(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0144122
(43) 공개일자 2024년10월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F25B 49/02 (2022.01) *F04D 17/12* (2006.01)
F04D 27/02 (2006.01) *F04D 29/42* (2006.01)
F25B 1/053 (2006.01) *F25B 1/10* (2006.01)
F25B 5/02 (2006.01) *F25B 6/04* (2006.01)
(52) CPC특허분류
F25B 49/02 (2022.01)
F04D 17/12 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2024-7023523
(22) 출원일자(국제) 2022년12월23일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2024년07월12일
(86) 국제출원번호 PCT/US2022/082320
(87) 국제공개번호 WO 2023/146719
국제공개일자 2023년08월03일
(30) 우선권주장
17/585,736 2022년01월27일 미국(US)

(71) 출원인
코프랜드 엘피
미국 오하이오주 45365-0669 시드니 웨스트 캠벨 로오드1675
(72) 발명자
페레보치코프, 마이클 엠.
미국 오하이오주 45365 시드니 웨스트 캠벨 로오드 1675
스왈로우, 매튜 제이.
미국 오하이오주 45365 시드니 웨스트 캠벨 로오드 1675
리우, 제지
미국 오하이오주 45365 시드니 웨스트 캠벨 로오드 1675
(74) 대리인
특허법인 무한

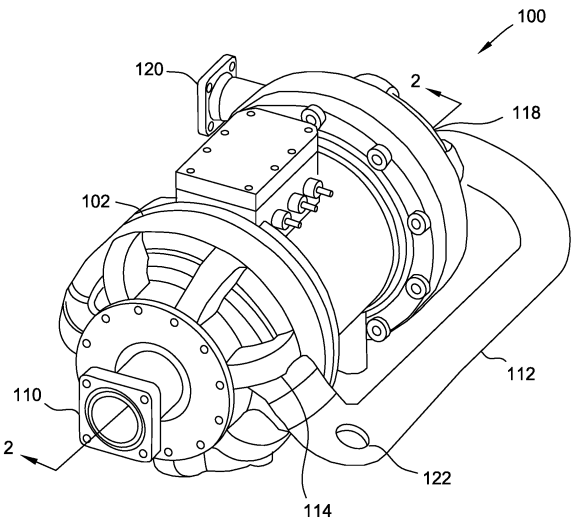
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 **다이나믹 컴프레서의 작동 범위를 확장하는 시스템 및 방법**

(57) 요 약

시스템은 다이나믹 컴프레서와, 프로세서 및 메모리를 구비하는 컨트롤러가 포함한다. 컴프레서는 제 1 가변 입구 가이드 베인(VIGV)을 갖는 제 1 컴프레서 스테이지와 제 2 VIGV를 갖는 제 2 컴프레서 스테이지를 포함한다. 메모리에는 프로세서가 현재 속도, 제 1 VIGV의 제 1 위치, 제 2 VIGV의 제 2 위치에서 컴프레서를 작동하여 작동 유체를 압축하고 조건이 충족되는지 판단하도록 프로그래밍하는 명령이 저장되어 있다. 조건이 충족되지 않으면 프로세서는 현재 속도, 제 1 VIGV의 제 1 위치, 제 2 VIGV의 제 2 위치에서 컴프레서를 계속 작동하도록 프로그래밍된다. 조건이 충족되면 프로세서는 제 2 VIGV의 제 2 위치를 제 3 위치로 변경하고 제 1 VIGV의 제 1 위치를 유지하도록 프로그래밍된다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
F04D 27/0246 (2013.01)
F04D 29/4213 (2013.01)
F25B 1/053 (2013.01)
F25B 1/10 (2013.01)
F25B 5/02 (2013.01)
F25B 6/04 (2013.01)
F05D 2240/12 (2013.01)
F05D 2270/301 (2013.01)
F05D 2270/304 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

시스템에 있어서,

작동 유체를 압축하기 위해 작동 가능한 다이나믹 컴프레서; 및 상기 다이나믹 컴프레서에 연결된 컨트롤러;를 포함하고, 상기 다이나믹 컴프레서는,

제 1 가변 입구 가이드 베인(VIGV)을 구비하는 제 1 컴프레서 스테이지; 및

제 2 VIGV를 구비하는 제 2 컴프레서 스테이지;를 포함하고,

상기 컨트롤러는, 프로세서와 메모리를 포함하고,

상기 메모리는,

상기 다이나믹 컴프레서를 현재 속도, 상기 제 1 VIGV의 제 1 위치 및 상기 제 2 VIGV의 제 2 위치에서 작동하여 작동 유체를 압축하는 단계;

상기 다이나믹 컴프레서를 작동하는 동안 조건이 충족되는지 확인하는 단계;

상기 조건이 충족되지 않으면 상기 컴프레서를 현재 속도, 제 1 VIGV의 제 1 위치 및 제 2 VIGV의 제 2 위치에서 계속 작동하는 단계; 및

상기 제 2 VIGV의 상기 제 2 위치를, 상기 제 2 위치와 다른 제 3 위치로 변경하고, 조건이 충족되면 상기 제 1 VIGV의 상기 제 1 위치를 유지하는 단계;를 수행하도록 상기 프로세서를 프로그래밍하는 명령을 저장하는, 시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 조건이 충족되는지 확인하는 단계는, 상기 다이나믹 컴프레서와 유체 연통하는 밸브가 개방되어 있는지 확인하는 단계;를 포함하는, 시스템.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 메모리는, 상기 밸브가 개방될 때 상기 제 2 컴프레서 스테이지의 제한 속도를 결정하는 단계;를 수행하도록 상기 프로세서를 프로그래밍하는 명령을 더 저장하는, 시스템.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 제한 속도는 상기 제 2 컴프레서 스테이지의 초크 속도이고, 상기 조건이 충족되는지 확인하는 단계는, 상기 밸브가 개방되고 상기 제 2 컴프레서 스테이지의 초크 속도가 상기 다이나믹 컴프레서의 현재 속도보다 작을 때 조건이 충족된 것으로 판단하는 단계;를 더 포함하는, 시스템.

청구항 5

제 3 항에 있어서,

상기 제한 속도는 제 2 컴프레서 스테이지의 서지 제어 속도이고, 상기 조건이 충족되는지 확인하는 단계는, 상기 밸브가 개방되고 상기 제 2 컴프레서 스테이지의 서지 제어 속도가 상기 다이나믹 컴프레서의 현재 속도보다 클 때 조건이 충족된 것으로 판단하는 단계;를 더 포함하는, 시스템.

청구항 6

제 3 항에 있어서,

상기 메모리는, 상기 다이나믹 컴프레서의 설정된 작동 지점들의 맵을 더 저장하는, 시스템.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

설정된 작동 지점들의 맵은 상기 제 2 컴프레서 스테이지의 작동 지점을 포함하고; 및

상기 제 2 컴프레서 스테이지의 제한 속도를 결정하는 단계는, 설정된 작동 지점들의 맵으로부터 상기 제 2 컴프레서 스테이지의 작동 지점들의 값을 검색하는 단계;를 포함하는, 시스템.

청구항 8

제 6 항에 있어서,

상기 제 2 컴프레서 스테이지의 제한 속도를 결정하는 단계는, 컴프레서 압력 비율, 설정된 작동 지점들의 맵으로부터 검색되고 상기 컴프레서 압력 비율에 기초한 제한 속도의 값 및 설정된 상수에 기초하여 상기 제 2 컴프레서 스테이지의 제한 속도를 계산하는 단계;를 포함하는, 시스템.

청구항 9

제 2 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 1 VIGV의 상기 제 1 위치와 상기 제 2 VIGV의 상기 제 2 위치는 동일한 위치인, 시스템.

청구항 10

제 2 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 밸브는 1차 냉매 루프의 일부를 2차 냉매 루프에 유체 연통하고, 상기 2차 냉매 루프는 상기 제 1 컴프레서 스테이지의 출구를 상기 제 2 컴프레서 스테이지의 입구에 연결하는, 시스템.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 1차 냉매 루프는,

제 2 컴프레서 스테이지에 유체 연결되는 응축기;

상기 응축기에 유체 연결되는 제 1 팽창 장비; 및

상기 제 1 팽창 장비 및 상기 제 1 컴프레서 스테이지에 유체 연결되는 증발기;를 포함하고,

상기 2차 냉매 루프는,

상기 응축기에 유체 연결되는 제 2 팽창 장비; 및

상기 제 2 팽창 장비, 상기 응축기 및 상기 제 2 컴프레서 스테이지에 유체 연결되는 열 교환기;를 포함하는, 시스템.

청구항 12

제 1 컴프레서 스테이지와 제 2 컴프레서 스테이지를 포함하는 다이나믹 컴프레서의 컨트롤러에 있어서,

프로세서; 및

상기 프로세서를 프로그래밍하는 명령들을 저장하는 메모리;를 포함하고,

상기 메모리는,

상기 다이나믹 컴프레서를 현재 속도, 상기 제 1 컴프레서 스테이지의 제 1 VIGV(가변 입구 가이드 베인)의 제 1 위치 및 상기 제 2 컴프레서 스테이지의 제 2 VIGV의 제 2 위치에서 작동하여 작동 유체를 압축하는 단계;

상기 다이나믹 컴프레서를 작동하는 동안 조건이 충족되는지 확인하는 단계;

조건이 충족되지 않으면 상기 컴프레서를 현재 속도, 제 1 VIGV의 제 1 위치 및 제 2 VIGV의 제 2 위치에서 계속 작동하는 단계; 및

상기 제 2 VIGV의 상기 제 2 위치를 상기 제 2 위치와 다른 제 3 위치로 변경하고, 조건이 충족되면 상기 제 1 VIGV의 상기 제 1 위치를 유지하는 단계;를 수행하도록 상기 프로세서를 프로그래밍하는 명령을 저장하는, 컨트롤러.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 조건이 충족되는지 확인하는 단계는,

상기 다이나믹 컴프레서와 유체 연통되는 밸브가 개방되어 있는지 확인하는 단계; 및

상기 밸브가 개방될 때 상기 제 2 컴프레서 스테이지의 제한 속도를 결정하는 단계;를 포함하는, 컨트롤러.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 제한 속도는 상기 제 2 컴프레서 스테이지의 초크 속도이고, 상기 조건이 충족되는지 판단하는 단계는, 상기 밸브가 개방되고 상기 제 2 컴프레서 스테이지의 초크 속도가 상기 다이나믹 컴프레서의 현재 속도보다 작을 때 조건이 충족된 것으로 판단하는 단계;를 더 포함하는, 컨트롤러.

청구항 15

제 13 항에 있어서,

상기 제한 속도는 상기 제 2 컴프레서 스테이지의 서지 제어 속도이고, 상기 조건이 충족되는지 판단하는 단계는, 상기 밸브가 개방되고 상기 제 2 컴프레서 스테이지의 서지 제어 속도가 상기 다이나믹 컴프레서의 현재 속도보다 클 때 조건이 충족된 것으로 판단하는 단계;를 더 포함하는, 컨트롤러.

청구항 16

제 13 항에 있어서,

상기 메모리는, 상기 다이나믹 컴프레서의 설정된 작동 지점들의 맵을 추가로 저장하는, 컨트롤러.

청구항 17

제 16 항에 있어서,

상기 설정된 작동 지점들의 맵은, 상기 제 2 컴프레서 스테이지의 작동 지점들을 포함하고, 및

상기 제 2 컴프레서 스테이지의 제한 속도를 결정하는 단계는, 상기 설정된 작동 지점들의 맵으로부터 상기 제 2 컴프레서 스테이지의 작동 지점의 값을 검색하는 단계;를 포함하는 컨트롤러.

청구항 18

제 16 항에 있어서,

상기 제 2 컴프레서 스테이지의 제한 속도를 결정하는 단계는, 컴프레서 압력 비율, 설정된 작동 지점들의 맵으로부터 검색되고 상기 컴프레서 압력 비율에 기초한 제한 속도의 값 및 설정된 상수에 기초하여 상기 제 2 컴프레서 스테이지의 제한 속도를 계산하는 단계;를 포함하는, 컨트롤러.

청구항 19

제 1 컴프레서 스테이지 및 제 2 컴프레서 스테이지를 구비하고, 작동 유체를 압축하는 다이나믹 컴프레서의 작동 범위를 확장하는 방법에 있어서,

상기 다이나믹 컴프레서를 현재 속도, 상기 제 1 컴프레서 스테이지의 제 1 VIGV(가변 입구 가이드 베인)의 제 1 위치 및 상기 제 2 컴프레서 스테이지의 제 2 VIGV의 제 2 위치에서 작동하여 작동 유체를 압축하는 단계;

상기 다이나믹 컴프레서를 작동하는 동안 조건이 충족되는지 확인하는 단계;

조건이 충족되지 않으면 상기 컴프레서를 현재 속도, 제 1 VIGV의 제 1 위치 및 제 2 VIGV의 제 2 위치에서 계속 작동하는 단계; 및

상기 제 2 VIGV의 상기 제 2 위치를 상기 제 2 위치와 다른 제 3 위치로 변경하고, 조건이 충족되면 상기 제 1 VIGV의 상기 제 1 위치를 유지하는 단계;를 포함하는, 방법.

청구항 20

제 19 항에 있어서,

상기 조건이 충족되는지 확인하는 단계는,

상기 다이나믹 컴프레서와 유체 연통되는 밸브가 개방되어 있는지 확인하는 단계; 및

상기 밸브가 개방될 때 상기 제 2 컴프레서 스테이지의 제한 속도를 결정하는 단계;를 포함하는, 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명의 분야는 제어 시스템, 특히 다이나믹 컴프레서용 제어 시스템에 관한 것이다.

[0002] 관련 출원에 대한 상호 참조

[0003] 본 출원은 2022년 1월 27일에 출원된 미국 특허 출원 제 17/585,736호에 우선권을 주장하며, 그 공개 내용 전체가 본 출원에 참조로 통합되어 있다.

배 경 기 술

[0004] 원심 컴프레서를 포함한 다이나믹 컴프레서(dynamic compressor)는 공정 산업과 난방, 환기 및 공조(HVAC) 시스템에서 일반적으로 사용된다. 컴프레서는 여러 압축 스테이지를 지원하는 샤프트를 통해 모터에 작동 방식으로 연결된다. 모터는 선택한 회전 속도와 부하 조건으로 샤프트를 통해 압축 스테이지를 회전시켜 냉매를 지정된 요구량으로 압축한다. 모터 속도와 부하를 제어하여 다양한 작동 조건에서 컴프레서를 작동할 수 있다. 컴프레서의 작동 범위는 낮은 유속에서는 서지 영역에 의해, 높은 유속에서는 초크 영역에 의해 제한된다. 컴프레서의 정확한 작동 지점을 알면 서지 또는 초크 상태에서 작동하는 것을 방지할 수 있다.

[0005] 다단계 컴프레서에서 냉매는 각 컴프레서 스테이지에서 상이한 압력과 체적 유량으로 들어간다. 따라서 각각의 스테이지는 각 스테이지가 이전 스테이지에서 받은 유체를 효과적으로 처리하고 컴프레서가 광범위한 작동 조건에서 안전하고 효율적으로 작동할 수 있도록 다른 스테이지와 "매칭(일치)" 하도록 설계되어야 한다.

