(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년08월24일
(11) 등록번호 10-1882601
(24) 등록일자 2018년07월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F16C 17/20 (2006.01) *F16C 17/10* (2006.01)
F16C 19/38 (2006.01) *F16C 21/00* (2006.01)
(52) CPC특허분류
F16C 17/20 (2013.01)
F16C 17/10 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-7029360
(22) 출원일자(국제) 2015년03월20일
심사청구일자 2016년10월20일
(85) 번역문제출일자 2016년10월20일
(65) 공개번호 10-2016-0134840
(43) 공개일자 2016년11월23일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2015/055897
(87) 국제공개번호 WO 2015/140286
국제공개일자 2015년09월24일
(30) 우선권주장
14160922.2 2014년03월20일
유럽특허청(EPO)(EP)
(56) 선행기술조사문헌
JP2010164151 A*
JP0012066 B*
JP0019122 B*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
아레파 빈트 게엠베하
독일 27572 브레머하펜 암 루네다이흐 156
(72) 발명자
므타우벡, 세이머
독일 브레머하벤 27568 오베레 브르거 63
아른트, 조아킴
독일 록스테드트 27612 키르센스트르. 6
피셸, 클라우스
독일 쉬프도르프-스파덴 27619 마른케벡 14
(74) 대리인
특허법인 대아

전체 청구항 수 : 총 15 항 심사관 : 양광혁

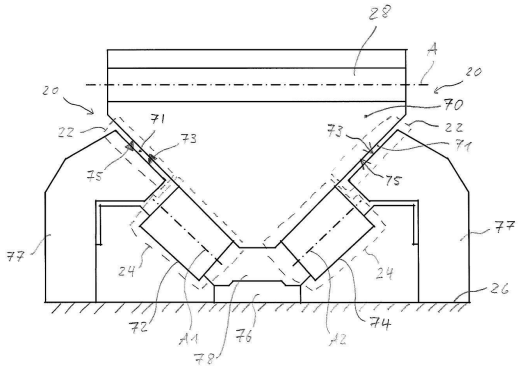
(54) 발명의 명칭 **하이브리드 샤프트 베어링, 하이브리드 샤프트 베어링을 포함하는 풍력 발전기, 하이브리드 샤프트 베어링의 사용 및 하이브리드 샤프트 베어링 작동 방법**

(57) 요 약

하이브리드 샤프트 베어링, 하이브리드 샤프트 베어링을 포함하는 풍력 발전기, 하이브리드 샤프트 베어링의 사용 및 하이브리드 샤프트 베어링 작동 방법. 상기 하이브리드 샤프트 베어링(20)은 유체역학적 저널 베어링(22) 및 롤링 베어링(24)을 포함한다. 양 베어링들(22, 24)은 지지 구조물(26)과 공동작동하고 샤프트(28)를 회전가능

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도7



하게 지지한다. 상기 유체역학적 베어링(22)의 슬라이딩 표면들(73, 75) 간의 접촉을 피하기 위해 보조 롤링 베어링(24)은 최소 윤활 갭(71)을 보장하는 것에 의해, 예를 들어 스타트업 및 셧다운 시간 동안 낮은 속도에서 부하를 지지한다. 상기 유체역학적 베어링(22)은 특정 회전 속도에 도달할 때 베어링 부하를 넘겨받는다. 낮은 속도에서 유체역학적 베어링과 같은 저널 베어링(22)을 작동시키기 위한 능동적인 윤활제 공급은 요구되지 않는다. 베어링들(22, 24)은 나란히 또는 직렬로 배치될 수 있다.

(52) CPC특허분류
F16C 19/38 (2013.01)
F16C 21/00 (2013.01)
F16C 2360/31 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

유체역학적 마찰 베어링 및 롤링 베어링을 포함하는 하이브리드 샤프트 베어링으로서, 양 베어링은 지지 구조물에 결합되고 샤프트를 지지하며, 상기 유체역학적 마찰 베어링은 수동적인 유체역학적 베어링이고, 상기 롤링 베어링은 프리스트레스(prestress)를 받고, 상기 롤링 베어링에 의해 인가되는 프리텐션(pre-tension)은 상기 유체역학적 마찰 베어링의 최소 용량 부하(minimum capacity load)와 같거나 더 큰 값을 갖는 것을 특징으로 하는 하이브리드 샤프트 베어링.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 마찰 베어링의 최소 용량 부하는 상기 하이브리드 샤프트 베어링의 최고 회전 속도에서 마찰 베어링의 최소 용량 부하인, 하이브리드 샤프트 베어링.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 롤링 베어링은 상기 프리텐션의 값을 조정하도록 구성되는 조정 장치를 포함하는, 하이브리드 샤프트 베어링.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 유체역학적 마찰 베어링 및 상기 롤링 베어링은 나란히 배치되어 양 베어링이 상기 지지 구조물에 결합되고 샤프트를 회전가능하게 지지하는, 하이브리드 샤프트 베어링.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 유체역학적 마찰 베어링 및 롤링 베어링 중 어느 하나의 베어링 부분을 이동시키도록 구성되는 적어도 하나의 액추에이터를 포함하는, 하이브리드 샤프트 베어링.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 롤링 베어링은 상기 롤링 베어링의 롤링 요소를 지지하는 제1 액추에이터를 포함하고, 상기 제1 액추에이터는 베어링 표면을 향하여 그리고 베어링 표면으로부터 상기 롤링 요소를 이동시키도록 구성되는, 하이브리드 샤프트 베어링.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 유체역학적 마찰 베어링은 상기 유체역학적 마찰 베어링의 슬라이딩 표면을 마주보는 슬라이딩 표면을 향하여 그리고 마주보는 슬라이딩 표면으로부터 이동시키도록 구성되는 제2 액추에이터를 포함하는, 하이브리드 샤프트 베어링.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 유체역학적 마찰 베어링은 슬라이딩 표면을 지지하는 슬라이딩 블록을 포함하고, 상기 슬라이딩 블록은 상기 제2 액추에이터에 의해 지지되고 구동되어, 상기 슬라이딩 블록이 팽창 및 수축 가능한, 하이브리드 샤프트 베어링.

