO-1234ze 또는 이들의 조합을 포함하는 가연성 저온 냉매, 약 2마력 이하의 정격 마력을 갖는 압축기, 및 약 -5℃ 내지 약 -15℃의 온도들의 범위에서 상기 저온 냉매가 응축되는 열 교환기를 포함하는 복수의 저온 냉각 회로들; 및 중온 냉매를 포함하는 중온 냉각 회로를 포함하며, 상기 중온 냉매는 불연성이고, 상기 열 교환기는 상기 저온 냉매 응축 온도 미만 그리고 약 -5℃ 내지 약 -15℃의 범위의 온도에서 상기 중온 냉매가 증발하는 증발기를 포함하고, 상기 열 교환기는 상기 중온 냉매가 상기 저온 냉매로부터 열을 흡수함으로써 상기 열 교환기에서 증발하는 만액식 열 교환기이다.

[0026] 본 발명은 또한 캐스케이드식 냉각 시스템을 포함하며, 캐스케이드식 냉각 시스템은, 가연성 저온 냉매, 약 2마력 이하의 정격 마력을 갖는 압축기, 및 약 -5℃ 내지 약 -15℃의 온도들의 범위에서 상기 저온 냉매가 응축되는 열 교환기를 포함하는 복수의 저온 냉각 회로들; 및 중온 냉매를 포함하는 중온 냉각 회로를 포함하며, 상기 중온 냉매는 불연성이고, 상기 열 교환기는 상기 저온 냉매 응축 온도 미만 그리고 약 -5℃ 내지 약 -15℃의 범위의 온도에서 상기 중온 냉매가 증발하는 증발기를 포함하고, 상기 열 교환기는 상기 중온 냉매가 상기 저온 냉매로부터 열을 흡수함으로써 상기 열 교환기에서 증발하는 만액식 열 교환기이다.

[0027] 바람직한 실시예들에서, 제2 회로, 바람직하게는 중온 회로는 복수의 제1 냉각 유닛들의 실질적으로 완전히 외부에, 바람직하게는 복수의 저온 회로들의 실질적으로 완전히 외부에 위치될 수 있다. 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "실질적으로 완전히 외부에"는, 제1 냉각 회로의 냉매와 제2 냉각 회로의 냉매 사이의 열 교환을 제공하기 위해 제2 냉각 회로의 일부로 간주될 수 있는 운송 배관 등이 제1 냉각 유닛들 내로 통과할 수 있다는 것을 제외하고는, 제2 냉각 회로의 구성요소들이 상기 제1 냉각 유닛들 내에 있지 않음을 의미한다.

[0028] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "제1 냉각 유닛" 및 "저온 냉각 유닛"은 적어도 부분적으로 폐쇄되거나 폐쇄가능한 구조체로서, 그 구조체의 적어도 일부분 내에서 냉각을 제공할 수 있고, 상기 제2 냉각 회로를 전체적으로 봉입하거나 수용하는 임의의 구조체와는 구조적으로 구별되는 구조체를 의미한다. 그러한 의미에 따라 그리고 그와 일관되게, 본 발명의 바람직한 제1 냉각 회로들 및 저온 냉각 회로들은, 본 명세서에 기술된 의미에 따른 그러한 제1(바람직하게는 저온) 냉각 유닛들 내에 포함될 때, 때때로 본 명세서에서 "자립형"(self-contained)으로 지칭된다.

[0029] 제2 냉각 회로는 유체 수용기를 추가로 포함할 수 있다.

[0030] 각각의 제1 냉각 회로는 그의 각자의 냉각 유닛 내에 자립형일 수 있다.

[0031] 각각의 냉각 유닛은 제1 영역 내에 위치될 수 있다. 제1 영역은 작업 현장(shop floor)일 수 있다. 이는 각각의 제1 냉각 회로(바람직하게는 저온 냉각 회로)가 또한 작업 현장과 같은 제1 영역 내에 위치될 수 있음을 의미한다.

[0032] 각각의 냉각 유닛은 냉각될 공간 내에 포함된 공간 및/또는 물체를 포함할 수 있으며, 바람직하게는 그 공간은 냉각 유닛 내에 있다. 각각의 증발기는, 바람직하게는 냉각될 공간 내의 공기를 냉각함으로써, 그의 각자의 공간/물체를 냉각하도록 위치될 수 있다.

[0033] 상기에 언급된 바와 같이, 제2 냉각 회로, 및 바람직하게는 중온 냉각 회로는 제1 냉각 유닛(바람직하게는 저온 냉각 유닛)과 제2 영역 사이에서 연장되는 그의 구성요소들을 가질 수 있다. 제2 영역은, 예를 들어, 제2 냉각 회로의 구성요소들의 상당 부분을 수용하는 기계실일 수 있다.

[0034] 제2 냉각 회로(바람직하게는 중온 냉각 유닛)는 제2 영역 및 제3 영역으로 연장될 수 있다. 제3 영역은 제1 냉각 유닛들 및 제2 영역(들)이 위치한 건물 또는 건물들 외부의 영역일 수 있다. 이는 주위 냉각이 활용될 수 있게 한다.

[0035] 특정 실시예에 대해 본 명세서에서 달리 나타내지 않는 한, 각각의 제1 냉각 회로 내의 냉매는 제1 냉각 회로들 내의 다른 냉매들과 상이하거나 동일할 수 있으며, 각각은 또한 제2 냉각 회로 내의 냉매와 동일하거나 상이할 수 있다.

- [0036] 특정 실시예에 대해 본 명세서에서 달리 나타내지 않는 한, 제1 냉각 회로들 내의 냉매 및/또는 제2 냉각 회로 내의 냉매는 낮은 지구 온난화 지수(GWP)를 가질 수 있다.
- [0037] 특정 실시예에 대해 본 명세서에서 달리 나타내지 않는 한, 제1 냉각 회로들 내의 냉매 및/또는 제2 냉각 회로 내의 냉매는 150 미만인 GWP를 가질 수 있다. 이는 각각의 제1 냉각 회로가 각자의 냉각 유닛 내에 제공되는 것에 의해 가능하게 된다.
- [0038] 특정 실시예에 대해 본 명세서에서 달리 나타내지 않는 한, 제2 냉각 회로 내의 냉매는 불연성일 수 있으며, 즉 ASHRAE 34(ASTM E681에 의해 측정됨) 하에서 A1으로 분류되거나 ASHRAE 34(ASTM E681에 의해 측정됨) 하에서 A2L로 분류될 수 있다. 이는, 제2 냉각 회로가 매우 길 수 있고 건물의 상이한 영역들 사이, 예를 들어, (냉각 유닛들이 배치될 수 있는) 작업 현장과 기계실 사이에서 연장될 수 있기 때문에 바람직할 수 있다. 결과적으로, 제2 냉각 회로가 더 큰 영역에 걸쳐 있음에 따라 누출 위험과 잠재적인 누출의 중증도가 증가하고, 따라서 더 많은 사람 및/또는 구조를 화재 위험에 노출시킬 수 있기 때문에 제2 냉각 회로 내에 가연성 냉매를 갖는 것이 안전하지 않을 수 있다.
- [0039] 제1 냉각 회로들 내의 냉매는 가연성일 수 있다. 이것은 실제로, 적어도 부분적으로, 각자의 냉각 유닛 내에 제공되는 각각의 제1 냉각 회로가 그 안에 포함된 비교적 저전력 압축기(들)를 갖는 결과로서 가능할 수 있다.
- [0040] 각각의 제1 냉각 회로는 적어도 하나의 유체 팽창 장치를 포함할 수 있다. 적어도 하나의 유체 팽창 장치는 모세관 또는 오리피스 튜브일 수 있다. 이는 각각의 냉각 유닛에 의해 각각의 제1 냉각 회로에 부과되는 조건이 비교적 일관된다는 것에 의해 가능하게 된다. 이는 모세관 및 오리피스 튜브와 같은 더 간단한 유동 제어 장치가 제1 냉각 회로들에서 유리하게 사용될 수 있으며 바람직하게는 사용됨을 의미한다.
- [0041] 제1 냉각 회로들의 각각의 평균 온도는 제2 냉각 회로의 평균 온도보다 낮을 수 있다. 이는 제2 냉각 회로가 냉각을 제공하는 데, 즉 제1 냉각 회로들로부터 열을 제거하는 데 사용될 수 있고; 각각의 제1 냉각 회로는 그의 각각의 냉각 유닛에서 냉각될 공간을 냉각할 수 있기 때문이다.
- [0042] 제2 냉각 회로는 제1 냉각 회로들의 각각을 냉각할 수 있으며, 즉 그로부터 열을 제거할 수 있다.
- [0043] 각각의 열 교환기는 각자의 회로 인터페이스 위치에서 그의 각각의 제1 냉각 회로와 제2 냉각 회로 사이에서 열 에너지를 전달하도록 배열될 수 있다.
- [0044] 제2 냉각 회로는 제2 증발기를 포함할 수 있다. 제2 증발기는 회로 인터페이스 위치와 병렬로 결합될 수 있다.
- [0045] 회로 인터페이스 위치의 각각은 각각의 다른 회로 인터페이스 위치와 직렬-병렬 조합으로 결합될 수 있다. 유용하게, 이는 회로 인터페이스 위치, 제1 냉각 회로들, 또는 제1 냉각 유닛들 중 하나에서 결함(fault) 또는 막힘(blockage)이 검출되는 경우, 결함의 위치, 회로 또는 유닛이 제2 냉각 회로에 의해 분리 및/또는 우회될 수 있어서 결함이 시스템 전반으로 전파되지 않음을 의미한다.
- [0046] 회로 인터페이스 위치의 각각은 적어도 하나의 다른 회로 인터페이스 위치와 직렬로 결합될 수 있다.
- [0047] 회로 인터페이스 위치의 각각은 각각의 다른 회로 인터페이스 위치와 직렬로 결합될 수 있다.
- [0048] 회로 인터페이스 위치의 각각은 적어도 하나의 다른 회로 인터페이스 위치와 병렬로 결합될 수 있다.
- [0049] 회로 인터페이스 위치의 각각은 각각의 다른 회로 인터페이스 위치와 병렬로 결합될 수 있다.
- [0050] 제2 냉매, 바람직하게는 중온 냉매는 블렌딩된 냉매를 포함할 수 있다. 블렌딩된 냉매는 R515A를 포함할 수 있다.
- [0051] R515A 냉매는 불연성이다. 이는, 제2 냉매 회로(바람직하게는 중온 냉매)가 다수의 영역에 걸쳐 있을 수 있으므로 유용한데, 따라서 잠재적인 누출의 중증도를 감소시키기 위해 불연성 냉매를 갖는 것이 중요하다.
- [0052] 다른 실시예들에서, 불연성 냉매는 HF0-1233zd(E)를 포함하거나, 또는 적어도 약 50%를 포함하거나, 또는 적어도 75%를 포함하거나, 또는 이로 본질적으로 이루어지거나 또는 이로 이루어질 수 있다.
- [0053] 제1 냉매 회로들(바람직하게는 저온 냉각 회로들)에 사용되는 제1 냉매(바람직하게는 저온 냉매)는 R744, C3-C4 탄화수소, R1234yf, R1234ze(E), R455A 및 이들의 조합 중 임의의 것을 포함할 수 있다. 탄화수소는 R290, R600a 또는 R1270 중 임의의 것을 포함할 수 있다. 이들 냉매는 GWP가 낮다.
- [0054] 제2 냉각 회로는 압축기를 추가로 포함할 수 있다.

- [0055] 제2 냉각 회로는 주위 냉각 분기부(ambient cooling branch) 및 압축기를 포함하는 압축기 분기부를 포함할 수 있다. 이는 압축기 분기부가 우회될 수 있음을 의미한다. 압축기 분기부를 우회하는 것의 이점은, 주위 조건이 제2 냉매에 비해 충분히 차가운 경우, 주위 공기에 의해 충분한 냉각이 제공됨에 따라 압축기 스테이지가 우회될 수 있다는 것이다.
- [0056] 주위 냉각 분기부는 압축기 분기부와 병렬로 결합될 수 있다. 병렬 배열은 제2 냉매에 의해 압축기 분기부가 우회될 수 있게 한다.
- [0057] 주위 냉각 분기부는 외부 주위 온도에 노출될 수 있다. 이는 압축기 스테이지를 대신하여 제2 냉매를 냉각하기 위한 것이다.
- [0058] 주위 냉각 분기부는 제1 영역을 포함하는 건물 또는 건물들의 외부로 연장될 수 있다.
- [0059] 주위 공기 온도가 주위 냉각 분기부로 들어가는 냉매의 온도보다 낮을 때 주위 냉각 분기부로 들어가는 냉매는 주위 공기 온도에 의해 냉각될 수 있다.
- [0060] 주위 냉각 분기부는 펌프와 직렬로 결합될 수 있다.
- [0061] 주위 냉각 분기부와 압축기 분기부 각각에서 냉매의 유동을 제어하기 위해 주위 냉각 분기부와 압축기 분기부 사이의 연결부(junction) 중 하나에 밸브가 제공될 수 있다. 이는 압축기 분기부 및/또는 주위 냉각 분기부가 이용되는지의 여부 및 사용량을 제어할 수 있게 한다.
- [0062] 펌프, 추가의 증발기 및 회로 인터페이스 위치들이 밸브 또는 밸브들 사이에 위치될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0063] 본 개시내용의 예시적인 배열이 이제 도면을 참조하여 기술될 것이다.
 - 도 1a는 이전에 사용된 냉각 시스템의 예를 도시한다.
 - 도 1b는 본 명세서에 기술된 비교예의 근간인 냉각 시스템의 예를 도시한다.
 - 도 2는 캐스케이드식 냉각 시스템을 도시한다.
 - 도 3은 대안적인 캐스케이드식 냉각 시스템을 도시한다.
 - 도 4는 만액식 증발기를 사용하는 캐스케이드식 냉각 시스템을 도시한다.
 - 도 4a는 만액식 증발기를 사용하는 대안적인 캐스케이드식 냉각 시스템을 도시한다.
 - 도 5a 및 도 5b는 각각 흡입 라인 열 교환기를 갖거나 갖지 않는 냉각 시스템들을 도시한다.
 - 도 6은 R515A 냉매 및 R744 냉매를 갖는 냉각 시스템에 대한 지구 온난화 지수의 그래프를 도시한다.
 본 명세서 전체에 걸쳐, 유사한 도면 부호는 유사한 부분들을 지칭한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0064] **비교예**
- [0065] 본 개시내용의 냉각 회로들 및 그들 각자의 이점에 대한 당업자의 이해를 돕기 위해, 냉각 시스템의 기능에 대한 간단한 설명이 도 1a 및 도 1b에 도시된 비교예의 냉각 시스템들을 참조하여 기술될 것이다.
- [0066] 도 1b는 후술되는 추가의 시스템들과의 비교를 위한 냉각 시스템(100)의 예를 도시한다. 시스템(100)은 중온 냉각 회로(110) 및 저온 냉각 회로(120)를 포함한다.
- [0067] 저온 냉각 회로(120)는 압축기(121), 주위 조건으로 열을 배출하기 위한 열 교환기(130)와의 인터페이스, 팽창 밸브(122) 및 증발기(123)를 포함한다. 저온 냉각 회로(120)는 열을 저온 냉매로 로부터 중온 냉매로 배출하고 이에 의해 저온 냉매 사이클에서 과냉각된(subcooled) 냉매 액체를 생성하는 역할을 하는 회로간(inter-circuit) 열 교환기(150)를 통해 중온 냉각 회로(110)와 인터페이스한다. 증발기(123)는 냉동고 격실의 내부와 같은 냉각될 공간과 인터페이스된다. 저온 냉각 회로의 구성요소들은 다음 순서로 연결된다: 증발기(123), 압축기(121), 열 교환기(130), 회로간 열 교환기(150) 및 팽창 밸브(122). 구성요소들은 저온 냉매를 포함하는 파이프(124)를 통해 함께 연결된다.

