



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년11월21일
(11) 등록번호 10-2047328
(24) 등록일자 2019년11월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
FO1D 11/14 (2006.01) FO1D 17/26 (2006.01)
(52) CPC특허분류
FO1D 11/14 (2013.01)
FO1D 17/26 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0177080
(22) 출원일자 2017년12월21일
심사청구일자 2017년12월21일
(65) 공개번호 10-2019-0075465
(43) 공개일자 2019년07월01일
(56) 선행기술조사문헌
JP02218801 A*
JP2002529646 A*
JP07004903 U*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
두산중공업 주식회사
경상남도 창원시 성산구 두산볼보로 22 (귀곡동)
(72) 발명자
김영춘
경상남도 창원시 성산구 원이대로 774, 503동
1904호(상남동, 성원아파트)
(74) 대리인
이영규, 윤병국

전체 청구항 수 : 총 27 항

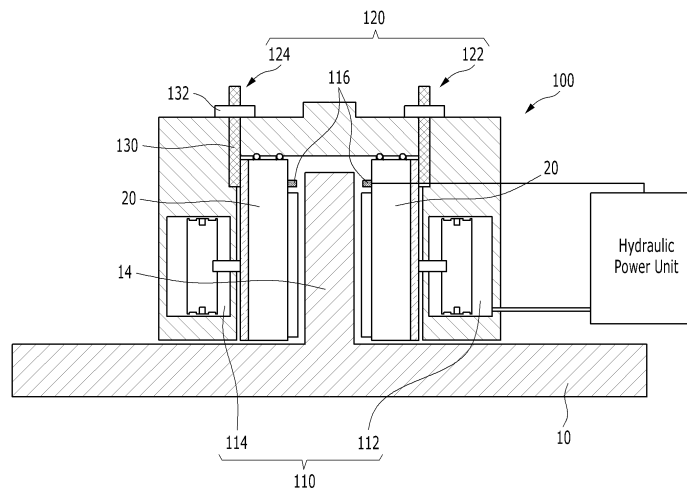
심사관 : 김희영

(54) 발명의 명칭 가스터빈의 블레이드 팁 간극 제어장치

(57) 요약

개시되는 발명은 블레이드 팁 간극 제어장치에 관한 것으로서, 스러스트 칼라와, 상기 스러스트 칼라를 축 방향을 따라 지지하는 한 쌍의 스러스트 베어링을 구비하고, 반경 방향으로 연장되는 복수 개의 블레이드를 구비하는 로터;와, 상기 한 쌍의 스러스트 베어링 중 어느 하나를 상기 축 방향의 정방향을 따라 이동시키는 제1 유압 실린더와, 다른 하나를 상기 축 방향의 역방향을 따라 이동시키는 제2 유압 실린더를 포함하는 유압식 간극 제어장치; 및 상기 제1 유압 실린더의 정방향 이동거리를 고정하는 제1 고정장치와, 상기 제2 유압 실린더의 역방향 이동거리를 고정하는 제2 고정장치를 포함하는 실린더 고정장치;를 포함한다.

대표도 - 도5



명세서

청구범위

청구항 1

스러스트 칼라와, 상기 스러스트 칼라를 축 방향을 따라 지지하는 한 쌍의 스러스트 베어링을 구비하고, 반경 방향으로 연장되는 복수 개의 블레이드를 구비하는 로터;

상기 한 쌍의 스러스트 베어링 중 어느 하나를 상기 축 방향의 정방향을 따라 이동시키는 제1 유압 실린더와, 다른 하나를 상기 축 방향의 역방향을 따라 이동시키는 제2 유압 실린더를 포함하는 유압식 간극 제어장치; 및

상기 제1 유압 실린더의 정방향 이동거리를 고정하는 제1 고정장치와, 상기 제2 유압 실린더의 역방향 이동거리를 고정하는 제2 고정장치를 포함하는 실린더 고정장치;를 포함하고,

여기서, 상기 제1 고정장치는 상기 로터에 역방향 추력이 작용할 때 작동하여 상기 제1 유압 실린더의 정방향 이동거리를 고정하는 한편 상기 제2 고정장치는 상기 로터에 정방향 추력이 작용할 때 작동하여 상기 제2 유압 실린더의 역방향 이동거리를 고정하며,

가스터빈의 운전을 시작하거나 종료하는 동안에는 상기 제2 고정장치가 작동하는 것을 특징으로 하는 블레이드 팁 간극 제어장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 실린더 고정장치는 상기 제1 및 제2 유압 실린더의 이동을 제한하는 스톱퍼 부재로서, 상기 스톱퍼 부재를 진퇴시키는 액추에이터에 의해 작동하는 것을 특징으로 하는 블레이드 팁 간극 제어장치.

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 제1 고정장치가 작동하는 동안 계속하여 상기 제1 유압 실린더에 작동 유압이 작용하거나, 또는 제2 고정장치가 작동하는 동안 계속하여 상기 제2 유압 실린더에 작동 유압이 작용하는 것을 특징으로 하는 블레이드 팁 간극 제어장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 제1 고정장치가 작동을 시작하거나 종료하는 시점의 일정 시간 동안만 상기 제1 유압 실린더에 작동 유압이 작용하거나, 또는 제2 고정장치가 작동을 시작하거나 종료하는 시점의 일정 시간 동안만 상기 제2 유압 실린더에 작동 유압이 작용하는 것을 특징으로 하는 블레이드 팁 간극 제어장치.

청구항 7

삭제

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 제1 유압 실린더와 상기 제2 유압 실린더와 연결되는 유압 라인에 각각 병렬로 연결되는 메인 유압회로장치와 비상 유압회로장치를 포함하는 것을 특징으로 하는 블레이드 팁 간극 제어장치.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 비상 유압회로장치는 상기 제1 유압 실린더를 작동하기 위한 제2 정방향 제어밸브와 상기 제2 유압 실린더를 작동하기 위한 제2 역방향 제어밸브를 포함하고, 상기 제2 정방향 제어밸브와 제2 역방향 제어밸브에 대해서 병렬적으로 연결되는 제2 유압 펌프와 제3 유압 펌프를 포함하는 것을 특징으로 하는 블레이드 팁 간극 제어장치.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 제2 유압 펌프는 교류 전원으로 작동하고, 상기 제3 유압 펌프는 직류 전원으로 작동하는 것을 특징으로 하는 블레이드 팁 간극 제어장치.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 제3 유압 펌프의 작동을 위한 직류전원 저장기를 포함하는 것을 특징으로 하는 블레이드 팁 간극 제어장치.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 직류전원 저장기는 교류 전원이 공급되는 동안에 상기 교류 전원을 정류하여 직류 전원으로 저장하는 것을 특징으로 하는 블레이드 팁 간극 제어장치.

청구항 13

스러스트 칼라와, 상기 스러스트 칼라를 축 방향을 따라 지지하는 한 쌍의 스러스트 베어링을 구비하고, 반경 방향으로 연장되는 복수 개의 블레이드를 구비하는 로터;

상기 한 쌍의 스러스트 베어링 중 어느 하나를 상기 축 방향의 정방향을 따라 이동시키는 제1 유압 실린더와, 다른 하나를 상기 축 방향의 역방향을 따라 이동시키는 제2 유압 실린더를 포함하는 유압식 간극 제어장치; 및

상기 제1 유압 실린더의 정방향 이동거리를 고정하는 제1 고정장치와, 상기 제2 유압 실린더의 역방향 이동거리를 고정하는 제2 고정장치를 포함하는 실린더 고정장치;를 포함하고,

상기 제1 및 제2 고정장치를 포함하는 실린더 고정장치는, 상기 스러스트 칼라에 대한 상기 제1 및 제2 유압 실린더의 작동 간극을 조절할 수 있는 작동 간극 가변장치이며,

상기 작동 간극 가변장치는 상기 제1 및 제2 유압 실린더에 각각 구비되고, 상기 스러스트 칼라와 마주보지 않는 상기 스러스트 베어링의 타면에 고정적으로 장착되는 고정 플레이트와, 상기 제1 및 제2 유압 실린더를 각각 수용하는 제1 및 제2 실린더 하우징 상에서 원주방향을 따라 정역 회동할 수 있도록 장착되는 슬라이딩 링을 포함하고,

상기 고정 플레이트와 상기 슬라이딩 링의 원주면을 따라 서로 마주보도록 각각 돌출 형성된 기어 이빨이 접촉하여 상기 작동 간극을 유지하는 것을 특징으로 하는 블레이드 팁 간극 제어장치.

청구항 14

삭제

청구항 15

제13항에 있어서,

상기 고정 플레이트와 상기 슬라이딩 링의 기어 이빨은 서로 산과 골이 포개진 접촉 상태, 또는 산과 산이 맞물려 벌려진 접촉 상태 중의 어느 하나의 접촉 상태에 있는 것을 특징으로 하는 블레이드 팁 간극 제어장치.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 고정 플레이트와 상기 슬라이딩 링의 기어 이빨은 모두 산이 평평한 형태를 이루는 것을 특징으로 하는 블레이드 팁 간극 제어장치.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 고정 플레이트와 상기 슬라이딩 링의 기어 이빨은 사다리꼴 형태인 것을 특징으로 하는 블레이드 팁 간극 제어장치.

청구항 18

제13항에 있어서,

상기 고정 플레이트와 상기 슬라이딩 링의 각 기어 이빨은 서로 반대방향으로 경사진 경사면을 구비하되 각 경사면은 서로 맞물리는 다단의 계단 형태를 이루는 것을 특징으로 하는 블레이드 팁 간극 제어장치.

청구항 19

제18항에 있어서,

상기 고정 플레이트와 상기 슬라이딩 링의 각 경사면이 이루는 경사각도의 합은 90° 를 이루는 것을 특징으로 하는 블레이드 팁 간극 제어장치.

청구항 20

제19항에 있어서,

상기 고정 플레이트와 상기 슬라이딩 링의 각 경사면이 이루는 경사각도는 각각 45° 인 것을 특징으로 하는 블레이드 팁 간극 제어장치.

청구항 21

제18항에 있어서,

상기 고정 플레이트와 상기 슬라이딩 링 중 적어도 어느 한쪽의 기어 이빨의 최하부 영역에 공간이 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 블레이드 팁 간극 제어장치.

청구항 22

제15항 또는 제18항에 있어서,

상기 작동 간극 가변장치는, 상기 제1 또는 제2 유압 실린더를 일시 작동하여 상기 고정 플레이트가 상기 슬라이딩 링을 압박하는 힘을 해제하고, 이후 정해진 각도만큼 상기 슬라이딩 링을 회동하여 상기 기어 이빨들의 접촉 상태를 변경한 다음에 상기 제1 또는 제2 유압 실린더를 원위치하는 일련의 제어를 수행하여 상기 작동 간극을 조절하는 것을 특징으로 하는 블레이드 팁 간극 제어장치.

청구항 23

제13항에 있어서,

상기 슬라이딩 링은 상기 제1 및 제2 실린더 하우징 상에 고정된 하나의 점을 중심으로 회전하는 것을 특징으로 하는 블레이드 팁 간극 제어장치.

청구항 24

제23항에 있어서,

상기 슬라이딩 링을 회전시키는 링 구동기구를 포함하고, 상기 링 구동기구는 상기 슬라이딩 링의 회전중심을 지나지 않는 임의의 방향으로 힘을 작용하는 링 구동용 유압 실린더를 포함하는 유압식 링 구동기구인 것을 특징으로 하는 블레이드 팁 간극 제어장치.

청구항 25

제24항에 있어서,

상기 링 구동용 유압 실린더는 상기 제1 및 제2 실린더 하우징을 포함하는 상기 로터 주변의 고정물에 대해 회동 가능하게 장착되고, 상기 링 구동용 유압 실린더의 신축 가능한 실린더 로드의 자유단이 상기 슬라이딩 링에 고정되어 돌출된 암 핸들에 회동 가능하게 연결되는 것을 특징으로 하는 블레이드 팁 간극 제어장치.