청구항 9

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 마찰 베어링 및 상기 롤링 베어링은 직렬로 결합되고, 상기 두 베어링 중 하나는 샤프트를 지지하고 나머지 베어링은 지지 구조물에 결합되고, 상기 지지 구조물에 결합되는 베어링은 샤프트를 지지하는 베어링으로부터 부하를 가져오고 상기 지지 구조물로 부하를 전달하는, 하이브리드 샤프트 베어링.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 롤링 베어링은 샤프트를 지지하고 유체역학적 마찰 베어링은 지지 구조물에 결합되는, 하이브리드 샤프트 베어링.

청구항 11

메인 샤프트를 포함하는 구동 트레인을 갖는 풍력 발전기에서, 상기 메인 샤프트가 제1항 또는 제2항에 따른 하이브리드 샤프트 베어링에 의해 지지되는, 풍력 발전기.

청구항 12

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 하이브리드 샤프트 베어링은 풍력 발전기에서 구동 트레인의 메인 샤프트를 지지하는, 하이브리드 샤프트 베어링.

청구항 13

하이브리드 샤프트 베어링을 작동시키는 방법으로서,

상기 하이브리드 샤프트 베어링은 유체역학적 마찰 베어링 및 롤링 베어링을 포함하고, 상기 유체역학적 마찰 베어링 및 상기 롤링 베어링은 나란히 배치되어 양 베어링이 지지 구조물에 결합되고 샤프트를 회전가능하게 지지하고, 상기 롤링 베어링은 프리스트레스를 받고, 상기 롤링 베어링에 의해 인가되는 프리텐션은 상기 유체역학적 마찰 베어링의 최소 용량 부하와 같거나 더 큰 값을 가지며, 상기 하이브리드 샤프트 베어링은 유체역학적 마찰 베어링 및 롤링 베어링 중 어느 하나의 베어링 부분을 이동시키도록 구성되는 적어도 하나의 액추에이터를 포함하고, 상기 방법은 샤프트 회전의 스타트업 또는 셧다운동안 적어도 하나의 액추에이터를 팽창 또는 수축시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는, 하이브리드 샤프트 베어링 작동 방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 롤링 베어링의 롤링 요소는 베어링 표면을 향하여 그리고 베어링 표면으로부터 상기 롤링 요소를 이동시키도록 구성되는 제1 액추에이터에 의해 지지되고, 상기 방법은 제1 미리 정해진 스타트업 시간이 만료될 때 상기 제1 액추에이터를 수축시키는 단계 및/또는 제1 미리 정해진 셧다운 시간이 만료될 때 상기 제1 액추에이터를 팽창시키는, 하이브리드 샤프트 베어링 작동 방법.

청구항 15

제13항 또는 제14항에 있어서,

상기 유체역학적 마찰 베어링은 유체역학적 마찰 베어링의 슬라이딩 표면들 중 하나를 지지하는 슬라이딩 블록을 이동시키도록 구성되는 제2 액추에이터를 포함하고, 상기 제2 액추에이터는 베어링 표면을 향하여 그리고 베어링 표면으로부터 슬라이딩 블록을 이동시키도록 구성되고, 상기 방법은 제2 미리 정해진 스타트업 시간이 만료될 때 상기 제2 액추에이터를 팽창시키는 단계 및/또는 제2 미리 정해진 셧다운 시간이 만료될 때 상기 제2

액추에이터를 수축시키는 단계를 포함하는, 하이브리드 샤프트 베어링 작동 방법.

청구항 16

삭제

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 유체역학적 마찰 베어링 및 롤링 베어링을 포함하는 하이브리드 샤프트 베어링에 관한 것이다. 또한 본 발명은 하이브리드 샤프트 베어링을 포함하는 풍력 발전기 및 하이브리드 샤프트 베어링의 사용에 관한 것이다. 더 나아가, 본 발명은 하이브리드 샤프트 베어링 작동 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 풍력 발전기에 있어서, 메인 샤프트는 전기 생산을 위한 발전기를 구동하는기어와 로터 허브를 결합시킨다. 메인 샤프트는 종종 마찰 베어링들 또는 슬라이딩 베어링들에 의해 지지된다. 주로 2가지 타입의 마찰 베어링들, 즉 유체정역학적 베어링들 및 유체역학적 베어링들이 있다. 유체정역학적으로 윤활되는 베어링들은 윤활 갭 내에 충분한 윤활막을 수립하기 위하여 외부 오일 펌프를 적용한다. 유체역학적 마찰 베어링에 있어서, 베어링 표면과 저널 사이의 가압된 오일막이 저널 또는 샤프트의 회전에 기인하는, 유체역학적 효과에 의해 유지된다. 그러나, 유체역학적 마찰 베어링에서 샤프트의 회전의 스타트업 또는 셧다운에 따라, 슬라이딩 표면들 간의 윤활이 불충분해질 수 있다. 최소한의 두께를 갖는 윤활막을 수립하기 위해 도달되어야만 하는 특정한 임계 회전 속도가 있다. 예를 들어 메인 샤프트를 지지하기 위해 유체역학적 마찰 베어링을 포함하는 풍력 발전기의 스타트업 또는 셧다운에 따라, 이것은 혼합된 마찰 상태로 이어질 수 있다. 그러나, 이들은 기본적으로 마모없는 마찰 베어링에서 마모를 야기한다. 슬라이딩 표면들의 접촉이 모든 상황에서 피해질 수는 없다. 이에 더하여, 유체역학적 마찰 베어링이 일반적으로 낮은 회전 속도에서 유격(play)이 없지 않기 때문에, 샤프트의 낮은 회전 속도에서, 메인 샤프트의 유격없는 지지가 없다.