- [0068] 중온 냉각 회로(110)는 압축기(111), 주위 조건으로 열을 배출하기 위한 응축기(113) 및 유체 수용기(114)를 갖는다. 수용기(114)로부터의 액체 중온 냉매는 팽창 밸브(112, 118)의 각각으로 유동하도록 분기되어(manifolded), 2개의 병렬 연결된 분기부들, 즉 팽창 장치(118)의 하류에 있는 저온 과냉각 냉각 분기부(low temperature sub-cooling cooling branch)(117) 및 팽창 장치(112)의 하류에 있는 중온 냉각 분기부(temperature cooling branch)(116)를 제공한다. 저온 과냉각 분기부는 상술한 저온 회로에 과냉각을 제공하는 회로간 열 교환기를 포함한다. 중온 냉각 분기부(116)는 냉각 격실의 내부와 같은 냉각될 공간과 인터페이스되는 중온 증발기(119)를 포함한다.
- [0069] 중온 냉매는 R134a와 같은 고 GWP 냉매이다. R134a는 하이드로플루오로카본(HFC)이다. R134a는 불연성이고 양호한 성능 계수(coefficient of performance)를 제공한다.
- [0070] 시스템(100)은 건물의 3개의 영역, 즉 응축기(113, 130)가 위치되는 지붕; 압축기(111, 112), 열 교환기(150), 수용 탱크(114) 및 팽창 장치(118)가 위치되는 기계실; 및 LT 케이스, MT 케이스, 및 그들의 팽창 장치 각각이 위치되는 매장(142)에 걸쳐 있다. 따라서 저온 냉각 회로(120) 및 중온 냉각 회로(110)는 각각 매장, 기계실 및 지붕 사이에서 연장된다. 사용시, 중온 회로(110)는 증발기(119)를 통해 냉각될 공간에 중온 냉각을 제공하고, 저온 회로(120)는 증발기(123)를 통해 냉각될 공간에 저온 냉각을 제공한다. 중온 회로(110)는 또한 저온 응축기(120)로부터의 액체 응축물로부터 열을 제거하여, 증발기(123)로 들어가는 액체에 과냉각을 제공한다.
- [0071] 이제, 저온 냉각 회로(120)의 다양한 구성요소들의 개별 및 전체 기능이 기술될 것이다. 열 교환기(150)부터 시작하여, 열 교환기(130)는 저온 냉매와 중온 냉매 사이에서 열을 전달하기에 적합한 장치이다. 일례에서, 열 교환기(150)는 셸 앤드 튜브(shell and tube) 열 교환기이다. 플레이트 열 교환기 및 다른 설계와 같은 다른 유형의 열 교환기가 또한 사용될 수 있다. 사용시, 중온 냉매는 저온 냉매가 냉각되도록 저온 냉매로부터 열을 흡수한다. 열 교환기(150)를 통한 열의 이러한 제거는 응축기(130)로부터의 액체 저온 냉매가 과냉각되게 하며, 그 후에 과냉각된 저온 냉매는 파이프(124)의 액체 라인을 통해 팽창 밸브(122)로 유동한다. 팽창 밸브(122)의 역할은 저온 냉매의 압력을 감소시키는 것이다. 그렇게 함으로써, 저온 냉매의 온도는 압력 및 온도가 비례하기 때문에 상응하게 감소된다. 이어서, 저온 저압 냉매는 증발기(123)로 유동하거나 펌핑된다. 증발기(123)는 냉각될 공간으로부터, 예를 들어 슈퍼마켓 내의 저온 냉각 케이스로부터 저온 냉매로 열을 전달하는 데 사용된다. 즉, 증발기(123)에서, 액체 냉매는 냉각될 공간으로부터 열을 수용하고, 그렇게 함에 있어서, 가스로 증발된다. 증발기(123) 후에, 가스는 압축기(121)에 의해 파이프(124)의 흡입 라인을 통해 압축기(121)로 흡인된다. 압축기(121)에 도달하면, 저압 및 저온 가스 냉매가 압축된다. 이는 냉매 온도가 증가되게 한다. 결과적으로, 냉매는 저온 및 저압 가스로부터 고온 및 고압 가스로 전환된다. 고온 및 고압 가스는 파이프(124)의 배출 파이프 내로 방출되어 열 교환기(응축기)(130)로 이동하며, 여기서 가스는 이전에 기술된 방식으로 액체로 응축된다. 이는 저온 냉각 회로(120)의 동작을 구체적으로 기술하지만, 본 명세서에 기술된 원리는 일반적으로 냉각 사이클에 적용될 수 있다.
- [0072] 이제, 중온 냉각 회로(110)의 다양한 구성요소들의 개별 및 전체 기능이 기술될 것이다.
- [0073] 열 교환기(150)부터 시작하여, 상술된 바와 같이, 중온 냉매는 열 교환기(150)를 통해 저온 냉매로부터 열을 흡수한다. 이러한 열 흡수는 중온 회로(150) 내의 냉매 - 열 교환기(150)에 들어갈 때 저온 가스이고/이거나 가스와 액체의 혼합물임 -가 액체를 가스 상으로 변화되게 하고/하거나 과열이 생성될 경우에는 가스의 온도를 증가시킨다. 열 교환기(150)를 나갈 때, 가스 냉매는 (증발기(119)로부터의 냉매와 함께) 압축기(111) 내로 흡입되고, 압축기(111)에 의해 고온 및 고압 가스로 압축된다. 이러한 가스는 파이프(115) 내로 방출되어 본 예에서 빌딩의 지붕 상에 위치되는 응축기(113)로 이동한다. 응축기(113)에서, 가스 중온 냉매는 열을 외부 주위 공기로 방출하며, 따라서 냉각되고 액체로 응축된다. 응축기(113) 후에, 액체 냉매는 유체 수용기(114) 내에 수집된다. 이러한 예에서, 유체 수용기(114)는 탱크이다. 유체 수용기(114)를 나갈 때, 액체 냉매는 병렬 연결된 중온 분기부(116) 및 과냉각 냉각 분기부(117)로 분기된다. 중온 분기부(116)에서, 액체 냉매는 액체 냉매의 압력을 낮추고 그에 따라 온도를 낮추는 데 사용되는 팽창 밸브(112)로 유동한다. 이어서, 상대적으로 차가운 액체 냉매는 열 교환기(119)로 들어가며, 여기서 냉매는 증발기(119f)와 인터페이스되는 냉각될 공간으로부터 열을 흡수한다. 과냉각 분기부(117)에서, 먼저 액체 냉매는 유사하게 팽창 밸브(118)로 유동하며, 여기서 냉매의 압력 및 온도가 낮아진다. 밸브(118) 후에, 냉매는 상술된 바와 같이 회로간 열 교환기(150)로 유동한다. 그로부터, 열 교환기로부터의 가스 냉매는 압축기(111)에 의해 압축기(111)로 흡입되며, 여기서 이는 중온 냉각 분기부(116)로부터의 냉매와 다시 합류한다.
- [0074] 상기에 언급된 것은 아니지만, 의도된 대로 기능하기 위해서는, 열 교환기(150)에 들어갈 때의 중온 회로(110)

내의 냉매의 온도가 열 교환기(150)에 들어갈 때의 저온 회로(120) 내의 냉매의 온도보다 낮아야 한다는 것이 명백할 것이다. 그렇지 않다면, 중온 회로(110)는 회로(120) 내의 저온 냉매에 원하는 과냉을 제공하지 않을 것이다.

[0075] 위의 내용은 도 1b에 예시된 바와 같은 냉각 시스템(100)의 비교예의 동작을 기술한다. 도 1b를 참조하여 기술된 냉각의 원리는 본 개시내용의 다른 냉각 시스템들에 동일하게 잘 적용될 수 있다.

[0076] **바람직한 실시예들의 개요**

[0077] 본 발명의 바람직한 실시예들에 따른 다수의 냉각 시스템들이 하기에 기술된다. 각각의 시스템은 다수의 냉각 유닛들을 갖고, 냉각 유닛들의 각각은 그 내부에 위치된 적어도 하나의 전용 냉각 회로를 갖는다. 즉, 각각의 냉각 유닛은 적어도 하나의 냉각 회로를 포함한다.

[0078] 냉각 유닛 내에 포함된 냉각 회로는 회로 내의 냉매로 열을 제거하는 적어도 열 교환기, 및 냉매에 열을 부가하는 증발기를 포함할 수 있다.

[0079] 냉각 유닛 내에 포함된 냉각 회로는 압축기, (바람직하게는, 압축기를 빠져나가는 냉매 증기로부터 열을 제거함으로써) 회로 내의 냉매로부터 열을 제거하는 적어도 열 교환기, 및 (바람직하게는, 냉각되고 있는 냉각 유닛의 영역을 냉각함으로써) 냉매에 열을 부가하는 증발기를 포함할 수 있다. 본 출원인은 본 발명의 바람직한 제1 냉각 회로(및 바람직하게는 저온 냉각 회로)에 사용되는 압축기의 크기가 본 발명의 바람직한 실시예들의 매우 유리하고 예상치 못한 결과 중 적어도 일부를 달성하는 데 중요하며, 특히 회로 내의 각 압축기는 소형 압축기인 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "소형 압축기"는 압축기가 약 2 마력 이하의 정격 출력(power rating)을 가짐을 의미한다. 압축기 정격 출력과 관련하여 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 이러한 값은 압축기에 대한 입력 정격 출력에 의해 결정된다. 압축기 정격 마력(horse power rating)과 관련하여 사용되는 바와 같이, "약"은 지시된 마력 +/- 0.5 마력을 의미한다. 바람직한 실시예들에서, 압축기 크기는 0.1 마력 내지 약 2 마력, 또는 0.1 마력 내지 약 1 마력일 수 있다. 압축기 크기는 0.1 마력내지 최대 0.75 마력, 또는 0.1 마력 내지 최대 0.5 마력일 수 있다.

[0080] 냉각 유닛은 일체형 물리적 실체(integrated physical entity), 즉 구성요소 부품으로 분해되지 않도록 설계되는 실체일 수 있다. 냉각 유닛은, 예를 들어 냉장고 또는 냉동고일 수 있다. 하나 초과(특히 하나 초과)의 냉각 회로(특히 하나 초과)의 저온 냉각 회로를 포함)가 각각의 냉각 유닛(바람직하게는 각각의 저온 냉각 유닛을 포함) 내에 포함될 수 있음이 이해될 것이다.

[0081] 각각의 냉각 유닛 내에 제공된 냉각 회로들은 적어도 부분적으로는 냉각 유닛들의 외부에 있는 공동 냉각 회로에 의해 자체로 냉각될 수 있다. 각각의 냉각 유닛 내에 포함된 전용 냉각 회로들과는 대조적으로, (본 명세서에서 제2 냉각 회로 및 제3 냉각 회로로 일반적으로 지칭되는) 공동 냉각 회로들은, (냉각 유닛들이 위치한) 매장 및/또는 지붕 또는 외부 영역 사이와 같은, 유닛들을 수용하는 건물의 다수의 영역들 사이에서 연장되는 연장된 회로들일 수 있다.

[0082] 각각의 냉각 유닛은 상하기 쉬운 상품과 같은 상품을 저장하기 위한 적어도 하나의 격실을 포함할 수 있다. 격실은 냉각 유닛 내에 포함된 냉각 회로에 의해 냉각될 공간을 한정할 수 있다.

[0083] **캐스케이드식 냉각 시스템**

[0084] 본 발명에 따른 냉각 시스템의 일 실시예가 도 2에 개략적으로 예시되고 하기에 상세히 기술된다.

[0085] 도 2는 캐스케이드식 냉각 시스템(200)을 도시한다. 보다 상세하게, 도 2는 3개의 제1 냉각 회로들(220a, 220b, 220c)을 갖는 냉각 시스템(200)을 도시한다. 제1 냉각 회로들(220a, 220b, 220c)의 각각은 증발기(223), 압축기(221), 열 교환기(230) 및 팽창 밸브(222)를 갖는다. 회로 내의 압축기, 증발기 및 열 교환기의 각각이 단일 아이손에 의해 예시되지만, 압축기, 증발기, 열 교환기, 팽창 밸브 등이 각각 복수의 그러한 유닛들을 포함할 수 있다는 것이 이해될 것이다. 각각의 회로(220a, 220b, 220c)에서, 증발기(223), 압축기(221), 열 교환기(230) 및 팽창 밸브(222)는 열거된 순서로 서로 직렬로 연결된다. 제1 냉각 회로들(220a, 220b, 220c)의 각각은 별개의 각자의 냉각 유닛(도시되지 않음) 내에 포함된다. 이러한 예에서, 3개의 냉각 유닛들의 각각은 냉동고 유닛이고, 이 냉동고 유닛은 그의 각자의 제1 냉각 회로를 수용한다. 이러한 방식으로, 각각의 냉각 유닛은 자립형(self-contained)이고 전용인 냉각 회로를 포함한다. 냉각 유닛들(도시되지 않음), 및 따라서 제1 냉각 회로들(220a, 220b, 220c)은 슈퍼마켓의 매장(242) 상에 배열된다.