청구항 26

제25항에 있어서,

상기 실린더 로드가 신축하는 길이를 제어함으로써 상기 슬라이딩 링의 회동 각도를 조절하는 것을 특징으로 하는 블레이드 팁 간극 제어장치.

청구항 27

제23항에 있어서,

상기 슬라이딩 링을 회전시키는 링 구동기구를 포함하고, 상기 링 구동기구는 상기 슬라이딩 링의 원주면을 따라 형성된 링 기어를 회전시키는 피니언 기어를 구비하는 전동 모터를 포함하는 전동식 링 구동기구인 것을 특징으로 하는 블레이드 팁 간극 제어장치.

청구항 28

제27항에 있어서,

상기 링 기어와 상기 피니언 기어의 치합은 내접식 또는 외접식인 것을 특징으로 하는 블레이드 팁 간극 제어장치.

청구항 29

제27항에 있어서,

상기 전동 모터는 상기 제1 및 제2 실린더 하우징의 외면에 고정 장착되고, 상기 전동 모터의 회전축이 상기 제1 및 제2 실린더 하우징을 관통한 샤프트를 회전시킴으로써 상기 피니언 기어가 회전하는 것을 특징으로 하는 블레이드 팁 간극 제어장치.

청구항 30

제29항에 있어서,

상기 전동 모터의 회전축과 상기 샤프트는 한 쌍의 스피어 기어로 연결된 것을 특징으로 하는 블레이드 팁 간극 제어장치.

청구항 31

제30항에 있어서,

상기 한 쌍의 스피어 기어 사이의 이빨 수 비율은 상기 샤프트를 감속시키는 비율인 것을 특징으로 하는 블레이드 팁 간극 제어장치.

발명의 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 가스터빈의 블레이드 팁 간극 제어장치에 관한 것으로서, 압축기의 블레이드 팁 간극을 제어하기 위한 유압식 간극 제어장치가 장시간 운전에 의한 고장이나 이상작동 등의 비상상황에 처하더라도 블레이드 팁 간극 제어가 실패하지 않도록 하는 동시에 유압식 간극 제어장치의 작동시간을 줄임으로써 그 수명을 늘릴 수 있는 가스터빈의 블레이드 팁 간극 제어장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 터빈이란 증기, gas와 같은 압축성 유체의 흐름을 이용하여 충동력 또는 반동력으로 회전력을 얻는 기계장치로서 증기를 이용하면 증기 터빈, 연소가스를 이용하면 가스터빈이라고 한다.

[0003] 가스터빈의 열 사이클은 브레이튼 사이클(Brayton cycle)이며, 압축기와 연소기, 터빈으로 구성된다. 가스터빈의 작동원리는 먼저 대기의 공기를 흡입하여 압축기로 압축한 후 연소기로 보내 고온, 고압의 연소가스를 만들어서 터빈을 동작시키고, 배기가스를 대기중으로 방출한다. 즉, 압축, 가열, 팽창, 방열의 4 과정으로 이루어지는 것이다.

[0004] 가스터빈의 압축기는 대기로부터 공기를 흡입하여 연소기에 연소용 공기를 공급하는 역할을 하며, 단열압축 과정을 거치므로 공기의 압력과 공기온도가 올라가게 된다.

[0005] 연소기에서는 유입된 압축 공기를 연료와 혼합하여 등압 연소시켜 높은 에너지의 연소가스를 만들어 내며, 효율을 올리기 위해 연소기 및 터빈부품이 견딜 수 있는 내열 한도까지 연소가스 온도를 높게 된다.

[0006] 가스터빈에서는 연소기에서 나온 고온, 고압의 연소가스가 팽창하면서 터빈의 회전날개에 충동, 반동력을 주어 기계적인 에너지로 변환시킨다. 터빈에서 얻은 기계적 에너지의 일부는 압축기에서 공기를 압축하는데 필요한 에너지로 공급되며, 나머지는 발전기를 구동하여 전력을 생산하는데 이용된다.

[0007] 가스터빈은 주요 구성부품에 왕복운동이 없기 때문에 피스톤-실린더와 같은 상호 마찰부분이 없어 윤활유의 소비가 극히 적으며, 왕복운동 기계의 특징인 진폭이 대폭 감소되고, 고속운동이 가능한 장점이 있다.

[0008] 여기서, 압축기는 연소용과 냉각용으로 사용될 대기 중의 공기를 흡입하여 압축하는 회전기계이다. 압축기에는 고속으로 회전하는 로터 축이 베어링에 의해 지지되어 있으며, 로터 축에는 복수 개의 로터 디스크가 삽입되어 결합된다. 각각의 로터 디스크의 원주방향 외주면 상에는 복수 개의 블레이드가 배치되는데, 압축기로 흡입된 공기는 개개의 로터 디스크가 형성하는 블레이드 단(段)을 연속적으로 지나가면서 점점 고압으로 압축된다.

[0009] 도 1은 블레이드 단이 하류로 갈수록 지름이 커짐에 따라 원뿔 형태를 가지는 압축기의 로터(10)를 개략적으로 도시한 도면이다. 로터(10)는 스테이터(1)에 의해 둘러싸여 있어 블레이드의 팁(12)과 스테이터(1) 사이에는 미세한 간극이 형성되는데, 이 간극의 크기는 압축기의 성능에 큰 영향을 미친다.

[0010] 그런데, 도 1을 참고하면 쉽게 알 수 있듯이, 로터(10)는 추력에 의해 전방(좌측) 또는 후방(우측)으로 이동하게 되는데, 로터(10)가 원뿔 형태를 가짐에 따라 블레이드의 팁(12) 간극이 변하게 된다. 즉, 로터(10)가 전방으로 이동하면 팁 간극은 줄어들고, 반대로 후방으로 이동하면 팁 간극은 늘어난다.

[0011] 전술한 바와 같이, 블레이드 팁 간극은 압축기 성능에 영향을 미치기 때문에 이를 제어하기 위한 여러 기술이 소개되고 있다. 도 2는 그러한 블레이드 팁 간극 제어장치로서 유압식 간극 제어장치(110)를 개략적으로 보여준다.

[0012] 도 2에 도시된 유압식 간극 제어장치(110)의 작동에 대해 간략히 설명한다면, 로터(10)의 반경 방향으로 돌출된 스러스트 칼라(14, thrust collar)를 감싸는 한 쌍의 스러스트 베어링(20) 각각을 유압장치로 밀거나 당겨서 로터(10)의 수평방향 위치를 가변시키고, 이를 통해 블레이드 팁(12) 간극을 제어하는 것이다. 그리고, 로터(10)의 최적 위치는 스러스트 베어링(20)에 설치된 액시얼 포지션 센서(116)로 측정되는 스러스트 칼라(14)까지의 거리에 기초하여 결정된다.

[0013] 이러한 유압식 간극 제어장치(110)는 블레이드 팁(12) 간극을 능동적으로 제어하여 압축기의 성능을 향상시킨다는 점에서 큰 장점이 있지만, 안전 측면에서는 그만큼의 위험 요소를 안고 있다.

[0014] 가스터빈에 작용하는 추력의 방향은 정방향이나 역방향으로 항상 일정하게 작용하는 것도 아니며 설계에 따라 그 크기와 방향은 다르게 된다. 이런 상황에서 장시간 동안 운전될 때 유압식 간극 제어장치(110)의 유압회로에 이상이 발생하거나 제어에 고장이 생기면 단순히 압축기의 성능이 나빠지는 것이 아니라 블레이드 팁(12) 간극

이 극히 작아지거나 없어서 블레이드가 충돌에 의해 파손되는 사태까지 일어날 수 있다.

[0015] 따라서, 유압식 간극 제어장치의 운전상의 안전을 위한 대책 마련이 요구된다.

선행기술문헌

특허문헌

[0016] (특허문헌 0001) 일본특허공보 제5955176호 (2016.07.20 발행)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0017] 본 발명은 위와 같은 종래의 유압식 간극 제어장치를 개선하여, 유압식 간극 제어장치가 장시간 운전에 의한 고장이나 이상작동 등의 비상상황에 처하더라도 블레이드 팁 간극 제어가 실패하지 않도록 하는 동시에 유압식 간극 제어장치의 작동시간을 줄임으로써 그 수명을 늘릴 수 있는 가스터빈의 블레이드 팁 간극 제어장치를 제공하는 것에 그 목적이 있다.

[0018] 또한, 본 발명은 유압식 간극 제어장치에 고장이나 이상작동 등의 비상상황이 발생하더라도 유압식 간극 제어장치의 정상운전이 가능하도록 함으로써 운전 안정성을 향상시킬 수 있는 가스터빈의 블레이드 팁 간극 제어장치를 제공하는 것에 또 하나의 목적이 있다.

[0019] 아울러, 본 발명은 설치조건이나 운전조건의 변화에 대응하여 유압식 간극 제어장치에 포함된 유압기구의 위치, 다시 말해 유압기구가 작동하지 않는 상태에서의 작동 간극을 조정할 필요가 있을 때, 설계 변경이나 설치 조정 없이 자동으로 작동 간극을 가변할 수 있는 가스터빈의 블레이드 팁 간극 제어장치를 제공하는 것에도 또 다른 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0020] 본 발명에 따른 블레이드 팁 간극 제어장치는, 스러스트 칼라와, 상기 스러스트 칼라를 축 방향을 따라 지지하는 한 쌍의 스러스트 베어링을 구비하고, 반경 방향으로 연장되는 복수 개의 블레이드를 구비하는 로터;와, 상기 한 쌍의 스러스트 베어링 중 어느 하나를 상기 축 방향의 정방향을 따라 이동시키는 제1 유압 실린더와, 다른 하나를 상기 축 방향의 역방향을 따라 이동시키는 제2 유압 실린더를 포함하는 유압식 간극 제어장치; 및 상기 제1 유압 실린더의 정방향 이동거리를 고정하는 제1 고정장치와, 상기 제2 유압 실린더의 역방향 이동거리를 고정하는 제2 고정장치를 포함하는 실린더 고정장치;를 포함한다.

[0021] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 실린더 고정장치는 상기 제1 및 제2 유압 실린더의 이동을 제한하는 스톱퍼 부재로서, 상기 스톱퍼 부재를 진퇴시키는 액추에이터에 의해 작동한다.

[0022] 여기서, 상기 제1 고정장치는 상기 로터 축에 역방향 추력이 작용할 때 작동하게 된다.

[0023] 그리고, 상기 제2 고정장치는 상기 로터 축에 정방향 추력이 작용할 때 작동하게 된다.

[0024] 이러한 본 발명의 블레이드 팁 간극 제어장치는, 상기 제1 고정장치 또는 제2 고정장치가 작동하는 동안 계속하여 상기 제1 유압 실린더 또는 제2 유압 실린더에도 작동 유압이 작용하는 방식으로 운전될 수 있다.

[0025] 또는, 상기 제1 고정장치 또는 제2 고정장치가 작동을 시작하거나 종료하는 시점의 일정 시간 동안만 상기 제1 유압 실린더 또는 제2 유압 실린더에 작동 유압이 작용하는 방식으로 운전되는 것도 가능하다.

[0026] 그리고, 가스터빈의 운전을 시작하거나 종료하는 동안에는 상기 제2 고정장치가 작동하게 된다.

[0027] 그리고, 본 발명은 상기 제1 유압 실린더와 상기 제2 유압 실린더와 연결되는 유압 라인에 각각 병렬로 연결되는 메인 유압회로장치와 비상 유압회로장치를 각각 포함할 수 있다.