[0003] 전통적인 샤프트 베어링, 특히 풍력 발전기의 메인 샤프트의 지지를 위한 샤프트 베어링에서, 유체역학적 마찰 베어링들은 스타트업 및 셧다운 시간동안 유체정역학적 마찰 베어링으로서 작동된다. 이것은 슬라이딩 표면들 간의 접촉을 피하고 베어링에서 유격을 최소화하기 위함이다. 그러나, 이것은 베어링의 윤활 갭에 윤활제를 공급하기 위한 고압 윤활 시스템을 요구한다. 이것은 기술적으로 복잡하고 때때로 비용-집중적인 해결책을 나타낸다.

[0004] 문서 US 3,708,215는 마찰 베어링 및 롤링 베어링을 포함하는 하이브리드 베어링을 개시한다. 베어링 부하는 지지되는 샤프트가 회전을 시작하고 중단할 때 롤링 베어링으로부터 마찰 베어링으로 그리고 다시 롤링 베어링으로 쉬프트된다. 롤링 베어링과 마찰 베어링 간의 전이는 마찰 베어링의 윤활 갭 내의 압력을 증가시키거나 감소시키는 것에 의해 수행된다. 그러나, 능동적인 오일 가압 시스템은 또한 기술적으로 복잡하고 상당히 비용이 소요되는 해결책을 나타낸다.

[0005] 그러므로, 덜 복잡한, 신뢰성 있는 그리고 경제적인 샤프트 베어링을 갖는 것이 바람직하다. 특히 베어링은, 그것이 예를 들어 풍력 발전기의 메인 샤프트를 지지하기 위해 적용될 때, 높은 부하를 가져오는데 적합해야만 한다.

발명의 내용

[0006] 향상된 하이브리드 샤프트 베어링 및 상기 샤프트 베어링을 포함하는 향상된 풍력 발전기를 제공하는 것이 본 발명의 목적이다. 또한, 향상된 하이브리드 샤프트 베어링 작동 방법 및 하이브리드 샤프트 베어링의 유리한 사용을 제공하는 것이 본 발명의 목적이다.

[0007] 본 발명의 일 양태에서, 유체역학적 마찰 베어링 및 롤링 베어링을 포함하는 하이브리드 샤프트 베어링이 제공된다. 양 베어링들은 지지 구조물과 공동작동하고 샤프트를 지지한다. 유체역학적 마찰 베어링은 수동적인 유체역학적 베어링이다. 즉, 하이브리드 베어링은 유체역학적 마찰 베어링에 있는 윤활 갭에 윤활제의 능동적인 공급을 생략한다. 특히, 하이브리드 베어링은 유체역학적 마찰 베어링에 윤활제를 능동적으로 가압할 수 있는 오일 펌프나 다른 오일 공급 시스템을 포함하지 않는다. 이것은 유리하게는 하이브리드 샤프트 베어링의 신뢰성을 증대시키고 유지보수에 대한 요구를 낮춘다. 윤활제를 가압하기 위한 능동적인 시스템을 적용하는 마찰 베어링

과 비교할 때, 본 발명의 양태들에 따른 하이브리드 베어링의 디자인은 기술적으로 더 단순하여 예를 들어 능동적인 오일 공급 시스템이 없는 것과 같이 능동적으로 제어되는 부분들을 덜 요구한다. 특히, 하이브리드 베어링이 해상 풍력 발전기에 탑재될 때, 유지보수에 대한 감소된 요구는 서비스 비용을 현저히 낮춘다. 더욱이 실질적으로 서로 독립적인 유체역학적 마찰 베어링 및 롤링 베어링을 갖는 하이브리드 베어링의 디자인은 베어링들 각각이 개별적으로 교체되는 것을 가능하게 한다. 이는 유리하게는 하이브리드 베어링의 유지보수를 단순화한다.

[0008] 본 발명의 유리한 실시예에 따르면, 상기 롤링 베어링은 프리스트레스를 받아(pre-stressed) 프리텐션(pretension)이 샤프트에 인가되고, 이 프리텐션은 마찰 베어링의 최소 용량 부하와 적어도 실질적으로 같거나 더 큰 값을 갖는다. 유리하게는, 상기 롤링 베어링은 예를 들어 풍력 발전기의 스타트업 및 셧다운 동안과 같은 샤프트 회전의 스타트업 및 셧다운 동안 샤프트를 지지한다. 유체역학적 마찰 베어링은 샤프트의 특정한 회전 속도에 이르렀을 때 베어링 부하를 넘겨받는다. 이에 더하여, 프리스트레스를 받는 롤링 베어링에 의해 미리 정해진 프리텐션이 샤프트 상에 인가되기 때문에, 상기 베어링은 낮은 회전 속도에서도 유격이 없다(play-free). 인가된 프리텐션 값은 모든 작동 조건 하에서, 마찰 베어링의 윤활 갭에 최소 두께의 윤활막이 있는 것을 가능하게 한다. 이는 일반적으로 베어링에서 원하지 않는 마모를 야기하는 슬라이딩 표면들 간의 접촉을 피하게 한다.