[0086] 이러한 예에서, 제1 냉각 회로들(220a, 220b, 220c)의 각각 내의 냉매는 R744, C3 - C4 탄화수소(R290, R600a,

R1270), R1234yf, R1234ze(E) 또는 R455A와 같은 저 GWP 냉매이다. 당업자에게 이해되는 바와 같이, 제1 냉각 회로들(220a, 220b, 220c)의 각각 내의 냉매는 각각의 다른 제1 냉각 회로들(220a, 220b, 220c) 내의 냉매와 동일하거나 상이할 수 있다.

[0087] 냉각 시스템(200)은 또한 제2 냉각 회로(210)를 갖는다. 제2 냉각 회로(210)는 압축기(211), 응축기(213) 및 유체 수용기(214)를 갖는다. 압축기(211), 응축기(213) 및 유체 수용기(214)는 직렬로 그리고 주어진 순서로 연결된다. 제2 회로 내의 각각의 압축기, 응축기, 유체 수용기 등의 각각이 단일 아이콘에 의해 예시되지만, 압축기, 증발기, 열 교환기, 팽창 밸브 등이 각각 복수의 그러한 유닛들을 포함할 수 있는 것이 이해될 것이다. 제2 냉각 회로(210)는 또한 4개의 병렬 연결된 분기부들, 즉 3개의 중온 냉각 분기부들(217a, 217b, 및 217c) 및 하나의 저온 냉각 분기부(216)를 갖는다. 4개의 병렬 연결된 분기부들(217a, 217b, 217c, 216)은 유체 수용기(214)와 압축기(211) 사이에 연결된다. 중온 냉각 분기부들(217a, 217b, 217c)의 각각은 팽창 밸브(218a, 218b, 218c) 및 증발기(219a, 219b, 219c)를 각각 갖는다. 팽창 밸브(218) 및 증발기(219)는 유체 수용기(214)와 응축기(211) 사이에 직렬로 그리고 주어진 순서로 연결된다. 저온 냉각 분기부(216)는 팽창 밸브(212), 및 제2 냉매를 제1 냉각 회로들(220a, 220b, 220c)의 열 교환기들(230a, 230b, 230c)의 각각으로 그리고 그로부터 이동하게 하는 (각각 집합적으로 260a, 260b 및 260c로 표시되는) 유입 배관 및 배출 배관, 도관, 밸브 등의 형태의 인터페이스를 갖는다. 저온 냉각 분기부(216)는 각각의 회로 인터페이스 위치(231a, 231b, 231c)에서 제1 냉각 회로들(220a, 220b, 220c)의 열 교환기들(230a, 230b, 230c)의 각각과 인터페이스한다. 각각의 회로 인터페이스 위치(231a, 231b, 231c)는 각각의 다른 회로 인터페이스 위치들(231a, 231b, 231c)과 직렬-병렬 조합으로 배열된다.

[0088] 중온 냉각 회로(210)는 매장(242), 기계실(241) 및 지붕(140) 사이에서 연장되는 구성요소들을 갖는다. 중온 냉각 회로(210)의 저온 냉각 분기부(216) 및 중온 냉각 분기부들(217a, 217b, 217c)은 매장(242) 상에 위치된다. 압축기(211) 및 유체 수용기(214)는 기계실(241) 내에 위치된다. 응축기(213)는 그것이 주위 조건에 쉽게 노출될 수 있는 곳, 예컨대 지붕(240) 위에 위치된다.

[0089] 이러한 예에서, 중온 냉각 회로(210) 내의 냉매는 R515A를 포함하는 블렌드이다. R515A는 약 88 중량%의 하이드로플루오로올레핀(HFO) 1234ze(E) 및 약 12%의 HFC227ea(헥타플루오로프로판)으로 본질적으로 이루어지고, 바람직하게는 그로 이루어지는 냉매이다. 유용하게, 블렌드는 불연성 냉매를 생성하며, 이는 안전성을 향상시킨다. 더욱 유리하게는, 블렌드는 저 GWP를 가져, 이를 환경 친화적인 용액이 되게 한다.

[0090] 도 2에 예시된 바와 같은 바람직한 실시예들의 사용이 하기와 같이 요약될 수 있다:

[0091] - 제1 냉각 회로들(220a, 220b, 220c)의 각각은 그들의 증발기들(223)을 통해 열을 흡수하여, 냉각될 공간(도시되지 않음)에 저온 냉각을 제공하고;

[0092] - 제2 냉각 회로(210)는 열 교환기들(230a, 230b, 230c)의 각각으로부터 열을 흡수하여 제1 냉각 회로들(220a, 220b, 220c)을 냉각하고;

[0093] - 제2 냉각 회로(210)는 증발기(219)의 각각에서 열을 흡수하여, 냉각될 공간(도시되지 않음)에 중온 냉각을 제공하고;

[0094] - 냉각기(213) 내의 제2 냉각 회로(210) 내의 냉매로부터 열이 제거된다.

[0095] 도 2에 도시된 유형의 본 발명의 배열들을 사용하여, 특히 각자의 냉각 유닛 내의 자립형인 각각의 제1 냉각 회로(230)로부터 다수의 유익한 결과들이 달성될 수 있다.

[0096] 예를 들어, 냉각 유닛들 및 전체 캐스케이드식 냉각 시스템(200)의 설치 및 제거가 단순화된다. 이는 빌트-인(built-in) 자립형 제1 냉각 회로들(220a, 220b, 220c)을 갖는 냉각 유닛들이, 제1 냉각 회로들(220, 220b, 220c)에 대한 변경에 대한 요구 없이, 제2 냉각 회로들(210)과 용이하게 연결되거나 분리될 수 있기 때문이다. 바꾸어 말하면, 냉각 유닛들은 간단하게 제2 냉각 회로(210)로 플러그인(plugged in)되거나 그로부터 플러그아웃될 수 있다.

[0097] 다른 이점은 그의 각자의 제1 냉각 회로(220a, 220b, 220c)를 포함하는 각각의 냉각 유닛이 작동 중인(live) 냉각 시스템(200) 내에 설치되기 전에 자동적으로 공장 시험될 수 있다는 점이다. 이는, 잠재적으로 유해한 냉매의 누출을 포함할 수 있는 결함의 가능성을 완화시킨다. 따라서, 감소된 누출 속도가 달성될 수 있다.

[0098] 다른 이점은, 각각의 회로(220a, 220b, 220c)가 그의 각자의 냉각 유닛 내에 배열되고 일련의 유닛들 사이에서 연장되지 않기 때문에, 제1 냉각 회로들(220a, 220b, 220c)의 길이가 감소될 수 있다는 점이다. 더 짧은 라인

에서는 감소된 표면적으로 인해 열 침투가 감소되기 때문에, 감소된 회로 길이는 개선된 효율을 가져올 수 있다. 더욱이, 감소된 회로 길이는 감소된 압력 강하를 또한 가져올 수 있으며, 이는 시스템(200) 효율을 개선한다.

- [0099] 감소된 회로 길이, 및 각자의 냉각 유닛들 내의 자립형 회로들의 제공은, 또한 R744, 탄화수소(R290, R600a, R1270), R1234yf, R1234ze(E) 또는 R455A와 같은 더 가연성인 냉매를 사용할 수 있게 하는 능력을 제공하며, 이는 고도로 유익한 결과인 것으로 본 출원인에게 이해되었다. 이는, 냉매 누출의 가능성이 (상기에 논의된 바와 같이) 감소되기 때문일 뿐만 아니라, 냉매가 누출되더라도, 그 누출이 각자의 냉각 유닛의 비교적 작은 영역 및 수용가능한 영역에 포함될 것이기 때문이고, 유닛들의 작은 크기 때문에 단지 비교적 소량의 냉매 충전만이 사용된다. 또한, 이러한 배열은 비교적 저가의 화염 완화 비상 절차(contingency procedure) 및/또는 장치의 사용을 가능하게 할 것인데, 그 이유는 잠재적으로 가연성인 재료를 함유하는 영역이 훨씬 더 작고, 한정되고, 균일하기 때문이다. 그러한 더 가연성인 냉매는 지구 온난화 지수(GWP)가 더 낮을 수 있다. 따라서, 유리하게는, 저 GWP 냉매의 사용을 위한 정부 및 사회의 목표를, 시스템의 안전성을 손상시키지 않고서 충족시킬 수 있으며 잠재적으로는 심지어 능가할 수 있다.
- [0100] 다른 이점은 각각의 제1 냉각 회로(220a, 220b, 220c)가 오직 그들의 각자의 냉각 유닛만 냉각할 수 있다는 점이다. 이는 각각의 제1 냉각 회로(220a, 220b, 220c)에 대한 부하가 비교적 일관되게 유지될 수 있음을 의미한다. 즉, 일관된 조건이 제1 냉각 회로(220)의 응축(231) 및 증발(223) 스테이지에 적용된다. 이는 모세관 또는 오리피스 튜브와 같은 수동 팽창 장치(222)가 사용될 수 있다는 점에서 제1 냉각 회로(220)의 설계의 단순화를 가능하게 한다. 이는 전자 팽창 장치 및 자동 온도 조절(thermostatic) 팽창 밸브가 사용될 필요가 있는 더 복잡한 회로들과는 대조적이다. 그러한 복잡한 장치의 사용이 회피되기 때문에, 비용이 감소될 수 있고 신뢰성이 증가될 수 있다.
- [0101] 더욱이, 중요하게는, 그러한 실시예들에 따른 제2 냉각 회로 내의 만액식 열 교환기의 제공은 제1 회로와 제2 회로 사이의 열 전달을 개선한다. 따라서, 전체 냉각 시스템의 효율이 개선된다.
- [0102] 회로 인터페이스 위치가 다른 회로 인터페이스 위치와 병렬로 결합됨으로써 생길 수 있는 몇몇 이점이 있다. 한 가지 이점은 하나의 회로 인터페이스 위치와 연관되거나 그 위치에서 겪게 되는 결합이 다른 회로 인터페이스 위치에 영향을 주지 않을 것이기 때문에, 시스템에 탄력성(resilience)이 제공된다는 것일 수 있다. 이는 각각의 회로 인터페이스 위치가 제2 냉각 회로의 각자의 분기부에 의해 제공되기 때문이다. 다른 이점은, 각각의 회로 인터페이스 위치 전의 제2 냉매의 온도가 비교적 일관되게 유지될 수 있기 때문에, 제1 냉각 회로와 제2 냉각 회로 사이의 열 전달 효율이 개선된다는 것일 수 있다. 대조적으로, 2개의 회로 인터페이스 위치가 직렬로 결합되면, 제2 냉각 회로 내의 냉매의 온도는 상류측 회로 인터페이스 위치 전보다 하류측 회로 인터페이스 위치 전에 더 높을 수 있다.
- [0103] 전반적으로, 각각의 냉각 회로가 각자의 냉각 유닛 내에 배열되며, 바람직하게는 자립형 냉각 회로로서 배열되는 본 발명에 따른 복수의 제1 냉각 회로들의 제공은, 누출 속도를 감소시키는 것; 전체 냉각 시스템을 단순화하는 것; 그렇지 않으면 안전하지 않은 저 GWP 냉매의 사용을 가능하게 하는 것; 유지보수 및 설치를 개선하는 것; 및 압력 강하를 감소시켜, 시스템 효율을 개선시키는 것과 같은 이점들을 갖는다.
- [0104] 특히, 본 명세서에 기술된 이점들을 고려하여, 본 발명은 캐스케이드식 냉각 시스템을 포함하며, 캐스케이드식 냉각 시스템은, 복수의 제1 냉각 회로들로서, 각각의 제1 냉각 회로는 약 150 이하의 GWP를 갖는 가연성인 제1 냉매, 약 2마력 이하의 정격 마력을 갖는 압축기, 및 상기 제1 냉매가 응축되는 열 교환기를 포함하는, 복수의 제1 냉각 회로들; 및 불연성인 제2 냉매, 및 상기 제1 냉각 응축 온도 미만의 온도에서 상기 제2 냉매가 증발하는 증발기를 포함하는 제2 냉각 회로를 포함하며, 상기 제2 냉매는 상기 제1 냉매로부터 열을 흡수함으로써 상기 열 교환기에서 증발한다.
- [0105] 특히, 본 명세서에 기술된 이점들을 고려하여, 본 발명은 또한 캐스케이드식 냉각 시스템을 포함하며, 캐스케이드식 냉각 시스템은, 복수의 제1 냉각 회로들로서, 각각의 제1 냉각 회로는 약 150 이하의 GWP를 갖는 가연성인 제1 냉매, 약 2마력 이하의 정격 마력을 갖는 압축기, 및 상기 제1 냉매가 응축되는 열 교환기를 포함하는, 복수의 제1 냉각 회로들; 및 최대 약 500의 GWP를 갖는 불연성인 제2 냉매, 및 상기 제1 냉각 응축 온도 미만의 온도에서 상기 제2 냉매가 증발하는 증발기를 포함하는 제2 냉각 회로를 포함하며, 상기 제2 냉매는 상기 제1 냉매로부터 열을 흡수함으로써 상기 열 교환기에서 증발한다.
- [0106] 본 발명은 캐스케이드식 냉각 시스템을 포함하며, 캐스케이드식 냉각 시스템은, 복수의 저온 냉각 회로들로서,

각각의 제1 저온 냉각 회로는 약 150 이하의 GWP를 갖는 가연성인 제1 냉매, 약 2마력 이하의 정격 마력을 갖는 압축기, 및 약 -5℃ 내지 약 -15℃의 온도들의 범위에서 상기 제1 냉매가 응축되는 열 교환기를 포함하는, 복수의 저온 냉각 회로들; 및 불연성 중온 냉매, 및 상기 저온 냉매 응축 온도 미만 그리고 약 -5℃ 내지 약 -15℃의 범위의 온도에서 상기 중온 냉매가 증발하는 증발기를 포함하는 중온 냉각 회로를 포함하며, 상기 중온 냉매는 상기 저온 냉매로부터 열을 흡수함으로써 상기 열 교환기에서 증발한다.

