



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년05월15일
(11) 등록번호 10-1394718
(24) 등록일자 2014년05월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F04C 14/08 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2007-7017769
(22) 출원일자(국제) 2006년01월23일
심사청구일자 2011년01월20일
(85) 번역문제출일자 2007년08월01일
(65) 공개번호 10-2007-0099635
(43) 공개일자 2007년10월09일
(86) 국제출원번호 PCT/GB2006/000221
(87) 국제공개번호 WO 2006/082366
국제공개일자 2006년08월10일
(30) 우선권주장
0502149.8 2005년02월02일 영국(GB)

(73) 특허권자
에드워즈 리미티드
영국 알에이치10 9엘더블유 웨스트 서섹스 크롤리
매너 로열

(72) 발명자
브루스 시몬 해롤드
영국 알에이치10 2엘더블유 웨스트 서섹스 크롤리
매너 로열비오씨 에드워즈

(74) 대리인
제일특허법인, 장성구

(56) 선행기술조사문헌
US5944049 A
US6244825 B1
EP0574623 A

전체 청구항 수 : 총 45 항

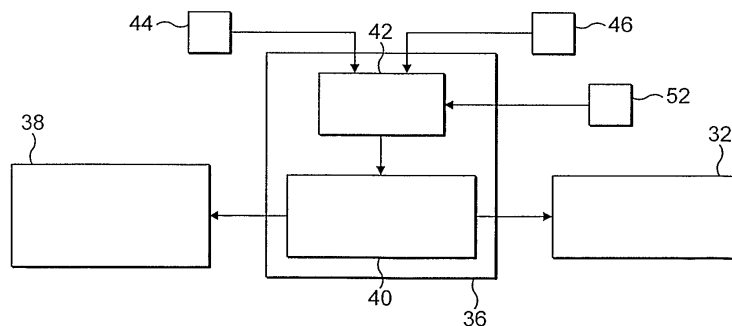
심사관 : 김동진

(54) 발명의 명칭 펌핑 시스템 및 펌핑 시스템을 제어하는 방법

(57) 요약

인클로저(enclosure)를 배기시키기 위한 펌핑 시스템은, 펌핑 기구(30), 펌핑 기구를 구동하기 위한 모터(32), 및 모터를 제어하기 위한 제어기(36)를 구비한다. 제어기는 모터의 회전 주파수의 최대값 및 모터 내의 전류의 최대값을 설정하고, 펌핑 시스템의 성능을 최적화하기 위해, 상기 인클로저의 배기중 상기 최대값들을 독립적으로 조정한다.

대표도



특허청구의 범위

청구항 1

진공 펌핑 시스템에 있어서,

펌핑 기구와;

상기 펌핑 기구를 구동하기 위한 모터와;

상기 모터를 제어하기 위한 제어기를 포함하고,

상기 제어기는 상기 모터의 회전 주파수의 최대값 및 상기 모터 내의 전류의 최대값을 설정하고, 상기 펌핑 시스템의 펌핑 성능을 최적화하기 위해, 상기 펌핑 시스템의 작동 동안 상기 회전 주파수의 최대값 및 상기 전류의 최대값을 조정하며,

상기 제어기는, 상기 펌핑 기구에 대한 유입구에서의 압력이 대기압으로부터 감소되는 경우, 상기 펌핑 시스템의 작동 동안 상기 모터 내의 전류의 최대값을 증가시키도록, 그리고 인클로저로부터 펌핑되는 가스의 밀도가 상기 펌핑 기구의 과열을 야기하지 않는 압력에서, 상기 펌핑 시스템의 작동 동안 상기 모터의 회전 주파수의 최대값을 증가시키도록 구성된

진공 펌핑 시스템.

청구항 2

삭제

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 모터에 가변 주파수 전력을 공급하기 위한 인버터를 더 포함하고, 상기 제어기는 상기 펌핑 시스템의 작동 동안 상기 모터에 공급된 전력의 진폭 및 주파수를 조정하도록 구성된

진공 펌핑 시스템.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 제어기는, 상기 시스템 내의 하나 이상의 상태를 모니터링하기 위한 적어도 하나의 센서(44, 46, 52; 60, 62, 70)로부터의 입력을 수신하도록, 그리고 모니터링된 상기 상태에 따라 상기 회전 주파수의 최대값 및 전류의 최대값 중 적어도 하나를 조정하도록 구성된

진공 펌핑 시스템.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

적어도 하나의 센서가 상기 진공 펌핑 시스템 내의 가스 압력을 나타내는 신호를 공급하도록 구성되며, 상기 제어기는 수신된 상기 신호에 따라 상기 회전 주파수의 최대값 및 전류의 최대값 중 적어도 하나를 조정하도록 구성된

진공 펌핑 시스템.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 제어기는, 상기 가스 압력이 제 1 사전결정된 값 미만일 때, 상기 모터 내의 전류의 최대값을 조정하도록 구성된

진공 펌핑 시스템.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 제 1 사전결정된 값은 100mbar 초과인

진공 펌핑 시스템.

청구항 8

제 6 항에 있어서,

상기 제어기는, 상기 가스 압력이 상기 제 1 사전결정된 값보다 낮은 제 2 사전결정된 값 미만일 때, 상기 모터의 회전 주파수의 최대값을 조정하도록 구성된

진공 펌핑 시스템.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 제 2 사전결정된 값은 1mbar 내지 100mbar인

진공 펌핑 시스템.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 제 2 사전결정된 값은 10mbar 내지 100mbar인

진공 펌핑 시스템.

청구항 11

제 5 항에 있어서,

2개의 센서가 상기 진공 펌핑 시스템의 도관들 내의 각각의 다른 압력을 검출하도록 구성되고, 상기 제어기는 검출된 상기 압력 사이의 관계에 따라 상기 회전 주파수의 최대값 및 전류의 최대값 중 적어도 하나를 조정하도록 구성된

진공 펌핑 시스템.

청구항 12

제 5 항에 있어서,

적어도 하나의 센서가 상기 펌핑 기구로 운반된 가스의 압력을 검출하도록 구성된

진공 펌핑 시스템.

청구항 13

제 5 항에 있어서,

적어도 하나의 센서가 상기 펌핑 기구로부터 배출된 가스의 압력을 검출하도록 구성된

진공 펌핑 시스템.

청구항 14

제 1 항에 있어서,

상기 펌핑 기구에 의해 압축된 가스를 대기로 선택적으로 방출하기 위해 상기 펌핑 기구로부터의 배출 가스와

유체 연통하는 압력 릴리프 밸브를 더 포함하는
진공 펌핑 시스템.

청구항 15

제 5 항에 있어서,
상기 펌핑 기구에 의해 압축된 가스를 대기로 선택적으로 방출하기 위해 상기 펌핑 기구로부터의 배출 gas와 유체 연통하는 압력 릴리프 밸브를 더 포함하고, 적어도 하나의 센서가 상기 압력 릴리프 밸브의 위치를 검출하도록 구성되며, 상기 제어기는 검출된 상기 위치에 따라 상기 회전 주파수의 최대값 및 전류의 최대값 중 적어도 하나를 조정하도록 구성된
진공 펌핑 시스템.

청구항 16

제 15 항에 있어서,
상기 제어기는, 상기 압력 릴리프 밸브가 개방 위치로부터 폐쇄 위치로 이동할 때, 모터 내의 전류의 최대값을 감소시키도록 구성된
진공 펌핑 시스템.