[0009] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 상기 프리텐션은 샤프트의 최고 회전 속도에서 마찰 베어링의 최소 용량 부하와 적어도 동일한 값으로 설정된다. 이 프리텐션의 특정한 값은 마찰 베어링의 베어링 표면들이 서로 접촉하지 않고 어떠한 혼합된 마찰 상태가 발생하지 않을 것이라는 것을 확실하게 한다.

[0010] 프리텐션의 조정을 위해, 상기 하이브리드 샤프트 베어링은 유리하게는 조정 장치를 포함한다.이는 프리텐션의 양을 조정하도록 구성된다. 조정 장치는 일반적으로 액추에이터이다. 이것은 적절한 미리 정해진 값으로 프리텐션을 조정하도록 구성되는데, 그러나 이 값은 하이브리드 베어링의 작동 동안 일정하게 유지된다. 예를 들어, 상기 조정 장치는 풍력 발전기에 있는 하이브리드 샤프트 베어링의 실행에 따라 한번 조정된다. 그것은 예를 들어 고정된 중간 부재, 조정 스크류 또는 조정가능 쐐기(wedge) 같은 부품이 될 수도 있다.

[0011] 본 발명의 유리한 실시예에 따르면, 상기 유체역학적 마찰 베어링 및 롤링 베어링은 나란히 배치된다. 베어링들이 나란하여 양자 모두 지지 구조물에 결합되고 샤프트를 회전가능하게 지지한다. 즉, 베어링들 중 각각의 하나의 정적인 부분은 지지 구조물에 단단하게 고정 또는 탑재되고 이동가능한 부분은 샤프트와 회전한다. 마찰 베어링에 대하여, 예를 들어 부싱(bushing)이 지지 구조물 상에 직접 탑재될 수 있다. 내측 및 외측 링 사이에 배치되는 롤링 요소들을 갖는 롤링 베어링에서, 예를 들어 내측 링은 샤프트와 함께 회전하고 외측 링은 지지 구조물 상에 단단히 고정된다.

[0012] 본 발명의 이 실시예에 따른 하이브리드 샤프트는 유체역학적 마찰 베어링과 롤링 베어링 중 하나 또는 양자의 베어링 부분을 이동시키도록 구성되는 적어도 하나의 액추에이터를 추가로 포함할 수 있다. 특히, 액추에이터는 유압 액추에이터이다. 모터로 구동되는 액추에이터들을 포함하여 다양한 다른 타입의 액추에이터들이 적합할 수 있다.

[0013] 예를 들어, 롤링 베어링은 롤링 베어링의 롤링 요소를 지지하는 제1 액추에이터를 포함한다. 제1 액추에이터는 베어링 표면을 향하여 및 베어링 표면에서 멀어지도록 롤링 요소를 이동시키도록 구성되고, 롤링 요소와 공동작동한다. 유리하게는, 롤링 요소는 샤프트가 회전을 시작할 때 베어링 표면을 향하여 이동할 수 있다. 유사하게, 샤프트가 회전하지 않을 때 샤프트는 롤링 베어링에 의해 지지될 수 있다. 예를 들어 하이브리드 샤프트 베어링을 포함하는 풍력 발전기의 스타트업에 따라, 롤링 베어링은 충분히 높은 회전 속도에 도달할 때까지 부하로부터 마찰 베어링을 릴리스한다. 예를 들어 정격 속도의 특정 퍼센트로 샤프트가 회전할 때, 제1 액추에이터를 수축(후퇴)시키는 것에 의해 롤링 요소는 베어링 표면에서 움직여진다. 이후 유체역학적 마찰 베어링은 샤프트의 전체 부하를 받을 것이다. 본 발명의 이 실시예에 따른 하이브리드 베어링에서, 베어링 요소들의 최소 마모가 얻어진다. 롤링 베어링은 단지 하이브리드 베어링이 상대적으로 낮은 부하에 노출되는 작동 조건에서만 사용된다. 더욱이 롤링 베어링의 작동 시간은 매우 제한적이다.

[0014] 본 발명의 또 다른 유리한 실시예에서, 슬라이딩 베어링은 제2 액추에이터를 포함한다. 이것은 유체역학적 마찰 베어링의 슬라이딩 표면을 반대쪽 슬라이딩 표면에 대하여 이동시키도록 구성된다. 특히, 베어링은 유체역학적 마찰 베어링의 슬라이딩 표면들 중 하나를 지지하는 슬라이딩 블록을 포함한다. 슬라이딩 블록은 제2 액추에이터에 의해 구동되어, 그것은 팽창 및 수축 가능하다. 유리하게는, 유체역학적 베어링의 동역학적 작동을 위해 샤프트의 회전 속도가 충분히 높을 때, 슬라이딩 블록 상에 있는 슬라이딩 표면은 반대쪽의 (공동작동하는) 슬

라이딩 표면을 향하여 이동할 수 있다. 이 작용에 기인하여, 슬라이딩 베어링은 샤프트의 대부분의 로드를 받을 것이다. 따라서 롤링 베어링은 로드로부터 릴리스된다. 이것은 롤링 베어링에서 마찰을 최소화할 것이다.

[0015] 하이브리드 샤프트 베어링은 하나보다 많은 롤링 요소를 이동시키기 위해 하나보다 많은 제1 액추에이터를 포함할 수 있다는 것이 이해된다. 유사하게, 하이브리드 샤프트 베어링은 하나보다 많은 슬라이딩 블록을 이동시키기 위해 하나보다 많은 제2 액추에이터를 포함할 수 있다.