[0107] 본 발명은 캐스케이드식 냉각 시스템을 포함하며, 캐스케이드식 냉각 시스템은, 복수의 저온 냉각 회로들로서, 각각의 제1 저온 냉각 회로는 약 150 이하의 GWP를 갖는 가연성인 제1 냉매, 약 2마력 이하의 정격 마력을 갖는 압축기, 및 약 -5℃ 내지 약 -15℃의 온도들의 범위에서 상기 제1 냉매가 응축되는 열 교환기를 포함하는, 복수의 저온 냉각 회로들; 및 최대 약 500의 GWP를 갖는 불연성인 중온 냉매, 및 상기 저온 냉매 응축 온도 미만 그리고 약 -5℃ 내지 약 -15℃의 범위의 온도에서 상기 중온 냉매가 증발하는 증발기를 포함하는 중온 냉각 회로를 포함하며, 상기 중온 냉매는 상기 저온 냉매로부터 열을 흡수함으로써 상기 열 교환기에서 증발한다.

[0108] 바람직한 실시예들에서, 본 발명은 또한 캐스케이드식 냉각 시스템을 포함하며, 캐스케이드식 냉각 시스템은, 복수의 저온 냉각 회로들로서, 각각의 저온 냉각 회로는 약 150 이하의 GWP를 가지며 적어도 약 50 중량%, 또는 적어도 약 75 중량%, 또는 적어도 95 중량%, 또는 적어도 99 중량%의 R744, R290, R600a, R1270, R1234yf, R1234ze(E), R455A 및 이들의 조합을 포함하는 가연성 저온 냉매, 약 2마력 이하의 정격 마력을 갖는 압축기, 및 약 -5℃ 내지 약 -15℃의 온도들의 범위에서 상기 저온 냉매가 응축되는 열 교환기를 포함하는, 복수의 저온 냉각 회로들; 및 불연성인 중온 냉매, 및 상기 저온 냉매 응축 온도 미만 그리고 약 -5℃ 내지 약 -15℃의 범위의 온도에서 상기 중온 냉매가 증발하는 증발기를 포함하는 중온 냉각 회로를 포함하며, 상기 중온 냉매는 상기 저온 냉매로부터 열을 흡수함으로써 상기 열 교환기에서 증발한다.

[0109] 바람직한 실시예들에서, 본 발명은 또한 캐스케이드식 냉각 시스템을 포함하며, 캐스케이드식 냉각 시스템은, 복수의 저온 냉각 회로들로서, 각각의 저온 냉각 회로는 약 150 이하의 GWP를 가지며 적어도 약 50 중량%, 또는 적어도 약 75 중량%, 또는 적어도 95 중량%, 또는 적어도 99 중량%의 R744, R290, R600a, R1270, R1234yf, R1234ze(E), R455A 및 이들의 조합을 포함하는 가연성 저온 냉매, 약 2마력 이하의 정격 마력을 갖는 압축기, 및 약 -5℃ 내지 약 -15℃의 온도들의 범위에서 상기 저온 냉매가 응축되는 열 교환기를 포함하는, 복수의 저온 냉각 회로들; 및 최대 약 500의 GWP를 갖는 불연성인 중온 냉매, 및 상기 저온 냉매 응축 온도 미만 그리고 약 -5℃ 내지 약 -15℃의 범위의 온도에서 상기 중온 냉매가 증발하는 증발기를 포함하는 중온 냉각 회로를 포함하며, 상기 중온 냉매는 상기 저온 냉매로부터 열을 흡수함으로써 상기 열 교환기에서 증발한다.

[0110] 바람직한 실시예들에서, 본 발명은 또한 캐스케이드식 냉각 시스템을 포함하며, 캐스케이드식 냉각 시스템은, 복수의 저온 냉각 회로들로서, 각각의 저온 냉각 회로는 약 150 이하의 GWP를 가지며 적어도 약 50 중량%, 또는 적어도 약 75 중량%, 또는 적어도 95 중량%, 또는 적어도 99 중량%의 R744, R290, R600a, R1270, R1234yf, R1234ze(E), R455A 및 이들의 조합을 포함하는 가연성 저온 냉매, 약 2마력 이하의 정격 마력을 갖는 압축기, 및 약 -5℃ 내지 약 -15℃의 온도들의 범위에서 상기 저온 냉매가 응축되는 열 교환기를 포함하는, 복수의 저온 냉각 회로들; 및 최대 약 500의 GWP를 가지며 적어도 약 50 중량%, 또는 적어도 약 75 중량%, 또는 적어도 85 중량%의 R1234ze(E)를 포함하는 불연성인 중온 냉매, 및 상기 저온 냉매 응축 온도 미만 그리고 약 -5℃ 내지 약 -15℃의 범위의 온도에서 상기 중온 냉매가 증발하는 증발기를 포함하는 중온 냉각 회로를 포함하며, 상기 중온 냉매는 상기 저온 냉매로부터 열을 흡수함으로써 상기 열 교환기에서 증발한다.

[0111] 바람직한 실시예들에서, 본 발명은 또한 캐스케이드식 냉각 시스템을 포함하며, 캐스케이드식 냉각 시스템은, 복수의 저온 냉각 회로들로서, 각각의 저온 냉각 회로는 약 150 이하의 GWP를 가지며 적어도 약 50 중량%, 또는 적어도 약 75 중량%, 또는 적어도 95 중량%, 또는 적어도 99 중량%의 R744, R290, R600a, R1270, R1234yf, R1234ze(E), R455A 및 이들의 조합을 포함하는 가연성 저온 냉매, 약 3.5 킬로와트 이하의 일 출력(work output)을 갖는 압축기, 및 약 -5℃ 내지 약 -15℃의 온도들의 범위에서 상기 저온 냉매가 응축되는 열 교환기를 포함하는, 복수의 저온 냉각 회로들; 및 최대 약 500의 GWP를 가지며 적어도 약 50 중량%, 또는 적어도 약 75 중량%, 또는 적어도 85 중량%의 R1234ze(E) 및 약 10중량% 내지 약 15중량%의 R227ea를 포함하는 불연성인 중온 냉매, 및 상기 저온 냉매 응축 온도 미만 그리고 약 -5℃ 내지 약 -15℃의 범위의 온도에서 상기 중온 냉매가 증발하는 증발기를 포함하는 중온 냉각 회로를 포함하며, 상기 중온 냉매는 상기 저온 냉매로부터 열을 흡수함으로써 상기 열 교환기에서 증발한다.

[0112] 바람직한 실시예들에서, 본 발명은 또한 캐스케이드식 냉각 시스템을 포함하며, 캐스케이드식 냉각 시스템은, 복수의 저온 냉각 회로들로서, 각각의 저온 냉각 회로는 약 150 이하의 GWP를 가지며 적어도 약 50 중량%, 또는

적어도 약 75 중량%, 또는 적어도 95 중량%, 또는 적어도 99 중량%의 R744, R290, R600a, R1270, R1234yf, R1234ze(E), R455A 및 이들의 조합을 포함하는 가연성 저온 냉매, 약 2마력 이하의 정격 마력을 갖는 압축기, 및 약 -5℃ 내지 약 -15℃의 온도들의 범위에서 상기 저온 냉매가 응축되는 열 교환기를 포함하는, 복수의 저온 냉각 회로들; 및 최대 약 500의 GWP를 가지며 적어도 약 88 중량%의 R1234ze(E) 및 약 12 중량%의 R227ea를 포함하는 불연성인 중온 냉매, 및 상기 저온 냉매 응축 온도 미만 그리고 약 -5℃ 내지 약 -15℃의 범위의 온도에서 상기 중온 냉매가 증발하는 증발기를 포함하는 중온 냉각 회로를 포함하며, 상기 중온 냉매는 상기 저온 냉매로부터 열을 흡수함으로써 상기 열 교환기에서 증발한다.

[0113] 바람직한 실시예들에서, 본 발명은 또한 캐스케이드식 냉각 시스템을 포함하며, 캐스케이드식 냉각 시스템은, 복수의 저온 냉각 회로들로서, 각각의 저온 냉각 회로는 약 150 이하의 GWP를 가지며 적어도 약 50 중량%, 또는 적어도 약 75 중량%, 또는 적어도 95 중량%, 또는 적어도 99 중량%의 R744, R290, R600a, R1270, R1234yf, R1234ze(E), R455A 및 이들의 조합을 포함하는 가연성 저온 냉매, 약 2마력 이하의 정격 마력을 갖는 압축기, 및 약 -5℃ 내지 약 -15℃의 온도들의 범위에서 상기 저온 냉매가 응축되는 열 교환기를 포함하는, 복수의 저온 냉각 회로들; 및 최대 약 500의 GWP를 가지며 적어도 약 70 중량%의 R1234ze(E), R1234yf 또는 이들의 조합을 포함하는 불연성인 중온 냉매, 및 상기 저온 냉매 응축 온도 미만 그리고 약 -5℃ 내지 약 -15℃의 범위의 온도에서 상기 중온 냉매가 증발하는 증발기를 포함하는 중온 냉각 회로를 포함하며, 상기 중온 냉매는 상기 저온 냉매로부터 열을 흡수함으로써 상기 열 교환기에서 증발한다.

[0114] 바람직한 실시예들에서, 본 발명은 또한 캐스케이드식 냉각 시스템을 포함하며, 캐스케이드식 냉각 시스템은, 복수의 저온 냉각 회로들로서, 각각의 저온 냉각 회로는 약 150 이하의 GWP를 가지며 적어도 약 50 중량%, 또는 적어도 약 75 중량%, 또는 적어도 95 중량%, 또는 적어도 99 중량%의 R744, R290, R600a, R1270, R1234yf, R1234ze(E), R455A 및 이들의 조합을 포함하는 가연성 저온 냉매, 약 2마력 이하의 정격 마력을 갖는 압축기, 및 약 -5℃ 내지 약 -15℃의 온도들의 범위에서 상기 저온 냉매가 응축되는 열 교환기를 포함하는, 복수의 저온 냉각 회로들; 및 최대 약 500의 GWP를 가지며 적어도 약 70 중량%의 R1234ze(E), R1234yf 또는 이들의 조합을 포함하고 R1233zd(E) 및 CF3I 중 하나 이상을 추가로 포함하는 불연성인 중온 냉매, 및 상기 저온 냉매 응축 온도 미만 그리고 약 -5℃ 내지 약 -15℃의 범위의 온도에서 상기 중온 냉매가 증발하는 증발기를 포함하는 중온 냉각 회로를 포함하며, 상기 중온 냉매는 상기 저온 냉매로부터 열을 흡수함으로써 상기 열 교환기에서 증발한다.

[0115] 캐스케이드식 냉각 시스템 - 대안들

[0116] 본 명세서에 포함된 교시 내용을 고려하여 당업자에게 이해되는 바와 같이, 임의의 수의 제1 냉각 회로들(220)이 있을 수 있다. 특히, 냉각될 냉각 유닛들만큼 많은 제1 냉각 회로들(220)이 있을 수 있다. 따라서, 제2 냉각 회로(210)는 임의의 수의 제1 냉각 회로들(220)과 인터페이스될 수 있다.

[0117] 본 명세서에 포함된 교시 내용을 고려하여 당업자에게 명백한 바와 같이, 임의의 수와 배열의 중온 냉각 분기부들(217) 및 증발기들(218)이 있을 수 있다.

[0118] 대안적인 배열에서, 각각의 제1 냉각 회로(220)는 각각의 다른 제1 냉각 회로(220)와 완전히 병렬로 배열될 수 있다. 그러한 배열의 예가 도 3에 도시된다. 도 3은 각각의 회로 인터페이스 위치(231a, 231b, 231c)가 각각의 다른 회로 인터페이스 위치(231a, 231b, 231c)와 완전히 병렬로 배열되어 있는 시스템(300)을 도시한다. 시스템(300)의 구성요소들은 그 외에는 (도 2를 참조하여 기술된) 시스템(200)에서와 동일하며, 시스템(300)의 구성요소들은 시스템(200)과 실질적으로 동일한 방식으로 기능하지만, 전체 시스템의 성능 및 전체 시스템의 다른 중요한 특징들이 배열에서의 이러한 변화에 의해 상당히 영향을 받을 수 있음이 이해될 것이다.

[0119] 유용하게, 이는 제2 냉각 회로(210)로부터의 냉매의 주어진 일부분이, 그것이 압축기(211)로 복귀되기 전에 하나의 열 교환기(230)만을 통과하는 것을 의미한다. 따라서, 이러한 배열은 열 교환기(230)의 각각이 대략 동일한 온도의 제2 냉매를 수용할 것을 보장하는데, 이러한 배열은, 직렬 배열의 경우에 그러한 바와 같이, 상류측 열 교환기를 통과한 결과로서 예비-가온된 냉매의 일부분을 임의의 열 교환기가 수용하는 것을 방지하기 때문이다.

[0120] 본 명세서에 포함된 교시 내용을 고려하여 당업자에게 명백한 바와 같이, 하나의 그리고 제2 냉각 회로(210)에 대한 회로 인터페이스 위치(231a, 231b, 231c)의 다수의 다른 배열이 달성될 수 있으며 실제로 예견된다.

[0121] 본 명세서에 포함된 교시 내용을 고려하여 당업자에게 명백한 바와 같이, 바람직한 모듈식 제1 냉각 회로 설계에 의해, 본 발명의 바람직한 실시예들의 냉각 시스템은 제2 냉각 회로(210)에서 상대적으로 낮은 GWP를 갖는

불연성 저압 냉매의 사용을 가능하게 한다. 또한, 본 발명의 바람직한 시스템들은 제1 냉각 회로에서 낮은 GWP를 갖는 가연성 저압 냉매의 비교적 안전하고 효율적인 사용이라는 예상치 못한 결과를 이루며, 이에 의해, 환경 영향이 감소되고, 우수한 환경 특성, 우수한 안전성 특성, 및 개선된 시스템 효율을 갖는 냉각 시스템을 제공한다.