청구항 17

제 14 항에 있어서,
상기 압력 릴리프 밸브는, 상기 펌핑 기구에 의해 압축된 가스의 압력이 대기압보다 높을 때, 상기 폐쇄 위치로부터 상기 개방 위치로 이동하도록 구성된
진공 펌핑 시스템.

청구항 18

제 4 항에 있어서,
적어도 하나의 센서가 상기 진공 펌핑 시스템 내의 온도를 나타내는 신호를 공급하도록 구성되고, 상기 제어기는 수신된 상기 신호에 따라 상기 회전 주파수의 최대값 및 상기 전류의 최대값 중 적어도 하나를 조정하도록 구성된
진공 펌핑 시스템.

청구항 19

제 18 항에 있어서,
상기 제어기는, 상기 온도가 제 1 사전결정된 값보다 높을 때, 상기 모터 내의 전류의 최대값을 조정하도록 구성된
진공 펌핑 시스템.

청구항 20

제 19 항에 있어서,
상기 제어기는, 상기 온도가 상기 제 1 사전결정된 값과는 다른 제 2 사전결정된 값보다 높을 때, 상기 모터의 회전 주파수의 최대값을 조정하도록 구성된
진공 펌핑 시스템.

청구항 21

제 18 항에 있어서,

2개의 센서가 상기 진공 펌핑 시스템 내의 또는 상기 진공 펌핑 시스템의 도관들 내의 각각의 다른 온도를 검출하도록 구성되며, 상기 제어기는 검출된 상기 온도 사이의 관계에 따라 상기 회전 주파수의 최대값 및 전류의 최대값 중 적어도 하나를 조정하도록 구성된

진공 펌핑 시스템.

청구항 22

제 18 항에 있어서,

적어도 하나의 센서가 상기 펌핑 기구로부터 배출된 가스의 온도를 나타내는 신호를 공급하도록 구성된

진공 펌핑 시스템.

청구항 23

제 18 항에 있어서,

적어도 하나의 센서가 상기 펌핑 기구로 흡입된 가스의 온도를 나타내는 신호를 공급하도록 구성된

진공 펌핑 시스템.

청구항 24

제 18 항에 있어서,

적어도 하나의 센서가 상기 펌핑 기구의 온도를 나타내는 신호를 공급하도록 구성된

진공 펌핑 시스템.

청구항 25

제 1 항에 있어서,

상기 제어기는 사전결정된 타이밍 관계에 따라 상기 회전 주파수의 최대값 및 전류의 최대값을 조정하도록 구성된

진공 펌핑 시스템.

청구항 26

펌핑 기구 및 상기 펌핑 기구를 구동하기 위한 모터를 포함하는 진공 펌핑 시스템을 제어하는 방법에 있어서,

상기 모터의 회전 주파수의 최대값 및 상기 모터 내의 전류의 최대값을 설정하는 단계와;

상기 진공 펌핑 시스템의 작동 동안, 상기 진공 펌핑 시스템의 펌핑 성능을 최적화하도록 상기 회전 주파수의 최대값 및 상기 전류의 최대값을 조정하는 단계를 포함하며,

상기 모터 내의 전류의 최대값은 상기 펌핑 기구에 대한 유입구에서의 압력이 대기압으로부터 감소되는 경우, 상기 진공 펌핑 시스템의 작동 동안 증가되고, 상기 모터의 회전 주파수의 최대값은 인클로저로부터 펌핑되는 가스의 밀도가 상기 펌핑 기구의 과열을 야기하지 않는 압력에서, 상기 진공 펌핑 시스템의 작동 동안 증가되는 진공 펌핑 시스템을 제어하는 방법.

청구항 27

삭제

청구항 28

제 26 항에 있어서,

상기 모터에 공급된 전력의 진폭 및 주파수가 상기 진공 펌핑 시스템의 작동 동안 조정되는

진공 펌핑 시스템을 제어하는 방법.

청구항 29

제 26 항에 있어서,

상기 회전 주파수의 최대값 및 상기 전류의 최대값 중 적어도 하나가 상기 진공 펌핑 시스템의 하나 이상의 작동 상태에 따라 조정되는

진공 펌핑 시스템을 제어하는 방법.

청구항 30

제 29 항에 있어서,

상기 회전 주파수의 최대값 및 상기 전류의 최대값 중 적어도 하나가 상기 진공 펌핑 시스템 내의 적어도 하나의 가스 압력에 따라 조정되는

진공 펌핑 시스템을 제어하는 방법.

청구항 31

제 30 항에 있어서,

상기 모터 내의 전류의 최대값은, 상기 가스 압력이 제 1 사전결정된 값 아래로 떨어질 때 감소되는

진공 펌핑 시스템을 제어하는 방법.

청구항 32

제 31 항에 있어서,

상기 제 1 사전결정된 값은 100mbar 초과인

진공 펌핑 시스템을 제어하는 방법.

청구항 33

제 31 항에 있어서,

상기 모터의 회전 주파수의 최대값은, 상기 가스 압력이 상기 제 1 사전결정된 값보다 낮은 제 2 사전결정된 값 아래로 떨어질 때 증가되는

진공 펌핑 시스템을 제어하는 방법.

청구항 34

제 33 항에 있어서,

상기 제 2 사전결정된 값은 1mbar 내지 100mbar인

진공 펌핑 시스템을 제어하는 방법.

청구항 35

제 34 항에 있어서,

상기 제 2 사전결정된 값은 10mbar 내지 100mbar인

진공 펌핑 시스템을 제어하는 방법.

청구항 36

제 29 항에 있어서,

상기 회전 주파수의 최대값 및 상기 전류의 최대값 중 적어도 하나가 상기 진공 펌핑 시스템 내의 2개의 가스 압력 사이의 관계에 따라 조정되는

진공 펌핑 시스템을 제어하는 방법.

청구항 37

제 30 항에 있어서,

적어도 하나의 가스 압력이 상기 펌핑 기구로 운반된 가스의 압력인

진공 펌핑 시스템을 제어하는 방법.

청구항 38

제 30 항에 있어서,

적어도 하나의 가스 압력이 상기 펌핑 기구로부터 배출된 가스의 압력인

진공 펌핑 시스템을 제어하는 방법.

청구항 39

제 26 항에 있어서,

상기 진공 펌핑 시스템이 상기 펌핑 기구의 하류에 압력 릴리프 밸브를 포함하며, 상기 회전 주파수의 최대값 및 상기 전류의 최대값 중 적어도 하나는 상기 압력 릴리프 밸브의 위치에 따라 조정되는

진공 펌핑 시스템을 제어하는 방법.

청구항 40

제 39 항에 있어서,

상기 모터 내의 전류의 최대값은, 상기 압력 릴리프 밸브가 개방 위치로부터 폐쇄 위치로 이동할 때 감소되는

진공 펌핑 시스템을 제어하는 방법.

청구항 41

제 29 항에 있어서,

상기 회전 주파수의 최대값 및 상기 전류의 최대값 중 적어도 하나가 상기 진공 펌핑 시스템의 적어도 하나의 온도에 따라 조정되는

진공 펌핑 시스템을 제어하는 방법.

청구항 42

제 41 항에 있어서,

상기 모터 내의 전류의 최대값은, 적어도 하나의 온도가 제 1 사전결정된 값보다 높을 때 감소되는

진공 펌핑 시스템을 제어하는 방법.