[0006] 대부분의 HVAC 시스템에는 다이나믹 컴프레서 외에도 응축기, 팽창 장비, 다이나믹 컴프레서에 유체 연통되는 증발기가 폐회로로 연결되어 있다. 일부 출원에서는 시스템의 성능과 효율성을 개선하기 위해 추가 구성 요소 또는 대체 구성으로 기본 사이클을 수정하기도 한다. 예를 들어, 일부 HVAC 시스템에서는 응축기 하류에서 열교환기 또는 플래시 탱크를 통해 저온 액체 냉매의 일부를 메인 유동을 냉각하기 위해 우회하는 경제운전 루프(economization loop)를 사용한다. 열교환기 또는 플래시 탱크의 하류에서는 유량의 추가적인 부분이 중온 증발기(medium-temperature evaporator)를 통해 우회될 수 있다. 그런 다음 우회된 부분, 즉 경제운전 유동(economization flow)은 컴프레서 스테이지 사이에 저온 중간 압력 가스로 주입되어 시스템 전체의 효율을 향상시킨다. 다른 시스템은 컴프레서 스테이지들 사이의 유동을 제거하고 추가 응축기를 통해 우회하여 추가 응용을 가능하게 할 수 있다.

[0007] 이러한 시스템에서 컴프레서 스테이지들 사이에 유동을 추가하거나 제거하면 스테이지들은 더 이상 공기역학적으로 일치하지 않게 된다. 적절한 스테이지 매칭(matching)이 없으면 주입 이후의 스테이지는 컴프레서의 나머지 부분과 다른 조건에서 바람직하지 않은 유동 상태에 들어갈 수 있으며, 이는 기계 전체의 성능, 효율성, 안전성을 저하시킬 수 있다. 따라서 스테이지 간 질량 유동의 변화 유무에 관계없이 스테이지 전체에서 공기 역학적 일치를 유지하는 것이 바람직하다.

[0008] 이상의 내용은 이하의 설명 및/또는 청구되는 본 개시의 다양한 측면과 관련될 수 있는 다양한 측면의 기술을 소개하기 위한 것이다. 이는 본 개시의 다양한 측면을 보다 쉽게 이해할 수 있도록 배경 정보를 제공하는 데 도움이 될 것으로 의도된다. 따라서, 이러한 설명은 이러한 관점에서 읽혀야 하며, 선행 기술을 인정하는 것이 아니라는 점을 이해해야 한다.

발명의 내용

[0009] 본 개시의 일 측면은 작동 유체를 압축하기 위해 작동 가능한 다이나믹 컴프레서 및 다이나믹 컴프레서에 연결된 컨트롤러를 포함하는 시스템에 관한 것이다. 다이나믹 컴프레서는 제 1 가변 입구 가이드 베인(VIGV, variable inlet guide vane)을 갖는 제 1 컴프레서 스테이지와 제 2 VIGV를 갖는 제 2 컴프레서 스테이지를 포함한다. 컨트롤러는 프로세서와 메모리를 포함한다. 메모리는 프로세서를 프로그래밍하여, 다이나믹 컴프레서를 현재 속도, 제 1 VIGV의 제 1 위치, 제 2 VIGV의 제 2 위치에서 작동하여 작동 유체를 압축하고 조건이 충족되는지 확인하도록 하는 명령을 저장한다. 조건이 충족되지 않으면 메모리에 저장된 명령은 프로세서를 프로그래밍하여 컴프레서를 현재 속도, 제 1 VIGV의 제 1 위치, 제 2 VIGV의 제 2 위치에서 계속 작동하도록 한다. 조건이 충족되면 메모리에 저장된 명령은 프로세서를 프로그래밍하여 제 2 VIGV의 제 2 위치를 제 2 위치와 다른 제 3 위치로 변경하고 제 1 VIGV의 제 1 위치를 유지하도록 한다.

[0010] 본 개시의 또 다른 측면은 제 1 컴프레서 스테이지 및 제 2 컴프레서 스테이지를 구비하는 다이나믹 컴프레서용 컨트롤러에 관한 것이다. 컨트롤러는 프로세서와 메모리를 포함한다. 메모리는 프로세서를 프로그래밍하여 현재 속도, 제 1 컴프레서 스테이지의 제 1 VIGV의 제 1 위치 및 제 2 컴프레서 스테이지의 제 2 VIGV의 제 2 위치에서 다이나믹 컴프레서를 작동하여 작동 유체를 압축하고, 조건이 충족되는지 확인하도록 하는 명령을 저장한다. 조건이 충족되지 않으면 메모리에 저장된 명령은 프로세서를 프로그래밍하여 컴프레서를 현재 속도, 제 1 VIGV의 제 1 위치, 제 2 VIGV의 제 2 위치에서 계속 작동하도록 한다. 조건이 충족되면 메모리에 저장된 명령어는

프로세서를 프로그래밍하여 제 2 VIGV의 제 2 위치를 제 2 위치와 다른 제 3 위치로 변경하고 제 1 VIGV의 제 1 위치를 유지하도록 한다.

[0011] 본 개시의 또 다른 측면은 제 1 컴프레서 스테이지 및 작동 유체를 압축하는 제 2 컴프레서 스테이지를 갖는 다이나믹 컴프레서의 작동 범위를 확장하는 방법에 관한 것이다. 본 방법은 다이나믹 컴프레서를 현재 속도, 제 1 컴프레서 스테이지의 제 1 VIGV의 제 1 위치 및 제 2 컴프레서 스테이지의 제 2 VIGV의 제 2 위치에서 작동하여 작동 유체를 압축하고 조건이 충족되는지 확인하는 단계를 포함한다. 상기 방법은, 상기 조건이 만족되지 않을 때 상기 컴프레서를 상기 현재 속도, 상기 제 1 VIGV의 제 1 위치 및 상기 제 2 VIGV의 제 2 위치에서 계속 작동하는 단계와, 상기 조건이 충족될 때 상기 제 2 VIGV의 제 2 위치를 상기 제 2 위치와 다른 제 3 위치로 변경하고 상기 제 1 VIGV의 제 1 위치를 유지하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0012] 본 개시의 상술한 측면과 관련하여 전술한 기능들에 대한 다양한 개선 사항이 존재한다. 본 개시의 상술한 측면에는 추가 기능도 포함될 수 있다. 이러한 개선 사항과 추가 기능은 개별적으로 또는 어떤 조합으로도 존재할 수 있다. 예를 들어, 본 개시의 예시된 실시 예와 관련하여 아래에서 논의되는 다양한 특징들은 단독으로 또는 임의의 조합으로 본 개시의 상술한 측면에 통합될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0013] 도 1은 조립된 다이나믹 컴프레서의 사시도이다.

도 2는 외부 도관을 제거한 상태에서 도 1의 다이나믹 컴프레서를 선 2-2를 따라 취한 단면도이다.

도 3은 도 1 및 2에 도시된 다이나믹 컴프레서를 설치할 수 있는 제 1 실시 예의 HVAC 시스템의 개략도이다.

도 4는 도 1 및 2에 도시된 다이나믹 컴프레서를 설치할 수 있는 제 2 실시 예의 HVAC 시스템의 개략도이다.

도 5는 도 1 및 2에 도시된 다이나믹 컴프레서를 설치할 수 있는 제 3 실시 예의 HVAC 시스템의 개략도이다.

도 6은 도 1 및 2에 도시된 다이나믹 컴프레서를 설치할 수 있는 제 4 실시 예의 HVAC 시스템의 개략도이다.

도 7은 도 1 및 2에 도시된 다이나믹 컴프레서의 제어 시스템 블록도이다.

도 8은 도 1 및 2에 도시된 다이나믹 컴프레서의 작동 맵이다.

도 9는 도 1 및 2에 도시된 다이나믹 컴프레서의 제 2 컴프레서 스테이지의 작동 맵으로서, 제 2 컴프레서 스테이지의 상류에 유량이 주입되기 전과 후의 현재 작동 지점을 나타낸다.

도 10은 도 1 및 2에 도시된 다이나믹 컴프레서의 제 2 컴프레서 스테이지의 작동 맵으로서, 제 2 컴프레서 스테이지의 상류에서 유량이 제거되기 전과 후의 현재 작동 지점을 나타낸다.

도 11은 도 1 및 2에 도시된 다이나믹 컴프레서의 제 2 컴프레서 스테이지의 상류에 유량이 주입되고 제 2 VIGV가 제 2 위치에서 제 2 위치와 다른 위치로 이동했을 때의 작동 맵을 나타낸다.

도 12는 도 1 및 2에 도시된 다이나믹 컴프레서의 제 2 컴프레서 스테이지의 상류에서 유량이 제거되고 제 2 VIGV가 제 2 위치에서 제 2 위치와 다른 위치로 이동했을 때의 작동 맵을 도시한다.

도 13은 도 1 및 2에 도시된 다이나믹 컴프레서의 작동 범위를 확장하는 방법을 도시한다.

도 14는 도 1 및 2에 도시된 다이나믹 컴프레서의 설정된 작동 지점들의 맵을 도시한다.

도 15는 도 1 및 도 2에 도시된 다이나믹 컴프레서의 제 2 컴프레서 스테이지의 상류에서 유량이 추가 또는 제거될 때 제 2 컴프레서 스테이지의 제한 속도를 결정하기 위한 제어 알고리즘의 예시적인 순서도이다.

해당 참조 부호는 도면 전체에서 상응하는 부분을 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 간결성을 위해 실시 예들은 원심 컴프레서를 예로 들어 설명될 것이다. 그러나 본원에 설명된 방법과 시스템은 모든 적합한 다이나믹 컴프레서에 적용될 수 있다. 보조 루프와 사이클 구성 요소를 통해 메인 유동의 일부를 우회하여 HVAC 시스템의 성능과 효율성을 개선할 수 있다. 이러한 시스템에서는 컴프레서 스테이지들 사이에 유동을 주입하거나 제거하여, 각 스테이지의 질량 유량을 상이하게 할 수 있다. 그러나 바람직하지 않은 조건에서의 작동을 피하기 위해 이러한 유동 변경이 있든 없든 스테이지들 사이의 공기역학적 매칭(aerodynamic

matching)을 유지해야 한다. 제어 전략을 사용하여 스테이지들이 더 이상 유동이 일치하지 않는 시점을 결정하고 각 스테이지의 입구에서 가변 입구 가이드 베인(VIGV, variable inlet guide vane)을 조정하여 적절한 스테이지 매칭(stage matching)을 복원할 수 있다.

[0015] 도 1을 참조하면 2-단(2-스테이지) 냉매 컴프레서는 일반적으로 100으로 표시된다. 컴프레서(100)는 작동 유체(예: 냉매)를 압축하기 위해 작동 가능하고, 냉매 압축의 각 스테이지가 수행되는 적어도 하나의 밀폐된 캐비티를 형성하는 컴프레서 하우징(102)을 포함한다. 컴프레서(100)는 냉매 증기를 제 1 컴프레서 스테이지로 도입하기 위한 제 1 냉매 입구(110), 제 1 냉매 출구(114), 압축된 냉매를 제 1 컴프레서 스테이지에서 제 2 컴프레서 스테이지로 이송하기 위한 냉매 이송 도관(112), 냉매 증기를 제 2 컴프레서 스테이지(도 1에 미도시)로 도입하기 위한 제 2 냉매 입구(118) 및 제 2 냉매 출구(120)를 포함한다. 냉매 이송 도관(112)은 각각의 대향하는 단부가 제 1 냉매 출구(114) 및 제 2 냉매 입구(118) 각각에 작동 가능하게 연결된다. 냉매 이송 도관(112)은 제 1 컴프레서 스테이지와 제 2 컴프레서 스테이지 사이에 유량을 추가하거나 제거하기 위한 포트(122)를 더 포함한다. 제 2 냉매 출구(120)는 제 2 컴프레서 스테이지에서 압축된 냉매를 컴프레서(100)가 통합된 냉각 시스템으로 전달한다(도 3 내지 도 6 참조).

[0016] 도 2를 참조하면, 컴프레서 하우징(102)은 컴프레서(100)의 대향 단부들에서 제 1 컴프레서 스테이지(124)와 제 2 컴프레서 스테이지(126)를 둘러싸고 있다. 제 1 컴프레서 스테이지(124)는 제 1 냉매 입구(110)를 통해 유입되는 냉매에 운동 에너지를 더하도록 구성된 제 1 압축 메커니즘(106)을 포함한다. 일부 실시 예에서, 제 1 압축 메커니즘(106)은 임펠러이다. 제 1 압축 메커니즘(106)에 의해 냉매에 부여된 운동 에너지는 볼류트(132, volute) 내에 형성된 밀폐된 캐비티(예를 들어, 디퓨저)로 전달될 때 냉매 속도가 느려지면서 냉매 압력의 증가로 변환된다. 제 1 컴프레서 스테이지(124)는 제 1 냉매 입구(110) 내의 제 1 압축 메커니즘(106)의 상류에 배치되는 제 1 VIGV(가변 입구 가이드 베인, 134)을 추가로 포함한다. 제 1 VIGV(134)는 제 1 냉매 입구(110)로 유입되는 기체 냉매에 사전 소용돌이(pre-whirl)를 도입하도록 위치를 제어할 수 있는 복수의 베인들(134)을 포함한다.

[0017] 마찬가지로, 제 2 컴프레서 스테이지(126)는 제 2 냉매 입구(118)를 통해 유입되는 제 1 컴프레서 스테이지(124)로부터 전달되는 냉매에 운동 에너지를 추가하도록 구성된 제 2 압축 메커니즘(116)을 포함한다. 일부 실시 예에서, 제 2 압축 메커니즘(116)은 임펠러이다. 제 2 압축 메커니즘(116)에 의해 냉매에 부여된 운동 에너지는 볼류트(132) 내에 형성된 밀폐된 캐비티(예를 들어, 디퓨저)로 전달될 때 냉매 속도가 느려지면서 냉매 압력의 증가로 변환된다. 압축된 냉매는 제 2 냉매 출구(도 2에 미도시)를 통해 제 2 컴프레서 스테이지(126)를 빠져나간다. 제 2 컴프레서 스테이지(126)는 제 2 냉매 입구(118)의 제 2 압축 메커니즘(116)의 상류에 배치되는 제 2 VIGV(가변 입구 가이드 베인, 136)을 더 포함한다. 제 2 VIGV(136)는 제 2 냉매 입구(118)로 유입되는 기체 냉매에 사전 소용돌이(pre-whirl)를 도입하도록 위치를 제어할 수 있는 복수의 베인들을 포함한다.

[0018] 제 1 압축 메커니즘(106)과 제 2 압축 메커니즘(116)은 샤프트(104)의 대향 단부들에 연결된다. 샤프트(104)는 제 1 압축 메커니즘(106)과 제 2 압축 메커니즘(116) 사이에 배치된 모터(108)에 작동적으로 연결되어 제 1 압축 메커니즘(106) 및 제 2 압축 메커니즘(116)이 제 2 냉매 출구(120, 도 2에 미도시)를 빠져나가는 미리 선택된 압력으로 냉매를 압축하도록 선택된 회전 속도로 회전한다. 전기 모터를 포함하되 이에 국한되지 않는 임의의 적절한 모터가 컴프레서(100)에 통합될 수 있다.