[0122] 만액식 증발기를 갖는 캐스케이드식 냉각 시스템

[0123] 본 발명의 바람직한 냉각 시스템이 예시되며, 이제 도 4를 참조하여 기술될 것이다.

[0124] 도 4는 액체 제2 냉매를 전달하여 결과적으로 제1 냉각 회로에서 만액식 증발기 동작이 일어나게 하는 수용기를 갖는 제2 냉각 회로(410)를 갖는 캐스케이드식 냉각 시스템(400)을 개략적으로 도시한다. 보다 구체적으로, 도 4는 2개의 제1 냉각 회로들(420a, 420b)을 갖는 냉각 시스템(400)을 도시한다. 제1 냉각 회로들(420a, 420b)의 각각은 증발기(423), 압축기(421), 열 교환기(430) 및 팽창 밸브(422)를 갖는다. 각각의 회로(420a, 420b)에서, 증발기(423), 압축기(421), 열 교환기(430) 및 팽창 밸브(422)는 열거된 순서로 서로 직렬로 연결된다. 제1 냉각 회로들(420a, 420b)의 각각은 각자의 냉각 유닛(도시되지 않음) 내에 제공된다. 이러한 예에서, 각각의 냉각 유닛은 냉동고 유닛이고, 이러한 냉동고 유닛은 그의 각자의 제1 냉각 회로를 수용한다. 이러한 방식으로, 자립형이고 전용인 냉각 회로가 각각의 냉각 유닛에 제공된다. 냉각 유닛들(도시되지 않음), 및 따라서 제1 냉각 회로들(420a, 420b)은 슈퍼마켓의 매장(462) 상에 위치된다.

[0125] 이러한 예에서, 제1 냉각 회로들(420a, 420b) 내의 냉매는 R744, 탄화수소(R290, R600a, R1270), R1234yf, R1234ze(E) 또는 R455A와 같은 저 GWP 냉매이다. 당업자에게 이해되는 바와 같이, 제1 냉각 회로들(420a, 420b)의 각각 내의 냉매는 다른 제1 냉각 회로들(420a, 420b) 내의 냉매와 동일하거나 상이할 수 있다.

[0126] 냉각 시스템(400)은 또한 제2 냉각 회로(410)를 갖는다. 제2 냉각 회로(410)는 압축기 분기부(450) 및 주위 냉각 분기부(451)를 갖는다. 압축기 분기부(450)는 주위 냉각 분기부(451)와 병렬로 연결된다.

[0127] 압축기 분기부(450)는 압축기(411), 응축기(413), 팽창 밸브(418) 및 수용기(414)를 갖는다. 압축기(411), 응축기(413) 및 팽창 밸브(418)는 직렬로 그리고 주어진 순서로 연결된다. 수용기(414)는 압축기(411) 입구와 팽창 밸브(418) 출구 사이에 연결된다. 주위 냉각 분기부(451)는 냉각기(452)를 갖는다.

[0128] 압축기 분기부(450) 및 주위 냉각 분기부(451)는 제1 제어가능 밸브(440) 및 제2 제어가능 밸브(441)에 의해 병렬로 연결된다. 제어가능 밸브들(440, 441)은 압축기 분기부(450) 및 주위 냉각 분기부(451)의 각각에서 유동하는 냉매의 양이 제어가능하도록 제어가능하다. 제1 제어 밸브(440)는 펌프(442)와 직렬로 연결된다.

[0129] 제2 냉각 회로(410)는 또한 서로 병렬로 연결되는 2개의 추가의 분기부들 즉, 중온 냉각 분기부(417) 및 저온 냉각 분기부(416)를 갖는다. 중온 냉각 분기부(417) 및 저온 냉각 분기부(416)는 펌프(442)와 제2 제어가능 밸브(441) 사이에 연결된다.

[0130] 중온 냉각 분기부(417)는 증발기(419)를 갖는다. 저온 냉각 분기부(416)는 각자의 회로 인터페이스 위치(431a, 431b)에서 제1 냉각 회로들(420a, 420b)의 열 교환기들(430a, 430b)의 각각과 인터페이스한다. 회로 인터페이스 위치들(431a, 431b)의 각각은 다른 회로 인터페이스 위치(431a, 431b)와 직렬-병렬 조합으로 되어 있다.

[0131] 제2 냉각 회로(410)는 매장(462), 기계실(461) 및 지붕(440) 사이에서 회로를 연장하는 구성요소들을 포함한다. 중온 냉각 회로(410)의 저온 냉각 분기부(416) 및 중온 냉각 분기부(417)는 바람직하게는 주로 매장(462) 상에 위치된다. 주로 매장(462) 상에 배열된다 함은, 회로 위치들(431a, 431b) 및 증발기(419)가 매장(462) 상에 또는 그에 매우 근접하게 배열됨을 의미한다. 그러나 저온 냉각 분기부(416)와 중온 냉각 분기부(417) 사이의 연결부 및 저온 냉각 분기부(416)와 중온 냉각 분기부(417)의 파이프 일부는 기계실(461) 내에 위치된다.

[0132] 압축기 분기부(450)는 기계실(461)과 지붕(460) 사이에서 분기부를 연장하는 구성요소들을 포함한다. 보다 구체적으로, 압축기(411), 팽창 밸브(418) 및 만액식 수용기(414)는 기계실(461) 내에 위치된다. 응축기(413)는 지붕(460) 위와 같은 주위 공기에 대한 용이한 접근이 가능한 곳에 위치된다.

[0133] 주위 냉각 분기부(450)는 기계실(461)과 지붕(460) 사이에서 분기부를 연장하는 구성요소들을 포함한다. 냉각기(452)는 또한 지붕(603) 위와 같은 주위 공기에 대한 용이한 접근이 가능한 곳에 위치된다.

[0134] 제1 제어가능 밸브(440) 및 제2 제어가능 밸브(441)는 기계실(461) 내에 위치된다. 펌프(442)는 기계실(442) 내에 위치된다.

[0135] 이러한 예에서, 제2 냉각 회로(410) 내의 냉매는 상술된 바와 같이 R515A이다.

- [0136] 구조적으로 상이하지만, 사용 시에, 냉각 시스템(400)은 냉각 시스템(200)과 유사한 방식으로 동작하되 하기의 주요 차이들을 갖는다.
- [0137] 첫째로, 냉각 시스템(400) 내의 제2 냉각 회로(410) 내의 수용기는 결과적으로 증발기들(419, 430a, 430b)이 만액식 증발기가 되게 하는데, 즉, 냉매는 액체로서 증발기로 들어가고, 액체 냉매의 일부는 가스로 완전히 증발되지 않으며, 이는 증발기에서 본질적으로 과열이 일어나지 않음을 의미한다. 얼마나 많은 냉매가 액체로 남아 있는지는 시스템(400)의 작동 조건들에 좌우된다. 냉각 시스템(400)의 하나의 특징은 수용기(414)이다. 수용기(414)는 가스 및 액체 냉매가 팽창 밸브(418)를 통과한 후에 이를 분리하여, 냉매가 중온 냉각 분기부(417) 및 저온 냉각 분기부(416)로 통과하고, 그에 따라 증발기(419) 및 열 교환기들(430a, 430b)로 통과하여 본질적으로 100% 액체가 되도록 배열된다. 냉각 시스템(400)의 다른 주요 특징은 펌프(442)이다. 펌프(442)는 냉매를 중온 냉각 분기부(417) 및 저온 냉각 분기부(416)로 이동시킨다. 대안적인 시스템 배열들에서, 냉매의 액체와 가스 상 사이의 밀도 차이가 시스템을 구동하며 펌프 또는 팬(fan)이 요구되지 않는다.
- [0138] 본 개시내용에 포함된 개시 및 교시 내용에 기초하여 당업자에게 이해되는 바와 같이, 예를 들어 시스템(400)에서 개시된 바와 같이, 본 발명에 따른 만액식 증발기를 사용하는 냉각 배열을 사용하는 것과 연관된 몇몇 이점이 있다. 본 출원인은 하나의 그러한 이점이 예상치 못한 성능 계수(COP)의 개선이라는 것을 발견했다. 임의의 특정 이론에 구애됨이 없이, 예상치 못한 이러한 이점은 부분적으로는, 시스템이 냉매가 압축기로 들어가기 전에 냉매를 과열시키는 동작을 가능하게 하기 때문에 더 적은 압축기(411) 작업이 요구되고, 제2 냉각 회로(410)의 냉각 능력이 개선되기 때문에 발생하는 것으로 여겨진다.
- [0139] 냉각 시스템(200)과 비교하여 냉각 시스템(400)이 동작하는 방식의 제2 차이는 주위 냉각 분기부(451) 및 제어 가능 밸브들(440, 441)의 제공에 있다. 주위 냉각 분기부(451)는 주위 온도가 냉매를 냉각시키기에 충분히 낮을 때 압축기 분기부(450)가 우회되게 한다. 이는 주위 공기 온도에 대한 냉매의 최대 노출을 제공하기 위해 주위 냉각 분기부(451)를 지붕(460)으로 라우팅함으로써 달성된다. 이는 때때로 동절기 동작(winter operation)으로 불린다. 유용하게, 이는 제2 냉각 회로(410)에서의 본질적으로 자유로운 냉매의 냉각을 제공한다. 명백히, 이는 압축기 분기부(450)를 작동시키는 것과 비교하여 에너지 소비가 크게 감소되기 때문에 비용 및 환경 관점 둘 모두에서 유리하다.
- [0140] 편의상, 용어 "만액식 시스템", "만액식 캐스케이드 시스템", 등은 상기 제1 냉매(바람직하게는 저온 냉매)를 응축시키기 위한 제1 냉각 회로(바람직하게는 저온 회로) 내의 열 교환기들 중 적어도 하나, 그리고 바람직하게는 전부가 제2 냉매(바람직하게는, 중온 냉매)를 위한 만액식 증발기들인 본 개시내용의 시스템들을 지칭한다. 바람직한 실시예들에서, 중온 증발기는 또한 만액식 증발기이다. 캐스케이드식 냉각 시스템과 관련하여 기술된 잠재적인 이점들은 만액식 캐스케이드식 냉각 시스템에 동일하게 잘 적용되고, 만액식 캐스케이드식 냉각 시스템 및 비-만액식 캐스케이드식 냉각 시스템을 기술하는 데 사용되는 용어들은 필적한다(comparable).
- [0141] 만액식 캐스케이드식 냉각 시스템의 추가의 이점들은 다음을 포함할 수 있다: 주위 냉각 분기부의 활용으로 인한 에너지 소비 감소(동절기 동작); 열 교환기들 및 증발기들의 만액식 동작으로 인한 이들에서의 개선된 열전달 성능; 회로 내의 펌프의 제공으로 인해 자동 온도 조절 팽창 밸브들이 요구되지 않음; 및 제2 냉각 회로가 저압 냉매에 적합함으로 인해 이를 제조하는 데 저가의 재료가 사용될 수 있음.
- [0142] 특히, 본 명세서에 기술된 이점들을 고려하여, 본 발명은 캐스케이드식 냉각 시스템을 포함하며, 캐스케이드식 냉각 시스템은, 복수의 제1 냉각 회로들로서, 각각의 제1 냉각 회로는 약 150 이하의 GWP를 갖는 가연성인 제1 냉매, 약 2마력 이하의 정격 마력을 갖는 압축기, 및 상기 제1 냉매가 응축되는 열 교환기를 포함하는, 복수의 제1 냉각 회로들; 및 불연성인 제2 냉매, 및 상기 제1 냉각 응축 온도 미만의 온도에서 상기 제2 냉매가 증발하는 만액식 증발기를 포함하는 제2 냉각 회로를 포함하며, 상기 제2 냉매는 상기 제1 냉매로부터 열을 흡수함으로써 상기 열 교환기에서 증발한다.
- [0143] 특히, 본 명세서에 기술된 이점들을 고려하여, 본 발명은 또한 캐스케이드식 냉각 시스템을 포함하며, 캐스케이드식 냉각 시스템은, 복수의 제1 냉각 회로들로서, 각각의 제1 냉각 회로는 약 150 이하의 GWP를 갖는 가연성인 제1 냉매, 약 2마력 이하의 정격 마력을 갖는 압축기, 및 상기 제1 냉매가 응축되는 열 교환기를 포함하는, 복수의 제1 냉각 회로들; 및 최대 약 500의 GWP를 갖는 불연성인 제2 냉매, 및 상기 제1 냉각 응축 온도 미만의 온도에서 상기 제2 냉매가 증발하는 만액식 증발기를 포함하는 제2 냉각 회로를 포함하며, 상기 제2 냉매는 상기 제1 냉매로부터 열을 흡수함으로써 상기 열 교환기에서 증발한다.
- [0144] 본 발명은 캐스케이드식 냉각 시스템을 포함하며, 캐스케이드식 냉각 시스템은, 복수의 저온 냉각 회로들로서,

각각의 제1 저온 냉각 회로는 약 150 이하의 GWP를 갖는 가연성인 제1 냉매, 약 2마력 이하의 정격 마력을 갖는 압축기, 및 약 -5℃ 내지 약 -15℃의 온도들의 범위에서 상기 제1 냉매가 응축되는 열 교환기를 포함하는, 복수의 저온 냉각 회로들; 및 불연성 중온 냉매, 및 상기 저온 냉매 응축 온도 미만 그리고 약 -5℃ 내지 약 -15℃의 범위의 온도에서 상기 중온 냉매가 증발하는 만액식 증발기를 포함하는 중온 냉각 회로를 포함하며, 상기 중온 냉매는 상기 저온 냉매로부터 열을 흡수함으로써 상기 열 교환기에서 증발한다.

[0145] 본 발명은 캐스케이드식 냉각 시스템을 포함하며, 캐스케이드식 냉각 시스템은, 복수의 저온 냉각 회로들로서, 각각의 제1 저온 냉각 회로는 약 150 이하의 GWP를 갖는 가연성인 제1 냉매, 약 2마력 이하의 정격 마력을 갖는 압축기, 및 약 -5℃ 내지 약 -15℃의 온도들의 범위에서 상기 제1 냉매가 응축되는 열 교환기를 포함하는, 복수의 저온 냉각 회로들; 및 최대 약 500의 GWP를 갖는 불연성인 중온 냉매, 및 상기 저온 냉매 응축 온도 미만 그리고 약 -5℃ 내지 약 -15℃의 범위의 온도에서 상기 중온 냉매가 증발하는 만액식 증발기를 포함하는 중온 냉각 회로를 포함하며, 상기 중온 냉매는 상기 저온 냉매로부터 열을 흡수함으로써 상기 열 교환기에서 증발한다.