청구항 43

제 42 항에 있어서,

상기 모터의 회전 주파수의 최대값은, 적어도 하나의 온도가 상기 제 1 사전결정된 값과는 다른 제 2 사전결정된 값보다 높을 때 증가되는

진공 펌핑 시스템을 제어하는 방법.

청구항 44

제 41 항에 있어서,

상기 회전 주파수의 최대값 및 상기 전류의 최대값 중 적어도 하나는 상기 진공 펌핑 시스템의 적어도 2개의 온

도 사이의 관계에 따라 조정되는
진공 펌핑 시스템을 제어하는 방법.

청구항 45

제 41 항에 있어서,
적어도 하나의 온도는 상기 펌핑 기구로부터 배출된 가스의 온도인
진공 펌핑 시스템을 제어하는 방법.

청구항 46

제 41 항에 있어서,
적어도 하나의 온도는 상기 펌핑 기구의 온도인
진공 펌핑 시스템을 제어하는 방법.

청구항 47

제 26 항에 있어서,
상기 회전 주파수의 최대값 및 상기 전류의 최대값이 사전결정된 타이밍 관계에 따라 조정되는
진공 펌핑 시스템을 제어하는 방법.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 펌핑 시스템을 작동시키는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 진공 처리는, 반도체 장치들 및 평판 패널 디스플레이들의 제조에 있어서 기관들 상에 박막(thin films)을 증착하기 위해 그리고 야금학적인 공정들에 있어서, 통상적으로 사용된다. 로드록 실(load lock chambers)과 같은 비교적 큰 프로세스 챔버들을 요구되는 압력으로 배기(evacuate)시키기 위해 사용되는 펌핑 시스템들은, 적어도 하나의 보조 펌프와 직렬로 연결되는 적어도 하나의 부스터 펌프를 구비한다.
- [0003] 부스터 펌프들은 전형적으로 오일 프리(oil-free) 펌핑 기구들을 가지며, 그 이유는, 펌핑 기구 내에 존재되는 특정의 윤활유들은 진공 처리가 수행되는 청결한 환경의 오염을 유발할 수 있기 때문이다. 그러한, "건조한" 진공 펌프들은 통상적으로 펌핑 기구 내에서 상호-정합하는 로터들을 이용하는 단일 또는 다단용적형 펌프들이다. 상기 로터들은 각 스테이지에서 동일한 형태의 프로파일을 가질 수 있고 또는 프로파일이 스테이지마다 변화할 수도 있다. 보조 펌프들은 부스터 펌프들과 유사한 펌핑 기구 또는 다른 펌핑 기구를 가질 수 있다.
- [0004] 비동기 AC 모터는 전형적으로 부스터 펌프의 펌핑 기구를 구동한다. 그러한 모터들은, 펌프가 펌프 유입구와 배출구 사이에서 적당히 압축된 펌핑 가스를 공급할 수 있도록 그리고 결과적인 펌핑 속도가 요구되는 듀티(duty)를 위해 충분하도록, 정격(rating)을 가져야 한다.
- [0005] 부스터 펌프의 모터에 공급된 전력의 비율은 특히 중간 유입 압력 레벨 및 높은 유입 압력 레벨에서 배기 가스 내에 압축열을 생성하며, 그에 따라 펌프 본체 및 로터들이 뜨거워질 수 있다. 만약 압축량 및 생성되는 차압(differential pressure)이 적당하게 제어되지 않으면, 부스터 펌프의 과열 위험성이 있을 수 있고, 궁극적으로는 윤활 불량, 초과적인 열팽창 및 늘어붙음(seizure)이 유발될 수 있다. 그러므로, 낮은 유입 압력들에서의 정상적인 사용시 적당한 압축을 제공할 수 있도록 부스터 펌프의 크기 및 펌핑 속도를 위한 표준 모터가 보통 선택되지만, 펌프가 보호 수단을 사용하지 않고 중간 및 높은 유입 압력 레벨들에서 작동되면 과열될 위험성이 있다.
- [0006] 상기한 통상적인 펌핑 시스템에 있어서, 높은 유입 압력들에서 중간 유입 압력들까지의 범위 내에서 빈번하고 반복적인 작동이 요구될 수 있다. 예컨대, 로드록 실은 챔버 내에 배치된 기관이 프로세스 챔버로 전달될 수 있도록 하기 위해 대기압으로부터 낮은 압력으로 반복적으로 배기되며, 후속적으로 프로세싱된 기관이 새로운

기관에 의해 제거 및 교체될 수 있도록 하기 위해 대기압에 노출된다. 부스터 펌프에 의해 생성되는 가스 압축량 및 그 유입구와 배출구 사이에서 발생하는 차압은, 발생하는 열의 양을 제어하기 위해 그리고 과열 위험성을 제한하기 위해, 다양한 수단에 의해 제한될 수 있다. 부스터 펌프에 의해 생성되는 가스 압축이 너무 심하게 제한되면, 대형 진공 챔버의 결과적인 배기 시간은 바람직하지 않은 정도까지 느리게 될 수 있다. 부스터 펌프에 의해 생성되는 가스 압축이 충분히 제한되지 않는다면, 진공 챔버의 결과적인 배기 시간은 빨라질 수 있지만, 기계적으로 작동하는 부스터 펌프는 과열될 수 있다.

[0007] 부스터 펌프의 모터를 구동하기 위해, 가변 주파수 구동 유닛이 모터와 모터용 전원 사이에 제공될 수 있다. 그러한 구동 유닛들은, 전원에 의해 공급되는 AC 전력을 DC 전력으로 전환함에 의해 그리고 나서 DC 전력을 요구되는 진폭 및 주파수의 AC 전력으로 전환함에 의해, 작동한다. 모터에 공급된 전력은 모터에 공급되는 전류를 제어함에 의해 제어되고, 모터에 공급되는 전류는 순차적으로 모터 내의 전압의 주파수 및/또는 진폭을 조정함에 의해 제어된다. 모터에 공급되는 전류는 모터 내에서 생성되는 토크의 양을 결정하며 그러므로 펌핑 기구를 회전시키기 위해 유용될 수 있는 토크를 결정한다. 전력의 주파수는 펌핑 기구의 회전 속도를 결정한다. 전력의 주파수를 변화시킴으로써, 부스터 펌프는 가스 부하가 실질적으로 변화할 수 있는 조건들 하에서도 일정한 시스템 압력을 유지할 수 있다.

[0008] 부스터 펌프의 과열을 방지하기 위해, 구동 유닛은 전력의 주파수에 대한 최대값(f_{max}) 및 모터에 공급되는 전류의 최대값(I_{max})을 설정한다. 이러한 전류 한도는 통상적으로는 모터의 연속 정격에 적당할 것이며, 펌핑 기구에 의해 생성되는 유효 토크 및 그에 따른 결과적인 차압의 양을 제한할 것이고, 그에 의해 발생하는 배기 가스 열의 양을 제한한다.