[0028] 여기서, 상기 비상 유압회로장치는 상기 제1 유압 실린더를 작동하기 위한 제2 정방향 제어밸브와 상기 제2 유압 실린더를 작동하기 위한 제2 역방향 제어밸브를 포함하고, 상기 제2 정방향 제어밸브와 제2 역방향 제어밸브에 대해 서로 병렬적으로 연결되는 제2 유압 펌프와 제3 유압 펌프를 포함한다.

- [0029] 특히, 상기 제2 유압 펌프는 교류 전원으로 작동하고, 상기 제3 유압 펌프는 직류 전원으로 작동할 수도 있다.
- [0030] 이러한 경우, 상기 제3 유압 펌프의 작동을 위한 직류전원 저장기를 더 포함할 수 있으며, 상기 직류전원 저장기는 교류 전원이 공급되는 동안에 상기 교류 전원을 정류하여 직류 전원으로 저장할 수도 있다.
- [0031] 한편, 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 상기 제1 및 제2 고정장치를 포함하는 실린더 고정장치는, 상기 스러스트 칼라에 대한 상기 제1 및 제2 유압 실린더의 작동 간극을 조절할 수 있는 작동 간극 가변장치로 구성된다.
- [0032] 상기 작동 간극 가변장치는 상기 제1 및 제2 유압 실린더에 각각 구비되고, 상기 스러스트 칼라와 마주보지 않는 상기 스러스트 베어링의 타면에 고정적으로 장착되는 고정 플레이트와, 상기 제1 및 제2 유압 실린더를 각각 수용하는 제1 및 제2 실린더 하우징 상에서 원주방향을 따라 정역 회동할 수 있도록 장착되는 슬라이딩 링을 포함하며, 상기 고정 플레이트와 상기 슬라이딩 링의 원주면을 따라 서로 마주보도록 각각 돌출 형성된 기어 이빨이 접촉하여 상기 작동 간극을 유지하게 된다.
- [0033] 이러한 다른 실시예에 있어서, 상기 고정 플레이트와 상기 슬라이딩 링의 기어 이빨은 서로 산과 골이 포개진 접촉 상태, 또는 산과 산이 맞물려 벌려진 접촉 상태 중의 어느 하나의 접촉 상태에 있도록 구성될 수 있다.
- [0034] 그리고, 상기 고정 플레이트와 상기 슬라이딩 링의 기어 이빨은 모두 산이 평평한 형태를 이룰 수 있다.
- [0035] 특히, 일 실시형태에 따르면, 상기 고정 플레이트와 상기 슬라이딩 링의 기어 이빨은 사다리꼴 형태를 이루게 된다.
- [0036] 그리고, 다른 실시예에 있어서, 상기 고정 플레이트와 상기 슬라이딩 링의 각 기어 이빨은 서로 반대방향으로 경사진 경사면을 구비하되 각 경사면은 서로 맞물리는 단단의 계단 형태를 이루는 것으로 구성될 수도 있다.
- [0037] 여기서, 상기 고정 플레이트와 상기 슬라이딩 링의 각 경사면이 이루는 경사각도의 합은 90° 를 이룰 수 있다.
- [0038] 그리고, 상기 고정 플레이트와 상기 슬라이딩 링 중 적어도 어느 한쪽의 기어 이빨의 최하부 영역에는 공간이 형성되어 있을 수 있다.
- [0039] 이러한 다른 실시예에 따르면, 상기 작동 간극 가변장치는, 상기 제1 또는 제2 유압 실린더를 일시 작동하여 상기 고정 플레이트가 상기 슬라이딩 링을 압박하는 힘을 해제하고, 이후 정해진 각도만큼 상기 슬라이딩 링을 회동하여 상기 기어 이빨들의 접촉 상태를 변경한 다음에 상기 제1 또는 제2 유압 실린더를 원위치하는 일련의 제어를 수행하여 상기 작동 간극을 조절하게 된다.
- [0040] 그리고, 상기 슬라이딩 링은 상기 제1 및 제2 실린더 하우징 상에 고정된 하나의 점을 중심으로 회전하는 것으로 구성될 수 있다.
- [0041] 본 발명은 상기 슬라이딩 링을 회전시키는 링 구동기구를 포함하며, 상기 링 구동기구는 상기 슬라이딩 링의 회전중심을 지나지 않는 임의의 방향으로 힘을 작용하는 링 구동용 유압 실린더를 포함하는 유압식 링 구동기구일 수 있다.
- [0042] 상기 링 구동용 유압 실린더는 상기 제1 및 제2 실린더 하우징을 포함하는 상기 로터 주변의 고정물에 대해 회동 가능하게 장착되고, 상기 링 구동용 유압 실린더의 신축 가능한 실린더 로드와 자유단이 상기 슬라이딩 링에 고정되어 돌출된 암 핸들에 회동 가능하게 연결되는 것으로 구성될 수 있다.
- [0043] 상기 유압식 링 구동기구는 상기 실린더 로드와 신축하는 길이를 제어함으로써 상기 슬라이딩 링의 회동 각도를 조절할 수 있다.
- [0044] 다른 한편으로, 본 발명이 포함하는 링 구동기구는, 상기 슬라이딩 링의 원주면을 따라 형성된 링 기어를 회전시키는 피니언 기어를 구비하는 전동 모터를 포함하는 전동식 링 구동기구로도 구성될 수 있다.
- [0045] 이 경우, 상기 링 기어와 상기 피니언 기어의 치합은 내접식 또는 외접식으로 이루어질 수 있다.
- [0046] 그리고, 상기 전동 모터는 상기 제1 및 제2 실린더 하우징의 외면에 고정 장착되고, 상기 전동 모터의 회전축이 상기 제1 및 제2 실린더 하우징을 관통한 샤프트를 회전시킴으로써 상기 피니언 기어가 회전하도록 구성될 수 있다.
- [0047] 그리고, 상기 전동 모터의 회전축과 상기 샤프트는 한 쌍의 스피어 기어로 연결될 수 있다.
- [0048] 이러한 경우에, 상기 한 쌍의 스피어 기어 사이의 이빨 수 비율은 상기 샤프트를 감속시키는 비율로 설정될 수 있

다.

발명의 효과

- [0049] 상기와 같은 구성을 가진 본 발명의 블레이드 팁 간극 제어장치는 유압식 간극 제어장치의 정방향 또는 역방향의 이동거리를 고정하는 실린더 고정장치를 포함함으로써 유압식 간극 제어장치에 이상이 발생하더라도 블레이드 팁 간극 확보를 실패하지 않게 된다는 장점을 가진다.
- [0050] 특히, 본 발명의 블레이드 팁 간극 제어장치는 기계식 장치로 구성되어 있어 크게 고장이 나거나 파손되지 않는 이상 항상 일정하게 작동하게 되고, 이에 따라 블레이드 팁 간극 제어장치의 안전을 더욱 확실하게 보장할 수 있다.
- [0051] 그리고, 블레이드 팁 간극 제어장치의 운전방식을 실린더 고정장치가 작동을 시작하거나 종료하는 시점의 일정 시간 동안만 유압식 간극 제어장치에 작동 유압이 작용하도록 함으로써 유압식 간극 제어장치의 실제 작동시간을 줄이고, 이를 통해 유압식 간극 제어장치의 수명을 늘릴 수 있다.
- [0052] 또한, 본 발명은 메인 유압회로장치와는 독립적으로 작동하는 비상 유압회로장치를 구비함으로써, 유압식 간극 제어장치에 고장이나 이상작동 등의 비상상황이 발생하더라도 유압식 간극 제어장치의 정상운전이 가능해지며, 이를 통해 블레이드 팁 간극 제어장치의 운전 안정성을 크게 향상시킬 수 있다.
- [0053] 아울러, 본 발명은 실린더 고정장치로서 작동할 수 있는 작동 간극 가변장치를 포함할 수 있으며, 이를 통해 설치조건이나 운전조건의 변화에 대응하여 유압식 간극 제어장치에 포함된 유압기구의 위치, 다시 말해 유압기구가 작동하지 않는 상태에서의 작동 간극을 조정할 필요가 있을 때, 설계 변경이나 설치 조정 없이 자동으로 작동 간극을 조정할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0054] 도 1은 원뿔 형태를 갖는 압축기의 로터를 개략적으로 도시한 도면.
- 도 2는 종래의 유압식 간극 제어장치의 구성을 도시한 도면.
- 도 3은 본 발명에 따른 블레이드 팁 간극 제어장치가 적용될 수 있는 가스터빈의 내부 구조를 도시한 도면.
- 도 4는 도 3의 가스터빈에서 압축기를 좀더 상세히 도시한 도면.
- 도 5는 본 발명에 따른 블레이드 팁 간극 제어장치를 도시한 도면.
- 도 6은 도 5의 블레이드 팁 간극 제어장치를 운전하는 일 실시형태를 도시한 도면.
- 도 7은 도 5의 블레이드 팁 간극 제어장치를 운전하는 다른 실시형태를 도시한 도면.
- 도 8은 본 발명의 블레이드 팁 간극 제어장치에 추가로 구비될 수 있는 비상 유압회로장치를 도시한 도면.
- 도 9는 본 발명의 블레이드 팁 간극 제어장치에 포함될 수 있는 작동 간극 가변장치를 도시한 도면.
- 도 10은 작동 간극 가변장치의 일 실시형태를 도시한 도면.
- 도 11은 작동 간극 가변장치의 다른 실시형태를 도시한 도면.
- 도 12는 유압 실린더를 이용하는 유압식 링 구동기구의 일 실시형태를 도시한 도면.
- 도 13은 전동 모터를 이용하는 전동식 링 구동기구의 일 실시형태를 도시한 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0055] 이하, 본 발명의 일부 실시예들을 예시적인 도면을 통해 상세하게 설명한다. 각 도면의 구성요소들에 참조부호를 부가함에 있어서, 동일한 구성요소들에 대해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 부호를 가지도록 하고 있음에 유의해야 한다. 또한, 본 발명의 실시예를 설명함에 있어, 관련된 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 실시예에 대한 이해를 방해한다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략한다.
- [0056] 또한, 본 발명의 실시예의 구성 요소를 설명하는 데 있어서, 제 1, 제 2, A, B, (a), (b) 등의 용어를 사용할 수 있다. 이러한 용어는 그 구성 요소를 다른 구성 요소와 구별하기 위한 것일 뿐, 그 용어에 의해 해당 구성

요소의 본질이나 차례 또는 순서 등이 한정되지 않는다. 어떤 구성 요소가 다른 구성요소에 "연결", "결합" 또는 "접속"된다고 기재된 경우, 그 구성 요소는 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되거나 접속될 수 있지만, 각 구성 요소 사이에 또 다른 구성 요소가 개재되어 간접적으로 "연결", "결합" 또는 "접속"될 수도 있다고 이해되어야 할 것이다.