[0146] 바람직한 실시예들에서, 본 발명은 또한 캐스케이드식 냉각 시스템을 포함하며, 캐스케이드식 냉각 시스템은, 복수의 저온 냉각 회로들로서, 각각의 저온 냉각 회로는 약 150 이하의 GWP를 가지며 적어도 약 50 중량%, 또는 적어도 약 75 중량%, 또는 적어도 95 중량%, 또는 적어도 99 중량%의 R744, R290, R600a, R1270, R1234yf, R1234ze(E), R455A 및 이들의 조합을 포함하는 가연성 저온 냉매, 약 2마력 이하의 정격 마력을 갖는 압축기, 및 약 -5℃ 내지 약 -15℃의 온도들의 범위에서 상기 저온 냉매가 응축되는 열 교환기를 포함하는, 복수의 저온 냉각 회로들; 및 불연성인 중온 냉매, 및 상기 저온 냉매 응축 온도 미만 그리고 약 -5℃ 내지 약 -15℃의 범위의 온도에서 상기 중온 냉매가 증발하는 만액식 증발기를 포함하는 중온 냉각 회로를 포함하며, 상기 중온 냉매는 상기 저온 냉매로부터 열을 흡수함으로써 상기 열 교환기에서 증발한다.

[0147] 바람직한 실시예들에서, 본 발명은 또한 캐스케이드식 냉각 시스템을 포함하며, 캐스케이드식 냉각 시스템은, 복수의 저온 냉각 회로들로서, 각각의 저온 냉각 회로는 약 150 이하의 GWP를 가지며 적어도 약 50 중량%, 또는 적어도 약 75 중량%, 또는 적어도 95 중량%, 또는 적어도 99 중량%의 R744, R290, R600a, R1270, R1234yf, R1234ze(E), R455A 및 이들의 조합을 포함하는 가연성 저온 냉매, 약 2마력 이하의 정격 마력을 갖는 압축기, 및 약 -5℃ 내지 약 -15℃의 온도들의 범위에서 상기 저온 냉매가 응축되는 열 교환기를 포함하는, 복수의 저온 냉각 회로들; 및 최대 약 500의 GWP를 갖는 불연성인 중온 냉매, 및 상기 저온 냉매 응축 온도 미만 그리고 약 -5℃ 내지 약 -15℃의 범위의 온도에서 상기 중온 냉매가 증발하는 만액식 증발기를 포함하는 중온 냉각 회로를 포함하며, 상기 중온 냉매는 상기 저온 냉매로부터 열을 흡수함으로써 상기 열 교환기에서 증발한다.

[0148] 바람직한 실시예들에서, 본 발명은 또한 캐스케이드식 냉각 시스템을 포함하며, 캐스케이드식 냉각 시스템은, 복수의 저온 냉각 회로들로서, 각각의 저온 냉각 회로는 약 150 이하의 GWP를 가지며 적어도 약 50 중량%, 또는 적어도 약 75 중량%, 또는 적어도 95 중량%, 또는 적어도 99 중량%의 R744, R290, R600a, R1270, R1234yf, R1234ze(E), R455A 및 이들의 조합을 포함하는 가연성 저온 냉매, 약 2마력 이하의 정격 마력을 갖는 압축기, 및 약 -5℃ 내지 약 -15℃의 온도들의 범위에서 상기 저온 냉매가 응축되는 열 교환기를 포함하는, 복수의 저온 냉각 회로들; 및 최대 약 500의 GWP를 가지며 적어도 약 50 중량%, 또는 적어도 약 75 중량%, 또는 적어도 85 중량%의 R1234ze(E)를 포함하는 불연성인 중온 냉매, 및 상기 저온 냉매 응축 온도 미만 그리고 약 -5℃ 내지 약 -15℃의 범위의 온도에서 상기 중온 냉매가 증발하는 만액식 증발기를 포함하는 중온 냉각 회로를 포함하며, 상기 중온 냉매는 상기 저온 냉매로부터 열을 흡수함으로써 상기 열 교환기에서 증발한다.

[0149] 바람직한 실시예들에서, 본 발명은 또한 캐스케이드식 냉각 시스템을 포함하며, 캐스케이드식 냉각 시스템은, 복수의 저온 냉각 회로들로서, 각각의 저온 냉각 회로는 약 150 이하의 GWP를 가지며 적어도 약 50 중량%, 또는 적어도 약 75 중량%, 또는 적어도 95 중량%, 또는 적어도 99 중량%의 R744, R290, R600a, R1270, R1234yf, R1234ze(E), R455A 및 이들의 조합을 포함하는 가연성 저온 냉매, 약 2마력 이하의 정격 마력을 갖는 압축기, 및 약 -5℃ 내지 약 -15℃의 온도들의 범위에서 상기 저온 냉매가 응축되는 열 교환기를 포함하는, 복수의 저온 냉각 회로들; 및 최대 약 500의 GWP를 가지며 적어도 약 50 중량%, 또는 적어도 약 75 중량%, 또는 적어도 85 중량%의 R1234ze(E) 및 약 10중량% 내지 약 15중량%의 R227ea를 포함하는 불연성인 중온 냉매, 및 상기 저온 냉매 응축 온도 미만 그리고 약 -5℃ 내지 약 -15℃의 범위의 온도에서 상기 중온 냉매가 증발하는 만액식 증발기를 포함하는 중온 냉각 회로를 포함하며, 상기 중온 냉매는 상기 저온 냉매로부터 열을 흡수함으로써 상기 열 교환기에서 증발한다.

[0150] 바람직한 실시예들에서, 본 발명은 또한 캐스케이드식 냉각 시스템을 포함하며, 캐스케이드식 냉각 시스템은, 복수의 저온 냉각 회로들로서, 각각의 저온 냉각 회로는 약 150 이하의 GWP를 가지며 적어도 약 50 중량%, 또는

적어도 약 75 중량%, 또는 적어도 95 중량%, 또는 적어도 99 중량%의 R744, R290, R600a, R1270, R1234yf, R1234ze(E), R455A 및 이들의 조합을 포함하는 가연성 저온 냉매, 약 2마력 이하의 정격 마력을 갖는 압축기, 및 약 -5℃ 내지 약 -15℃의 온도들의 범위에서 상기 저온 냉매가 응축되는 열 교환기를 포함하는, 복수의 저온 냉각 회로들; 및 최대 약 500의 GWP를 가지며 적어도 약 88 중량%의 R1234ze(E) 및 약 12 중량%의 R227ea를 포함하는 불연성인 중온 냉매, 및 상기 저온 냉매 응축 온도 미만 그리고 약 -5℃ 내지 약 -15℃의 범위의 온도에서 상기 중온 냉매가 증발하는 만액식 증발기를 포함하는 중온 냉각 회로를 포함하며, 상기 중온 냉매는 상기 저온 냉매로부터 열을 흡수함으로써 상기 열 교환기에서 증발한다.

[0151] 만액식 캐스케이드식 냉각 시스템 - 대안들

[0152] 캐스케이드식 냉각 시스템과 관련하여 상술된 대안들은 만액식 캐스케이드식 냉각 시스템에 동일하게 잘 적용되고, 제1 냉각 회로 및 제2 냉각 회로, 회로 인터페이스 위치 및 열 교환기는 필적한다. 다른 대안들로는 주위 냉각 분기부(451)의 생략 및/또는 만액식 시스템의 직접 팽창 시스템으로의 복귀를 포함한다.

[0153] 예상되는 시스템(400)의 더 추가의 변경은 주위 냉각 분기부(451)가 전체 압축기 분기부가 아닌 다만 압축기(411)만 우회하도록 짧아지고 단순화되는 것이다. 이러한 배열이 도 4a에 도시되어 있다.

[0154] 도 4a는 도 4를 참조하여 기술된 것과 대체로 동일하되 다음과 같은 예외를 갖는 냉각 시스템(400)을 도시한다:

[0155] - 도 4의 냉각기(452)는 더 이상 요구되지 않기 때문에 존재하지 않는다.

[0156] 이는 주위 냉각 분기부(451)가 더 이상 냉각기(413)를 우회하지 않고, 따라서 그 자신의 전용 냉각기를 요구하지 않기 때문이다.

[0157] - 제1 제어가능 밸브(440)는 더 이상 요구되지 않기 때문에 존재하지 않는다. 이는 주위 냉각 분기부(451)로부터의 냉매가 기부들의 연결부를 만나기보다는 냉각기(413) 라인 내로 단순히 공급되기 때문이다.

[0158] - 주위 냉각 분기부(451)는 제2 제어가능 밸브(441)와 압축기(411)와 냉각기(413) 사이의 라인 사이의 압축기(411)와 병렬로 연결된다.

[0159] 유리하게는, 단축된 주위 냉각 분기부의 사용, 즉 분기부가 액체 냉매를 수용기 출구로부터 응축기 입구로 라우팅하는 것은: 첫째로, 수용기 펌프의 입구에서의 냉각기 및 제1 제어가능 밸브가 더 이상 요구되지 않으므로 간소화된 회로; 및 둘째로, 주변 냉각 분기부에 대한 여분의 배관의 양 및 구성요소들의 수가 감소되어 재료 비용을 감소시키기 때문에 더 낮은 회로 비용을 이루게 한다.

[0160] 본 명세서에 포함된 교시 내용을 고려하여 당업자에게 명백한 바와 같이, 바람직한 모듈식 제1 냉각 회로 설계에 의해, 본 발명의 바람직한 실시예들의 냉각 시스템은 제2 냉각 회로에서 상대적으로 낮은 GWP를 갖는 불연성 저압 냉매의 사용을 가능하게 한다. 또한, 시스템(400)은 제1 냉각 회로들에서 낮은 GWP를 갖는 가연성 저압 냉매를 사용할 수 있게 한다. 추가로 또한, 주위 냉각 분기부의 사용에 의해, 시스템은 감소된 에너지 사용량을 제공한다. 여전히 또한 추가로, 그의 만액식 설계에 의해, 시스템은 개선된 시스템 효율을 전달한다.

[0161] 따라서, 감소된 GWP 냉매의 사용, 감소된 에너지 사용량 및 개선된 시스템 효율에 의해 감소된 환경 영향의 냉각 시스템이 제공된다.

[0162] 흡입 라인 열 교환기

[0163] 본 개시내용의 일부를 형성하는 시스템들 중 임의의 시스템의 추가의 가능한 변경은 임의의 수의 자립형 냉각 회로들이 흡입 라인 열 교환기(suction line heat exchanger, SLHX)를 포함할 수 있는 것이다.

[0164] 보다 구체적으로, 시스템(200)의 제1 냉각 회로들(220a, 220b, 220c) 중 임의의 것이 SLHX를 포함할 수 있고; 제1 냉각 회로들(420a, 420b) 중 임의의 것이 SLHX를 포함할 수 있다. 비교를 위해, 도 7a는 SLHX가 없는 냉각 회로(700)를 도시하는 반면; 도 7b는 SLHX(760)를 갖는 냉각 회로(750)를 도시한다.

[0165] 도 7a의 회로(700)는 압축기(710), 열 교환기(720), 팽창 밸브(730) 및 증발기(740)를 갖는다. 압축기(710), 열 교환기(720), 팽창 밸브(730) 및 증발기(740)는 직렬로 그리고 열거된 순서로 연결된다. 사용 시에, 냉각 회로(700)는 앞서 기술된 바와 같이 기능한다.

[0166] 도 7b의 회로(750)는 회로(700)와 동일한 구성요소들 및 이에 더해 추가의 SLHX(760)를 갖는다. SLHX는 증발기(740)와 압축기(710)를 연결하는 라인과 열 교환기(720)와 팽창 밸브(730)를 연결하는 라인 사이의 열 교환 인터페이스를 제공한다. 다시 말하면, SLHX(760)는 증발기(740)와 압축기(710)를 연결하는 라인(본 명세서에서

증기 라인으로 지칭됨)과 열 교환기(720)와 팽창 밸브(730)를 연결하는 라인(본 명세서에서 액체 라인으로 지칭됨) 사이에 위치된다.

[0167] 사용 시에, SLHX는 열 교환기(720) 이후의 액체 라인으로부터 증발기(740) 이후의 증기 라인으로 열을 전달한다. 이는 결과적으로 2가지 효과, 즉 회로(700)의 효율을 향상시키는 제1 효과; 및 회로(700)의 효율을 감소시키는 제2 효과가 일어나게 한다.

[0168] 첫째로, 유리하게는, 액체 라인 측 - 측, 고압 측 -에서, 액체 냉매의 과냉각이 증가된다. 이는, 액체 팽창 측으로 여분의 열이 배출되고, 이는 팽창 밸브(730)에 들어가는 냉매의 온도를 감소시키기 때문이다. 이러한 추가의 과냉각은 팽창 밸브(730) 공정 이후 증발기(740)에서의 더 낮은 입구 품질로 이어진다. 이는 엔탈피(enthalpy) 차이를 증가시키며, 따라서 증발기(740) 스테이지에서 열을 흡수하는 냉매의 용량이 증가된다. 따라서, 증발기(740)의 성능이 개선된다.

[0169] 둘째로, 불리하게는, 증기라인 측 - 측, 저압 측 -에서, 증발기(740)를 빠져나가는 냉매는 액체 라인으로부터 여분의 열을 수용하며, 이는 과열을 효과적으로 증가시킨다. 이는 더 높은 흡입 라인 온도를 초래한다. 압축기(710)로의 보다 높은 흡입 라인 온도의 결과로서, 압축 공정의 엔탈피 차이가 증가한다. 이는 냉매를 압축하는 데 요구되는 압축기 전력을 증가시킨다. 따라서, 이는 시스템 성능에 해로운 영향을 미친다.

[0170] 요약하면, SLHX의 도입이 전체적인 유익한 효과를 가져오는지 여부를 결정하려면, 개선된 증발기 용량 및 개선된 압축기 전력 요건의 제1 효과 및 제2 효과 모두가 고려될 필요가 있다. R717과 같은 소정의 냉매의 경우, SLHX의 사용은 시스템 효율의 전체적인 감소를 초래한다. 그러나, 대조적으로, SLHX의 사용은 본 명세서에서 시스템들(200, 300)로서 도면에 예시된 유형의 시스템들에서 전체적으로 긍정적인 효과로 이어진다.