[0009] 급속 배기 사이클의 개시에 있어서는, 배기율을 최대화하기 위해 펌핑 기구를 가능한 신속하게 회전시키는 것이 요구된다. 사이클의 개시에 있어서 가스의 높은 압력 및 그러므로 상대적으로 높은 밀도에 기인하여, f_{max} 에 근접하는 주파수로 펌핑 기구를 회전시키기 위해 큰 토크가 요구되며, 그에 따라, 일반적으로 I_{max} 보다 큰 높은 전류 요구가 있게 된다. 모터를 손상으로부터 보호하기 위해, 부스터 펌프의 모터에 공급된 전력의 주파수는 f_{max} 아래의 특정 레벨까지는 신속하게 감소되고, 생성되는 차압을 제한하면서 펌프의 회전 속도에 있어서의 급격한 감소를 유발한다. 배기가 진행되고 유입 압력이 감소함에 따라, 구동 유닛은 부스터 펌프의 회전 속도를 점진적으로 증가시키기 위해 유한한 기간동안 f_{max} 를 향하여 주파수를 증가시킨다. 이는 모든 유입 압력들에서 부스터 펌프를 과열로부터 보호하지만, 회전 속도가 감소될 때, 상기 기간은, 대기압으로부터 요구되는 저압으로 챔버를 배기하기 위해 요구되는 시간("펌프 다운" 시간)의 바람직하지 않은 연장을 초래할 수 있다.

발명의 상세한 설명

[0010] 본 발명의 적어도 바람직한 실시예의 목적은 상기 문제들 및 다른 문제들의 해결책을 모색하는 데 있다.

[0011] 제 1 면에 있어서, 본 발명은 펌핑 시스템을 제공하며: 펌핑 시스템은, 펌핑 기구; 펌핑 기구를 구동하기 위한 모터; 및 모터를 제어하기 위한 제어기;를 구비하고, 상기 제어기는 모터의 회전 주파수의 최대값(f_{max}) 및 모터 내의 전류의 최대값(I_{max})을 설정하며, 펌핑 시스템의 성능을 최적화하기 위해, 펌핑 시스템의 작동 동안 상기 최대값들을 조정한다.

[0012] 상기 시스템은 바람직하게는, 상기 모터에 가변 주파수 전력을 공급하기 위한 인버터를 구비하고, 상기 제어기는 펌핑 시스템의 작동 동안 상기 전력의 진폭 및 주파수를 조정한다.

[0013] 상기 제어기는 바람직하게는, 시스템 내에서 적어도 하나의 상태들을 모니터링하기 위한 적어도 하나의 센서로부터의 입력을 수신하도록, 그리고 모니터링된 상태들에 따라 상기 최대값 중 적어도 하나를 조정하도록, 구성된다. 예컨대, 적어도 하나의 센서가 펌핑 시스템 내의 가스 압력을 나타내는 신호를 공급하도록 구성될 수 있으며, 상기 제어기는 수신된 신호(들)에 따라 상기 최대값 중 적어도 하나를 조정한다. 다른 하나의 예에서, 적어도 하나의 센서가 펌핑 시스템의 온도를 나타내는 신호를 공급하도록 구성될 수 있고, 상기 제어기는 수신된 신호(들)에 따라 상기 최대값 중 적어도 하나를 조정한다. 또 다른 하나의 예에서는, 외부 센서들이 사용되지 않고, 대신에, 제어기가 설정된 시스템 구성 및 파라미터들에 의하여 시간에 따라서만 상기 최대값 중 적어도 하나를 조정한다.

[0014] 바람직한 실시예에서, 상기 양 최대값들은, 가스 압력이 인클로저(enclosure)의 배기중 대기압으로부터 감소함

에 따라 변화된다. 상기 제어기는, 상대적으로 높은 압력에서의 펌핑 시스템의 작동 동안 모터 내의 전류의 최대값(I_{max})을 증가시키도록, 그리고 상대적으로 낮은 압력에서의 펌핑 시스템의 작동 동안 모터의 회전 주파수의 최대값(f_{max})을 증가시키도록, 구성된다.

[0015] 제 1의 상대적으로 높은 압력 구역에서 즉 펌핑 기구에 대한 유입구에서의 압력이 대기압으로부터 감소되는 구역에서, I_{max} 는, 상기 고압 구역 내에서의 사용중 I_{max} 가 모터에 대한 공칭 스펙(nominal specification)보다 크게 되도록 하는 값으로, 증가될 수 있고, 부스터 유입 압력이 그 배출구가 대기중으로 곧바로 통기된 상태에서 공칭 I_{max} 에 의해 가능한 것보다 더욱 낮은 레벨을 달성하도록, 증가된 차압이 형성되도록 하기에 충분할 수 있다.

[0016] I_{max} 의 상기 상승된 값을 가지면서 전체 배기 사이클이 작동된다면, 모터가 과열될 위험성이 있다. 이러한 관점에서, 압력이 일단 제 1 사전결정된 값, 예컨대, 100mbar 내지 500mbar 미만으로 떨어지면, I_{max} 의 값은 감소되어 최적 펌핑 성능을 허용하면서 발생하는 차압을 안전 한도 이내에 유지하여 펌핑 기구의 과열을 방지한다.

[0017] 가스 압력이 상기 제 1 사전결정된 값보다 낮은 제 2 사전결정된 값, 예컨대, 1mbar 내지 100mbar, 더욱 바람직하게는, 10mbar 내지 100mbar에 도달하면, 인클로저로부터 펌핑되는 가스의 밀도는 펌핑 기구의 과열 위험성을 초래하기에는 부적당하게 되며 그래서 f_{max} 는 펌프 성능을 향상시키기 위해 증가될 수 있다.

[0018] 펌핑 기구에 공급되는 가스의 압력에 따라 최대값들을 변화시키는 것에 대한 대안으로서, 펌핑 기구로부터 배기되는 가스의 압력에 따라 상기 최대값 중 적어도 하나가 조정될 수 있다. 또 다른 대안들로서, 상기 값들은 펌핑 기구의 본체 온도 및/또는 유입 포트에서 펌핑 기구로 들어가는 가스의 온도 및/또는 배출 포트에서 펌핑 기구로부터 배출된 가스의 온도에 따라 조정될 수 있다.

[0019] 상기 펌핑 기구는 바람직하게는 인클로저로부터 가스를 펌핑하기 위한 부스터 펌프의 펌핑 기구이다. 상기 펌핑 시스템은 또한 상기 부스터 펌프의 배기부에 연결되는 유입구를 갖는 일차적인 또는 보조 펌프를 구비할 수 있다. 만약 그 회전 속도가 제한되지 않는 상태에서 일차 펌프를 거치지 않는 별도의 통기 라인을 이용하여 대기중으로 직접적으로 배기 가스를 자유롭게 통기시키는 것이 허용된다면, 일차 펌프를 통하여 연결되는 경우 달성될 수 있는 정밀 펌핑 속도보다 높은 정밀 펌핑 속도를, 부스터 펌프 독자적으로 높은 유입 압력들에서, 대기압으로부터 유효한 모터 전력에 의해 결정되는 유입 압력으로 감소되도록, 제공할 수 있다. 이 것은 다른 방식에 의한 것보다 인클로저의 더욱 신속한 배기를 달성하는 것을 돕는다. 만약 상기 통기 라인이 압력 릴리프 밸브에 의해 종결된다면, 부스터 펌프로부터의 배기 가스 압력이 대기압보다 높은 때는 언제나, 상기 통기 라인은 대기중으로 개방되어 자유롭게 통기됨으로써 부스터 펌프가 최대 공칭 속도로 작동하는 것을 허용한다. 그러므로, 상기 시스템은 바람직하게는, 상기 부스터 펌핑 기구에 의해 대기압으로 압축된 가스를 선택적으로 방출시키기 위해 상기 부스터 펌핑 기구로부터의 배기와 유체 연통하는 압력 릴리프 밸브를 구비한다. 상기 압력 릴리프 밸브는 바람직하게는, 부스터 펌프로부터의 배기 가스의 압력이 대기압 미만으로 떨어질 때 자동적으로 폐쇄되도록 구성되며, 이 시점에서 상기 일차 펌프가 작동되어 부스터 펌프 배출 압력을 또한 감소시키고 정밀 펌핑 속도를 향상시킨다.