- [0057] 도 3은 본 발명에 따른 블레이드 팁 간극 제어장치가 적용될 수 있는 가스터빈의 내부 구조를 도시한 도면이고, 도 4는 도 3의 가스터빈에서 압축기를 좀더 상세히 도시한 도면이다.
- [0058] 도 3 및 도 4에 도시된 바와 같이, 본 발명의 블레이드 팁 간극 제어장치가 적용되는 가스터빈(1000)은 압축기(1100), 연소기(1200), 터빈(1300)을 포함한다. 압축기(1100)는 외부 공기를 흡입하여 압축하고, 연소기(1200)는 압축기(1100)에서 압축된 공기에 연료를 혼합해 연소시키며, 터빈(1300)은 연소기(1200)로부터 배출되는 연소 가스에 의해 회전하게 된다.
- [0059] 압축기(1100)는 압축기 로터 디스크(1110), 센터 타이로드(1120), 압축기 블레이드(1130), 스테이터(1140), 압축기하우징(1150)을 포함한다.
- [0060] 압축기 로터 디스크(1110)는 압축기 블레이드(1130)를 고정하고, 센터 타이로드(1120)의 회전에 따라 회전하여 압축기 블레이드(1130)를 회전시킨다. 압축기 로터 디스크(1110)는 복수 개일 수 있다.
- [0061] 복수 개로 형성된 압축기 로터 디스크(1110)들은 하나의 센터 타이로드(1120)에 의해 축 방향으로 이격되지 않도록 체결된다. 각각의 압축기 로터 디스크(1110)들은 센터 타이로드(1120)에 의해 관통된 상태로 축 방향을 따라서 정렬된다. 압축기 로터 디스크(1110)의 외주부에는 복수 개의 돌기(미도시)가 형성될 수 있고, 인접한 압축기 로터 디스크(1110)와 함께 회전하도록 결합되는 플랜지(1111)가 형성될 수 있다.
- [0062] 복수 개의 압축기 로터 디스크(1110) 중 적어도 어느 하나에는 압축 공기 공급 유로가 형성될 수 있다. 압축 공기 공급 유로를 통해 압축기 블레이드(1130)에 의해 압축된 압축 공기가 터빈(1300) 측으로 이동되어 터빈 블레이드를 냉각시킬 수 있다.
- [0063] 센터 타이로드(1120)는 압축기 로터 디스크(1110)를 관통하여 정렬한다. 센터 타이로드(1120)는 터빈(1300)에서 발생된 토크를 전달받아서 압축기 로터 디스크(1110)를 회전시킨다. 이를 위해 압축기(1100)와 터빈(1300) 사이에는 터빈(1300)에서 발생한 회전 토크를 압축기(1100)로 전달하는 토크 전달부재로서 토크튜브(1400)가 배치될 수 있다.
- [0064] 센터 타이로드(1120)의 일측 단부는 최상류 측에 위치한 압축기 로터 디스크 내에 체결되고, 타측 단부는 토크튜브(1400)에 삽입된다. 센터 타이로드(1120)의 타측 단부는 토크튜브(1400) 내에서 가압너트(1121)와 체결된다. 가압너트(1121)는 토크튜브(1400)를 압축기 로터 디스크(1110) 측으로 가압하여 각각의 압축기 로터 디스크(1110)들이 기밀하게 밀착되게 한다.
- [0065] 압축기 블레이드(1130)는 압축기 로터 디스크(1110)의 외주면에 방사상으로 결합된다. 압축기 블레이드(1130)는 복수 개일 수 있으며, 다단으로 형성될 수 있다. 각각의 압축기 블레이드(1130)는 압축기 로터 디스크(1110)에 체결되기 위한 도브 테일(1131)이 형성된다. 본 실시예에서는 압축기 블레이드(1130)와 압축기 로터 디스크(1110)가 도브 테일 방식으로 결합되지만, 이에 한정되지 않고 다양한 방식으로 결합될 수 있다. 압축기 블레이드(1130)는 로터 디스크(1110)의 회전에 따라 회전하면서 유입된 공기를 압축하면서 압축된 공기를 후단의 스테이터(1140)로 이동시킨다.
- [0066] 스테이터(1140)는 전단의 압축기 블레이드(1130)로부터 이동된 압축 공기를 후단의 압축기 블레이드(1130) 측으로 가이드한다.
- [0067] 압축기하우징(1150)은 압축기(1100)의 외형을 형성한다. 압축기하우징(1150)은 내부에 압축기 로터 디스크(1110), 센터 타이로드(1120), 압축기 블레이드(1130), 스테이터(1140) 등을 수용한다.
- [0068] 압축기하우징(1150)에는 다단의 압축기 블레이드(1130)에 의해 여러 단계로 압축된 압축 공기를 터빈(1300) 측으로 유동시켜서 터빈 블레이드를 냉각시키는 연결관이 형성될 수 있다.
- [0069] 압축기(1100)의 출구에는 압축 공기를 확산 이동시키는 디퓨저가 배치된다. 디퓨저는 압축 공기가 연소기에 공급되기 전에 압축 공기를 정류시키며, 압축 공기의 운동 에너지 일부를 정압(static pressure)으로 전환시킨다.
- [0070] 위의 도 3 및 도 4는 본 발명에 따른 블레이드 팁 간극 제어장치(100)가 적용될 수 있는 가스터빈(1000)의 일반적인 구성을 보여주는데, 본 발명에 따른 블레이드 팁 간극 제어장치(100)는 도시된 것과 같이 전체적으로 원뿔

형태를 갖는 압축기 블레이드(1130)의 간극 제어를 위해 구비된다.

- [0071] 도 5는 본 발명에 따른 블레이드 팁 간극 제어장치(100)를 도시한 도면으로서, 이를 참조하여 본 발명을 상세히 설명한다. 다만, 이하의 설명에서는 본 발명에 따른 블레이드 팁 간극 제어장치(100)를 중심으로 설명하며, 그 밖의 가스터빈(1000) 자체의 구성에 대해서는 도 3 및 도 4를 참조하는 것으로 한다.
- [0072] 본 발명에 따른 블레이드 팁 간극 제어장치(100)는 가스터빈의 압축기에 구비되는 로터(10)에 적용되는 것인데, 크게 나누어 유압식 간극 제어장치(110)와 실린더 고정장치(120)를 포함한다.
- [0073] 로터(10) 및 이에 장착되는 스톱 베어링(20)의 구성에 대해 먼저 살펴본다면, 로터(10)에는 스톱 칼라(14)가 구비되며, 이 스톱 칼라(14)를 축 방향을 따라 지지하는 한 쌍의 스톱 베어링(20)이 설치된다.
- [0074] 로터(10)에는 복수 개의 로터 디스크가 삽입되어 결합되는데, 각 로터 디스크의 원주방향 외주면 상에는 복수 개의 블레이드가 배치되어 있다. 이에 따라 로터(10)는 반경 방향으로 연장되는 복수 개의 블레이드를 구비하게 된다. 압축기로 흡입된 공기는 개개의 로터 디스크가 형성하는 블레이드 단(段)을 연속적으로 지나가면서 점점 고압으로 압축된다.
- [0075] 로터(10)의 각 블레이드 단은 하류로 갈수록 지름이 커짐에 따라 원뿔 형태를 가지게 되고, 이러한 구성은 도 1 및 도 4에 도시되어 있다. 전술한 바와 같이, 스테이터에 의해 둘러싸여 있는 블레이드의 팁 간극은 로터(10)가 추력에 의해 전방 내지는 정방향(좌측) 또는 후방 내지는 역방향(우측)으로 이동함에 따라 변하게 된다. 즉, 로터(10)가 전방으로 이동하면 팁 간극은 줄어들고, 반대로 후방으로 이동하면 팁 간극은 늘어난다.
- [0076] 이러한 특성을 이용하면 블레이드의 팁 간극을 제어할 수 있는데, 이를 위한 장치가 유압식 간극 제어장치(110)이다. 유압식 간극 제어장치(110)는 한 쌍의 스톱 베어링(20) 중 어느 하나를 축 방향의 정방향을 따라 이동시키는 제1 유압 실린더(112)와, 다른 하나를 축 방향의 역방향을 따라 이동시키는 제2 유압 실린더(114)를 포함한다.
- [0077] 제1 유압 실린더(112)가 작동하면, 제1 유압 실린더(112) 선단의 가압 판이 전방으로 전진하게 되어 이에 맞닿은 스톱 베어링(20)을 좌측(도 5 기준)으로 밀어내며, 이에 따라 스톱 베어링(20)에 의해 지지되는 스톱 칼라(14)가 좌측으로 힘을 받아 로터(10)가 전방으로 이동한다. 따라서, 제1 유압 실린더(112)가 작동하면 블레이드의 팁 간극은 줄어든다.
- [0078] 그리고, 제1 유압 실린더(112)와 대향하는 제2 유압 실린더(114)의 작동 효과는 제1 유압 실린더(112)와 반대로서, 제2 유압 실린더(114)가 작동하면 블레이드의 팁 간극은 늘어난다.
- [0079] 제1 유압 실린더(112)가 작동하는 것은 로터(10)에 우측 방향의 추력이 작용하고 있을 때이다. 즉, 로터(10)를 후방으로 이동하는 추력이 발생함에 따라 블레이드의 팁 간극이 커지는 것을 억제 내지는 조정하기 위해 제1 유압 실린더(112)가 작동하게 된다. 물론 제2 유압 실린더(114)는 이와는 반대 상황에 작동하게 된다.
- [0080] 이와 같이, 유압식 간극 제어장치(110)는 로터(10)의 전방(정방향)과 후방(역방향)의 양측으로 각각 작용하는 추력에 의해 바뀌는 블레이드의 팁 간극을 제어할 수 있다. 서로 대향하는 제1 유압 실린더(112)와 제2 유압 실린더(114)를 쌍으로 배치하는 것은 로터(10)에 작용하는 추력은 어느 일 방향으로 일정하게 작용하지 않기 때문이며, 설계에 따라 추력의 크기는 작용방향에 따라 서로 다를 수도 있다.
- [0081] 이런 상황에서 장시간 동안 운전될 때 유압식 간극 제어장치(110)의 유압회로에 고장이 발생하거나 제어에 이상이 생기면 단순히 압축기의 성능이 나빠지는 것이 아니라 블레이드 팁 간극이 극히 작아지거나 없어져 블레이드가 충돌에 의해 파손되는 사태까지 일어날 수 있다.
- [0082] 따라서, 유압식 간극 제어장치(110)의 운전상의 안전을 위한 대책 마련이 필요하며, 이를 위해 본 발명은 실린더 고정장치(120)를 포함하고 있다.
- [0083] 실린더 고정장치(120)는, 유압식 간극 제어장치(110)가 한 쌍의 유압 실린더를 포함하는 것에 대응하여, 제1 유압 실린더(112)의 정방향 이동거리를 고정하는 제1 고정장치(122)와, 제2 유압 실린더(114)의 역방향 이동거리를 고정하는 제2 고정장치(124)를 포함한다.
- [0084] 여기서, 제1 유압 실린더(112)의 정방향 이동거리를 고정한다는 것은 제1 유압 실린더(112)가 고정된 위치에서 밀려 더 이상 역방향으로 이동하지 않게 한다는 것을 의미한다. 따라서, 제1 고정장치(122)가 작동하면 고정된 정방향 이동거리에 대응하는 만큼의 블레이드 팁 간극이 확보되어 더 이상 커지지 않게 된다.