[0171] **지원 데이터**

[0172] 본 개시내용의 다양한 배열들의 기술적 효과들을 증명하고 당업자가 다양한 배열들을 실행하는 것을 돕고자 하는 데이터가 이제 제시될 것이다.

[0173] 표 1은 냉각 시스템 내의 다양한 비율의 R515A 및 R744 냉매에 대한 전체 GWP를 도시한 것으로, 1은 최대 조합 값, 즉 100% 이다. 제5차 기후 변화에 관한 정부간 패널(5th Intergovernmental Panel on Climate Change)에 따르면, R515A는 GWP가 403이고, R755는 GWP가 1이다. 결과적으로, 0의 비율 R515A 및 1의 비율 R744에 대한 전체 GWP 는 $[(1 \times 1) = 1]$ 로서 1 이다. 역으로, 0.05의 비율 R515A 및 0.95의 비율 R755에 대한 전체 GWP는 21.1 인데, 그 이유는 $[(0.05 \times 403) + (0.95 \times 1) = 21.1]$ 이기 때문이다. 이러한 방식으로, 표 1은 GWP 기준들을 고려한 총진비 제한들을 도시한다.

[0174] [표 1]

R515A	R744	전체 GWP
0	1	1
0.05	0.95	21.1
0.1	0.9	41.2
0.15	0.85	61.3
0.2	0.8	81.4
0.25	0.75	101.5
0.3	0.7	121.6
0.31	0.69	125.62
0.32	0.68	129.64
0.33	0.67	133.66
0.34	0.66	137.68
0.35	0.65	141.7
0.36	0.64	145.72
0.37	0.63	149.74
0.38	0.62	153.76
0.39	0.61	157.78
0.4	0.6	161.8
0.5	0.5	202
0.6	0.4	242.2
0.7	0.3	282.4
0.8	0.2	322.6
0.9	0.1	362.8
1	0	403

[0175]

[0176] 도 6은 표 1의 데이터를 그래픽 형태로 도시한다. R515A의 비율이 x-축 상에 도시되며, 전체 GWP가 y-축 상에 도시된다. 이 그래프로부터, R515A의 비율이 증가함에 따라 시스템에 대한 GWP도 같이 증가하여, R515A와 R744의 상대적인 비율과 GWP 사이에 정비례 관계가 있음이 명백하다. 이는 R515A가 R744 보다 훨씬 더 높은 GWP를

갖기 때문이며, 정비레 관계는 0의 비율 R515A에서 1 GWP 로부터 1의 비율 R515A에서 약 400 GWP까지 이어지는 그래프 상의 직선으로 도시된다. 바람직한 실시예들에서 최대 허용 시스템 GWP인 150이 약 0.35의 중량 비율의 R515A에서 발견된다는 것이 이 그래프로부터 명백하다.

[0177] 표 2는 R1233zd(E) 냉매; 50 중량%의 비율의 R1233zd(E)와 50 중량%의 비율의 R1234ze의 블렌드; 및 33 중량%의 R1233zd(E)와 67 중량%의 R1234ze의 블렌드에 대한 다양한 비등 온도들에서의 비등 압력들을 도시한다.

[0178] [표 2]

냉매	증발기 온도 (°C)	증발기 압력 (bar)
R1233zd	-1	0.46
	5	0.60
	10	0.73
R1233zd/R1234ze (50%/50%)	-1	1.02
	5	1.29
	10	1.55
R1233zd/R1234ze (33%/67%)	-12	1.00
	-1	1.27
	5	1.60
	10	1.92

[0179]

[0180] 시험 냉각 시스템은 실내 냉매를 이용해 동작된다. R1233zd(E)는 transHCF0-1233zd이고 R1234ze는 transHFO-1234ze이다.

[0181] 표 2의 결과들은 실내 회로가 1 기압 초과 압력 하에서 동작하게 허용하도록 transHFO-1234ze의 양이 적어도 50 중량%인 조성을 도시한다. 그러한 저압 시스템은 이것이 비교적 저가의 용기 및 도관의 사용을 허용하기에 충분히 낮은 시스템 압력을 제공하는 것과 동시에 시스템 복잡성을 돕는 퍼지(purge) 시스템에 대한 필요성을 회피하기 때문에 유리하다. 또한, 낮은 압력은 그렇지 않으면 고압 시스템들에서 발생할 수 있는 냉매 누출을 회피하게 한다.

[0182] 블렌드 내의 R1233zd(E)와 R1234ze의 비율에 따라 변하는 다른 특성은 냉각 시스템으로부터의 누출의 경우에 냉매의 가연성이다. 표 3은 R1233zd(E) 및 R1234ze 블렌드의 다양한 중량 조성 및 각각의 조성의 각각의 가연성을 도시한다. 표 3에서 명백한 바와 같이, 67 중량% 초과 transHFO-1234ze를 갖는 블렌드들은 미국 재료 시험 협회(American Society for Testing and Materials, ASTM) 681에 따라 측정할 때 가연성이다.

[0183] [표 3]

공정 조성(중량%)		초기 증기 조성(중량%)		가연성
R1233zd	R1234ze	R1233zd	R1234ze	
50.0	50.0	19.6	80.4	불연성
40.0	60.0	13.4	86.6	불연성
34.0	66.0	10.4	89.6	불연성
33.0	67.0	9.9	90.1	불연성
32.0	68.0	9.5	90.5	가연성

[0184]

[0185] 표 4a는 본 개시내용에서 이전에 언급되지 않았지만 표 4b에서 고려되는 블렌드들을 도시한다.

[0186] [표 4a]

냉매	R1234ze(E)(E) (중량%)	R1233zd(E) (중량%)	CF3I (중량%)	R227ea (중량%)
A1	78.0%	2.0%	20%	n/a
A2	84.0%	2.0%	9.6%	4.4%

[0187]

[0188] 표 4b는 도 1b와 관련하여 기술된 것 중 기계적 과냉각기를 갖지 않는 비교예 냉각 시스템('비교예'); 도 1b와 관련하여 기술된 것 중 기계적 과냉각기를 갖는 비교예 냉각 시스템('기계적 과냉각기를 갖는 비교예'); 도 2와 관련하여 기술된 캐스케이드식 냉각 시스템('옵션 1'); 및 냉매의 상이한 조합들을 위한, 도 4와 관련하여 기술

된 만액식 캐스케이드식 냉각 회로('옵션 2')의 특성들의 비교를 도시한다.

[0189] [표 4b]

시스템들	중온 (제2 냉각 회로)	저온 (제1 냉각 회로)	전력 [kW]	용량 [kW]	COP [-]	R404A의 상대 COP% (기계적 과냉각기를 갖는 R404A의 %)
비교예	R404A		54.8	100	1.823487	100%
기계적 과냉각기를 갖는 비교예			49.6	100	2.016129	110.6% (100%)
옵션1	R1234ze(E)	R744	46.8	100	2.14	117.2% (106.0%)
	R515A	R744	47.1	100	2.12	116.5% (105.4%)
	A1	R744	46.6	100	2.14	117.6% (106.3%)
	A2	R744	46.8	100	2.14	117.2% (106.0%)
옵션2	R1234ze(E)	R744	46.0	100	2.17	119.2% (107.8%)
	R515A	R744	46.2	100	2.16	118.7% (107.3%)
	A1	R744	46.0	100	2.17	119.2% (107.8%)
	A2	R744	46.1	100	2.17	119.1% (107.7%)

[0190]

[0191] 표 4b는 각각의 시스템의 성능 계수(COP)에 대한 정보를 포함한다. COP는 시스템으로의 일 입력(work input)에 대한 시스템으로부터의 유용한 냉각 출력의 비이다. 더 높은 COP는 더 낮은 작업 비용과 동일하다. 상대 COP는 비교예 냉각 시스템에 대비한 COP이다.

[0192] 표 4b로부터, 만액식 캐스케이드식 냉각 회로의 COP 값들이 모든 경우에서 다른 시스템들에 비해 더 높기 때문에, 만액식 캐스케이드식 냉각 회로가 최상의 COP를 달성한다는 것이 명백하다.

[0193] 표 4b에 도시된 결과들은 하기의 가정들에 기초하며, 여기서 MT는 중온(제2 냉각 회로)을 의미하고, LT는 저온(제1 냉각 회로)을 의미하며, 단위들은 주어진 바와 같다.

[0194] • 비교예 R404A 조합된 MT 및 LT 시스템

[0195] • 부하 분포

[0196] ○ LT: 1/3 (33,000 W)

[0197] ○ MT: 2/3 (67,000 W)

[0198] • 체적 효율: MT 및 LT 둘 모두에 대해 95%

[0199] • 등엔트로피 효율

[0200] ○ R404A: MT/LT, 0.72/0.68

[0201] ○ R134a: MT, 0.687

[0202] ○ R744: LT, 0.671

[0203] • 응축 온도: 105F

[0204] • MT 증발 온도: 20F(더 낮은 압력 강하로 인해 자립형 유닛들에 대해서는 22F)

[0205] • LT 증발 온도: -25 F

[0206] • 증발기 과열: 10F

[0207] • 흡입 라인 온도 상승

- [0208] ○ 비교예: MT: 25F; LT: 50F
- [0209] ○ 캐스케이드/자립형: MT: 10F; LT: 25F (자립형 유닛들은 더 짧은 라인을 가지며, 따라서 열 침투가 더 적음)
- [0210] ○ 캐스케이드/펌핑됨: MT:10F; LT: 25F

[0211] ● 사용 시 SLHX 효율: 35%

[0212] ● 기계적 과냉각기 출구 온도: 50F

[0213] 본 실시예의 LT 부하(33,000 와트)는 다수의 소형 압축기들의 누적 정격 출력에 의해 본 발명의 바람직한 양태들에 따라 제공될 것임이 이해될 것이다. 예를 들어, 냉각 시스템들의 LT 부분이 약 1500 와트(약 2 마력) 등급의 압축기를 사용하는 경우, 이러한 소형 압축기들 다수(예를 들어, 20대)가 본 발명에 따라 사용될 것이다. 대조적으로, 중온 시스템에 의해 운영되는 압축기 부하는 67,000 와트(약 90 마력)의 냉각을 제공하기 위해 일련의 더 대형인 압축기들(5 마력 이상의 정격 출력을 가짐)에 의해 취급될 수 있음이 고려될 것이다.

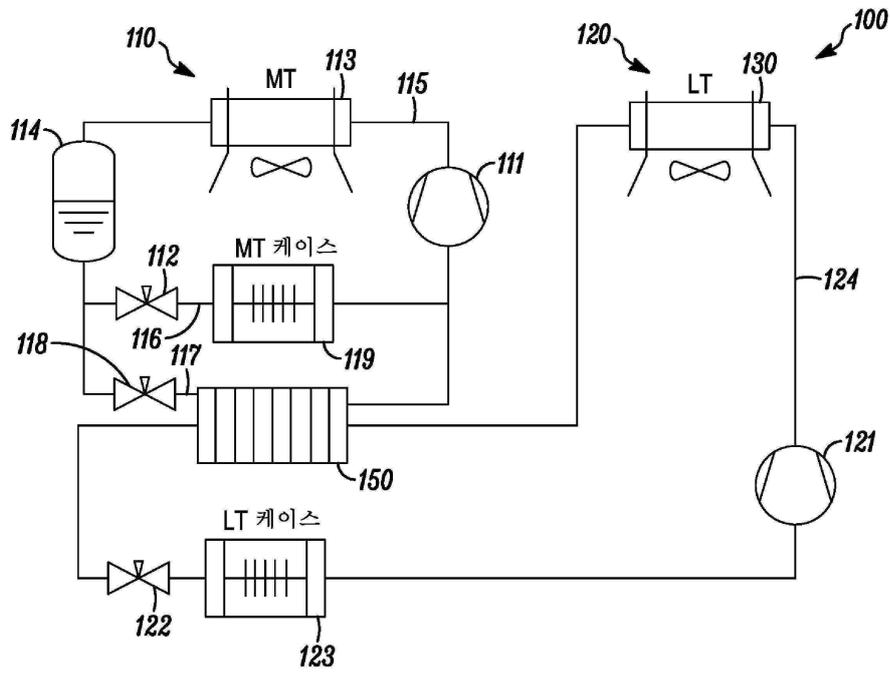
[0214] 표 5는 도 1과 관련하여 기술된 비교예 냉각 시스템과, 캐스케이드식 냉각 시스템 내의 냉매의 상이한 조합들에 대해 도 2와 관련하여 기술되고, 제2 냉각 회로들(중온 스테이지) 내의 흡입 라인 액체 라인(SLHX)을 구비하는, 캐스케이드식 냉각 시스템의 특성들의 비교를 도시한다. 표 4b와 같이, 표 5는 각각의 시스템의 실제 COP 및 상대적 COP에 대한 정보를 포함한다.