[0019] 도 3은 도 1 및 도 2의 컴프레서(100)가 설치될 수 있는 제 1 실시 예의 HVAC 시스템(300)의 개략도이다. 시스템(300)은, 컴프레서(100), 응축기(320), 제 1 팽창 장비(330) 및 증발기(340)를 구비하는 단일 폐쇄형 냉매 루프(310, single, closed refrigerant loop)를 포함한다. 냉매는 저압, 저온 가스로서 제 1 냉매 입구(110)에서 컴프레서(100)로 유입된다. 제 1 및 제 2 컴프레서 스테이지들(124, 126)은 냉매에 운동 에너지를 추가하여 압력 상승으로 변환하고, 냉매는 제 2 냉매 출구(120)에서 고압, 고온 기체가 되어 컴프레서(100)를 빠져나온다. 냉매는 제 2 컴프레서 스테이지(126)에 유체 연통되는 응축기(320)로 들어가고, 열(Q_{out})이 제거되어 냉매 가스가 고압, 고온 액체로 변환된다.

[0020] 응축기(320)는 제 1 팽창 장비(330)에 유체 연통되어 냉매의 압력을 감소시킨다. 일부 실시 예에서, 액체 냉매의 현재 온도가 해당 압력에서 끓는점 온도가 될 때까지, 압력이 감소되고, 액체 냉매의 일부가 끓어 기체로 변하면서 냉매는 2상 혼합물이 될 수 있다. 제 1 팽창 장비(330)는 고정 오리피스(fixed orifice), 열 팽창 밸브, 전자 팽창 밸브, 또는 본원에 설명된 바와 같이 HVAC 시스템(300)이 작동할 수 있도록 하는 임의의 유형의 팽창 장비일 수 있다. 제 1 팽창 장비(330)는 저압, 저온 액체 냉매 또는 액체와 기체 냉매의 2상 혼합물을 입구에서 수신하는 증발기(340)에 유체 연통된다. 증발기(340)에서 냉매는 열(Q)을 흡수하여 액체에서 기체로 상이 바뀔

수 있다. 증발기(340)는 제 1 컴프레서 스테이지(124)에 유체 연통되고 사이클이 다시 시작된다.

[0021] 도 4는 도 1 및 도 2의 컴프레서(100)가 설치될 수 있는 제 2 실시 예의 HVAC 시스템(400)를 도시한다. 시스템(400)은 컴프레서(100), 응축기(320), 열 교환기(490)의 제 1 스트림(492), 제 1 팽창 장비(330) 및 증발기(340)를 구비하는 1차 냉매 루프(410)를 포함한다. 시스템(400)은 또한 1차 냉매 루프(410)의 일부에 유체 연통되고 본원에서 더 상세히 설명될 경제운전 밸브(470, economization valve)에 의해 제어되는 2차 냉매 루프(460)를 구비한다.

[0022] 2차 냉매 루프(460)는 경제운전 밸브(470), 제 2 팽창 장비(480), 열 교환기(490)의 제 2 스트림(494), 제 2 컴프레서 스테이지(126) 및 응축기(320)를 포함한다. 도 4에 도시된 실시 예에서, 2차 냉매 루프(460)의 구성요소들은 나열된 순서대로 유체 연통되며, 응축기(320)는 제 2 팽창 장비(480)에 추가로 연결되어 2차 냉매 루프(460)를 닫는다.

[0023] 경제운전 밸브(470)는 완전히 개방되거나, 부분적으로 개방되거나, 완전히 닫힐 수 있으며, 그 상태에 따라 냉매가 2차 냉매 루프(460)를 통해 유동하게 될지 여부가 결정된다. 즉, 경제운전 밸브(470)가 완전히 닫히면 모든 냉매는 1차 냉매 루프(410)를 통해 유동하고, 시스템(400)은 도 3에 도시된 시스템(300)과 실질적으로 동일한 방식으로 작동한다. 경제운전 밸브(470)가 개방되면 응축기(320)를 빠져나가는 액체 냉매는 두 개의 스트림으로 분리되고, 대부분의 냉매는 1차 냉매 루프(410)를 통해 유동하고 나머지는 2차 냉매 루프(460)를 통해 우회된다. 경제운전 밸브(470)는 솔레노이드 밸브, 전자식 팽창 밸브 또는 시스템(400)이 본원에 설명된 대로 작동할 수 있도록 하는 임의의 유형의 밸브일 수 있다.

[0024] 개방 시, 경제운전 밸브(470)는 제 2 팽창 장비(480)에 유체 연통되어 액체 냉매의 현재 온도가 해당 압력에서 끓는점 온도가 될 때까지 액체 경제 운전 유동(economizer flow)의 압력을 감소시킨다. 2차 냉매 루프의 냉매는 액체 냉매의 일부가 끓으면서 2상 혼합물이 되고 열교환기(490)로 들어가면서 기체로 변한다. 제 2 팽창 장비는 경제운전 밸브(470)가 개방될 때 2차 냉매 루프(460)를 통해 특정 양의 냉매를 우회하도록, 예를 들어 총 질량 유동의 0 내지 20% 또는 본원에 설명된 바와 같이 시스템(400)이 기능할 수 있는 임의의 양의 냉매 유동을 우회하도록, 제 2 팽창 장비의 크기를 조정하고, 크기가 선택될 수 있다.

[0025] 일부 실시 예에서, 제 2 팽창 장비(480)는 열 교환기(490)의 열 부하에 기초하여 2차 냉매 루프(460)를 통한 냉매 유동의 양을 조절하는 열 팽창 밸브(TXV, thermal expansion valve)이다. TXV는 열교환기(490)의 제 2 스트림(494)의 하류에 위치한 벌브(496, bulb)와 함께 작동한다. TXV 내부의 멤브레인은 벌브 내부의 냉매 압력과 열교환기 상류의 냉매 압력의 균형을 맞추기 위해 움직일 수 있다(490). 멤브레인의 움직임은 밸브의 위치를 설정하는 바늘에 결합되어 2차 냉매 루프(460)를 통해 흐르는 냉매의 양을 제어한다. 다른 실시 예에서, 제 2 팽창 장비(480)는 또한 고정 오리피스, 전자 팽창 밸브, 또는 시스템(400)이 본원에 설명된 바와 같이 기능할 수 있도록 하는 임의의 유형의 팽창 장비일 수 있다.

[0026] 냉매는 제 2 팽창 장비(480)를 빠져나와 저압 액체 또는 2상 혼합물로서 열교환기(490)의 제 2 스트림(494)으로 들어간다. 제 2 스트림(494)은 1차 냉매 루프(410)의 응축기(320)로부터 고압 액체 냉매를 운반하는 제 1 스트림(492)과 열적으로 교류하게 된다. 두개의 스트림들(492, 494) 사이의 열 접촉은 제 1 스트림(492)의 냉매를 냉각시키고 제 2 스트림(494)의 냉매를 따뜻하게 하여 끓도록 한다. 제 1 스트림(492)의 냉각된 냉매는 저온, 고압 액체로서 열 교환기(490)를 빠져나가고, 제 2 스트림(494)의 끓인 냉매는 저온, 중간 압력 기체로서 열 교환기(490)를 빠져나간다. 열 교환기(490)는 역류 열 교환기, 교차 유동 열 교환기, 병렬 유동 열 교환기, 쉘 및 튜브 열 교환기, 혼합 챔버 또는 시스템(400)이 본원에 설명된 바와 같이 기능할 수 있도록 하는 임의의 유형의 열 교환기일 수 있다. 다른 실시 예에서, 플래시 탱크(flash tank)는 열 교환기(490) 대신에 또는 추가적으로 사용될 수 있다.

[0027] 열교환기(490)의 제 2 스트림(494)을 빠져나가는 저온 중간 압력 가스(intermediate-pressure gas)는 컴프레서(100)의 냉매 전달 도관(112)으로 주입되어 제 2 컴프레서 스테이지(126)에 도달하기 전에 1차 냉매 루프(410)의 냉매 유동과 혼합된다. 1차 및 2차 냉매 루프들(410, 460)은 2차 컴프레서 스테이지(126)에서 결합되고, 냉매는 응축기(320)를 빠져나간 후 다시 분지된다.

[0028] 도 5는 도 1 및 도 2의 컴프레서(100)가 설치될 수 있는 제 3 실시 예의 HVAC 시스템(500)이다. 시스템(500)은 저온 1차 냉매 루프(510), 중온 2차 냉매 루프(560) 및 이에 유체 연통되는 3차 냉매 루프(580)를 포함한다. 응축기(320)의 하류에서 냉매 유동은 제 1 팽창 장비(530)를 통해 조절되어 액체 냉매의 일부가 끓을 때까지 압력을 감소시켜 2상 혼합물을 생성한다. 플래시 탱크(590)는 2상 냉매 혼합물을 액체 및 기체 분획으로 분리하여

각각 1차 및 3차 루프(510, 580)로 분지되도록 한다. 특정 실시 예에서, 열 교환기는 플래시 탱크(590) 대신에 또는 추가적으로 사용될 수 있다. 1차 루프(510)의 액체 냉매는 제 2 팽창 장비(532)를 통해 스로틀링되고 다시 한번 분지되어, 냉매의 일부는 1차 루프(510)를 따라 계속 진행되고 나머지는 2차 루프(560)로 분리된다. 2차 루프(560)에서 냉매는 중온 증발기(540, medium-temperature evaporator)를 통해 유동하고, 여기서 냉매는 끓어서 기체로 변환되어 중온 공간에 냉기를 공급한다. 1차 루프(510)에서 액체 냉매(510)는 저온 증발기(340, low-temperature evaporator)로 들어가기 전에 제 3 팽창 장비(330)를 통해 스로틀링되어 냉매가 끓어서 기체로 변환되어 저온 공간에 냉기를 공급한다. 이후, 냉매는 제 1 컴프레서 스테이지(124)로 들어가서 중온 증발기(540)의 압력으로 압축된다. 3차 루프(580)의 기체 냉매는 제 4 팽창 장비(534)를 통해 중온 증발기(540)의 압력으로 스로틀링된다. 2차 및 3차 루프들(560, 580)의 기체 냉매는 결합되어 제 1 및 제 2 컴프레서 스테이지들(124, 126) 사이의 냉매 이송 도관(112)으로 주입된다.

[0029] 도 6은 도 1 및 도 2의 컴프레서(100)가 설치될 수 있는 제 4 실시 예의 HVAC 시스템(600)을 도시한다. 시스템(600)은 컴프레서(100), 응축기(320), 제 1 팽창 장비(330) 및 증발기(340)를 구비하는 1차 냉매 루프(610)를 포함한다. 시스템은 또한 1차 냉매 루프(610)의 일부에 유체 연통되고 밸브(670)에 의해 제어되는 2차 냉매 루프(660)를 포함한다. 밸브(670)가 완전히 닫히면, 모든 냉매가 1차 루프(610)를 통해 유동하게 되고, 시스템(600)은 도 3에 도시된 시스템(300)과 실질적으로 동일한 방식으로 작동한다. 밸브(670)가 개방되면, 냉매 유동의 일부가 냉매 이송 도관(112)에서 제 1 및 제 2 컴프레서 스테이지들(124, 126) 사이에 제 2 루프(660)를 통해 냉매 이송 도관(112)으로부터 우회된다. 우회된 유동은 제 2 팽창 장치(630)에 의해 스로틀링된 보조 응축기(620)를 통과하여 증발기(340)로 들어가기 전에 1차 루프(610)에서 다시 합류한다.

[0030] 도 7은 다이나믹 컴프레서(100, dynamic compressor)를 포함하는 시스템(700)의 예시적인 실시 예를 도시한다. 컴프레서(100)는 컴프레서 하우징(102), 압축 메커니즘(707), 모터(108), 속도 센서(717), 압력 센서들(709) 및 컨트롤러(710)를 포함한다. 일 실시 예에서, 다이나믹 컴프레서(100)는 2-단(2-스테이지) 원심 컴프레서고, 압축 메커니즘(707)은 각 스테이지의 임펠러이다. 다른 실시 예에서, 다이나믹 컴프레서(100)는 축류 컴프레서(axial compressor)일 수 있고, 압축 메커니즘(707)은 축 방향 로터일 수 있다. 속도 센서(717)는 컴프레서(100)의 회전 속도를 측정하고, 압력 센서들(709)은 냉매 입구 및 냉매 출구를 포함하여 컴프레서 유동 경로를 따라 다양한 지점에서 압력을 측정한다. 온도 센서, 유량 센서, 전류 센서(708), 전압 센서, 회전 속도 센서 및 기타 적합한 센서를 포함하되 이에 국한되지 않는 추가적인 센서들이 컴프레서(100)에 설치되어 작동에 대한 데이터를 제공할 수 있다. 컴프레서(100)는 시스템(700)의 특정 구조로 제한되지 않으며, 도 1 및 도 2에 도시된 컴프레서(100)와 유사하게 구성되거나 다른 방식으로 구성될 수 있다. 시스템(700)은 언로딩 장비(701, unloading device), 가변 주파수 드라이브(VFD, variable frequency drive)(716) 및 유저 인터페이스(715)를 더 포함한다.

[0031] 컨트롤러(710)는 부분적으로 위에서 설명한 측정된 파라미터에 기초하여 컴프레서(100)에 작동 가능하게 연결되어 컴프레서의 작동을 제어한다. 컨트롤러(710)는 프로세서(711), 메모리(712) 및 언로딩 인터페이스(714)를 포함한다. 메모리(712)는 테이블, 행렬 등과 같은 임의의 적합한 데이터 구조로 저장될 수 있는 컴프레서(100)의 복수의 설정된 작동 지점들(50, operating points)의 맵(1000, map)(도 14 참조)을 저장한다. 맵(1000)은 제 1 컴프레서 스테이지(124) 단독, 제 2 컴프레서 스테이지(126) 단독 또는 컴프레서(100) 전체에서 복수의 설정된 작동 지점들을 포함할 수 있다. 메모리(712)는 또한 프로세서(711)에 의해 실행되는 명령들을 저장하고 컴프레서(100)를 작동시켜 작동 유체를 압축하고, 제 1 및 제 2 컴프레서 스테이지들(124, 126)이 더 이상 유량 매칭(flow-matched)이 되지 않는 시점을 판단하고, 필요한 경우 각 컴프레서 스테이지들(124, 126)의 입구(110, 118)에서 언로딩 장비(701)를 조정하여 적합한 스테이지 매칭(stage matching)을 회복하도록 한다. 설정된 작동 지점들(50)의 맵(1000)과, 컴프레서 스테이지들(124, 126)의 매칭 여부를 결정하는 방법(1300)은 이하에서 더 자세히 설명한다.

[0032] 시스템(700)은 컨트롤러(710)를 VFD(716, 가변 주파수 드라이브)에 연결하기 위한 인터페이스 및 VFD(716)를 모터(108)에 연결하기 위한 모터 인터페이스(713)를 포함한다. 특정 실시 예에서, VFD(716)는 컨트롤러(710)의 제어 하에 작동한다. 다른 실시 예에서, VFD(716)는 컨트롤러(710)의 일부일 수 있다. 시스템(700)은 또한 컨트롤러(710)를 언로딩 장비(701)에 연결하기 위한 언로딩 인터페이스(714)를 더 포함한다.