[0016] 본 발명의 또 다른 실시예에서, 마찰 베어링 및 롤링 베어링은 직렬로 결합된다. 2개의 베어링들 중 하나는 샤프트를 지지하고 다른 하나의 베어링은 지지 구조물에 결합된다. 지지 구조물에 결합되는 베어링은 샤프트를 지지하는 베어링으로부터 부하를 받아들인다. 그것은 부하를 지지 구조물로 전달한다. 본 발명의 유리한 실시예에서, 롤링 베어링은 샤프트를 지지하고 마찰 베어링은 지지 구조물에 결합된다. 이러한 하이브리드 베어링의 디자인에서, 유체역학적 마찰 베어링은 롤링 베어링과 비교할 때 더 높은 주변 속도를 겪는다. 이것은 다음의 사실에 기인한다; 유체역학적 마찰 베어링은 롤링 베어링보다 더 큰 반경으로 배치된다. 상기 반경은 베어링들 중 각각의 하나와 지지되는 샤프트의 중심축 간의 거리가 될 수 있다. 이러한 높은 주변 속도에 기인하여, 마찰 베어링은 샤프트의 적은 수의 회전에서 부하를 받아들일 수 있을 것이다. 이 상대적으로 낮은 회전 속도는 마찰 베어링과 롤링 베어링이 동일 반경으로 배치되는 상황에 비교된다.

[0017] 본 발명의 다른 실시예에서, 하이브리드 샤프트 베어링은 레이디얼 베어링(radial bearing), 스러스트 베어링(thrust bearing) 또는 액시얼-레이디얼 베어링(axial-radial bearing)이다. 유사하게, 이것은 롤링 베어링과 유체역학적 마찰 베어링에 적용된다.

[0018] 본 발명의 다른 유리한 양태에 따르면, 메인 샤프트를 포함하는 구동 트레인을 갖는 풍력 발전기가 제공된다. 메인 샤프트는 본 발명의 양태들에 따른 하이브리드 샤프트 베어링에 의해 지지된다. 특히 풍력 발전기는 해상 풍력 발전기이다. 하이브리드 샤프트 베어링의 유지보수, 높은 신뢰성 및 마모 저항성에 대한 보통의 요구는 이것을 풍력 발전기, 추가로 특히 해상 풍력 발전기에 적용되는 것에 특히 적합하게 만들어준다. 본 발명의 양태들에 따른 풍력 발전기의 추가의 양태들 및 장점들은 하이브리드 샤프트 베어링에 대하여 언급된 것들과 유사하다. 따라서, 이들은 반복되지 않을 것이다.

[0019] 본 발명의 또 다른 양태에서, 하이브리드 샤프트 베어링의 유리한 사용이 제공된다. 본 발명의 양태들에 따른 하이브리드 샤프트 베어링은 풍력 발전기, 특히 해상 풍력 발전기의 구동 트레인에 있는 메인 샤프트를 지지하는데 사용된다. 다시, 하이브리드 베어링의 사용의 추가의 양태들 및 장점들은 하이브리드 샤프트 베어링에 대하여 언급된 것들과 유사하고, 반복되지 않을 것이다.

[0020] 본 발명의 다른 유리한 양태들에 따르면, 하이브리드 샤프트 베어링 작동 방법이 제공된다. 하이브리드 샤프트 베어링은 유체역학적 마찰 베어링 및 롤링 베어링을 포함한다. 유체역학적 마찰 베어링 및 롤링 베어링은 나란히 배치되어 양 베어링들이 지지 구조물에 결합되고 샤프트를 회전가능하게 지지한다. 또한, 하이브리드 샤프트 베어링은 유체역학적 마찰 베어링과 롤링 베어링 중 하나 또는 양자의 베어링 부분을 이동시키도록 구성되는 적어도 하나의 액추에이터를 포함한다. 적어도 하나의 액추에이터는 샤프트 회전의 스타트업 또는 셧다운에 따라 팽창되거나 수축된다.

[0021] 특히, 롤링 베어링의 롤링 요소는 제1 액추에이터에 의해 지지된다. 이것은 롤링 요소를 베어링 표면을 향해서 그리고 이로부터 멀어지게 이동시키도록 구성되고, 롤링 요소와 공동작동한다. 샤프트가 회전을 시작하고 제1 미리 정해진 스타트업 시간이 만료될 때, 제1 액추에이터는 수축된다. 이는 전형적으로 본 발명의 양태들에 따른 하이브리드 샤프트 베어링을 갖는 풍력 발전기가 스타트하는 상황에 적용된다. 예를 들어 풍력 발전기의 셧다운에 따라 샤프트가 감속하고, 제1 미리 정해진 셧다운 시간이 만료될 때, 제1 액추에이터는 수축된다.

[0022] 유리하게는, 유체역학적 베어링은 초기 스타트업 시간 이후 샤프트의 부하를 받아들인다. 이 유체역학적 작동과 롤링 베어링 작동 간의 전이는 롤링 요소를 공동작동하는 베어링 표면을 향하여 그리고 베어링 표면으로부터 이동시키는 것에 의해 제어된다.

[0023] 또한, 유체역학적 마찰 베어링이 유체역학적 마찰 베어링의 슬라이딩 표면들 중 하나를 지지하는 슬라이딩 블록을 이동시키도록 배치되는 제2 액추에이터를 포함할 때, 제2 액추에이터는 베어링 표면을 향하여 그리고 베어링 표면으로부터 슬라이딩 블록을 이동시킨다. 이것은 제2 스타트업 시간 및 제2 셧다운 시간 각각의 함수로서 수행된다. 샤프트가 회전을 시작하고 제2 스타트업 시간이 만료될 때, 슬라이딩 블록은 팽창된다. 유사하게, 샤프트가 감속하고 제2 미리 정해진 셧다운 시간이 만료될 때, 제2 액추에이터는 슬라이딩 블록을 수축시킨다.