- [0085] 제2 고정장치(124)는 작동 원리는 제1 고정장치(122)와 동일하고, 다만 제2 유압 실린더(114)의 역방향 이동거리를 고정한다는 점에서 차이가 있다. 따라서, 제2 고정장치(124)가 작동하면 고정된 역방향 이동거리에 대응하는 만큼의 블레이드 팁 간극이 확보되어 더 이상 작아지지 않게 된다.
- [0086] 결국, 제1 고정장치(122)는 로터(10)에 역방향 추력이 작용할 때 작동하여 제1 유압 실린더(112)의 정방향 이동거리를 고정하게 되며, 제2 고정장치(124)는 로터(10)에 정방향 추력이 작용할 때 작동하여 제2 유압 실린더(114)의 역방향 이동거리를 고정하게 된다.
- [0087] 제1 고정장치(122)와 제2 고정장치(124)는 신뢰성이 중요하다는 점에서 기계식 장치로 구성하는 것이 바람직할 수 있다. 즉, 액시얼 포지션 센서(116)로 측정되는 거리에 기초한 유압제어와 같은 전자식 장치보다는 크게 고장이 나거나 파손되지 않는 이상 항상 일정하게 작동하는 기계식 장치가 안전 확보에 더 적합할 수 있다.
- [0088] 본 발명의 실시형태에서는 실린더 고정장치(120)를 제1 및 제2 유압 실린더(112, 114)의 이동을 제한하는 스톱퍼 부재(130)로 구성하고 있으며, 상기 스톱퍼 부재(130)를 진퇴시키는 액추에이터(132)에 의해 작동한다. 액추에이터(132)는 유압 실린더의 움직임을 고정해야 한다는 점을 고려할 때 유압식 액추에이터가 적합할 수 있는데, 이러한 유압식 액추에이터를 사용할 경우에는 유압식 간극 제어장치(110)의 유압회로와는 분리된 별개의 유압회로를 구성하는 것이 안전성 확보를 위해 필요할 것이다.
- [0089] 도 6은 도 5의 블레이드 팁 간극 제어장치(100)를 운전하는 일 실시형태를 도시한 도면이다. 도면에 포함된 그래프는 제1/제2 유압 실린더(112, 114) 및 이에 대응하는 제1/제2 고정장치(122, 124)의 작동을 상호 연관지어 파악할 수 있도록 도시한 것이다.
- [0090] 그래프에 표시된 기호를 설명하면, Sfwd는 제1 고정장치(122), Pfwd는 제1 유압 실린더(112), Srev는 제2 고정장치(124), Prev는 제2 유압 실린더(114), GT는 가스터빈, FSNL은 무부하 정격속도(Full Speed No Load), 그리고 HCO는 유압식 간극 제어장치(Hydraulic Clearance Optimizer)를 의미한다.
- [0091] 참고로 유압식 간극 제어장치(110)가 동작하는 동안(HCO-On~HCO-Off)에는 로터(10)에 작용하는 추력의 방향에 따라 제1/제2 유압 실린더(112, 114) 및 이에 대응하는 제1/제2 고정장치(122, 124)가 각각 작동하게 되는데, 그래프에는 간략하게 제1 유압 실린더(112)와 제1 고정장치(122)가 한 번 작동하는 것으로 도시되어 있다.
- [0092] 도 6에 도시된 블레이드 팁 간극 제어장치(100)의 운전 방식은 제1 고정장치(122) 또는 제2 고정장치(124)가 작동하는 동안에도 계속하여 제1 유압 실린더(112) 또는 제2 유압 실린더(114)에도 작동 유압이 작용하도록 운전하는 것이다. 즉, 제1 고정장치(122)와 제2 고정장치(124)는 제1 유압 실린더(112)와 제2 유압 실린더(114)에 대한 일종의 보조적인 안전장치로서 기능하는 것으로 볼 수 있다.
- [0093] 이에 비해, 도 7에 도시된 블레이드 팁 간극 제어장치(100)의 운전 방식은 제1 고정장치(122) 또는 제2 고정장치(124)가 작동을 시작하거나 종료하는 시점의 일정 시간 동안만 제1 유압 실린더(112) 또는 제2 유압 실린더(114)에 작동 유압이 작용하도록 운전되는 것이다. 즉, 도 5의 실시형태는 제1 고정장치(122)와 제2 고정장치(124)가 제1 유압 실린더(112)와 제2 유압 실린더(114)의 이동을 고정한 이후에 직접적으로 블레이드의 팁 간극을 고정 내지는 제한하는 역할을 담당하게 되는 것이다. 도 7의 실시형태는 유압식 간극 제어장치(110)의 실제 작동시간을 줄임으로써 그 수명을 늘릴 수 있다는 것에 이점이 있다.
- [0094] 그리고, 도 6과 도 7의 실시형태를 함께 참조하면, 공통적으로 가스터빈의 운전을 시작하거나 종료하는 동안에는 항상 제2 고정장치(124)가 작동하게 된다. 이는 가스터빈을 기동하거나 정지시킬 때에는 진동이 커지기 때문에 블레이드의 팁 간극을 크게 유지함으로써 블레이드의 파손 등의 손상을 방지하기 위한 것이다.
- [0095] 그리고, 도 8은 본 발명의 블레이드 팁 간극 제어장치(100)에 추가로 구비될 수 있는 비상 유압회로장치(150)를 도시한 것이다. 이에 대비되는 메인 유압회로장치(140)는 블레이드 팁 간극 제어장치(100)에 기본적으로 구비되는 유압 작동회로로서, 메인 유압회로장치(140)는 정상상태 내지는 통상상태에서 사용되며, 비상 유압회로장치(150)는 메인 유압회로장치(140)에 이상이나 고장이 발생하여 작동불능 상태에 빠진 비상 상황에서도 블레이드 팁 간극 제어장치(100)가 정상운전이 될 수 있도록 하는 안전 수단이다.
- [0096] 메인 유압회로장치(140)와 비상 유압회로장치(150)는 제어부에 의해 통합 제어되며, 제어부가 메인 유압회로장치(140)의 작동불능 상태를 감지, 예를 들어 메인 유압회로장치(140)의 유압이 기준 이하로 떨어져 회복하지 않거나 제어를 했음에도 액시얼 포지션 센서(116)에 제1 유압 실린더(112)와 제2 유압 실린더(114)의 작동이 검출되지 않는 등의 비상 상황이 감지되며, 제어부는 메인 유압회로장치(140) 대신에 비상 유압회로장치(150)를 구동하는 제어를 수행하게 된다.

- [0097] 메인 유압회로장치(140)와 비상 유압회로장치(150)는 제1 유압 실린더(112)와 제2 유압 실린더(114)와 연결되는 유압 라인에 각각 병렬로 연결됨으로써 각기 독립적으로 작동할 수 있게 되어 있다. 그리고, 메인 유압회로장치(140)와 비상 유압회로장치(150)는 각각 제1/제2 정방향 제어밸브(142, 152)와 제1/제2 역방향 제어밸브(144, 154)를 구비하고 있으며, 또한 교류 전원으로 작동하는 제1/제2 유압 펌프(146, 156)를 구비하는 등의 기본적인 구성에 있어서는 유사한 부분이 많다. 이는 제1 유압 실린더(112)를 작동하기 위한 정방향 제어밸브(142, 152)와 제2 유압 실린더(114)를 작동하기 위한 역방향 제어밸브(144, 154), 그리고 유압을 생성하기 위한 유압 펌프(146, 156)는 블레이드 팁 간극 제어장치(100)의 동작을 위해 당연히 필요한 구성이기 때문이다.
- [0098] 그렇지만, 메인 유압회로장치(140)와는 다르게, 비상 유압회로장치(150)는 비상 상황에서의 안정성 확보를 위해 유압 펌프를 하나 더 포함하고 있는데, 이 추가된 유압 펌프는 직류 전원으로 구동되는 제3 유압 펌프(158)다. 제3 유압 펌프(158)는 교류 전원마저 끊긴 상황에서도 블레이드 팁 간극 제어장치(100)의 제어 실패를 방지하기 위한 중요한 구성이다. 제3 유압 펌프(158)는 제2 유압 펌프(156)에 대해 병렬적으로 제2 정방향 제어밸브(152)와 제2 역방향 제어밸브(154)에 연결되어, 교류 전원이 끊겨 무용지물이 된 제2 유압 펌프(156)를 대체할 수 있도록 구비된다. 그리고, 비상 유압회로장치(150)는 제3 유압 펌프(158)의 작동을 위한 직류전원 저장기(159)를 구비한다. 직류전원 저장기(159)는 교류 전원이 공급되는 동안에 이 교류를 정류하여 직류 전원으로 저장하며, 제어부는 직류전원 저장기(159)의 충전 상태를 감시하여 일정 수준 이상의 저장량이 항상 유지되도록 관리한다.
- [0099] 한편, 도 9 내지 도 11은 본 발명에 따른 블레이드 팁 간극 제어장치(100)의 다른 실시예를 도시하고 있다. 도시된 다른 실시예는, 스러스트 칼라(14)에 대한 블레이드 팁 간극 제어장치(100)에 포함된 유압식 간극 제어장치(110)의 위치, 다시 말해 스러스트 칼라(14)에 대한 제1/제2 유압 실린더(112, 114)의 간극(이하에서는, "작동 간극"이라 함)을 조절할 수 있는 작동 간극 가변장치(200)에 관한 것이다.
- [0100] 블레이드 팁 간극 제어장치(100)의 설치조건이나 가스터빈의 운전조건 변화에 대응하여 유압식 간극 제어장치(110)의 작동 간극을 조정할 필요가 자주 발생한다. 본 발명의 블레이드 팁 간극 제어장치(100)가 제대로 작동하기 위해서는 작동 간극과 제1/제2 유압 실린더(112, 114)의 스트로크가 설계된 치수 범위 안에 있어야 한다. 그러나, 이러한 블레이드 팁 간극 제어장치(100)의 치수 설계는 로터(10)나 그 주변 기구물에 미소한 설계변경이 생기면 바로 영향을 받고, 제1/제2 유압 실린더(112, 114)는 작동 상 온/오프 시의 위치가 정해져 있기 때문에, 설계변경에 수반하여 블레이드 팁 간극 제어장치(100)의 설치 조정이 필요해지게 된다. 또한, 현장에 설치된 가스터빈을 운전하게 되면, 가스터빈마다 운전조건에 따른 동적 특성에 차이가 있기 때문에, 각 가스터빈의 운전조건에 맞춰 작동 간극을 조정할 필요성도 있다.
- [0101] 도 9 내지 도 11에 도시된 블레이드 팁 간극 제어장치(100)의 다른 실시예는 이러한 설치 조정을 간편하게 하고, 나아가 자동으로 수행할 수 있게 만들기 위해 마련된 것이다.
- [0102] 도 9는 블레이드 팁 간극 제어장치(100)에 포함되는 작동 간극 가변장치(200)에 대한 전체적인 구조를 도시한 것이다. 도 9를 참조하면, 작동 간극 가변장치(200)는 제1 유압 실린더(112)와 제2 유압 실린더(114)에 각각 구비된다. 이는 작동 간극 역시 정방향과 역방향 양쪽에 대해 조정할 수 있도록 구성해야 하기 때문이다. 쌍을 이루는 작동 간극 가변장치(200)는 스러스트 칼라(14)를 기준으로 거울 대칭을 이루는 동일한 구조이므로, 이하에서는 제1 유압 실린더(112)에 구비되는 한쪽의 작동 간극 가변장치(200)를 기준으로 하여 설명한다.
- [0103] 작동 간극 가변장치(200)는 서로 마주보는 스러스트 베어링(20)과 제1 유압 실린더(112) 사이의 공간에 배치된다. 다시 말해, 스러스트 칼라(14)와 마주보는 스러스트 베어링(20) 일면의 반대면 상에 작동 간극 가변장치(200)가 배치된다(이하, 스러스트 베어링의 일면 및 타면은 전술한 스러스트 칼라와의 상대적인 방향을 기준으로 함). 따라서, 제1 유압 실린더(112)와, 로터(10)를 전방으로 이동시키는 제1 유압 실린더(112)의 유압을 받는 스러스트 칼라(14) 사이의 거리, 즉 작동 간극은 작동 간극 가변장치(200)의 구동에 의해 조정될 수 있게 된다.
- [0104] 작동 간극 가변장치(200)는 스러스트 베어링(20)의 타면에 고정적으로 장착되는 고정 플레이트(210)와, 제1 유압 실린더(112)를 수용하는 제1 실린더 하우징(113)에 원주방향을 따라 일정 각도 안에서 정역 회동할 수 있도록 장착되는 슬라이딩 링(220)을 포함한다. 고정 플레이트(210)와 슬라이딩 링(220)은, 후술할 접촉 상태가 천이되는 도중을 제외하고는 항상 접촉하고 있으며, 제1 유압 실린더(112)는 고정 플레이트(210)에 대해 유압을 가함으로써 스러스트 베어링(20)을 스러스트 칼라(14)에 대해 이동시킨다.
- [0105] 이와 같이 고정 플레이트(210)는 제1 유압 실린더(112)의 유압을 받기 위해 평판의 형태로 만들어지는 것이 보

통이지만, 제1 유압 실린더(112)의 힘을 받을 수 있다면 일부 영역이 뚫려 있는 형태, 예를 들면 중앙의 일부가 뚫린 링의 형태로 만들어져도 무방하다. 따라서, 고정 플레이트(210)의 플레이트라는 용어가 그 형태를 한정하는 것으로 해석되어서는 안 된다. 반면, 슬라이딩 링(220)은 제1 유압 실린더(112)가 신축할 수 있는 관통 영역이 필요하기 때문에 중앙에 공간이 형성되어야 한다. 따라서, 슬라이딩 링(220)은 링의 형태를 가질 필요가 있지만, 그렇다고 하여도 반드시 360°의 완전한 링 형태일 필요는 없다. 이는 이하의 좀더 상세한 작동 간극 가변장치(200)의 설명을 보면 자명하게 이해할 수 있다.