[0033] 컨트롤러(710)는 언로딩 인터페이스(714)를 통해 언로딩 장비(701)에 작동 가능하게 결합되어, 시동(start-up) 및 셧다운(shut-down) 루틴 동안, 감지된 서지 이벤트 동안 및 컨트롤러(710)가 달리 명령하는 경우 컴프레서(100)의 부하를 제거 및/또는 감소시킨다. 일 실시 예에서, 언로딩 장비(701)는 각 임펠러 스테이지의 입구에 있는 가변 입구 가이드 베인(VIGV)이다(도 2 참조). 다른 실시 예에서, 언로딩 장비(701)는 가변 디퓨저

(variable diffuser)일 수 있다. 컨트롤러(710)는 언로딩 장비(701)의 적어도 하나의 작동 파라미터(예를 들어, 각 VIGV의 위치)를 제어하도록 구성된다.

[0034] 다른 실시 예에서, 언로딩 장비(701)는 바이패스 밸브이다. 냉매 바이패스 밸브와 같은 바이패스 밸브는 가스에 대한 대체 경로를 제공하여, 모터(108)가 시동 중에 가속하거나 정지 중에 감속하더라도 컴프레서(100)의 압력 상승을 제한하고 잠재적인 서지 이벤트를 방지한다. 다른 실시 예에서, 언로딩 장비(701)는 팽창 밸브이다. 다른 실시 예에서, 언로딩 장비(701)는 서보 밸브와 같은 가변 오리피스 또는 직경 밸브, 솔레노이드 밸브 또는 듀티 사이클에 따라 개폐를 제어하도록 구성된 펄스 폭 변조(PWM) 밸브와 같은 고정 오리피스 또는 직경 밸브일 수 있다. 많은 유형의 언로딩 장비들이 설명될 것이지만, 언로딩 장비(701)는 컴프레서(100)의 부하를 감소시키는 임의의 적절한 장비 또는 장비들의 조합일 수 있다. 언로딩 장비(701)는 컴프레서(100)의 부하를 증가시키기 위한 로딩 장비(loading device)로 추가적으로 사용될 수 있다.

[0035] 시스템(700)은 시스템(700)과 관련된 정보를 출력하고(예를 들어, 디스플레이) 및/또는 (예를 들어, 사용자로부터) 수신하도록 구성된 유저 인터페이스(715)를 더 포함한다. 일부 실시 예에서, 유저 인터페이스(715)는 사용자로부터 활성화 및/또는 비활성화 입력을 수신하여 시스템(700)을 활성화 및 비활성화(즉, 켜기 및 끄기) 또는 달리 작동을 가능하게 하도록 구성될 수 있다. 또한, 일부 실시 예에서, 유저 인터페이스(715)는 시스템(700)의 하나 이상의 동작 특성과 관련된 정보, 예를 들어, 심각도 경보(warning indicators), 발생 경보, 고장 경보, 모터 속도 경보 및 임의의 다른 적절한 정보와 같은 경고 표시기를 포함하되 이에 제한되지 않는 정보를 출력하도록 될 수 있다.

[0036] 유저 인터페이스(715)는 유저 인터페이스(715)가 본원에 설명된 대로 작동할 수 있도록 하는 임의의 적절한 입력 장치 및 출력 장치를 포함할 수 있다. 예를 들어, 유저 인터페이스(715)는 키보드, 마우스, 터치스크린, 조이스틱, 스로틀, 버튼, 스위치 및/또는 기타 입력 디바이스를 포함하되 이에 한정되지 않는 입력 디바이스를 포함할 수 있다. 또한, 유저 인터페이스(715)는 예를 들어, 디스플레이(예를 들어, 액정 디스플레이(LCD) 또는 유기 발광 다이오드(OLED) 디스플레이), 스피커, 표시등, 계측기 및/또는 기타 출력 디바이스를 포함하되 이에 제한되지 않는 출력 디바이스를 포함할 수 있다. 또한, 유저 인터페이스(715)는 시스템 컨트롤러(도시되지 않음)와 같이, 다른 구성 요소의 일부일 수 있다. 다른 실시 예에서, 유저 인터페이스(715)를 포함하지 않을 수 있다.

[0037] 컨트롤러(710)는 일반적으로 컴프레서(100)의 작동을 제어하도록 구성된다. 컨트롤러(710)는 다른 장비 또는 컨트롤러의 프로그래밍 및 명령을 통해 작동을 제어하거나 시스템 컨트롤러를 통해 시스템(700)과 통합된다. 예를 들어, 일부 실시 예에서, 컨트롤러(710)는 유저 인터페이스(715)로부터 사용자 입력을 수신하고, 그러한 사용자 입력에 대응하여 시스템(700)의 하나 이상의 구성 요소를 제어한다. 예를 들어, 컨트롤러(710)는 유저 인터페이스(715)로부터 수신된 사용자 입력에 기초하여 모터(108)를 제어할 수 있다. 일부 실시 예에서, 시스템(700)은 원격 제어 인터페이스에 의해 제어될 수 있다. 예를 들어, 시스템(700)은 시스템(700)의 원격 제어 및 활성화를 가능하게 하는 무선 제어 인터페이스에 연결하도록 구성된 통신 인터페이스(미도시)를 포함할 수 있다. 무선 제어 인터페이스는 태블릿 또는 스마트폰과 같은 휴대용 컴퓨팅 장치에 구현될 수 있다.

[0038] 컨트롤러(710)는 일반적으로 서로 통신적으로 결합될 수 있고 독립적으로 또는 서로 연결하여 작동될 수 있는 컴퓨터, 프로세싱 유닛 등의 임의의 적절한 조합을 포함하여 임의의 적절한 컴퓨터 및/또는 다른 프로세싱 유닛을 포함할 수 있다(예를 들어, 컨트롤러(710)는 컨트롤러 네트워크의 전부 또는 일부를 형성할 수 있다). 컨트롤러(710)는 하나 이상의 모듈 또는 장비를 포함할 수 있으며, 그 중 하나 이상은 시스템(700) 내에 통합되어 있거나 시스템(700)으로부터 원격으로 위치할 수 있다. 컨트롤러(710)는 컴프레서(100)의 일부이거나 분리될 수 있으며, HVAC 시스템에서 시스템 컨트롤러의 일부일 수 있다. 컨트롤러(710) 및/또는 컨트롤러(710)의 구성 요소는 시스템(700)의 다른 구성 요소 내에 통합되거나 일체화될 수 있다. 컨트롤러(710)는 다양한 컴퓨팅 구현 기능(예를 들어, 본원에 개시된 계산, 결정 및 기능 수행)을 수행하도록 구성된 하나 이상의 프로세서(711) 및 관련 메모리 장비(712)를 포함할 수 있다.

[0039] 본원에서 사용되는 '프로세서'라는 용어는 집적 회로뿐만 아니라 컨트롤러, 마이크로컨트롤러, 마이크로컴퓨터, 프로그래머블 로직 컨트롤러(PLC), 애플리케이션별 집적 회로 및 기타 프로그래머블 회로를 지칭할 수 있다. 또한, 컨트롤러(710)의 메모리 장비(712)는 일반적으로 컴퓨터 판독 가능한 매체(예를 들어, 랜덤 액세스 메모리(RAM)), 컴퓨터 판독 가능한 비휘발성 매체(예를 들어, 플래시 메모리), 플로피 디스크, 컴팩트 디스크 읽기 전용 메모리(CD-ROM), 자기 광학 디스크(MOD), 디지털 다목적 디스크(DVD) 및/또는 다른 적절한 메모리 요소를 포함하거나 포함할 수 있다. 이러한 메모리 장비(712)는 일반적으로 프로세서(711)에 의해 구현될 때, 시스템

(700) 제어, 모터(108)의 동작 제어, 유저 인터페이스(715)로부터의 입력 수신, 유저 인터페이스(715)를 통해 운영자에게 출력 제공, 하역 장치(701) 제어 및/또는 다양한 다른 적절한 컴퓨터 구현 기능을 포함하나 이에 한정되지 않는, 본원에 설명된 다양한 기능을 수행하도록 컨트롤러(710)를 구성 또는 유발하는 적절한 컴퓨터 판독 가능한 명령을 저장하도록 구성될 수 있다.

[0040] 도 8을 참조하면, 예시적인 다이나믹 원심 컴프레서(100, dynamic centrifugal compressor)의 작동 범위(operating envelope) 또는 작동 맵(800)이 도시되어 있다. 이 작동 맵(800)은 메모리(712)에 저장된 복수의 설정된 작동 지점들(50)의 맵(1000)을 하나의 그래픽으로 표현한 것이다. 작동 맵(800)은 유량, 수두, 속도 측면에서 컴프레서의 성능을 그래픽으로 표시한다. 작동 맵(800)은 압축기(100)의 설계 지점에서의 수두(head) 대 입구 질량 유량(inlet mass flow rate)을 해당 값의 백분율로 표시한다. 수두(head)는 입구 압력에 대한 출구 압력의 총 압력 비율이다. 입구 질량 유량(Inlet mass flow rate)은 압축 메커니즘(707)을 통해 유동하는 냉매와 같은 작동 유체의 양을 측정한 값이다. 작동 맵(800)은 복수의 컴프레서 속도 라인들(807)을 나타낸다. 이 예시에는 70% 설계 속도에서 110% 설계 속도에 이르는 5개의 속도 라인들(807)이 있으며, 각 라인은 10% 차이로 구분되어 있다. 이 예시에는 이러한 특정 속도 라인들이 표시되어 있지만, 모든 유형의 컴프레서에 대해 컴프레서 설계 속도의 백분율에 따라 여러 개의 속도 라인들이 표시될 수 있다.

[0041] 서지 제한 라인(804, surge limit line)은, 서지 영역(806)(즉, 서지 제한 라인(804)의 좌측)에서 서지가 발생하기 전의 최소 유량을 나타낸다. 서지 제어 라인(803, surge control line)은 컴프레서(100)가 서지에 빠질 위험 없이 안전하게 작동할 수 있는 최소 유량을 대략적으로 나타낸다. 서지 제어 라인(803)은, 서지 제한 라인(804)의 서지 마진(805, surge margin)에 의해 정의된다. 서지 제어 라인(803)의 우측에서 작동함으로써 컴프레서(100)는 서지를 피해야 한다. 마찬가지로 초크 라인(801)은 우측에서 작동하면 컴프레서(100)가 초크 유동(choked flow)으로 작동하게 됨을 나타낸다.

[0042] 컴프레서(100)의 제 1 작동 지점(809)은 작동 맵(800)에 속도 라인, 입구 질량 유량 값 및 총 압력 비율 값의 교차 지점으로 표시된다. 예를 들어, 작동 맵(800)에 표시된 제 1 작동 지점(809)은 112% 입구 질량 유량, 90% 수두, 100% 속도이지만 모든 유형의 컴프레서에 대해 여러 개의 작동 지점들이 표시될 수 있다. 작동 지점은 컴프레서(100)의 현재 작동 파라미터를 정의하고, 작동 맵(800)은 현재 작동 지점이 불안정한 상태(즉, 서지) 또는 비효율적인 상태(즉, 초크)에서 얼마나 가까운 작동 지점에 있는지를 나타낸다.

[0043] 도 8에 도시된 제 1 작동 지점(809)은 제 1 및 제 2 컴프레서 스테이지들(124, 126)이 동일한 질량 유량을 입력받을 때 컴프레서(100)의 작동을 나타낼 수 있다. 예를 들어, 제 1 작동 지점(809)은 도 3에 도시된 제 1 실시예의 HVAC 시스템(300)에 설치된 컴프레서(100)의 작동을 나타낼 수 있다. 또는, 제 1 작동 지점(809)은 도 4에 도시된 제 2 실시 예의 HVAC 시스템(400)에 설치된 컴프레서(100)의 작동을 나타낼 수 있으며, 이는 HVAC 시스템(400)의 경제운전 밸브(470)가 닫혀 있을 때, 즉 냉매가 제 1 루프(410)를 통해서만 순환하고 컴프레서 스테이지들(124, 126) 사이에 경제운전 유량이 추가되지 않을 때를 도시한다. 제 1 작동 지점(809)은 또한 밸브(670)가 닫혀 있을 때, 즉 냉매가 제 1 루프(610)를 통해서만 순환하고 컴프레서 스테이지들(124, 126) 사이로부터 유량이 제거되지 않을 경우, 도 6에 도시된 제 4 실시 예의 HVAC 시스템(600)에 설치된 컴프레서(100)의 작동을 나타낼 수도 있다.

[0044] 도 9는 다이나믹 컴프레서(100)의 제 2 컴프레서 스테이지(126)의 작동 맵(900)를 도시한다. 제 2 작동 지점(909)은 전술한 구성에서와 같이, 제 1 및 제 2 컴프레서 스테이지들(124, 126)이 동일한 질량 유량을 수신할 때, 제 2 컴프레서 스테이지(126)의 작동을 나타낼 수 있다. 제 3 작동 지점(913)은 컴프레서 스테이지들(124, 126) 사이에 유량이 추가될 때 제 2 컴프레서 스테이지(126)의 작동 조건을 나타낼 수 있다. 예를 들어, 제 3 작동 지점(913)은 경제운전 밸브(470)가 개방될 때 시스템(400)에 설치된 컴프레서(100)의 작동을 나타낼 수 있다. 제 3 작동 지점(913)은 또한 도 5에 도시된 시스템(500)에 설치된 컴프레서(100)의 작동을 나타낼 수도 있다.

[0045] 제 2 컴프레서 스테이지(126)는 동일한 컴프레서 속도에서 더 높은 질량 유량에 대해 동일한 압력 상승을 달성할 수 없다. 결과적으로 제 2 컴프레서 스테이지(126)의 현재 작동 지점은 제 2 작동 지점(909)에서 제 3 작동 지점(913)으로 100% 속도 라인을 따라 우측으로 이동한다. 따라서, 제 3 작동 지점(913)은 제 2 작동 지점(909)과 동일한 속도에서 제 2 스테이지(126)의 작동을 나타내지만, 유입 질량 유량이 더 크고 수두가 더 낮다. 제 2 컴프레서 스테이지(126)의 제 3 작동 지점(913)은 제 2 단계 초크 라인(901)을 지나 이동하면 제 2 컴프레서 스테이지(126)는 초크 유동으로 작동한다. 이로 인해 전체 컴프레서(100)가 초크 유동(choked flow) 상태로 작동하여 성능과 효율성이 저하된다.