[0024] 이 슬라이딩 블록의 작동은 유체역학적 베어링이 샤프트의 부하를 받아들이는 작동 상태와 하이브리드 베어링이

롤링 베어링으로서 작동하는 작동 모드 간의 전이를 제어한다. 두 상태들 간의 전이는 공동작동하는 베어링 표면을 향하여 그리고 이로부터 슬라이딩 블록을 이동시키는 것에 의해 제어된다.

[0025] 제1 미리 정해진 스타트업 및 셧다운 시간들 뿐만 아니라 제2 미리 정해진 스타트업 및 셧다운 시간들은 샤프트의 회전 속도의 함수로 될 수 있다. 그러나, 예를 들어 풍력 발전기 신호 스타트 및 정지 이후 몇 초와 같은 미리 정해진 시간이 위에 언급된 시간을 정의하는 것도 또한 가능하다.

[0026] 하이브리드 샤프트 베어링 작동 방법의 추가의 장점들은 하이브리드 샤프트 베어링과 관련하여 언급된 것들에 유사하고 반복되지 않을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0027] 본 발명의 추가의 양태들 및 특징들은 첨부된 도면을 참조로 이하의 본 발명의 바람직한 실시예들의 설명으로부터 도출된다.

도 1은 본 발명의 실시예에 따른 단순화된 해상 풍력 발전기이다.

도 2 및 도 3은 본 발명의 실시예들에 따른 하이브리드 베어링의 개념을 나타내는데, 롤링 베어링과 유체역학적 베어링이 나란히 배치되어 있다.

도 4는 본 발명의 실시예들에 따른 하이브리드 샤프트 베어링에 적용될 수 있는 롤링 베어링의 강성 프로파일의 단순화된 플롯이다.

도 5 및 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 풍력 발전기의 구동 트레인에 있는 메인 샤프트를 지지하는데 적용되는 하이브리드 샤프트 베어링을 나타내는 단순화된 개략도로, 이 도면들에서는 하이브리드 샤프트 베어링의 서로 다른 상태들에 대하여 언급한다.

도 7 및 도 8은 본 발명의 실시예들에 따른 하이브리드 샤프트 베어링들을 나타내는 단순화된 상세도이다: 하이브리드 샤프트 베어링은 나란히 배치된 롤링 베어링과 유체역학적 베어링을 가지며, 도시된 하이브리드 샤프트 베어링들은 풍력 발전기의 구동 트레인에 있는 메인 샤프트를 지지하기 위한 액시얼-레이디얼 베어링들로 구성된다.

도 9는 본 발명의 다른 실시예에 따른 하이브리드 샤프트 베어링의 다른 개념을 개략적으로 나타내는데, 롤링 베어링 및 유체역학적 마찰 베어링이 직렬로 배치되어 있다.

도 10은 본 발명의 실시예에 따른 하이브리드 샤프트 베어링을 나타내는 단순화된 개략도이다; 하이브리드 샤프트 베어링은 직렬로 배치된 롤링 베어링 및 유체역학적 마찰 베어링을 가지며, 하이브리드 샤프트 베어링은 풍력 발전기의 구동 트레인에 있는 메인 샤프트를 지지하는데 적용된다.

도 11 및 도 12는 본 발명의 추가의 실시예들에 따른 하이브리드 샤프트 베어링 작동 방법을 나타내는 순서도들이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0028] 도 1은 풍력 발전기(2)의 단순화된 사시도이다. 예시로서, 풍력 발전기(2)는 해상 풍력 발전기이다. 이것은 로터 블레이드들(6)을 지지하는 로터 허브(4)를 포함한다. 예를 들어 타워와 같은 지지 구조물(8)은 나셀(미도시)을 지지하고 바다(10)에 있는 적절한 해저 기초에 기반한다.

[0029] 풍력 발전기(2)의 메인 샤프트는 로터 허브(4)에 의해 구동된다. 이것은 로터 허브(4)에 의해 메인 샤프트 상에 인가되는 토크를 전기 생산을 위해 전기 발전기에 추가로 결합되는 구동 샤프트로 전달하기 위해 예를 들어 플래너터리 기어와 같은 기어에 추가로 결합된다.

[0030] 풍력 발전기(2)의 메인 샤프트는 롤링 베어링과 유체역학적 마찰 베어링을 포함하는 하이브리드 샤프트 베어링에 의해 지지된다.

[0031] 도 2 및 도 3의 단순화된 개략적인 도면들은 본 발명의 실시예들에 따른 하이브리드 샤프트 베어링(20)의 2가지 개념을 나타낸다. 이러한 본 발명의 두 실시예는 유체역학적 마찰 베어링(22)과 롤링 베어링(24)이 나란히 배치된 하이브리드 샤프트 베어링(20)의 타입을 나타낸다. 즉, 유체역학적 마찰 베어링(22)과 롤링 베어링(24)은 모두 지지 구조물(26)에 결합되고 풍력 발전기(2)의 메인 샤프트가 될 수 있는 샤프트(28)를 회전가능하게 지지한다.

[0032] 도 2의 실시예에서, 롤링 베어링(24)은 프리스트레스를 받는다. 도 3의 실시예는 제1 액추에이터(32)에 의해 작동되는 수축가능한 롤링 요소(72)를 갖는 하이브리드 샤프트 베어링(20)을 나타낸다. 우선, 참조가 도 2에 도시된 타입의 베어링으로 만들어질 것이다. 도 3에 도시된 다른 타입의 하이브리드 샤프트 베어링(20)의 추가의 상세한 사항는 아래에서 추가로 설명될 것이다.