[0020] 압력 릴리프 밸브의 폐쇄는 펌핑 시스템 내의 압력의 편리한 조치를 제공하며, 그러므로, 적어도 하나의 센서가 압력 릴리프 밸브의 위치를 검출하도록 구성되고, 상기 제어기는 상기 압력 릴리프 밸브가 개방 위치로부터 폐쇄 위치로 이동할 때 모터 내의 전류의 최대값을 감소시키도록 구성된다.

[0021] 제 2 면에 있어서, 본 발명은, 펌핑 기구 및 펌핑 기구를 구동하기 위한 모터를 구비하는 펌핑 시스템을 제어하기 위한 방법을 제공하며: 이 방법은, 모터의 회전 주파수의 최대값 및 모터 내의 전류의 최대값을 설정하는 단계; 및 펌핑 시스템의 작동 동안 펌핑 시스템의 성능을 최적화하기 위해 상기 최대값들을 조정하는 단계;를 구비한다.

[0022] 본 발명의 시스템적인 관점들과 관련하여 상기한 특징들은 본 발명의 방법적인 관점들에 동일하게 적용될 수 있고, 그 반대도 가능하다.

[0023] 본 발명의 바람직한 특징들을 이하 첨부한 도면을 참조하여 설명하기로 한다.

실시예

[0030] 도 1에는, 로드록 실 또는 다른 비교적 큰 챔버와 같은 인클로저(10)를 배기하기 위한 진공 펌핑 시스템을 도시

한다. 상기 시스템은 보조 펌프(14)와 직렬로 연결되는 부스터 펌프(12)를 구비한다. 부스터 펌프(12)는 바람직하게는 도관(18)의 형태를 취하는 배기 통로에 의해 인클로저(10)의 배출구(20)에 연결되는 유입구(16)를 갖는다. 부스터 펌프(12)의 배기부(22)는 도관(24)에 의해 보조 펌프(14)의 유입구(26)에 연결된다. 상기 보조 펌프(14)는 인클로저(10)로부터 인출된 가스를 대기중으로 배기시키는 배기부(28)를 갖는다.

[0031] 도시한 펌핑 시스템이 단일 부스터 펌프 및 단일 보조 펌프를 포함하지만, 특정 개수의 부스터 펌프들이 인클로저의 펌핑 요구조건에 따라 제공될 수 있다. 다수의 부스터 펌프들이 제공되면, 이들 부스터 펌프들은 병렬로 연결되어, 각각의 부스터 펌프가 동일한 작동 조건들에 노출될 수 있도록 한다. 비교적 많은 개수의 부스터 펌프들이 제공되면, 적어도 두 개의 보조 펌프들이 병렬로 제공될 수 있다. 또한, 유사하게 병렬로 연결되는 부가적인 열 또는 열들을 이루는 부스터 펌프들이 제 1 열의 부스터 펌프들 및 보조 펌프들 사이에서 요청되는 바에 따라 제공될 수 있다.

[0032] 또한 도 2를 참조하면, 부스터 펌프(12)는 변속 모터(32)에 의해 구동되는 펌핑 기구(30)를 구비한다. 부스터 펌프들은 전형적으로 근본적으로 건조된 (또는 비-오일) 펌핑 기구(30)를 포함하지만, 또한, 일반적으로는 올바르게 작동하기 위해 윤활을 필요로 하는, 펌핑 기구(30)를 구동하기 위한, 베어링들 및 트랜스미션 기어들과 같은 특정의 구성품들을 포함한다. 건조 펌프들의 예들은 Roots, Northey (또는 "클로(claw)") 및 스크루 펌프들을 포함한다. Roots 및/또는 Northey 기구들을 통합하는 건조 펌프들은 통상적으로 각 펌핑 챔버 내에서 상호 정합하는 로터들을 이용하는 다단용적형 펌프들이다. 상기 로터들은 반대로 회전하는 샤프트들 상에 배치되며, 각 챔버 내에서 동일한 형태의 프로파일(profile)을 가질 수 있거나 또는 프로파일이 챔버마다 변화될 수 있다.

[0033] 상기 보조 펌프(14)는 부스터 펌프(12)와 유사한 펌핑 기구 또는 다른 펌핑 기구를 가질 수 있다. 예컨대, 보조 펌프(14)는 회전 날개 펌프, 회전 피스톤 펌프, Northey 또는 "클로" 펌프, 또는 스크루 펌프일 수 있다. 보조 펌프 모터(34)는 보조 펌프(14)의 펌핑 기구를 구동한다.

[0034] 부스터 펌프(12)의 모터(32)는 부스터 펌프(12)의 펌핑 기구(30)를 구동하기 위한 특정의 적당한 모터일 수 있다. 바람직한 실시예에서, 모터(32)는 비동기 AC 모터를 구비한다. 모터(32)를 구동하기 위한 제어 시스템은, 전원(power source)(38)에 의해 공급되는 AC 전력을 수납하고 수납된 AC 전력을 모터(32)에 공급된 전력으로 전환하기 위한, 가변 주파수 구동 유닛(36)을 구비한다.

[0035] 도 3에는 구동 유닛(36)을 더욱 상세하게 도시한다. 구동 유닛(36)은 인버터(40) 및 인버터 제어기(42)를 구비한다. 공지된 바와 같이, 인버터(40)는 전원(38)으로부터의 AC 전력을 맥동 DC 전력으로 전환하기 위한 정류 회로, 상기 맥동 DC 전력을 DC 전력으로 필터링하기 위한 중간 DC 회로, 및 상기 DC 전력을 모터(32)를 구동하기 위한 AC 전력으로 전환하기 위한 인버터 회로를 구비한다.

[0036] 상기 인버터 제어기(42)는 전력이 요구되는 진폭 및 주파수를 갖도록 상기 인버터(40)의 작동을 제어한다. 상기 인버터 제어기(42)는 펌핑 시스템의 작동 상태에 따라 전력의 진폭 및 주파수를 조정한다. 도 2 및 도 3에 도시한 예에서, 인버터 제어기(42)는 펌핑 시스템 내의 가스 압력에 따라 전력을 제어한다. 도시한 바와 같이, 인버터 제어기(42)는 도관(18) 내의 압력을 검출하기 위한 제 1 압력 센서(44)로부터 부스터 펌프(12)의 유입구(16)에서의 압력을 나타내는 제 1 신호를 수신한다. 대안적으로 또는 부가적으로, 상기 인버터 제어기(42)는 도관(24) 내의 압력을 검출하기 위한 제 2 센서(46)로부터 부스터 펌프(12)의 배기부(22)에서의 압력을 나타내는 제 2 신호를 수신할 수 있다. 상기 인버터 제어기(42)는 그리고나서 상기 제 1 및 제 2 신호들중의 하나 또는 모두에 따라 전력을 변화시킨다. 인버터(40)로부터 출력되는 전력의 주파수가 변화하면, 모터(32)의 회전 속도가 주파수의 변화에 따라 변화한다. 구동 유닛(36)은 그러므로 부스터 펌프(12)의 성능을 최적화하기 위해 인클로저(10)의 배기중 부스터 펌프(12)의 속도를 변화시킬 수 있다.