[0046] 도 10을 참조하면, 제 4 작동 지점(919)은 전술한 구성에서와 같이, 제 1 및 제 2 컴프레서 스테이지들(124, 126)이 동일한 질량 유량을 수신할 때 제 2 컴프레서 스테이지(126)의 작동을 나타내는 또 다른 예시를 나타낸다. 제 5 작동 지점(923)은 컴프레서 스테이지들(124, 126) 사이에서 유량이 제거될 때, 제 2 컴프레서 스테이지(126)의 작동 조건을 나타낸다. 예를 들어, 제 5 작동 지점(923)은 밸브(670)가 개방되고 컴프레서 스테이지들(124, 126) 사이에서 유동이 제거될 때 도 6에 도시된 제 4 실시 예의 HVAC 시스템(600)에 설치된 컴프레서(100)의 작동을 나타낼 수 있다. 제 2 컴프레서 스테이지(126)를 통해 질량 유량을 줄이면 작동 지점이 100% 속도 라인을 따라 제 4 작동 지점(919)에서 제 5 작동 지점(923)으로 좌측으로 이동한다. 따라서, 제 5 작동 지점(923)은 제 4 작동 지점(919)과 동일한 속도로 제 2 스테이지(126)의 작동을 나타내지만, 유입 유량은 감소된 상태이다. 제 2 컴프레서 스테이지(126)의 제 5 작동 지점(923)이 제 2 스테이지의 서지 제어 라인(903) 또는 서지 제한 라인(904)을 지나 이동하게 되면, 제 2 컴프레서 스테이지(126)는 서지로 흘러 들어갈 위험이 있다. 제 2 컴프레서 스테이지(126)에서 서지 이벤트가 발생하면 기계 전체가 중단되어 구조적 손상을 초래할 수 있다.

[0047] 도 9 및 도 10에 도시된 성능 및 작동 범위의 감소는, 제 2 VIGV(136)의 위치를 조정하여 제 2 컴프레서 스테이지(126)의 작동 맵을 이동시킴으로써 제 2 컴프레서 스테이지(126)가 전체적으로 컴프레서(100) 앞에서 초크되거나 서지되지 않도록 함으로써, 완화될 수 있다. 도 9 및 도 10은 제 1 및 제 2 VIGV(134, 136)가 동일한 위치를 가질 때 제 2 컴프레서 스테이지(126)의 작동 맵(900)을 도시한다. 즉, 제 1 VIGV(134)의 제 1 위치와 제 2 VIGV(136)의 제 2 위치는 동일한 위치이다.

[0048] 도 11은 제 2 VIGV(136)가 제 2 위치와 다른 제 3 위치로 이동되었을 때의 제 2 컴프레서 스테이지(126)의 작동 맵(1100)을 도시한다. 작동 맵(1100)은 도 9에 도시된 작동 맵(900)에 제 2 및 제 3 작동 지점들(909, 913)을 포함하여 오버레이된다. 제 2 VIGV(136)을 제 3 위치로 조정하면 제 2 컴프레서 스테이지(126)로 유입되는 냉매 가스에 추가된 사전-소용돌이이가 변화되어, 작동 범위가 우측으로 이동하여 초크 범위가 확장된다. 제 2 컴프레서 스테이지(126)의 속도는 동일하게 유지되므로, 현재 작동 지점은 제 3 작동 지점(913)에서 제 6 작동 지점(1113)으로 제 2 컴프레서 스테이지(126)의 새로운 100% 속도 라인으로 위쪽으로 이동한다. 제 6 작동 지점(1113)은 새로운 초크 라인(1101)의 좌측에 있으므로 제 2 컴프레서 스테이지(126)는 더 이상 초크 유동으로 작동하지 않게 된다. 이를 통해 HVAC 시스템(400, 500)은 컴프레서(100)의 성능과 작동 범위를 손상시키지 않고도 경제운전 루프 또는 부스터 시스템의 이점을 누릴 수 있다.

[0049] 도 12를 참조하면, 또한 제 2 컴프레서 스테이지(126)의 작동 범위가 컴프레서(100)의 서지 범위를 확장하기 위해 좌측으로 이동하도록 제 2 VIGV(136)의 제 3 위치가 선택될 수 있다. 도 12는 제 2 VIGV(136)가 컴프레서(100)의 서지 범위를 확장하는 제 3 위치로 조정되었을 때의 제 2 컴프레서 스테이지(126)의 작동 맵(1200)을 도시한다. 작동 맵(1200)는 도 9에 도시된 작동 맵(900)에 오버레이되며, 제 4 및 제 5 작동 지점들(919, 923)을 포함한다. 현재 작동 지점은 제 5 작동 지점(923)에서 제 7 작동 지점(223)으로, 제 2 컴프레서 스테이지(126)의 새로운 100% 속도 라인으로 아래쪽으로 이동한다. 제 7 작동 지점(1223)은 새로운 서지 제어 라인(1203)의 우측에 있기 때문에, 제 2 컴프레서 스테이지(126)는 더 이상 나머지 컴프레서(100)보다 먼저 서지가 발생할 위험이 없다.

[0050] 메모리(712)는 전술한 바와 같이 컴프레서(100)의 작동 범위를 확장하도록 프로세서(711)를 프로그래밍하는 명령을 저장한다. 일 실시 예에 따른 방법(1300)이 도 13에 도시된다. 프로세서(711)는 컴프레서(100)를 현재 속도, 제 1 VIGV(134)의 제 1 위치 및 제 2 VIGV(136)의 제 2 위치에서 작동하여 작동 유체를 압축한다(1302). 일부 실시 예에서, 제 1 VIGV(134)의 제 1 위치 및 제 2 VIGV(136)의 제 2 위치는 동일한 위치일 수 있다. 다이나믹 컴프레서(100)를 작동하는 과정(1302) 동안 프로세서(711)는 조건이 충족되는지 여부를 결정한다. 조건이 만족되지 않으면, 메모리(712)에 저장된 명령은 프로세서(711)를 프로그래밍하여, 컴프레서(100)를 현재 속도, 제 1 VIGV(134)의 제 1 위치 및 제 2 VIGV(136)의 제 2 위치에서 계속 작동(1310)하도록 한다. 조건이 만족되면, 메모리(712)에 저장된 명령어는 프로세서(711)를 프로그래밍하여, 제 2 VIGV(136)의 제 2 위치를, 제 2 위치와 다른 제 3 위치로 변경하고(1312), 제 1 VIGV(134)의 제 1 위치를 유지하도록 한다.

[0051] 도 13에 도시된 실시 예의 방법에서, 조건이 충족되는지 확인하는 단계는, 컴프레서(100)와 유체 연통된 밸브가 개방되어 있는지 확인하는 단계(1304)를 포함한다. 특정 실시 예에서, 밸브는 도 4에 도시된 시스템(400)의 경제운전 밸브(470)일 수 있다. 다른 실시 예에서, 밸브는 도 6에 도시된 시스템(600)의 밸브(670)일 수 있다. 밸브가 완전히 또는 부분적으로 개방되어 1차 냉매 루프의 일부가 밸브에서 2차 냉매 루프에 유체 연통될 경우, 밸브가 개방된 것으로 간주할 수 있다. 밸브가 개방되지 않을 경우, 조건이 충족되지 않은 것이고, 컴프레서

(100)는 현재 조건에서 작동을 계속 할 수 있다(1310).

[0052] 밸브가 개방된 경우, 프로세서(711)는 제 2 컴프레서 스테이지(126)의 제한 속도(limiting speed)를 결정(1306)하도록 추가적으로 프로그래밍된다. 밸브가 도 4에 도시된 시스템(400)의 경제운전 밸브(470)인 실시 예에서, 제 2 컴프레서 스테이지(126)의 제한 속도는 제 2 컴프레서 스테이지(126)의 초크 속도일 수 있다. 이 실시 예에서, 프로세서(711)가 제 2 컴프레서 스테이지(126)의 초크 속도가 다이나믹 컴프레서(100)의 현재 속도보다 크거나 같다고 판단할 경우(1308), 조건은 충족되지 않고 컴프레서는 현재 조건에서 계속 작동하도록 된다(1310). 프로세서(711)가 제 2 컴프레서(126)의 초크 속도가 다이나믹 컴프레서(100)의 현재 속도보다 작다고 판단할 경우(1308), 조건이 충족되어 제 2 VIGV(136)의 제 2 위치가 제 2 위치와 다른 제 3 위치로 변경(1312)되고 제 1 VIGV(134)의 제 1 위치는 유지된다. 따라서, 경제운전 밸브(470)가 개방되고 제 2 컴프레서 스테이지(126)의 초크 속도가 다이나믹 컴프레서(100)의 현재 속도보다 작을 경우, 조건이 충족된다.

[0053] 밸브가 도 6에 도시된 시스템(600)의 밸브(670)인 실시 예들에서, 제 2 컴프레서 스테이지(126)의 제한 속도는 제 2 컴프레서 스테이지(126)의 서지 제어 속도일 수 있다. 이러한 실시 예에서, 프로세서(711)는 제 2 컴프레서 스테이지(126)의 서지 제어 속도가 다이나믹 컴프레서(100)의 현재 속도보다 작거나 같다고 판단할 경우(1309), 조건은 충족되지 않고, 컴프레서는 현재 조건에서 계속 작동하게 된다(1310). 프로세서(711)가 제 2 컴프레서(126)의 서지 제어 속도가 다이나믹 컴프레서(100)의 현재 속도보다 크다고 판단할 경우(1309), 조건이 충족되어 제 2 VIGV(136)의 제 2 위치가 제 2 위치와 다른 제 3 위치로 변경(1312)되고 제 1 VIGV(134)의 제 1 위치는 유지된다. 따라서, 밸브(670)가 개방되고 제 2 컴프레서 스테이지(126)의 서지 제어 속도가 다이나믹 컴프레서(100)의 현재 속도보다 클 때, 조건이 충족된다.

[0054] 방법(1300)은 메모리(712)가 컴프레서(100)의 설정된 작동 지점들(50)의 맵(1000)을 더 저장하는 실시 예에서 사용될 수 있다. 도 14는 메모리(712)에 저장된 설정된 작동 지점(50)의 맵(1000)를 도시하는 도면이다. 설정된 작동 지점들(50) 각각은 컴프레서 속도 값과 스테이지 압력 비율 값의 교차점으로 표시된다. 입구 질량 유량은 설정된 각 작동 지점들(50)에 대해서 정의된다. 맵(1000)는 기계 서지 라인(1020, machine surge line) 및 기계 초크 라인(1030, machine choke line)을 따르는 지점들을 포함하는 범위의 설정된 작동 지점들(50)을 포함한다. 메모리(712)는 설정된 각 서지 지점(surge point)에 대한 서지 지점 질량 유량과 설정된 모든 초크 지점(choke point)에 대한 초크 지점 질량 유량을 저장한다. 맵(1000)는 서지 라인(1020) 위 또는 초크 라인(1030) 아래의 지점들을 포함하지 않는데, 이는 서지 라인(1020) 위 또는 초크 라인(1030) 아래의 지점들은 피해야 하기 때문이며, 따라서 이들은 "작동 지점"이 아니다. 다른 실시 예에서, 서지 라인(1020) 위 또는 초크 라인(1030) 아래 지점들의 입구 질량 유량은 포함될 수 있다.

[0055] 맵(1000)에서 설정된 작동 지점들(50)은 속도 10% 내지 35% 속도 사이, 5% 내지 50% 압력 비율 사이의 범위를 가지며, 각 지점은 양쪽 축에서 5% 간격으로 떨어져 있다. 이 실시 예에서는 이러한 특정 작동 지점들(50)이 표시되어 있지만, 모든 유형의 컴프레서에 대해 임의의 값과 임의의 분해능을 갖는 임의의 개수의 작동 지점이 표시될 수 있다. 설정된 작동 지점들(50) 각각의 속도, 압력 비율, 입구 질량 유량 및 VIGV 위치 값은 컴퓨터에서 다이나믹 컴프레서(100)의 작동을 시뮬레이션하거나, 제어 환경에서 다이나믹 컴프레서(100)를 테스트하거나, 시뮬레이션과 테스트의 조합을 통해 생성되거나 또는 각 설정된 작동 지점들(50)의 속도, 압력 비율, 입구 질량 유량 및 VIGV 위치 값을 미리 결정하는 다른 적절한 방법에 의해 생성될 수 있다.

[0056] 도 14에 도시된 맵(1000)는 제 2 컴프레서 스테이지(126)의 설정된 작동 지점들(50)만 포함할 수 있다. 기계 초크 라인(1032) 및 서지 제어 라인(1020) 외에도, 맵(1000)은 컴프레서 스테이지들(124, 126) 사이에 유동이 추가될 때의 제 2 컴프레서 스테이지(126)의 초크 라인(1050)과, 컴프레서 스테이지들(124, 126) 사이에서 유동이 제거될 때의 제 2 컴프레서 스테이지(126)의 서지 라인(1040)도 도시한다. 이러한 실시 예들에서, 제 2 컴프레서 스테이지(126)의 제한 속도를 결정하는 단계(1306)는, 설정된 작동 지점들(50)의 맵(1000)으로부터 제 2 컴프레서 스테이지(126)의 설정된 작동 지점들(50)의 값을 검색하는 단계를 포함한다.

[0057] 맵(1000)로부터 검색된 설정된 작동 지점들(50)은 현재 작동 지점(1009)에서 제 2 컴프레서 스테이지(126)의 초크 속도 또는 서지 제어 속도를 표시하거나, 현재 작동 지점에서의 초크 속도 또는 서지 제어 속도를 그래픽으로 판단하는 데 사용될 수 있다. 예를 들어, 현재 작동 지점(1009)에서 제 2 컴프레서 스테이지(126)의 초크 속도는 1034로 표시되고 서지 제어 속도는 1024로 표시된다. 설정된 작동 지점들(50)은 제 2 컴프레서 스테이지(126)의 현재 작동 지점(1009)과 동일한 속도, 압력 비율 및 입구 질량 유량을 가질 수 있다. 다른 실시 예들에서, 현재 작동 지점(1009)에 가장 가까운 소정의 작동 지점들(50)이 검색될 수 있다. 다른 실시 예에서, 현재 작동 지점(1009)에 대응하는 새로운 점이 설정된 작동 지점(50)으로부터 보간(interpolate)될 수 있다. 복수의

설정된 작동 지점들을 사용하는 질량 유량 보간 방법은 미국 출원 번호 제17/243,787호에 개시되어 있고, 해당 내용은 본 문서 전체에 참조로 통합되어 있다.

[0058] 맵(1000)는 대안적으로 컴프레서(100)의 설정된 작동 지점들을 전체적으로 포함할 수 있다. 이러한 실시예에서, 제 2 컴프레서 스테이지(126)의 제한 속도는 직접 검색되는 대신에 계산될 수 있다. 도 15는 컴프레서 스테이지들(124, 126) 사이에 유량이 추가되거나 제거될 때 제 2 컴프레서 스테이지(126)의 제한 속도를 결정하는 단계(1308, 1309)에 대한 예시적인 제어 알고리즘(1510, 1520)의 순서도를 도시한다. 컴프레서 초크 속도(주어진 압력 상승에 대해 컴프레서(100)가 초크되는 속도)는 맵(1000)에서 그래픽으로 결정할 수 있다. 예를 들어, 도 14를 참조하면, 현재 작동 지점(1009)의 컴프레서 초크 속도(1034)는 컴프레서 설계 속도의 약 33%이다. 시스템(400)의 경제운전 밸브(470)가 개방된 경우, 제 2 컴프레서 스테이지(126)의 초크 속도를 계산하여 컴프레서(100)의 현재 속도와 비교할 수 있다. 도 15에 도시된 제어 알고리즘(1510)에서, 제 2 컴프레서 스테이지(126)의 초크 속도는 컴프레서 초크 속도로부터 계산될 수 있다. 예를 들어, 제 2 스테이지 초크 속도는 설정된 작동 지점들(50)의 맵(1000)에서 검색된 컴프레서 초크 속도와, 컴프레서 압력 비율 PR(pressure ratio) 및 설정된 상수 k의 곱의 차이로 구해지며, 다음의 수학식 1과 같다:

수학식 1

[0059] $$N_{choke,2S} = N_{choke,compressor} - PR * k$$

[0060] 일부 실시 예에서, 설정된 상수 k는 500이다.