[0033] 도 2의 실시예에서, 롤링 베어링(24)의 프리텐션은 유체역학적 마찰 베어링(22)의 최소 용량 부하와 적어도 실질적으로 같거나 더 큰 값을 갖는다. 특히, 롤링 베어링(24)의 프리텐션은 샤프트(28)의 최고 회전 속도에서 마찰 베어링(22)의 최소 용량 부하과 실질적으로 같거나 이보다 더 큰 값으로 설정된다. 예를 들어, 이 최고 회전 속도는 그것의 기술 규격에 따른 풍력 발전기(2)에서 메인 샤프트의 최고 회전 속도이다.

[0034] 도 4는 도 2의 실시예에 따른 하이브리드 샤프트 베어링(20)에 적용될 수 있는 롤링 베어링(24)의 강성 프로파일(40)을 나타내는 단순화된 플롯이다. 베어링 로드(F)는 지지되는 샤프트(28)의 변위(D)를 통해 플롯된다. 값(Fmin)은 샤프트(28)의 지지를 위한 최소 요구 용량 부하이다. 이것은 예를 들어 풍력 발전기(2)가 셧다운되거나 느리게 회전하는 상황에 적용한다. 롤링 베어링(24)은 프리스트레스를 받아 변위(D1)에 의해 샤프트(28)를 향하여 이동한다. 이 변위는 롤링 베어링의 부하를 받지 않은 위치, 그러나 롤링 요소가 대응하는 베어링 표면에는 접촉하는 위치에 대하여 결정된다. 이 변위(D1)는, 롤링 베어링(24)의 강성 프로파일(40)에 의해 정의된 바와 같이, 최소 용량 부하(Fmin)과 동일한 프리텐션으로 이어진다.

[0035] 풍력 발전기(2)의 작동 동안에, 하이브리드 샤프트 베어링(20)은 F1과 같거나 이보다 높은 부하를 받는다. 샤프트(28)의 최고 속도에서, 유체역학적 마찰 베어링(22)은 최소 두께를 갖는 윤활막을 수립하는데, 이 두께는 부하가 최소 부하(Fmin)로부터 부하(F1)로 증가될 때, 롤링 베어링(24)의 변위와 적어도 실질적으로 같다. 이것은 도 4에서 Fmin과 F1 간의 거리 X에 의해 표시된다. 하이브리드 샤프트 베어링(2) 상의 부하가 부하 F1을 초과할 때, 유체역학적 마찰 베어링(22)은 F1의 값을 초과하는 추가의 부하를 받아들일 것이다. 즉, 롤링 베어링(24) 상의 부하는 제한되어, 그것의 마모 및 수명 기대에 대하여 유리하다.

[0036] 유리하게는, 본 발명의 양태들에 따른 하이브리드 샤프트 베어링(20)은 유격이 없다. 샤프트(28)의 낮은 회전수에서, 롤링 베어링(24)은 유체역학적 마찰 베어링(22)에 있는 윤활막이 수립될 때까지 부하를 받아들인다. 그러나, 전형적으로 더 높은 부하에 대응하는 지지되는 샤프트(28)의 더 높은 회전 속도에서, 롤링 베어링(24)은 유체역학적 마찰 베어링(22)에 의해 추가의 부하로부터 해소될 것이다.

[0037] 도 5에, 풍력 발전기(2)의 구동 트레인에 있는 메인 샤프트(28)을 지지하는 데에 적용되는 하이브리드 샤프트 베어링(20)을 나타내는 단순화된 개략도가 있다. 메인 샤프트(28)는 로터 허브(4)에 결합되고 로터 허브(4)로부터 기어(50)로 토크를 전달한다. 기어(50)는 전기 생산을 위한 전기 발전기(52)에 추가로 결합된다. 풍력 발전기(2)의 구동 트레인은 적절한 지지 구조물(26) 상에 탑재된다. 롤링 베어링(24) 및 유체역학적 마찰 베어링(22)은 나란히 배치되어 양 베어링 모두 지지 구조물(26)에 지지되고 샤프트(28)를 회전가능하게 지지한다.

[0038] 도 5는 샤프트(28)가 낮은 속도를 가지고, 즉 낮은 회전 수로 회전하거나 정지되어 있을 때의 상태를 나타낸다. 로터 허브(4)에 의해 인가되는 힘(F)은 F1-Fmin보다 같거나 낮을 것이다. 이 상황에서, 롤링 베어링(24)은 F1 값까지 회전 샤프트(28)의 전체 부하를 받아들인다.

[0039] 도 6에, 도 5와 유사한 다른 단순화된 개략도가 있다. 그러나, 샤프트(28)의 더 높은 회전 속도에서의 작동 모드가 도시된다. 동일한 참조 부호들은 하이브리드 샤프트 베어링(22) 및 구동 트레인의 동일한 부분들을 표시하도록 적용된다. 로터 허브(4)의 부하(F)가 F1과 Fmin 간의 차이보다 더 클 때, F-F1인 추가의 부하가 유체역학적 마찰 베어링(22)에 의해 받아들여진다. 롤링 베어링(24)은 F1을 초과하지 않는 최대 부하에 노출된다.