[0037] 인버터 제어기(42)는 구동 유닛(36)의 적어도 두 개의 작동 한도들에 대한 값들을 설정하며; 특히 모터(32)에 공급된 전력의 최대 주파수(f_{max}) 및 모터(32)에 공급될 수 있는 최대 전류(I_{max})를 설정한다. 상기한 바와 같이, I_{max} 의 값은 정상적으로는, 모터(32)의 연속 정격 즉 모터가 과부하 조건에 도달하지 않고 무한하게 작동될 수 있는 전력에 적합하도록, 설정된다. 모터에 공급된 전력에 대한 최대값을 설정하는 것은 펌핑 기구(30)에서 이용될 수 있는 유효 토크를 제한하는 효과를 갖는다. 이것은 순차적으로 부스터 펌프(12)를 횡단한 결과적인 차압을 제한하고, 그러므로, 부스터 펌프(12) 내에서 발생하는 열의 양을 제한한다.

[0038] 인버터 제어기(42)는 또한 모터(32)에 공급되는 전류를 모니터링한다. 모터(32)에 공급되는 전류는 구동 유닛(36)에 의해 모터(32)에 공급되는 AC 전력의 주파수 및 진폭의 값들에 따른다. 모터(32)에 공급되는 전류가 I_{max} 를 초과하는 경우에는, 인버터 제어기(42)는 모터(32)에 공급된 전력의 주파수 및 진폭을 신속하게 감소시키

기 위해 인버터(40)를 제어하고, 그에 의해 전류를 I_{\max} 미만으로 감소시키고 부스터 펌프(12)의 속도를 감소시킨다.

[0039] 도 1을 참조하면, 분기 회로(48)가 부스터 펌프(12)의 배기부(22) 및 보조 펌프(14)의 유입구(26) 사이에서 연결되는 도관(24)에 연결된다. 상기 분기 회로(48)는 과압 배출 밸브(50) 내에서 종결한다. 도관 내의 압력이, 본 예에서 대기압에 근접하거나 대기압보다 약간 높은, 사전결정된 압력에 도달하면, 상기 배출 밸브(50)는 개방되어 도관(24) 내의 압축 가스를 대기중으로 방출시킨다. 도 2 및 도 3에 도시한 바와 같이, 센서(52)가 배출 밸브(50)의 위치를 나타내는 신호를 출력하기 위해 제공될 수 있으며, 상기 신호는 또한 인버터 제어기(42)로 공급된다. 인버터 제어기(42)는 그러므로 부스터 펌프(12)의 유입구(16) 및 배기부(22)에서의 압력을 각각 나타내는 센서들(44, 46)로부터의 신호 및 압력 릴리프 밸브(50)의 위치를 나타내는 센서(52)로부터의 신호를 수신할 수 있다.

[0040] 인클로저(10)를 요구되는 압력으로 대기중으로 배기하기 위해 도 1 내지 도 3에 도시한 상기 펌핑 시스템의 작동 방법을 이하에 설명하기로 한다.

[0041] 인클로저(10) 배기의 초기 스테이지중 높은 유입 압력들에서는, 부스터 펌프(12)로부터 배기되는 가스의 압력은, 부스터 펌프(12)의 펌핑 기구(30)에 의해 가스의 압축에 기인하여, 대기압 이상이며, 그러므로, 상기 압력 릴리프 밸브(50)가 개방되어 부스터 펌프(12)로부터 배기되는 가스가 대기중으로 직접적으로 통기되어 펌핑 시스템의 정미 펌핑 속도를 개선하도록 한다.

[0042] 상기한 바와 같이, 인버터 제어기(42)는, 모터(32)의 연속 정격 즉 모터가 과부하 조건에 도달하지 않고 무한하게 작동될 수 있는 전력에 적당한 I_{\max} 및 f_{\max} 에 대한 값들을 프리-설정한다. 펌핑 시스템의 이러한 초기 작동 스테이지 중에는, 부스터 펌프(12)를 통과하는 가스의 상대적으로 높은 압력에 기인하여, f_{\max} 에 접근하는 주파수에서 펌핑 기구(30)를 회전시켜 모터(32)에 충분한 토크를 제공하기 위해 그리고 만족할 만한 중간 압력으로 펌핑 다운하기 위하여 상기 기구를 횡단한 실질적인 차압을 생성하기 위해, 높은 전류가 요청된다. 이를 위한 최적 전류는 일반적으로 I_{\max} 의 평상시 값보다 클 수 있다. 인클로저(10)의 이러한 초기 배기 스테이지중 부스터 펌프(12)의 펌핑 성능을 최대화하기 위해, I_{\max} 에 대한 값은, 부스터 펌프(12)의 전체 용량이 사용될 수 있도록 하는 값 즉 모터의 정상 정격보다 높은 값으로, 일시적으로 증가된다. 부스터 펌프는 그러므로 일시적으로 "과부하" 상태로 되어 도 4에 "H"로 나타낸 바와 같은 인클로저(10)의 상기 초기 고압 배기 스테이지중 인클로저의 증가된 배기율을 연장시키며; 도 4에는, 펌핑 시스템의 작동 동안 유입 압력을 갖는 인클로저(10)의, 도면 부호 53으로 나타낸, 정미 펌핑 속도 또는 배기율의 변화를, 작동 동안 f_{\max} 및 I_{\max} 가 변화되지 않는 펌핑 시스템에 대한, 도면부호 55로 나타낸, 유사한 변화와 비교하여 제시한다. 대안적으로, 부스터 펌프에 정상적으로 끼워지는 것보다 실질적으로 크면서 더욱 높은 전류 정격을 갖는 모터가 사용되어, I_{\max} 의 일시적으로 증가되는 값이 실제에 있어서 특정의 모터 과부하 조건을 나타내지 않도록 할 수 있다.

[0043] I_{\max} 의 증가된 값에 따른 연장 작동에 기인한 부스터 펌프(12)의 과열을 방지하기 위해, 이하의 조건에서, I_{\max} 의 값은 후속적으로 프리-설정된 값으로 복귀된다:

[0044] • 제 1의 사전결정된 시간이 경과된 후; 또는

[0045] • 펌핑 시스템 내의 가스 압력이 제 1 사전결정된 값에 도달하였을 때.

[0046] 상기 제 1 사전결정된 값은 상기 센서들(44, 46, 52) 중의 특정 센서로부터 수신되는 신호로부터 검출될 수 있다. 예컨대, 도 4에 도면부호 54로 나타낸 바와 같이, 부스터 펌프(12)의 상기 과부하는, 센서(44)로부터 출력되는 신호에 의해 나타내어지는, 부스터 펌프(12)의 유입구(16)에서의 가스 압력이 도시한 예에서 약 200mbar인 제 1 사전결정된 값 아래로 떨어질 때, 종료될 수 있다. 대안으로서, 부스터 펌프(12)의 과부하는, 센서(46)로부터 출력되는 신호에 의해 나타내어지는, 부스터 펌프(12)의 배기부(22)에서의 가스 압력이 도시한 예에서 거의 대기압인 제 1 사전결정된 값 아래로 떨어질 때, 종료될 수 있다. 이것은, 압력 릴리프 밸브(50)를 폐쇄시킴에 의해, 센서(52)에 의한 인버터 제어기(42)에의 입력으로서, 편리하게 검출될 수 있다. 상기 세 개의 센서들(44, 46, 52)로부터 출력되는 신호들중의 특정의 하나는 그러므로 I_{\max} 의 값을 감소시키기 위한 트리거(trigger)로서 사용될 수 있다. 이 시점에서 I_{\max} 의 감소에 따른 결과는 전형적으로 부스터 모터 회전 속도의 감소로 나타날 것이다.