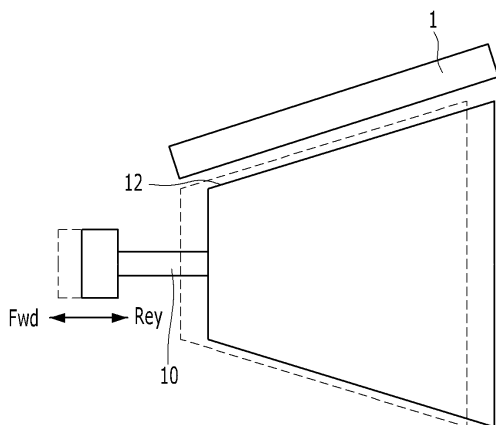
- [0106] 본 발명의 작동 간극 가변장치(200)는 고정 플레이트(210)와 슬라이딩 링(220)은 항상 접촉하고 있는데, 그 접촉면은 평면이 아니라 기어 이빨(230)과 같이 산과 골이 반복된 형태를 이루고 있다. 이러한 기어 이빨(230) 형태의 접촉면은 도 10에 상세하게 나타나 있으며(도 9에서는 편의상 기어 이빨의 형태를 생략함), 도 10은 고정 플레이트(210)와 슬라이딩 링(220)의 각 원주면을 따라 형성된 기어 이빨(230)의 일부분을 평면으로 펼쳐서 도시하고 있다.
- [0107] 고정 플레이트(210)와 슬라이딩 링(220)의 각 원주면을 따라 서로 마주보도록 기어 이빨(230)이 돌출 형성되어 있기 때문에, 고정 플레이트(210)와 슬라이딩 링(220)은 산과 골이 포개진 접촉 상태{도 10의 (a)}, 또는 산과 산이 맞물려 벌려진 접촉 상태{도 10의 (b)} 중의 어느 한 접촉 상태에 있게 된다. 이러한 접촉 상태의 변경은 제1 실린더 하우징(113) 상에서 원주방향을 따라 일정 각도 안에서 정역 회동하는 슬라이딩 링(220)의 구동에 의해 만들어진다.
- [0108] 도 10의 (a) 상태와 도 10의 (b) 상태를 비교하면, 도 10의 (b) 상태는 기어 이빨(230)의 산 높이에 대응하는 거리만큼 스트러스트 칼라(14)에 대한 작동 간극을 좁히고 있다. 따라서, 슬라이딩 링(220)의 정역 구동에 의해 기어 이빨(230)의 산 높이에 대응하는 거리만큼 작동 간극을 가변할 수 있다.
- [0109] 슬라이딩 링(220)의 회동 각도는 반복하는 기어 이빨(230)의 반 주기의 원주거리에 대응하는 각도, 다시 말해 마주보는 기어 이빨(230)의 산과 산이 완전히 접촉할 수 있는 각도임이 바람직하다. 물론 산과 산이 일부분만 접촉하여도 작동 간극을 바꿀 수 있기는 하지만, 변경된 작동 간극이 안정적으로 유지되도록 하기 위해서는 산과 산의 접촉면적이 최대가 되는 것이 바람직한 것이다.
- [0110] 그리고, 위의 기어 이빨(230)의 반 주기의 원주거리에 대응하는 회동 각도는 최소한의 조건이라 할 수 있으며, 기어 이빨(230)은 동일한 형태가 반복 형성되어 있기 때문에 이보다 큰 각도 안에서 정역 회동하여도 상관없고, 심지어는 한 방향으로 계속 회동하여도 무방하다고 할 수 있다. 따라서, 슬라이딩 링(220)의 정역 구동이란 좀더 넓은 의미로서 슬라이딩 링(220) 기어 이빨(230)의 산과 골의 위치를 변경하는 구동으로 이해할 필요가 있다.
- [0111] 위와 같은 본 발명의 작동 간극 가변장치(200)의 기술적 특징은 기계적 스텝퍼(mechanical stepper)라고 할 수 있다. 물론 슬라이딩 링(220)의 회동에 유압을 사용할 수도 있겠지만, 작동 간극의 가변은 어디까지나 기어 이빨(230)의 맞물림 상태의 변경에 의한 것이기 때문에 기계적 스텝퍼인 것이다. 이러한 기계적 가변구조는, 반복 구동에 의한 마모의 영향 등을 제외한다면, 항상 일정하게 안정적으로 구동되기 때문에 작동 신뢰성이 우수하다는 장점이 있다.
- [0112] 기어 이빨(230)의 형태는 사각 이빨도 가능하며, 도 10에 도시된 것과 같이 사다리꼴 형태인 것도 가능하다. 사각 이빨과 사다리꼴 이빨의 공통점은 산이 평평하다는 것인데, 이는 고정 플레이트(210)와 슬라이딩 링(220)의 각 기어 이빨(230)이 산과 산이 만났을 때 미끄러지지 않고 고정된 접촉 상태를 유지할 수 있어야 하기 때문이다. 사다리꼴 형태의 기어 이빨(230)은 산의 면적이 좁다는 점에서 사각 이빨에 비해 약간 불리하기는 하지만, 기어 이빨(230)의 측면이 경사를 이룸에 따라 슬라이딩 링(220)의 회동에 의한 산과 골에서 산과 산의 접촉으로의 천이, 그리고 그 역방향의 천이 과정이 좀더 부드럽고 자연스럽게 일어난다는 장점이 크다.
- [0113] 물론, 고정 플레이트(210)와 슬라이딩 링(220)은 유압에 의해 눌러 강하게 접촉하고 있기 때문에, 슬라이딩 링(220)을 회동하기 위해서는 제1 유압 실린더(112)를 일시 작동하여 고정 플레이트(210)가 슬라이딩 링(220)을 압박하는 힘을 해제해야 한다. 제어적인 관점에서 본다면, 제1 유압 실린더(112)를 일시 작동하여 고정 플레이트(210)가 슬라이딩 링(220)을 압박하는 힘을 해제하고, 이후 정해진 각도만큼 슬라이딩 링(220)을 회동하여 접촉 상태를 변경한 후 제1 유압 실린더(112)를 원위치(작동 해제)하는 일련의 제어가 필요하다고 말할 수 있다.
- [0114] 도 11은 작동 간극 가변장치(200)의 다른 실시형태를 도시하고 있다. 기본적인 작동 원리 및 구조는 도 10의 실시형태와 동일하지만, 이 다른 실시형태는 가변할 수 있는 작동 간극의 단계를 3 단계 이상의 다단계가 가능하도록 하나의 기어 이빨(230) 형태마다 계단 형태를 만들어 놓았다는데 특징이 있다.

- [0115] 전술한 바와 같이, 도 10의 실시형태는 기어 이빨(230)의 산 높이에 대응하는 거리만큼 작동 간극을 가변할 수 있는 2 단계 가변 구조이다. 하지만, 경우에 따라서는 가변 단계를 3개 이상으로 만듦으로써 작동 간극의 조정 가능 폭을 넓히는 것이 바람직하거나 혹은 필요할 수 있다. 도 11의 다른 실시형태를 이를 위해 마련된 것이다.
- [0116] 슬라이딩 링(220)의 회동 제어를 통해 작동 간극을 가변한다는 구조와 원리는 도 11의 실시형태도 다르지 않으며, 다만 기어 이빨(230)의 형태에 있어 차이가 있다. 도 11의 실시형태에서, 각 기어 이빨(230)은 일 방향으로 경사진 경사면을 구비하고 있으며, 각 경사면은 다단의 계단 형태를 이루고 있다. 고정 플레이트(210)와 슬라이딩 링(220)은 서로 마주보고 있기 때문에 각각의 경사면은 상호 반대방향을 이루고 있으며, 계단면(232)이 서로 맞물리기 위해 각 경사각도는 그 합이 90° 를 이루어야 한다. 통상적으로는 힘의 균형과 분배를 위해 각 경사각도는 45° 가 될 경우가 많을 것이다.
- [0117] 결국, 서로 맞물리는 계단면(232)의 개수에 대응하여 작동 간극의 조정 단수가 결정되며, 따라서 맞물리는 계단면(232)의 개수를 3개 이상으로 만듦으로써 도 10의 2단계 작동 간극 가변장치(200)보다 작동 간극의 조정가능 폭을 넓힐 수 있으며, 나아가 한 단계마다 조정할 수 있는 간격을 세분화할 수 있다.
- [0118] 그리고, 도 11의 일 실시형태처럼, 각 기어 이빨(230)의 계단면(232)의 일부를 절개하여 공간을 만드는 것도 가능하다. 공간을 만드는 이유는 여러 개의 계단면(232)을 형성한 다소 복잡한 형태로 인해 마주보는 기어 이빨(230)이 완전히 포개질 때 간섭이 일어날 가능성이 있기 때문에 여유 공간을 두기 위한 것이다. 이 공간은 고정 플레이트(210)와 슬라이딩 링(220) 중 적어도 어느 한쪽의 기어 이빨(230)에 형성하면 되며, 기어 이빨(230)의 최하부 영역에 공간을 만들 수 있다.
- [0119] 도 11은 4 단계의 조정이 가능한 예를 도시하고 있으며, 각 기어 이빨(230)의 최상단면(높이가 가장 높은 계단면)이 서로 접촉할 때 스러스트 베어링(20)과 제1 실린더 하우징(113) 사이의 거리가 최대로 멀어진다. 다시 말해, 각 기어 이빨(230)의 최상단면이 서로 접촉하는 상태에서 작동 간극의 조정 폭이 최대가 되며, 그 아래로 3 단계의 미세 조정이 가능한 것이 도 11에 예시된 실시형태이다.
- [0120] 이상에서 설명한 작동 간극 가변장치(200)는 기본적으로 제1 유압 실린더(112)와 스러스트 칼라(14) 사이의 거리, 즉 작동 간극을 상황에 맞춰 조정할 수 있는 장치인데, 이를 이용하면 맨 앞에서 설명했던 실린더 고정장치(120)로서의 기능을 발휘하는 것도 가능하다. 즉, 고정 플레이트(210)가 장착된 스러스트 베어링(20)을 스러스트 칼라(14)에 근접 또는 접촉시키는 상태로 작동 간극 가변장치(200)가 구동하면{도 10의 (b), 도 11의 (b) 및 (c) 상태 참조}, 제1 유압 실린더(112)에 고정이 발생하여 작동 불능상태에 빠지더라도 스러스트 베어링(20)을 정해진 지점에 고정적으로 위치시키는 것이 가능해진다.
- [0121] 특히, 전술한 바와 같이 본 발명의 작동 간극 가변장치(200)는 기계적 스텝퍼라고 할 수 있는데, 비록 슬라이딩 링(220)의 회동에 유압을 사용하더라도 블레이드 팁 간극 제어장치(100)의 유압회로와는 독립된 별도의 유압회로로 설계함으로써 비상상황에 대처하는 것이 가능하고, 기어 이빨(230)의 맞물림 상태의 변경이라는 기계적 작동을 통해 스러스트 베어링(20)의 위치가 고정되기 때문에 비상상황에서의 작동 신뢰성이 우수하다.
- [0122] 도 12는 슬라이딩 링(220)을 회동 구동하는데 적용할 수 있는 링 구동기구(300)의 일례를 보여준다.
- [0123] 슬라이딩 링(220)은 각 실린더 하우징(113, 115)에 대해 원주방향을 따라 일정 각도 안에서 정역 회동할 수 있도록 장착된다. 앞서 설명한 것처럼, 슬라이딩 링(220)은 고정 플레이트(210)와 마주보는 실린더 하우징(113, 115)의 일면 상에 배치되며, 고정 플레이트(210)를 향해 기어 이빨(230)이 돌출되어 있다.
- [0124] 도 12의 링 구동기구(300)는 유압 실린더를 이용하는 유압식 링 구동기구(310)의 일례를 보여준다. 슬라이딩 링(220)은 실린더 하우징(113, 115) 상에서 고정된 일점(一點), 다시 말해 고정된 회전중심을 중심으로 회전하게 된다. 보통은 슬라이딩 링(220)의 회전중심은 각 유압 실린더의 중심에 일치하게 될 것이다. 슬라이딩 링(220)이 실린더 하우징(113, 115) 상에 회전할 수 있게 장착되는 구조에는 다양한 공지기술이 채택될 수 있다. 예를 들어, 실린더 하우징(113, 115) 상에 형성된 환형의 홈 안에 슬라이딩 링(220)이 회전 가능하게 장착되는 구조가 적용될 수 있을 것이다.
- [0125] 이와 같이, 슬라이딩 링(220)이 실린더 하우징(113, 115) 상에서 정해진 하나의 원 궤적을 따라 회전하는 운동만이 가능하게 장착되면, 슬라이딩 링(220)을 회동시키는 링 구동기구(300)의 설계를 단순화할 수 있으며, 이에 대한 하나의 실시예가 도 12에 도시되어 있다.
- [0126] 실린더 하우징(113, 115)을 포함하는 어떤 고정물에 대해 회동 가능하게 링 구동용 유압 실린더(312)가 장착되고, 링 구동용 유압 실린더(312)의 신축 가능한 실린더 로드(314)의 자유단이 슬라이딩 링(220)에 고정되어 돌