[0215] [표 5]

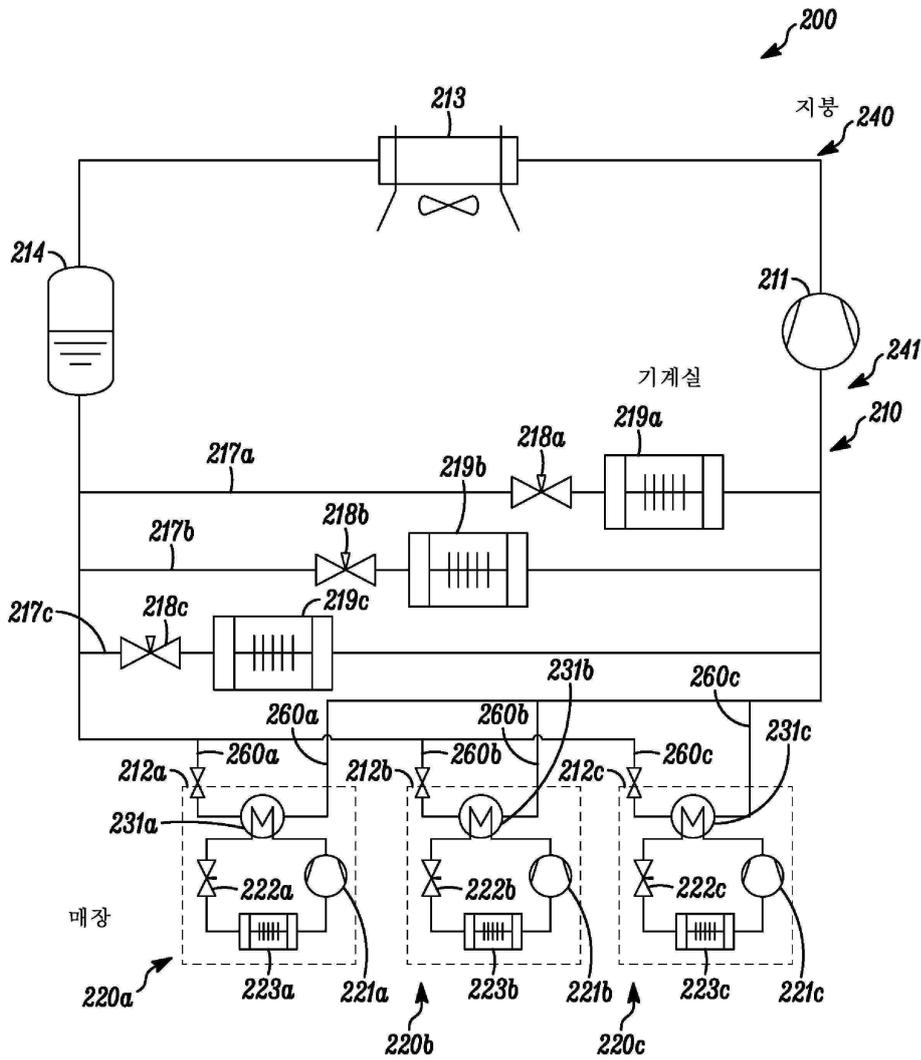
시스템들	중온 (제2 냉각 회로)	저온 (제1 냉각 회로)	전력 [kW]	용량 [kW]	COP [-]	R404A의 상대 COP% (기계적 과냉각기를 갖는 R404A의 %)
비교예			54.8	100	1.82 3	100%
기계적 과냉각기를 갖는 비교예	R404A		49.6	100	2.01 6	110.6% (100%)
SLHX를 갖는 옵션 1	R1234ze(E)	R744	43.92	100	2.27 7	124.9% (112.9%)
	R515A	R744	44.05	100	2.27 0	124.5% (112.6%)
	A1	R744	43.97	100	2.27 4	124.7% (112.8%)
	A2	R744	43.98	100	2.27 4	124.7% (112.8%)

- [0216]
- [0217] 표 5로부터, SLHX를 사용하지 않는 것에 비해 SLHX를 사용함으로써 더 높은 COP가 달성되는 것이 명백하다. 이는 캐스케이드식 냉매 시스템에서 동일한 냉매 조합들에 대해 COP 값들이 표 4b에서보다 표 5에서 더 높다는 것에 의해 입증된다.

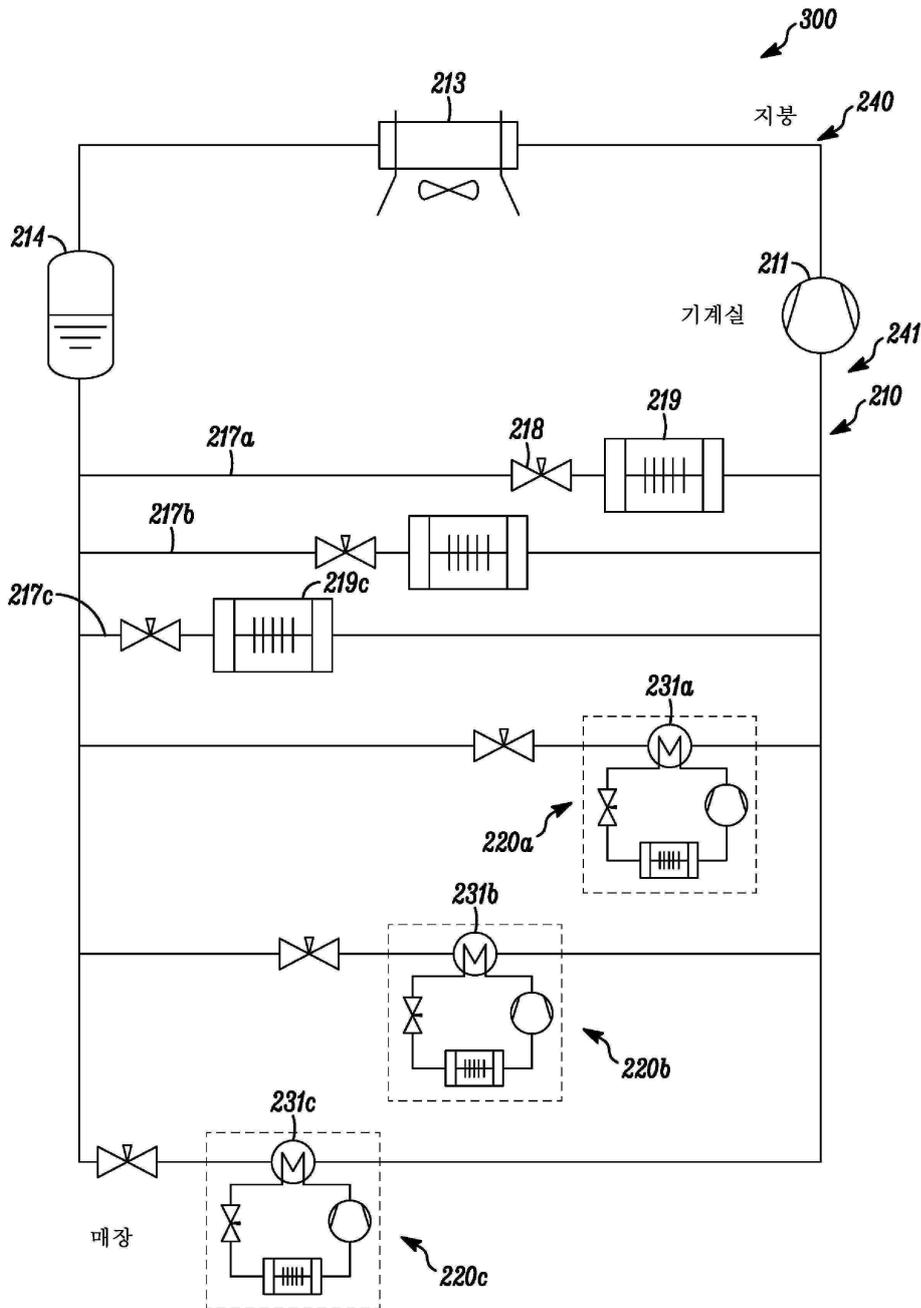
도면 1b



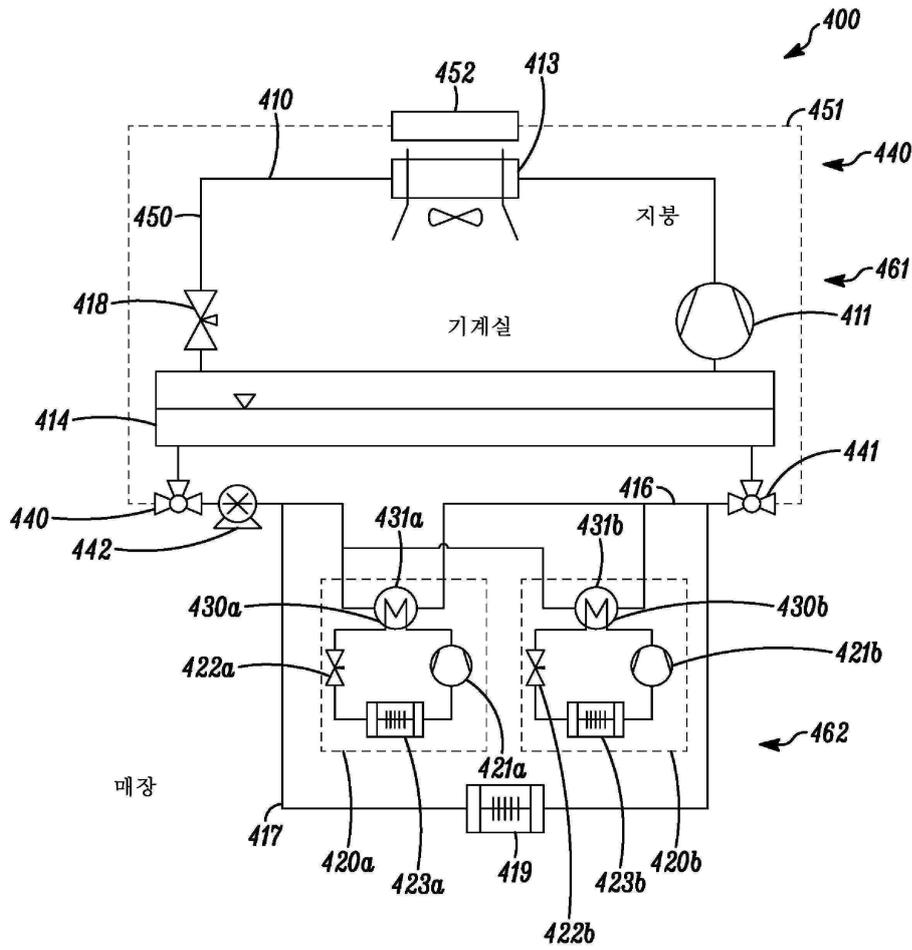
도면2



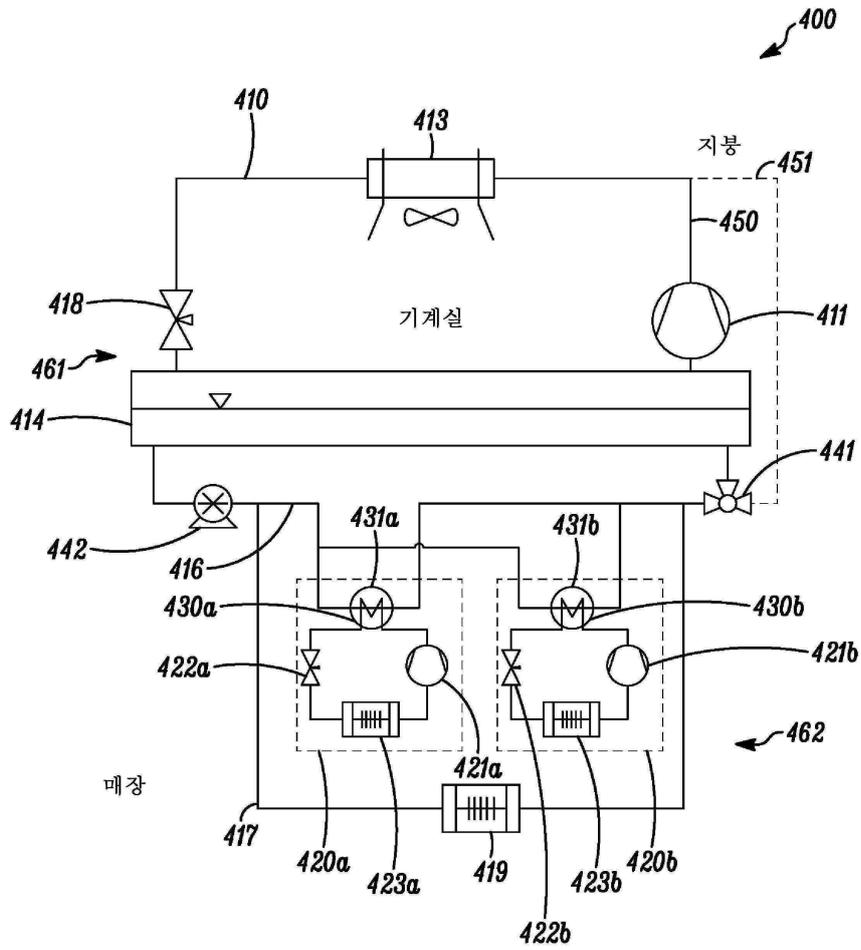
도면3



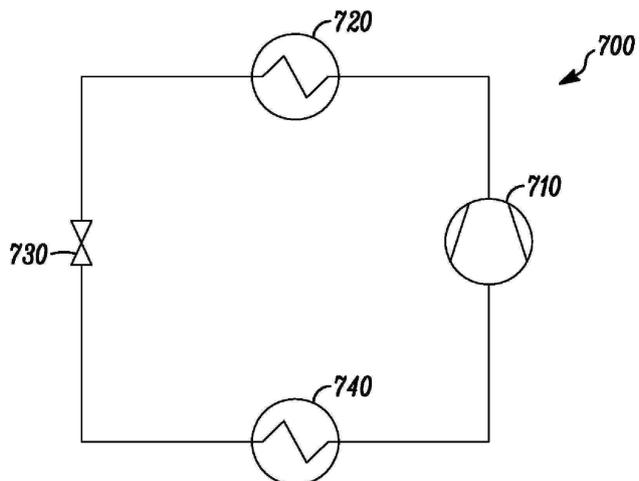
도면4



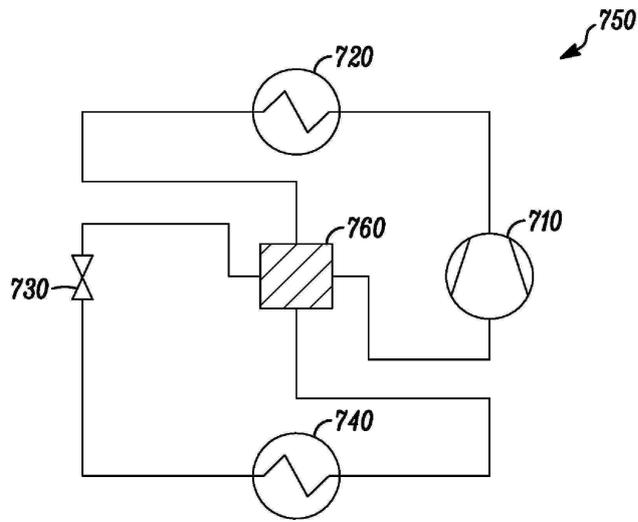
도면4a



도면5a



도면5b



도면6