- [0047] (도 4에서 도면부호 "I"로 나타낸 바와 같은) 인클로저(10)의 배기의 제 2 중간압 스테이지중 I_{\max} 의 값의 프리 설정된 값으로의 감소는, 부스터 펌프(12)의 과열을 방지하는 한도 내에서 부스터 펌프(12)에 의해 발생하는 차압을 유지하면서, 상기 중간압 스테이지 동안 최적의 부스터 펌프 성능을 가능하게 한다. 압력 릴리프 밸브(50)의 폐쇄가 일차 펌프(14)를 부스터 펌프(12)와 유체 연통하도록 함에 따라, 일차 펌프(14)는 펌핑 시스템의 정미 펌핑 속도를 향상시키는데 효력을 발휘하며, 상기 정미 펌핑 속도는 도 4에 도시한 바와 같이 부스터 펌프(12)의 유입구(16)에서의 압력이 계속해서 떨어짐에 따라 안정적으로 증가한다.
- [0048] 배기가 진행됨에 따라 그리고 부스터 펌프(12)의 유입구(16)에서의 압력이 감소함에 따라, 인버터 제어기(42)는, 펌핑 속도를 최대화하기 위해 I_{\max} 근처의 전류를 유지하기 위하여, 모터(32)에 공급된 전력의 주파수를 점진적으로 증가시킨다. 부스터 펌프(12)로 들어가는 가스의 압력이 감소함에 따라, 상기 가스의 밀도 또한 감소하며, 따라서 유입 압력이 감소함에 따라 부스터 펌프(12)의 과열 위험성이 감소한다. 이러한 관점에서, 인클로저(10)의 계속되는 배기중 부스터 펌프(12)의 성능을 최대화하기 위해, 인버터 제어기(42)는, (도 4에 "L"로 나타낸 바와 같이) 인클로저(10)의 제 3의 낮은 압력의 배기 스테이지 동안 f_{\max} 의 값을 증가시킨다. f_{\max} 의 값의 증가는 다음 조건에 의해 트리거될 수 있다:
- [0049] • 제 2의 사전결정된 시간의 종료; 또는
 - [0050] • 펌핑 시스템 내의 가스 압력이 상기 제 1 사전결정된 값보다 낮은 제 2 사전결정된 값에 도달하였을 때.
- [0051] 상기 제 2 사전결정된 값은 센서들(44, 46)중 특정의 것으로부터 수신되는 신호로부터 검출될 수 있다. 예컨대, 도 4에 도면부호 56으로 나타낸 바와 같이, f_{\max} 의 값은, 센서(44)로부터 출력되는 신호에 의해 나타내어지는, 부스터 펌프(12)의 유입구(16)에서의 가스 압력이 도시한 예에서 약 30mbar인 제 2 사전결정된 값 아래로 떨어질 때, 증가될 수 있다. 대안으로서, f_{\max} 는, 센서(46)로부터 출력되는 신호에 의해 나타내어지는, 부스터 펌프(12)의 배기부(22)에서의 가스 압력이 제 2 사전결정된 값 아래로 떨어질 때, 증가될 수 있다. 명확하게는, 상기 제 1 및 제 2 사전결정된 값들이 단지 센서(44)로부터의 입력으로부터 결정된다면, 센서들(46, 52)은 제공될 필요가 없다. 대안적으로, 두 개 또는 그보다 많은 압력 신호들 사이의 관계(들)이 적당한 제어 신호를 유도해 내기 위해 사용될 수 있다.
- [0052] 상기 펌핑 시스템은 그러므로, 중간 유입 압력들에서 작동 온도에 대한 제어가능성을 보유하고 또한 낮은 압력들에서 향상된 펌핑 속도를 제공하면서, 높은 유입 압력들에서 대기중으로 배출시키는 부스터 펌프(12)의 장점들을 증가된 펌핑 속도와 조합할 수 있다.
- [0053] 구동 유닛(36)을 제어하기 위한 대안적인 기법을 도 5 및 도 6에 도시한다. 이러한 기법은, 도 5 및 도 6에 도시한 예에서 인버터 제어기(42)가 펌핑 시스템 내의 하나 이상의 온도들에 따라 전력을 제어한다는 점을 제외하고는, 도 2 및 도 3과 관련하여 상기한 기법과 유사하다. 도시한 바와 같이, 인버터 제어기(42)는 제 1 온도 센서(60)로부터 펌핑 기구의 온도를 나타내는 제 1 신호를 수신한다. 대안적으로 또는 부가하여, 상기 인버터 제어기(42)는 도관(24) 내의 가스의 온도를 검출하기 위한 제 2 온도 센서(62)로부터 부스터 펌프(12)로부터 배기되는 가스의 온도를 나타내는 제 2 신호를 수신할 수 있다. 대안적으로 또는 부가하여, 상기 인버터 제어기(42)는 도관(18) 내의 가스의 온도를 검출하기 위한 제 3 온도 센서(70)로부터 부스터 펌프(12)로 들어가는 가스의 온도를 나타내는 제 3 신호를 수신할 수 있다. 대안적으로, 두 개 또는 그보다 많은 온도 신호들 사이의 관계(들)은 적당한 제어 신호를 유도해 내기 위해 사용될 수 있다. 상기 인버터 제어기(42)는 그리고나서 상기 제 1, 제 2 및 제 3 신호들 중의 하나 또는 둘 이상에 따라 전력을 변화시키고 f_{\max} 및 I_{\max} 에 대한 값들을 변화시킨다. 예컨대, 상기 온도들 중의 하나가 제 1 사전결정된 값에 도달할 때, I_{\max} 의 값은 프리-설정된 값으로 복귀되며, 상기 온도들 중의 하나가 상기 제 1 값과는 다른 제 2 사전결정된 값에 도달할 때, f_{\max} 의 값은 증가된다.

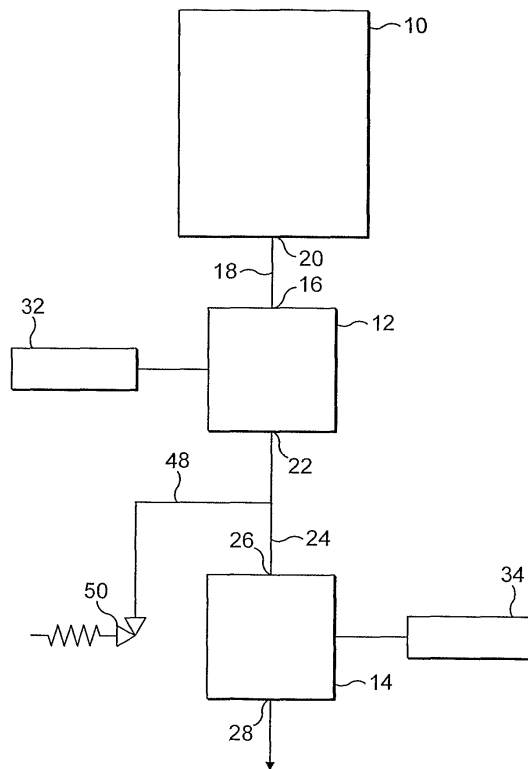
도면의 간단한 설명

- [0024] 도 1은 인클로저를 배기하기 위한 펌핑 시스템의 예를 개략적으로 나타내는 도면,
- [0025] 도 2는 도 1의 펌핑 시스템의 부스터 펌프의 모터를 구동하기 위한 구동 시스템의 제 1 실시예를 개략적으로 나타내는 도면,