[0061] 컴프레서 서지 제어 속도(주어진 압력 상승에 대해 컴프레서(100)가 서지할 수 있는 속도)는 맵(1000)에서 그래픽을 통해 결정할 수 있다. 예를 들어, 도 14를 참조하면, 현재 작동 지점(1009)의 컴프레서 서지 제어 속도(1024)는 컴프레서 설계 속도의 약 17%이다. 시스템(600)의 밸브(670)가 개방된 경우, 제 2 컴프레서 스테이지(126)의 서지 제어 속도를 계산하여 컴프레서(100)의 현재 속도와 비교할 수 있다. 도 15에 도시된 제어 알고리즘(1520)에서, 제 2 컴프레서 스테이지(126)의 서지 제어 속도는 컴프레서 서지 제어 속도로부터 계산될 수 있다. 예를 들어, 제 2 스테이지 서지 제어 속도는 설정된 작동 지점들(50)의 맵(1000)에서 검색된 컴프레서 서지 제어 속도와, 컴프레서 압력 비율 PR 및 설정된 상수 k의 곱의 합으로 구해지며, 다음의 수학식 2와 같다:

수학식 2

[0062] $$N_{surge\ control,2S} = N_{surge\ control,compressor} + PR * k$$

[0063] 일부 실시 예에서, 설정된 상수 k는 500이다.

[0064] 본원에 설명된 방법과 시스템의 기술적 이점은 다음과 같다: (a) 컴프레서의 성능과 작동 범위를 손상시키지 않고 시스템의 용량과 효율을 높이는 사이클 변경을 통해 HVAC 시스템 효율을 개선할 수 있으며, (b) 각 컴프레서 스테이지에서 VIGV를 개별적으로 제어하여 컴프레서의 작동 범위를 어느 방향으로든 확장할 수 있다.

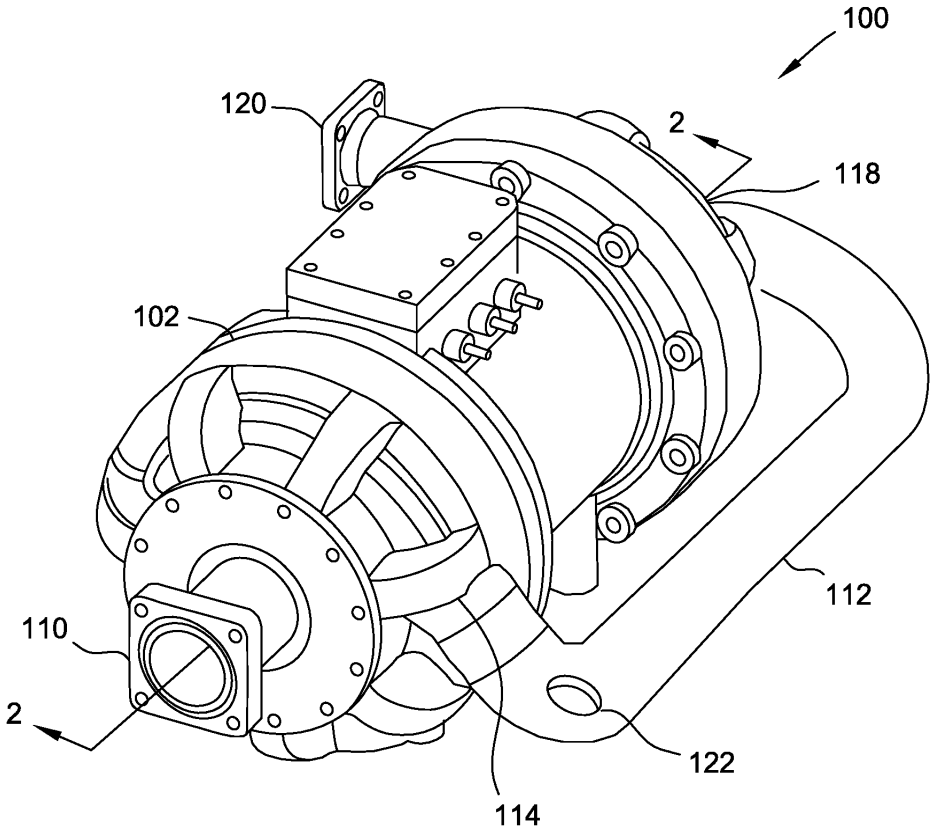
[0065] 본 문서에서 치수, 농도, 온도 또는 기타 물리적 또는 화학적 특성 또는 특성의 범위와 함께 사용될 때 "약", "실질적으로", "본질적으로" 및 "대략"이라는 용어는 예를 들어 반올림, 측정 방법론 또는 기타 통계적 변동으로 인한 변동을 포함하여 특성 또는 특성 범위의 상한 및 하한에 존재할 수 있는 변동을 포함하기 위한 것이다.

[0066] 본 개시의 요소 또는 그 실시 예(들)를 소개할 때, 단수의 표현은 하나 이상의 요소가 있다는 것을 의미할 수 있다는 점을 밝혀둔다. "포함하다", "갖다", "구비하다", "보유하다"라는 용어는 포괄적인 의미이며 나열된 요소 외에 추가 요소가 있을 수 있음을 의미한다. 특정 방향을 나타내는 용어(예: "상측", "하측", "측" 등)를 사용하는 것은 설명의 편의를 위한 것이며 설명하는 요소의 특정 방향이 반드시 필요한 것은 아니다.

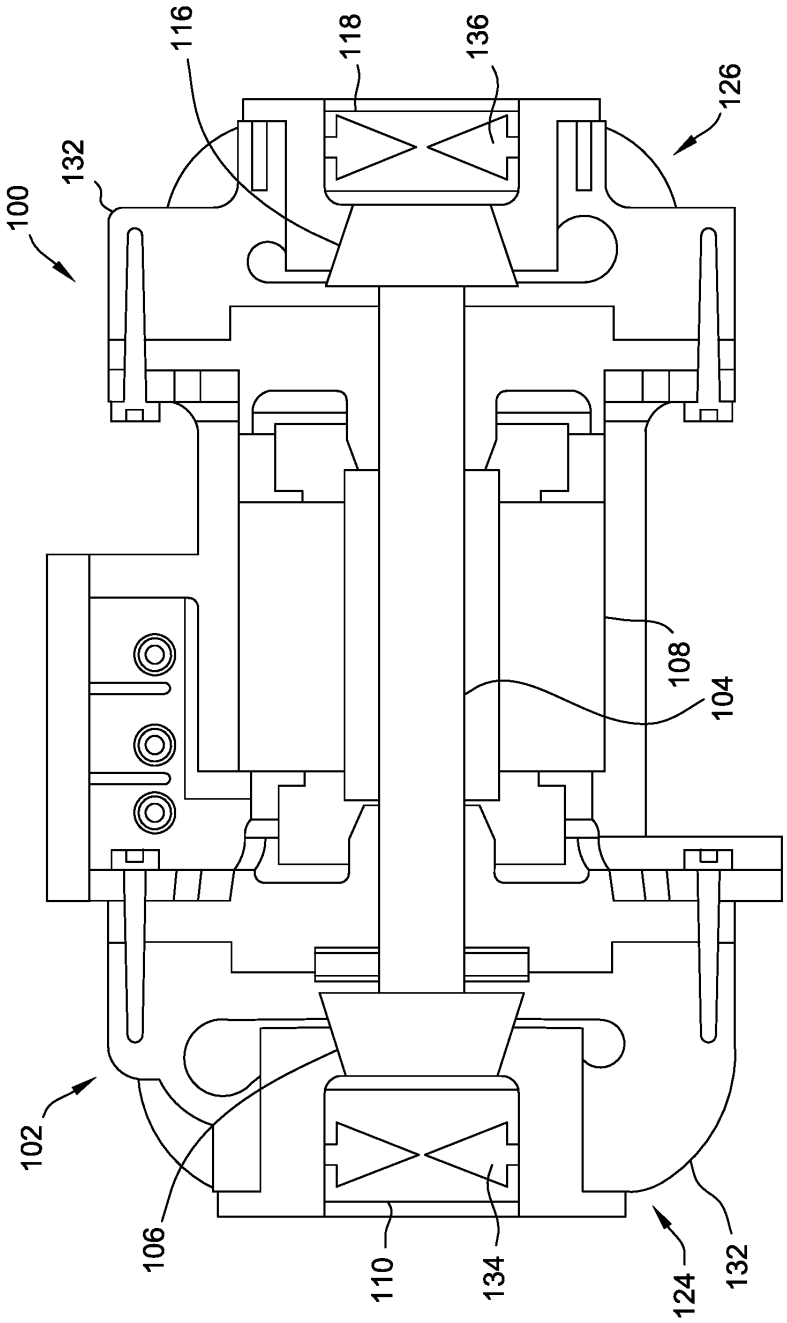
[0067] 이상의 구성 및 방법에는 본 발명의 범위를 벗어나지 않는 범위 내에서 다양한 변경이 이루어질 수 있으므로, 상기 설명에 포함되고 첨부된 도면에 도시된 모든 사항은 예시적인 의미로 해석되어야 하며 제한적인 의미로 해석되어서는 안 된다.