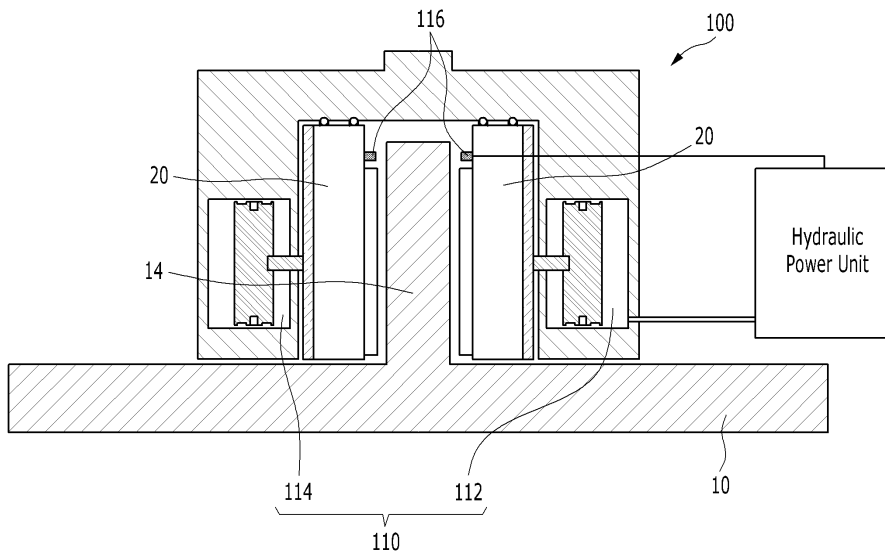
- 20: 스퍼스트 베어링
- 100: 블레이드 팁 간극 제어장치
- 110: 유압식 간극 제어장치
- 112: 제1 유압 실린더
- 114: 제2 유압 실린더
- 116: 액시얼 포지션 센서
- 122: 제1 고정장치
- 130: 스톱퍼 부재
- 140: 메인 유압회로장치
- 144: 제1 역방향 제어밸브
- 150: 비상 유압회로장치
- 154: 제2 역방향 제어밸브
- 158: 제3 유압 펌프
- 200: 작동 간극 가변장치
- 220: 슬라이딩 링
- 232: 계단면
- 310: 유압식 링 구동기구
- 314: 실린더 로드
- 320: 전동식 링 구동기구
- 323: 회전축
- 324': 내치 링 기어
- 326: 피니언 기어
- 329: 스퍼 기어
- 113: 제1 실린더 하우징
- 115: 제2 실린더 하우징
- 120: 실린더 고정장치
- 124: 제2 고정장치
- 132: 액추에이터
- 142: 제1 정방향 제어밸브
- 146: 제1 유압 펌프
- 152: 제2 정방향 제어밸브
- 156: 제2 유압 펌프
- 159: 직류전원 저장기
- 210: 고정 플레이트
- 230: 기어 이빨
- 300: 링 구동기구
- 312: 링 구동용 유압 실린더
- 316: 암 핸들
- 322: 전동 모터
- 324: 링 기어
- 324": 외치 링 기어
- 328: 샤프트