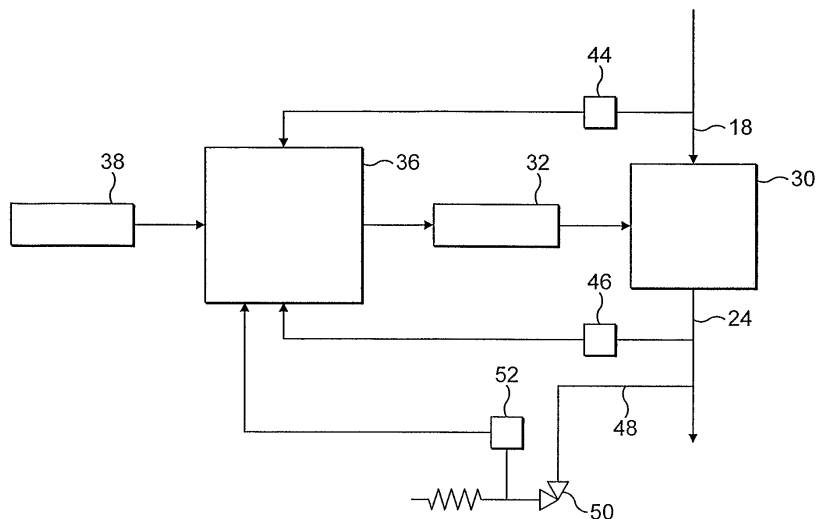
- [0026] 도 3은 도 2의 구동 시스템의 가변 주파수 구동 유닛을 상세하게 나타내는 도면,
- [0027] 도 4는 도 1의 펌핑 시스템의 작동 동안 유입 압력을 갖는 인클로저의 정미 펌핑 속도 또는 배기율의 변화를 나타내는 그래프,
- [0028] 도 5는 도 1의 펌핑 시스템의 부스터 펌프의 모터를 구동하기 위한 구동 시스템의 제 2 실시예를 개략적으로 나타내는 도면,
- [0029] 도 6은 도 5의 구동 시스템의 가변 주파수 구동 유닛을 상세하게 나타내는 도면.

도면

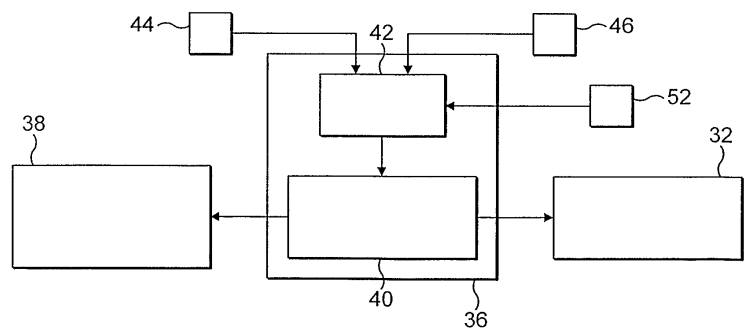
도면1



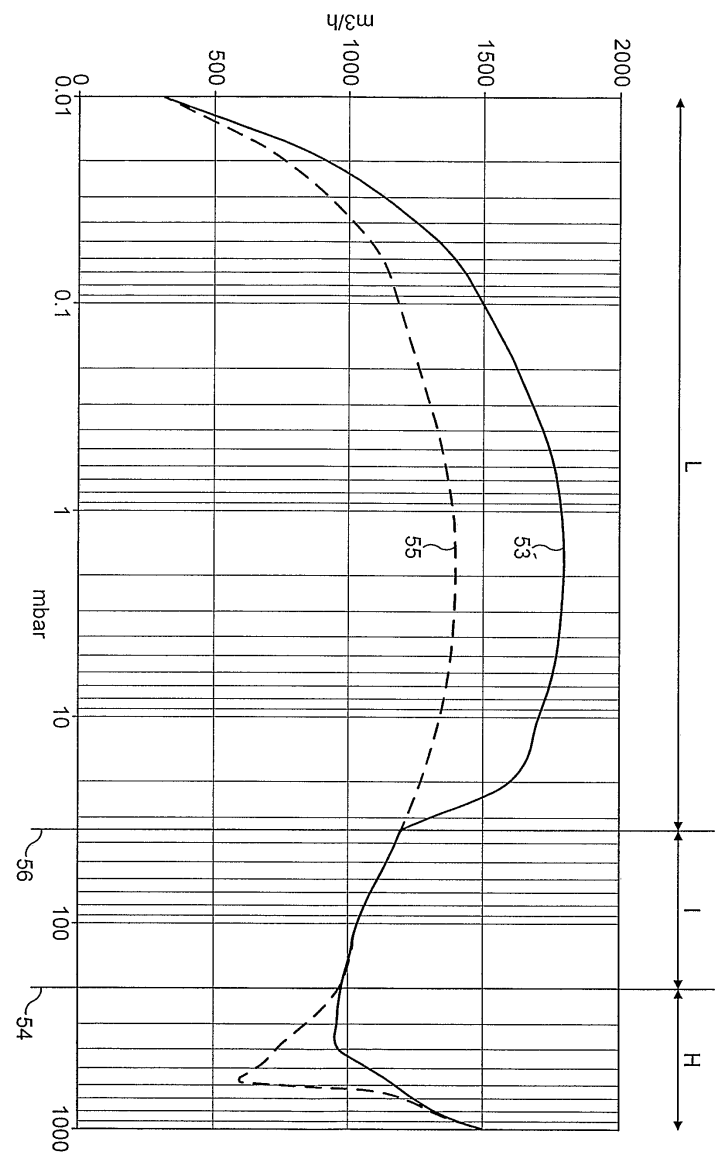
도면2



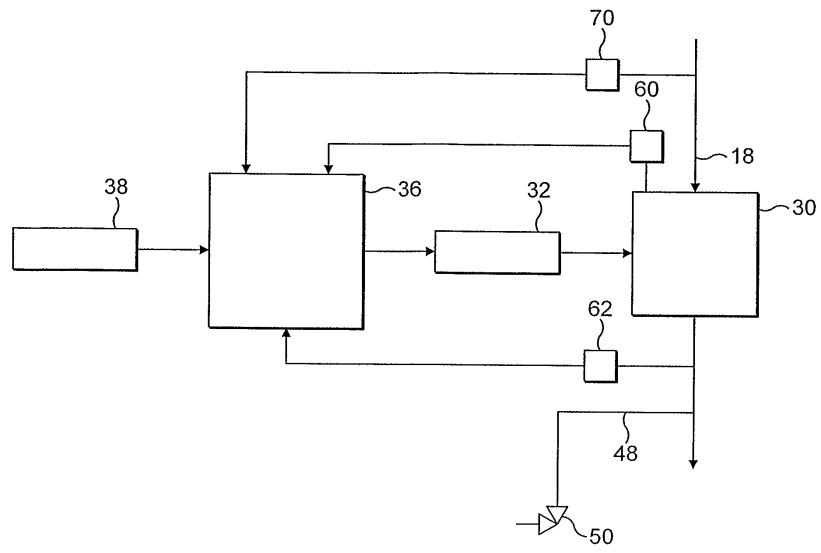
도면3



도면4



도면5



도면6