도면

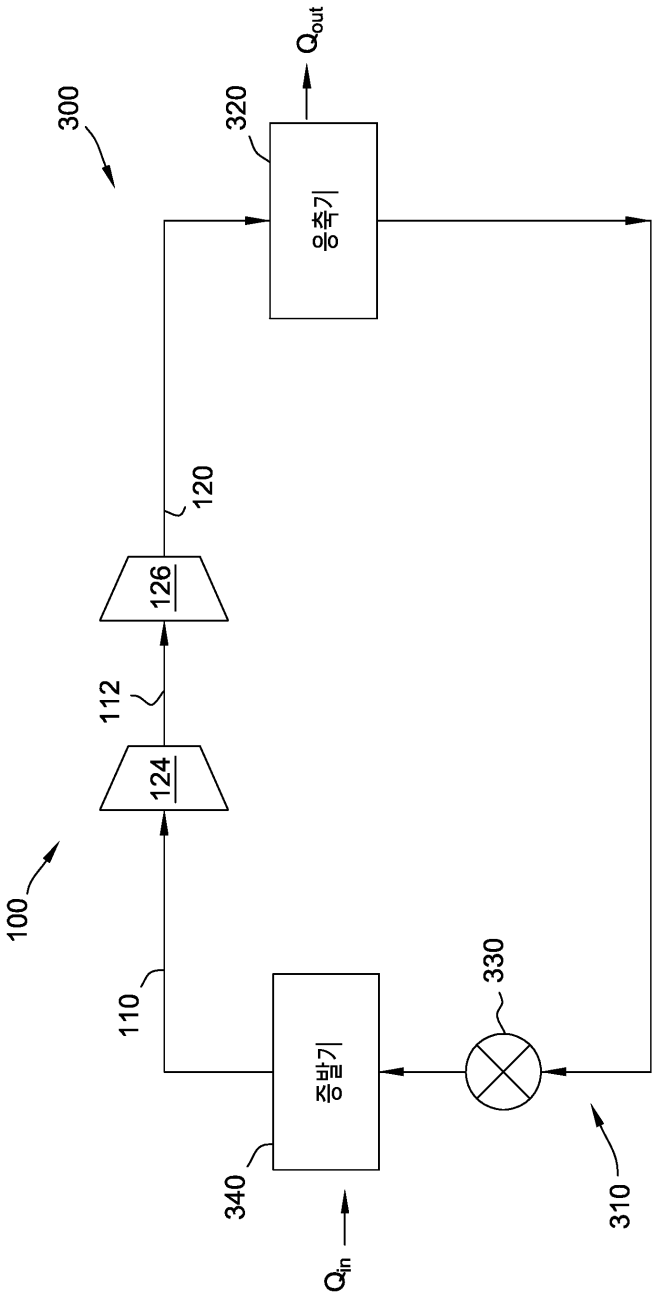
도면1



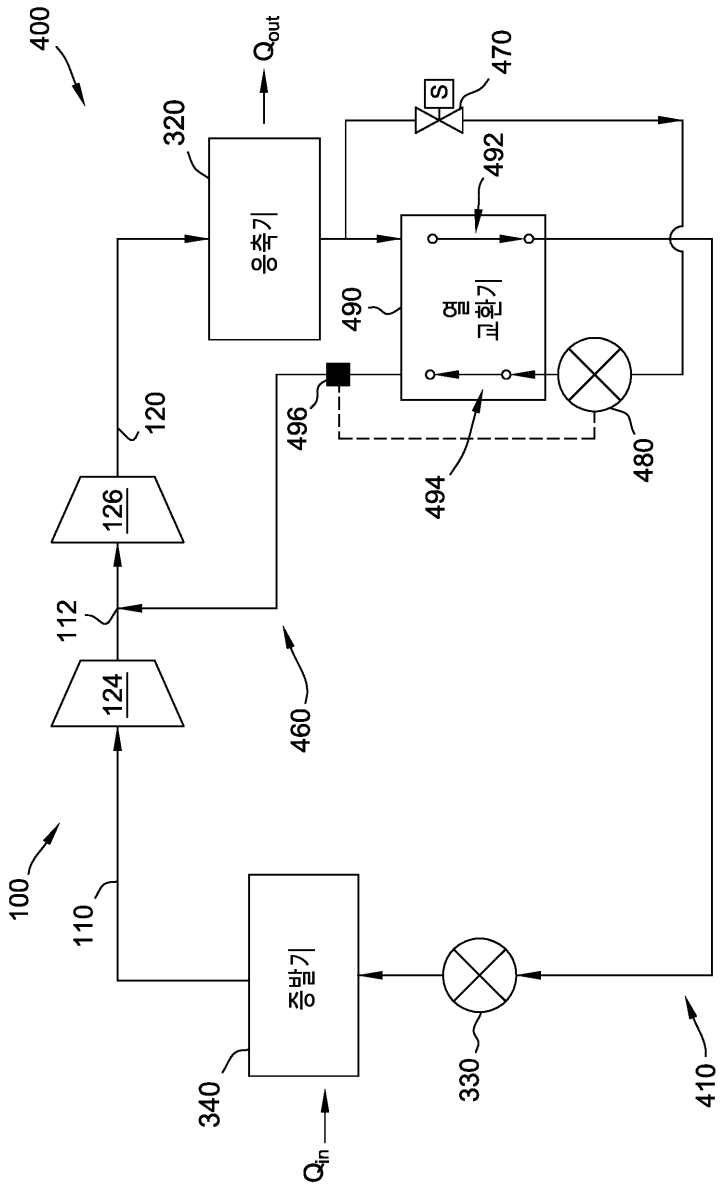
도면2



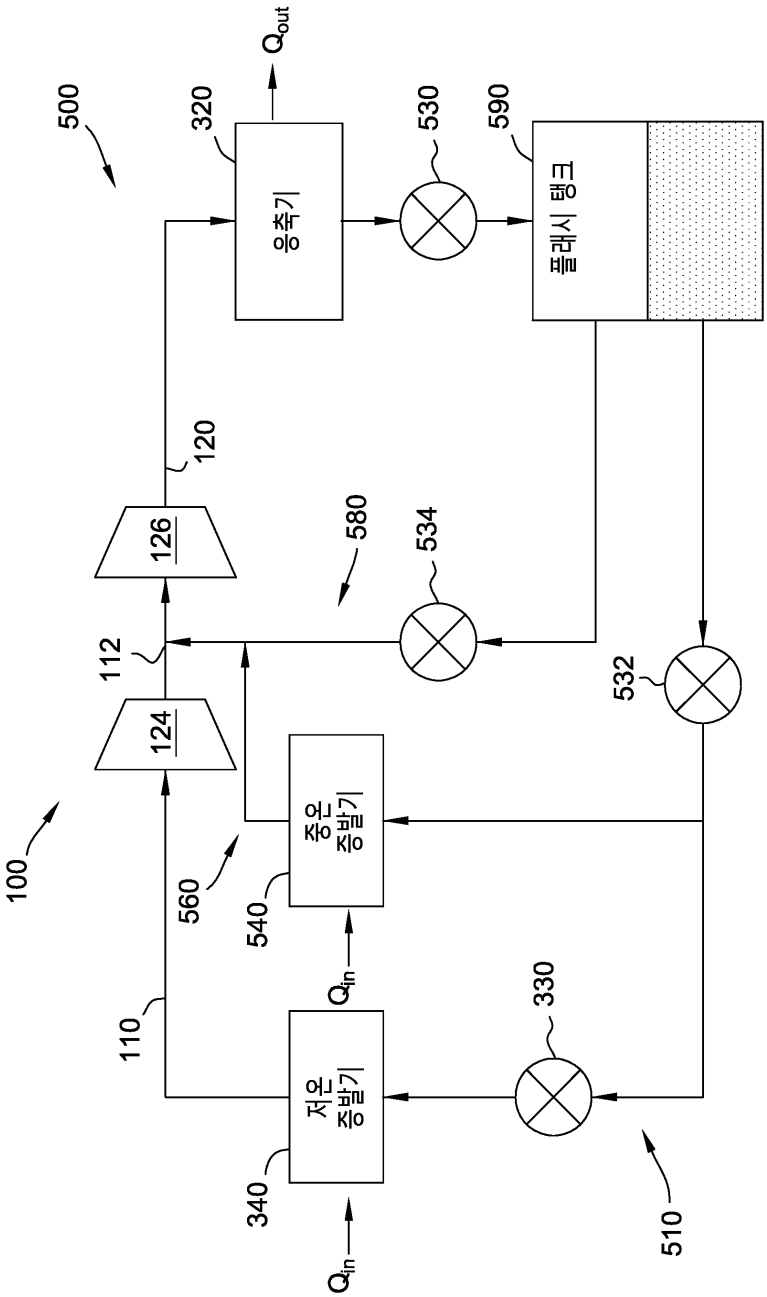
도면3



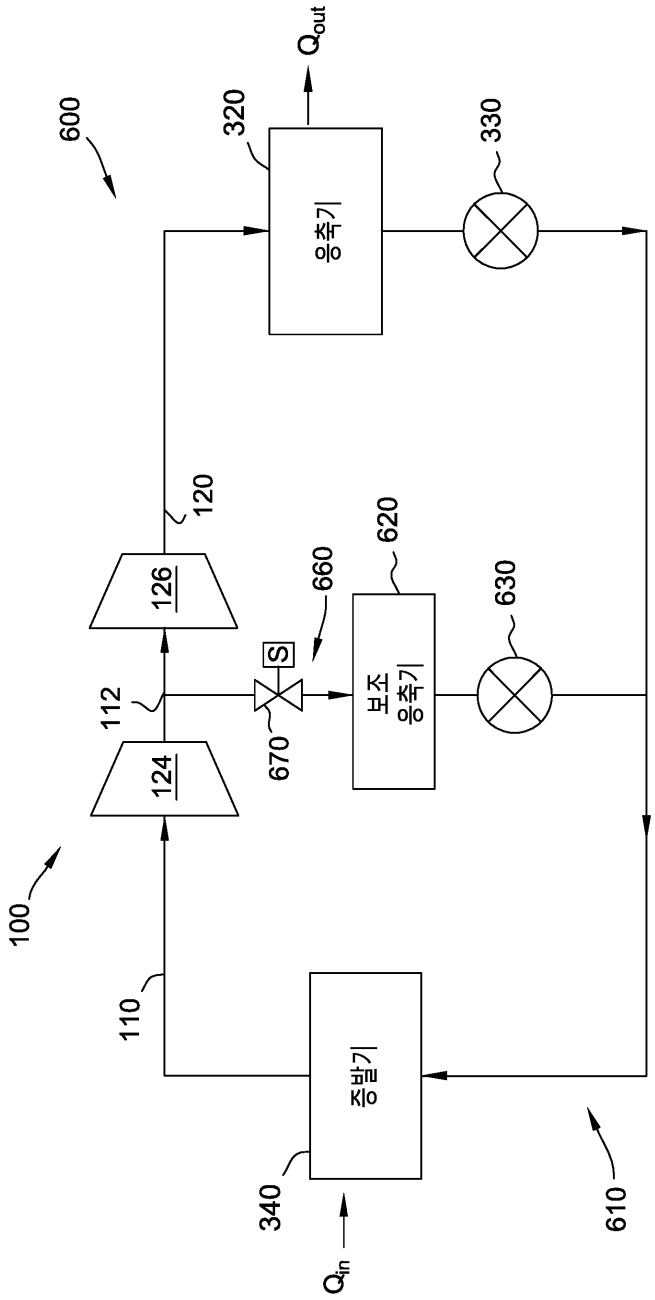
도면4


400
Q_{out}
320
응축기
S
470
492
490
열교환기
496
494
480
120
126
112
124
460
100
110
증발기
340
Q_{in}
330
410

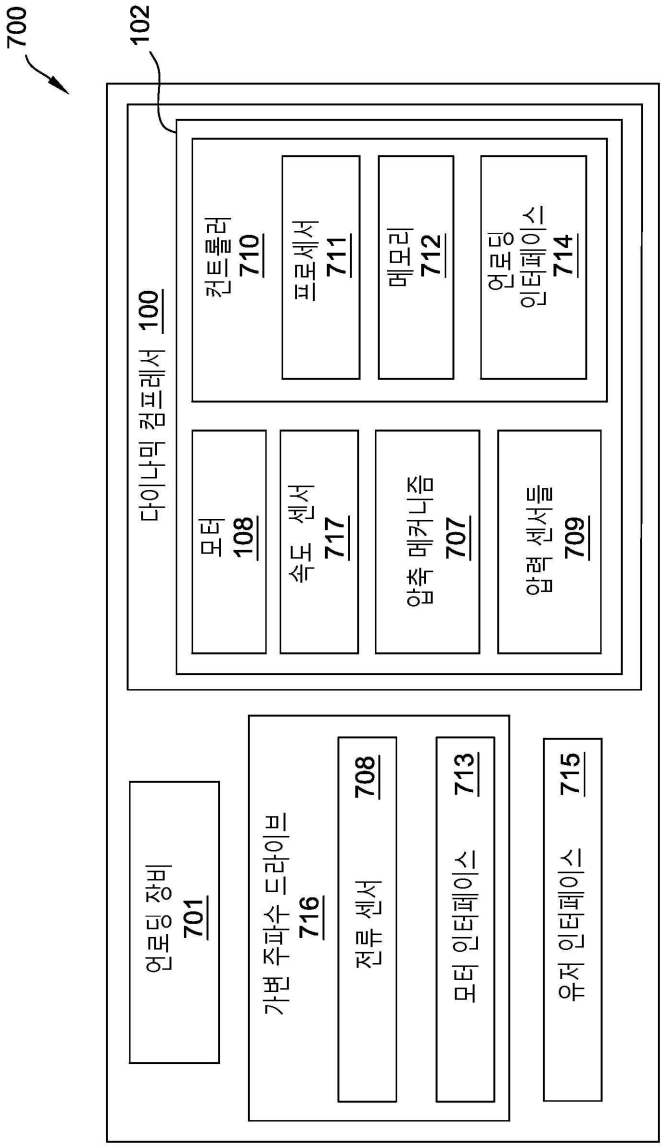
도면5


500
320
응축기
Q_{out}
530
590
플래시 탱크
120
126
580
534
112
532
124
100
560
중온 증발기
540
Q_{in}
330
110
저온 증발기
340
Q_{in}
510

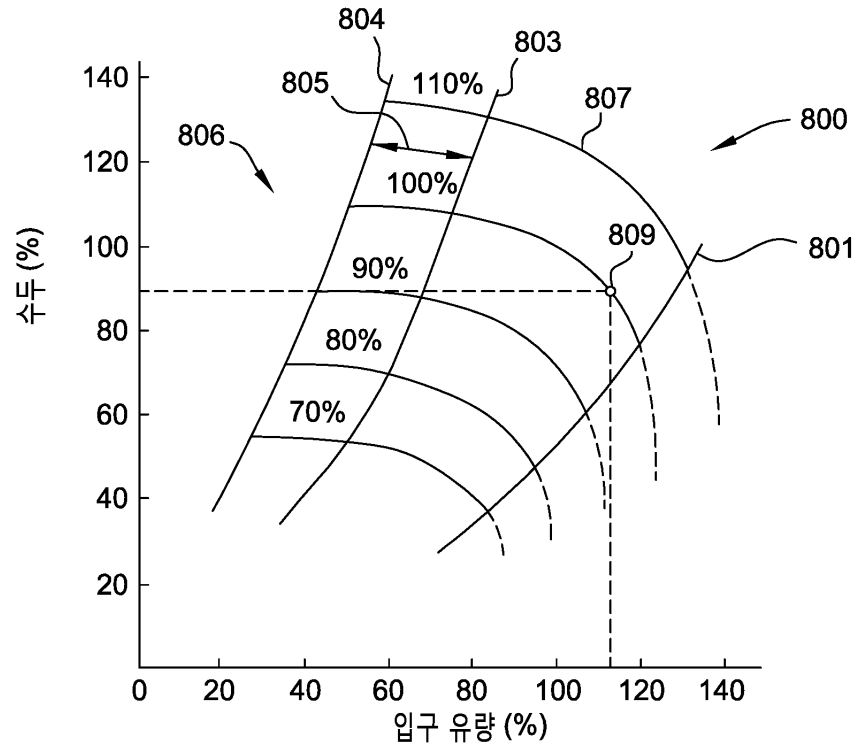
도면6


600
320
Q_{out}
응축기
330
120
126
660
620
630
S
112
보조
응축기
670
124
100
110
증발기
340
Q_{in}
610

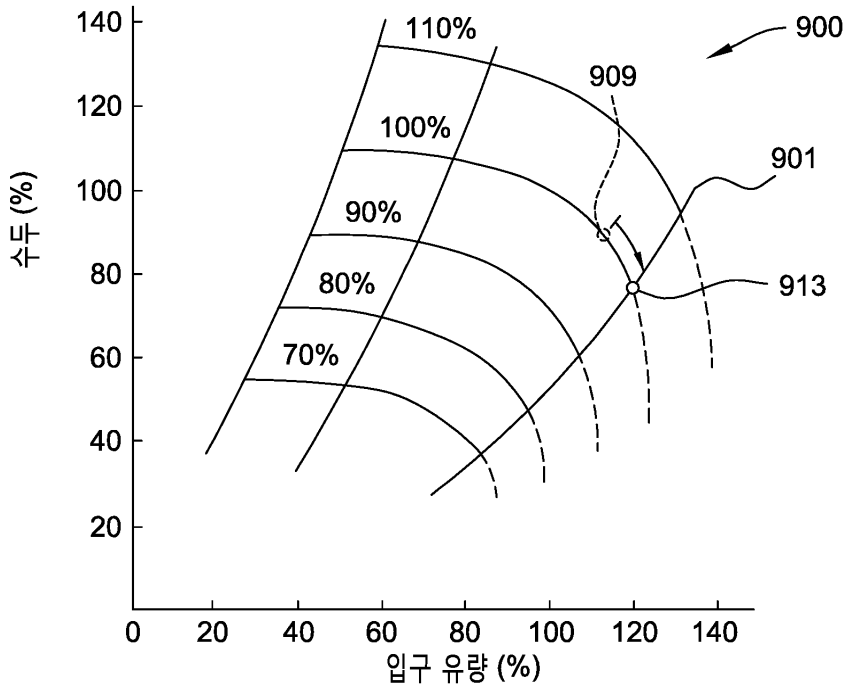
도면7


700
102
다이나믹 컴프레서 100
컨트롤러 710
프로세서 711
메모리 712
언로딩 인터페이스 714
모터 108
속도 센서 717
압축 메커니즘 707
압력 센서들 709
언로딩 장비 701
가변 주파수 드라이브 716
전류 센서 708
모터 인터페이스 713
유저 인터페이스 715

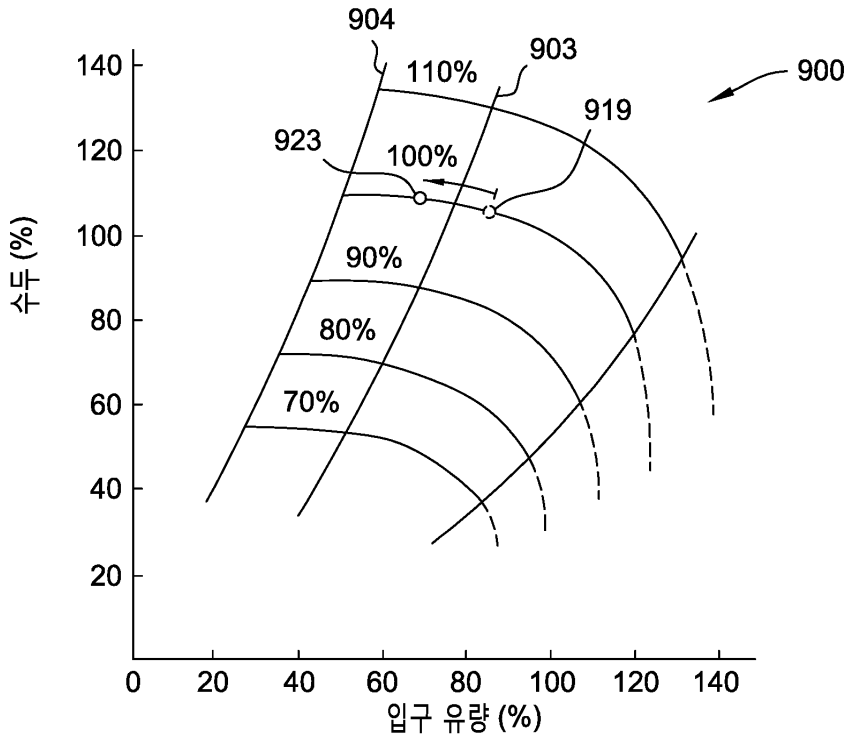
도면8


804
803
805
110%
807
800
806
100%
809
801
90%
80%
70%
140
120
100
80
60
40
20
수두 (%)
0
20
40
60
80
100
120
140
입구 유량 (%)