도면

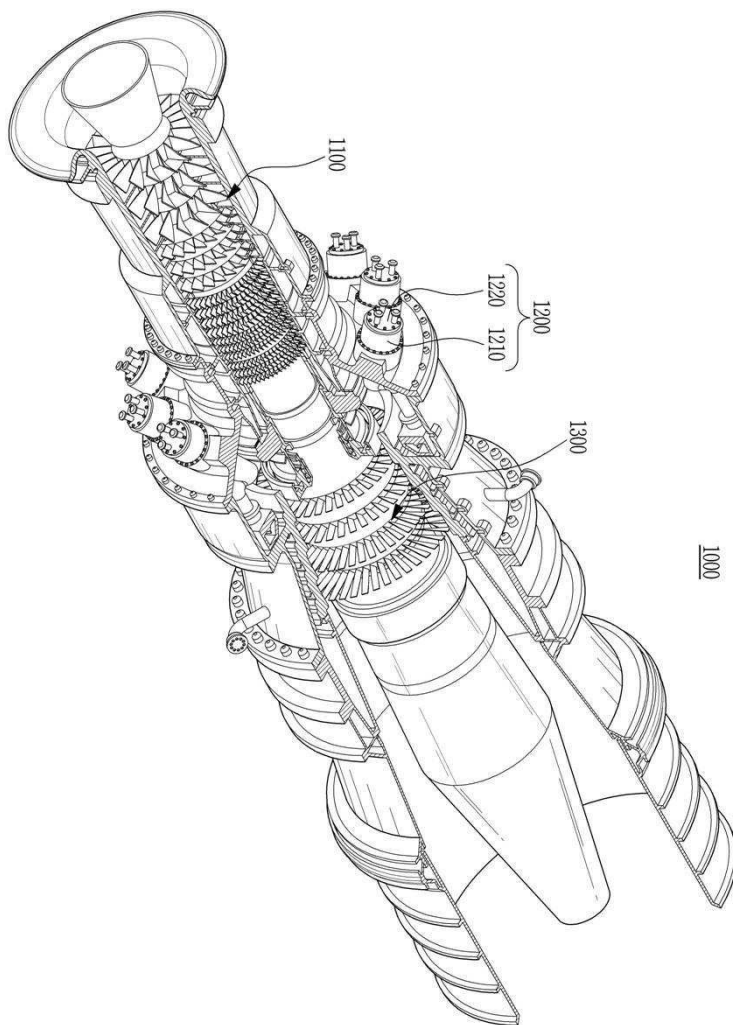
도면1



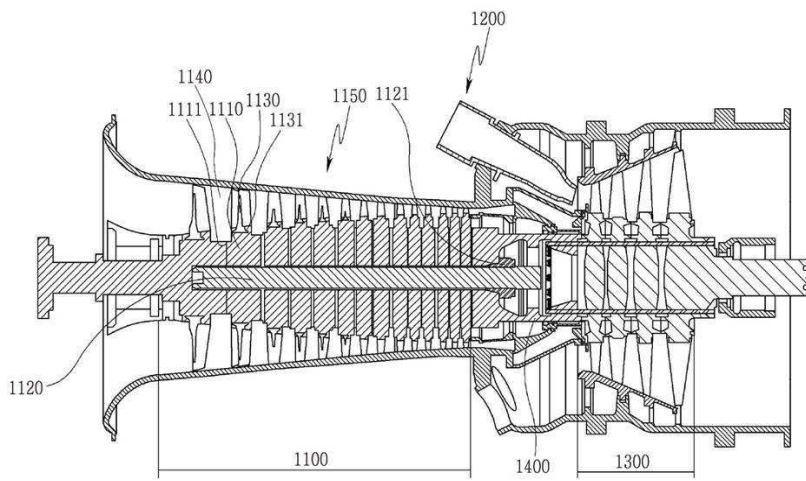
도면2



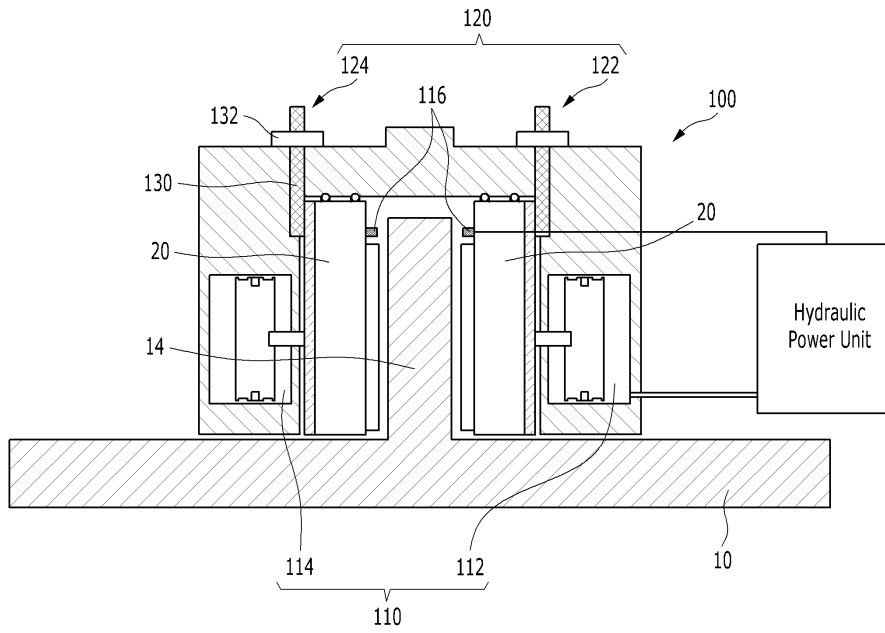
도면3



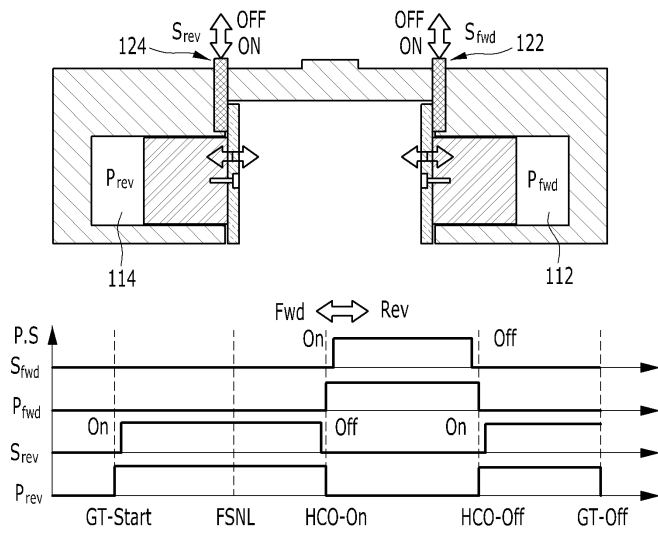
도면4



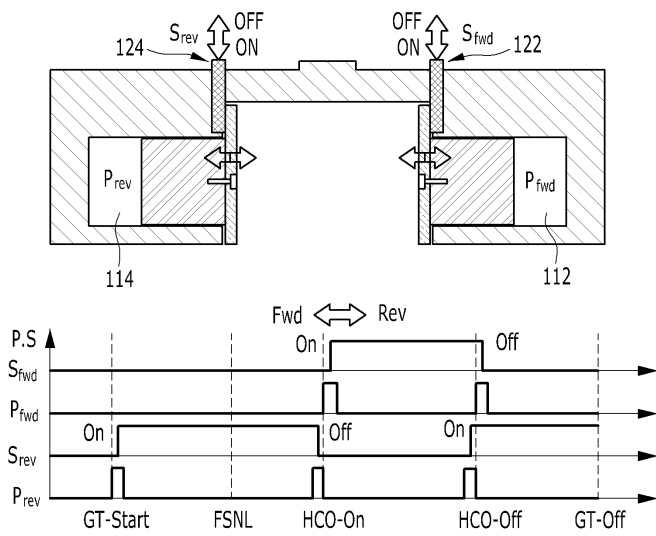
도면5



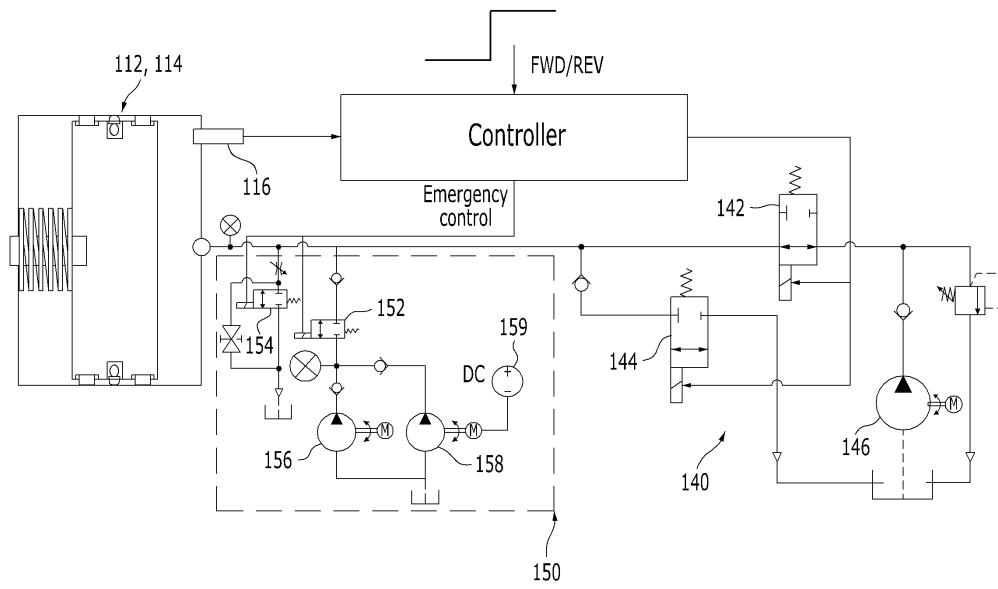
도면6



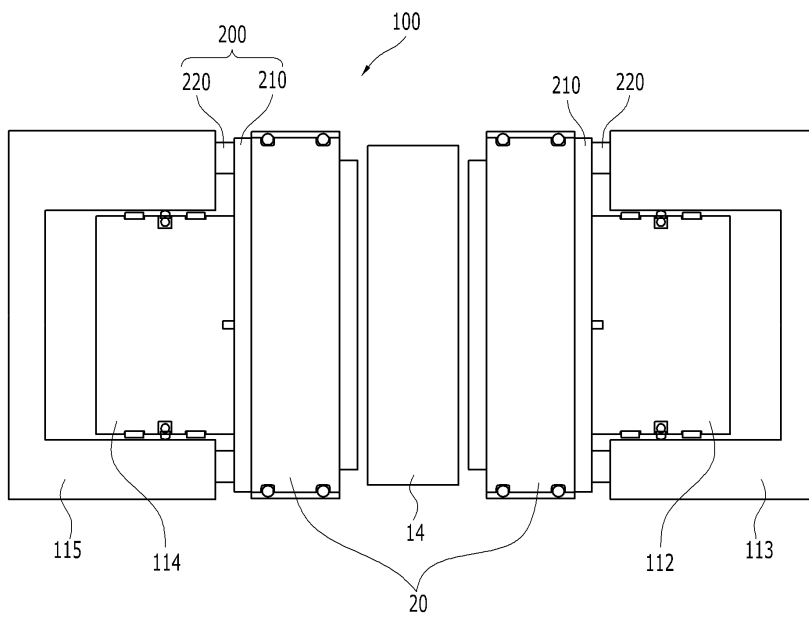
도면7



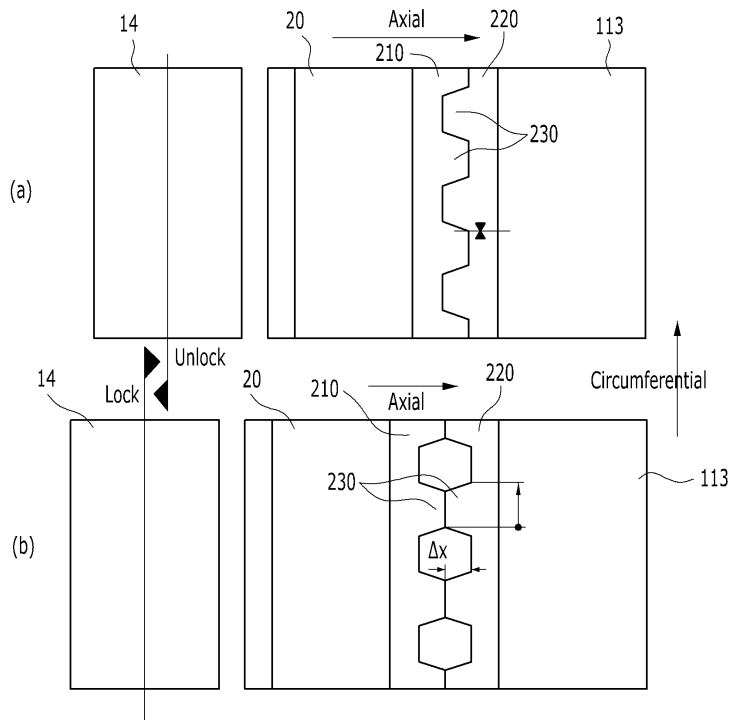
도면8



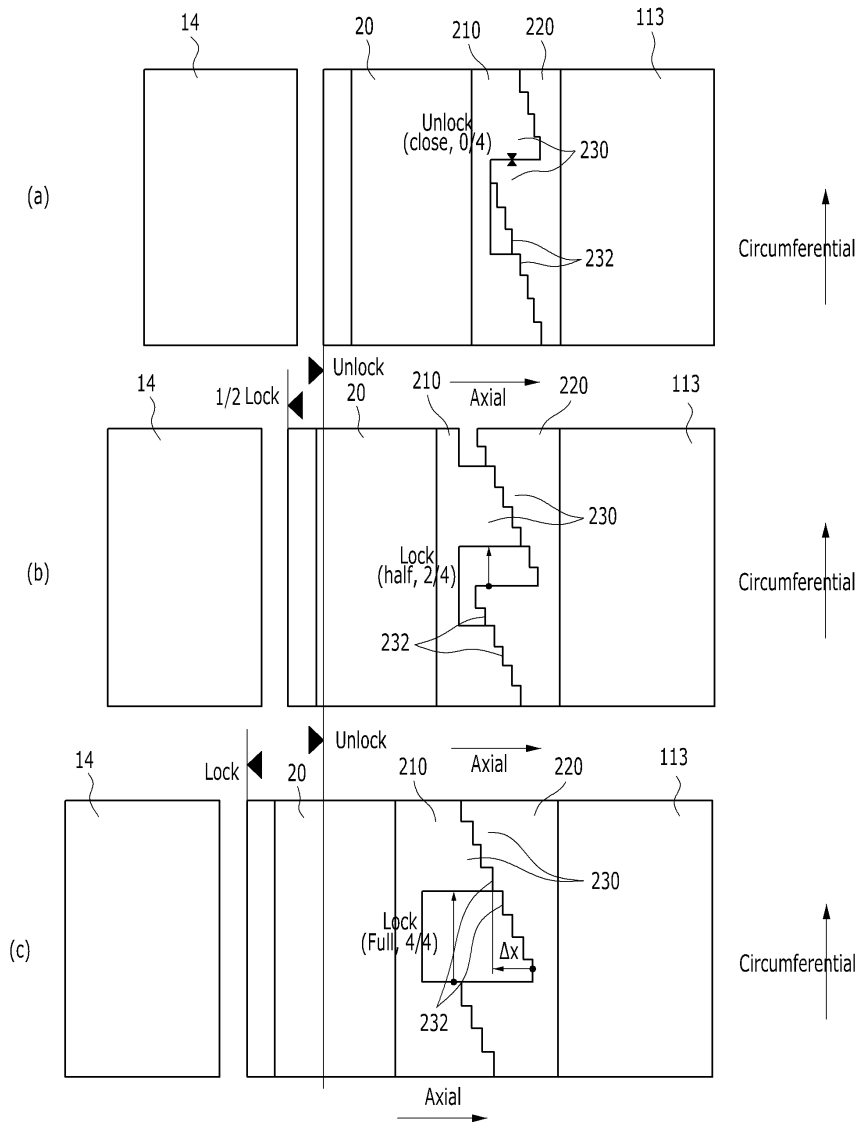
도면9



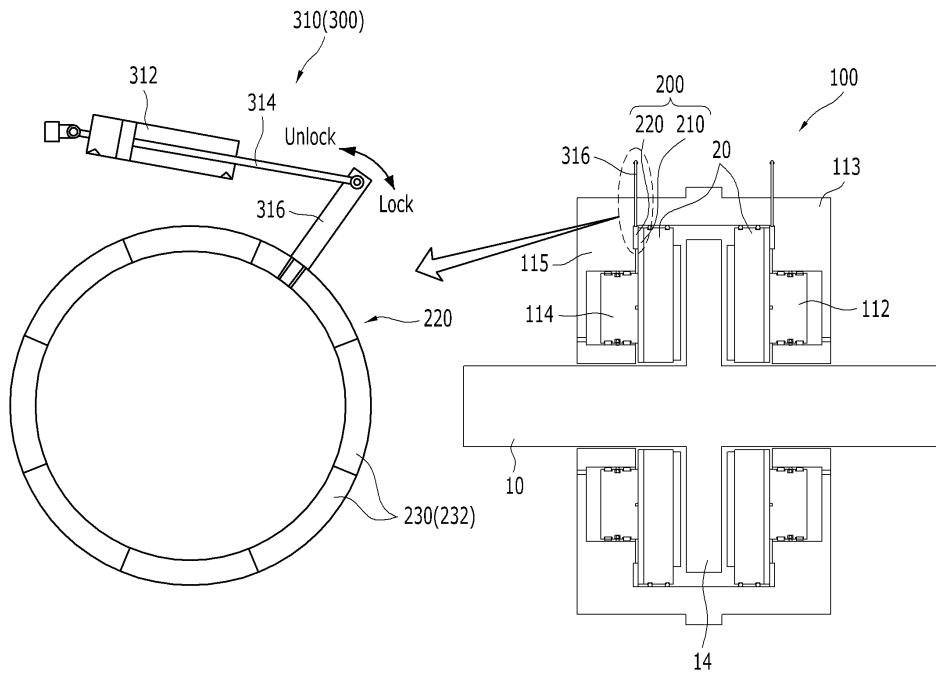
도면10



도면11



도면12



도면13