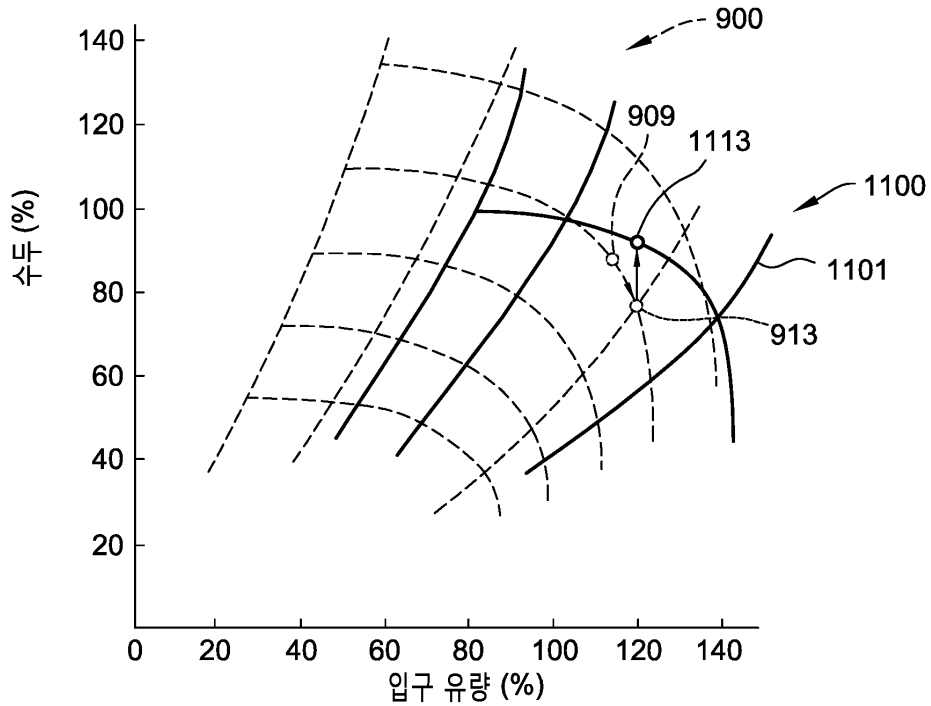
도면9


110%
900
909
100%
901
90%
80%
913
70%
140
120
100
80
60
40
20
수두 (%)
0
20
40
60
80
100
120
140
입구 유량 (%)

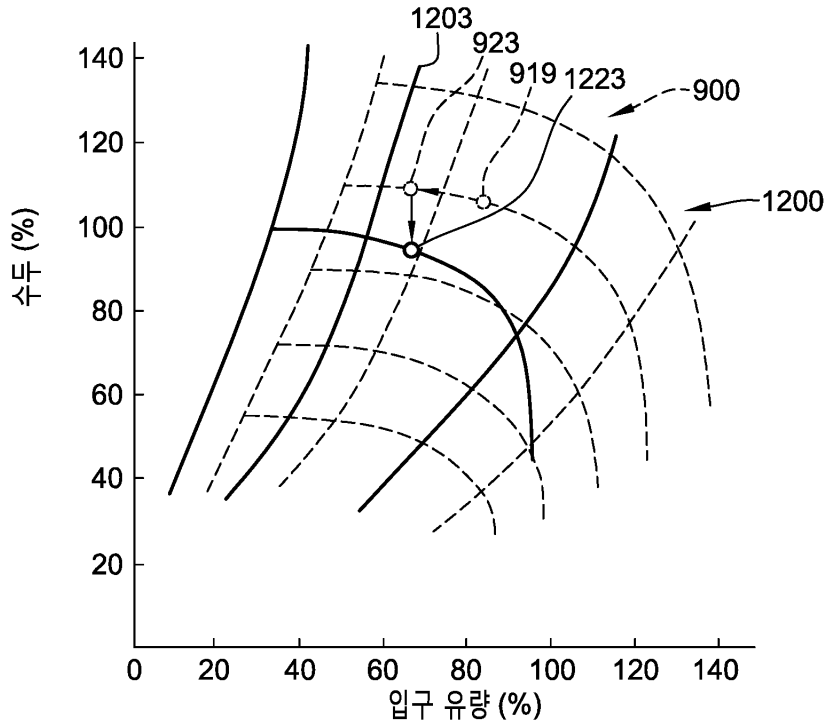
도면10


904
903
900
110%
919
923
100%
90%
80%
70%
수두 (%)
140
120
100
80
60
40
20
0
20
40
60
80
100
120
140
입구 유량 (%)

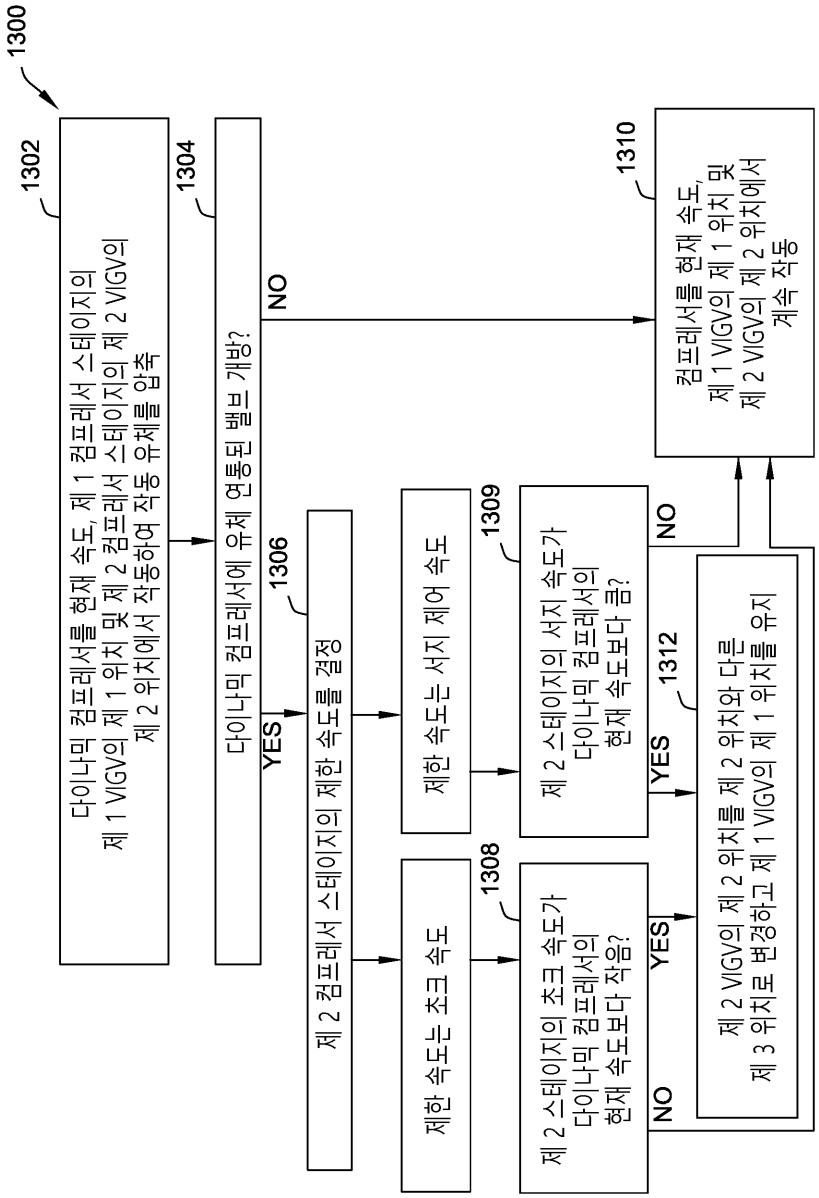
도면11


900
909
1113
1100
1101
913
수두 (%)
140
120
100
80
60
40
20
0
20
40
60
80
100
120
140
입구 유량 (%)

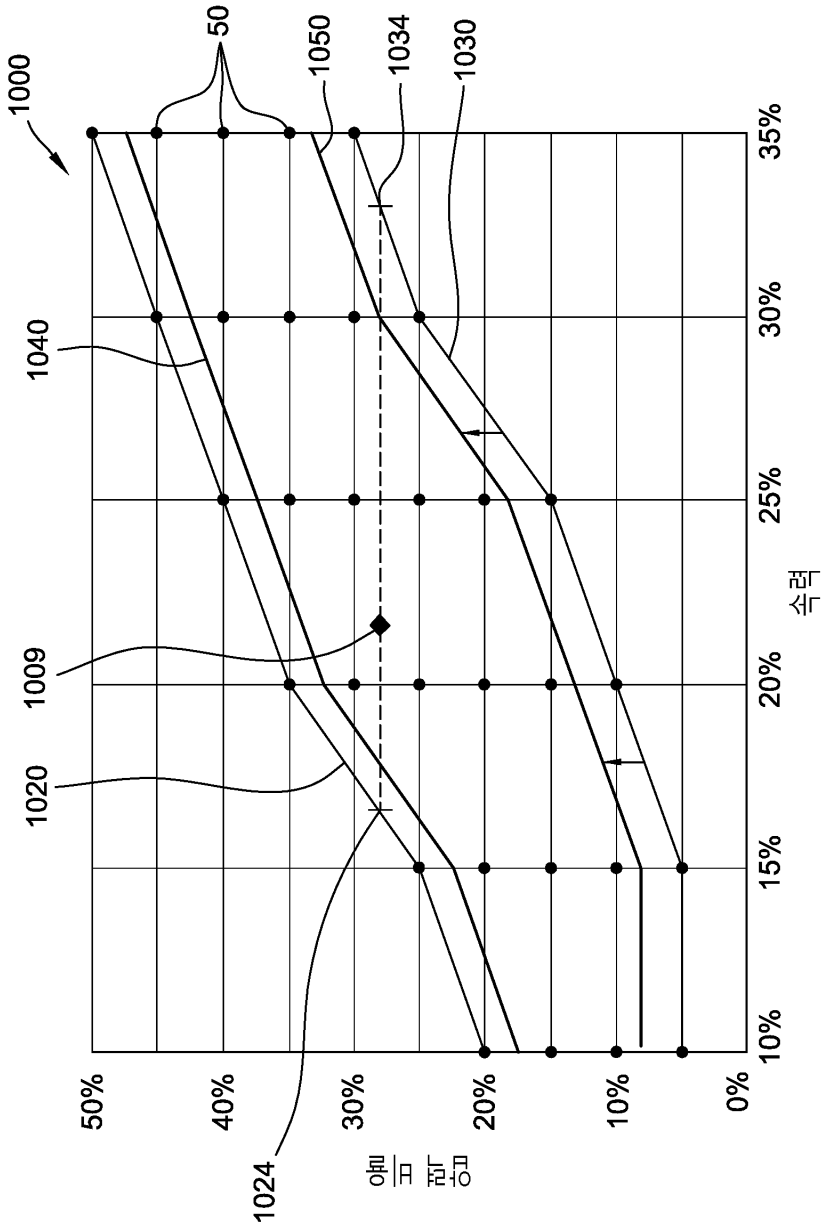
도면12


1203
923
919
1223
900
1200
140
120
100
80
60
40
20
수두 (%)
0
20
40
60
80
100
120
140
입구 유량 (%)

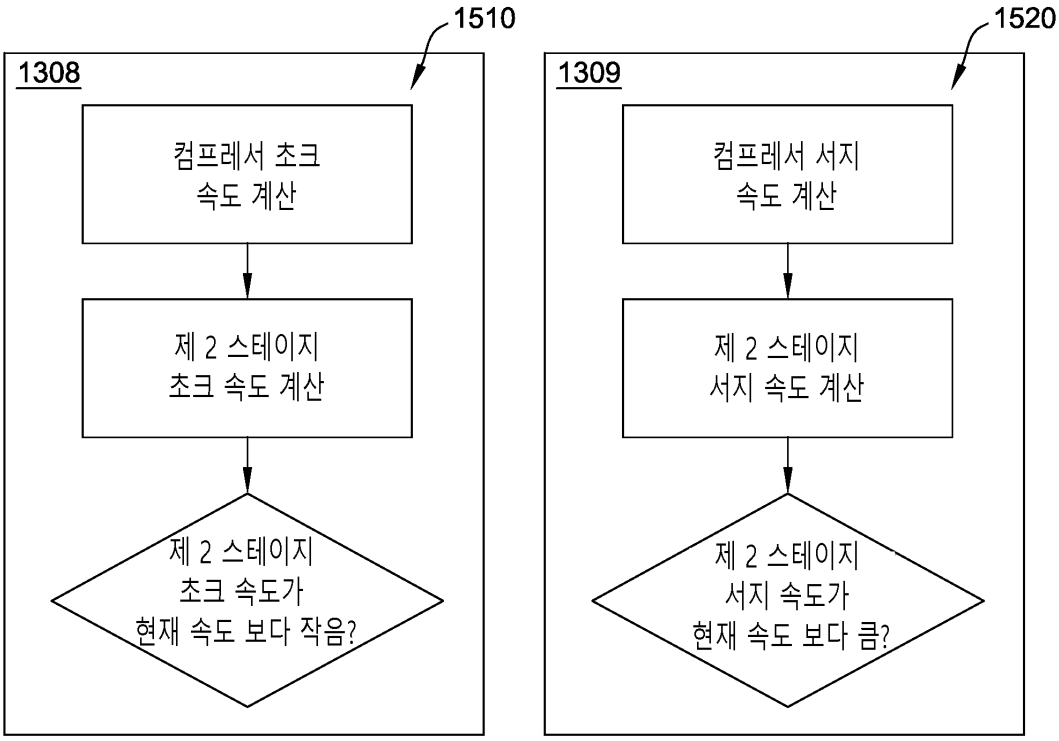
도면13


1300
1302
다이나믹 컴프레서를 현재 속도, 제 1 컴프레서 스테이지의
제 1 VIGV의 제 1 위치 및 제 2 컴프레서 스테이지의 제 2 VIGV의
제 2 위치에서 작동하여 작동 유체를 압축
1304
다이나믹 컴프레서에 유체 연통된 밸브 개방?
NO
1310
컴프레서를 현재 속도,
제 1 VIGV의 제 1 위치 및
제 2 VIGV의 제 2 위치에서
계속 작동
YES
1306
제 2 컴프레서 스테이지의 제한 속도를 결정
제한 속도는 초크 속도
1308
제 2 스테이지의 초크 속도가
다이나믹 컴프레서의
현재 속도보다 작음?
YES
NO
제한 속도는 서지 제어 속도
1309
제 2 스테이지의 서지 속도가
다이나믹 컴프레서의
현재 속도보다 큼?
YES
1312
NO
제 2 VIGV의 제 2 위치를 제 2 위치와 다른
제 3 위치로 변경하고 제 1 VIGV의 제 1 위치를 유지

도면14


1000
50
1050
1034
1030
1040
1009
1020
1024
35%
30%
25%
20%
15%
10%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
습구
압력 비율

도면15


1510
1308
컴프레서 초크
속도 계산
제 2 스테이지
초크 속도 계산
제 2 스테이지
초크 속도가
현재 속도 보다 작음?
1520
1309
컴프레서 서지
속도 계산
제 2 스테이지
서지 속도 계산
제 2 스테이지
서지 속도가
현재 속도 보다 큼?