[0040] 도 7에, 샤프트(28),특히 풍력 발전기(2)의 파워 트레인에 있는 메인 샤프트를 지지하기 위한 액시얼-레이디얼 베어링으로서 구성된 하이브리드 샤프트 베어링(20)을 나타내는 단순화된 상세도가 있다. 샤프트(28)는 메인 축(A)을 따라 돌출하고 샤프트에는 외측 링(70)이 구비된다. 이것은 샤프트(28)를 지지하기 위한 유체역학적 마찰 베어링(22) 및 롤링 베어링(24)과 상호작용한다. 롤링 베어링(24)은 제1 축(A1) 및 제2 축(A2)에 대하여 각각 회전하는 2개의 롤링 요소들(72, 74)을 포함한다. 외측 링(70)과 샤프트(28) 각각에 대하여 액시얼-레이디얼 베어링을 제공하기 위해 제1 및 제2 축(A1, A2)은 반대 경사를 갖는다. 롤링 베어링(24)은 다시 프리스트레스를 받는다. 프리텐션이 조정 장치(76)를 이용하여 인가된다. 도 7의 실시예에서, 이것은 링 요소이다. 조정 장치(76)는 제1 및 제2 롤링 요소들(72, 74)을 홀딩하는 지지 부재(78)에 대한 요구되는 프리텐션을 인가하기 위한 것이다. 제1 및 제2 롤링 요소(72, 74)는 지지 구조물(26) 상에 탑재되는 지지 부재들(77)에 의해 추가로 지지된다.

[0041] 인가된 프리텐션은 유체역학적 마찰 베어링(22)의 마주보는 슬라이딩 표면들(73, 75) 간의 최소 윤활 갭(71)을 확실하게 한다.

[0042] 도 8에, 본 발명의 다른 실시예에 따른 하이브리드 샤프트 베어링(20)의 다른 단순화된 상세도가 있다. 이 도면은 도 7의 그것과 유사하다; 동일한 부분들에는 동일한 참조 부호가 제공된다.

[0043] 본 발명의 이 실시예에 따른 유체역학적 마찰 베어링(22)은 실선으로 그려진 작동 위치와 점선으로 그려진 수축(후퇴) 위치 간에 이동 가능한 제1 및 제2 슬라이딩 블록(82, 84)을 포함한다. 슬라이딩 블록들(82, 84)은 제2 액추에이터를 이용하여 두 위치들 간에 이동가능하다. 이것은 가압된 유압 유체를 중앙 유체이동 통로(88)에 공급하는 예를 들어 유압 피스톤 또는 펌프와 같은 유압 액추에이터가 될 수 있다. 슬라이등 블록들(82, 84)의 작동을 위하여, 외측 링(70)에는 샤프트(28)의 메인 축(A)을 따라 돌출하는 중앙 유체이동 통로(88)와 유체 연통하는 추가의 유체이동 통로들(86)이 구비될 수 있다. 유체 이동통로들(86, 88)이 중앙 액추에이터(미도시)를 이용하여 가압된 유압 유체를 공급받을 때, 슬라이딩 블록들(82, 84)는 대응하는 슬라이딩 표면(73)을 향하여 구동된다. 이것은 전형적으로 샤프트(28)의 회전 수가 윤활 갭에 있는 유체역학적 막을 수립하는데에 충분히 높을 때 수행된다. 도면의 단순화에 기인하여, 윤활 갭은 도 8에 도시되어 있지 않다. 슬라이딩 블록들(82, 84) 각각은 유체역학적 마찰 베어링(22)의 마주보는 슬라이딩 표면(75)를 형성하는 표면을 갖는다.

[0044] 슬라이딩 블록들(82, 84)의 팽창 및 수축에 의해, 하이브리드 베어링(20) 상에서 샤프트(28)에 의해 노출되는 부하는 롤링 베어링(24)으로부터 유체역학적 마찰 베어링(22)으로 그리고 다시 롤링 베어링(24)으로 쉬프트될 수 있다. 이것은 하이브리드 샤프트 베어링(20)이 풍력 발전기(2)에 적용될 때 유리하다. 풍력 발전기(2)가 스타트할 때, 샤프트(28)는 먼저 롤링 베어링(24)에 의해 지지된다. 유체역학적 마찰 베어링(22)의 작동을 위해 로터 허브(4)의 회전 속도가 충분히 높을 때, 슬라이딩 블록들(82, 84)은 팽창되고 슬라이딩 표면들(73)을 향하여 푸쉬된다. 그 결과, 유체역학적 마찰 베어링(22)은 샤프트(28)의 부하를 받아들인다.

[0045] 롤링 베어링(24)과 유체역학적 마찰 베어링(22) 간에 부하를 쉬프트하는 옵션을 제공하는 하이브리드 샤프트 베어링(2)의 다른 개념이 도 3에 도시되어 있다. 도 8과 비교될 때 이 샤프트 베어링(20) 뒤에 있는 다른 개념이 있다. 도 3에 있는 하이브리드 샤프트 베어링(20)은 유체역학적 마찰 베어링(22) 및 롤링 베어링(24)을 포함하고, 롤링 베어링(24)은 제2 액추에이터(32)를 포함한다. 이것은 베어링 표면(34)을 향하여 그리고 이로부터 롤링 요소(72)를 이동시키도록 구성되고, 롤링 요소(72)와 공동작동한다. 상기 롤링 요소(72)는 개략적으로 도시된 지지 부재(78)에 의해 지지된다. 예를 들어 유압 액추에이터와 같은 제1 액추에이터(32)는 이 지지 부재(78)와 맞물린다. 지지되는 샤프트(28)의 회전 수가 충분히 높아 유체역학적 마찰 베어링(22)이 샤프트(28)의 부하를 받아들일 수 있을 때, 롤링 베어링(24)의 롤링 요소(72)는 제1 액추에이터(32)를 이용하여 수축된다. 이것은 롤링 베어링(24)에서의 마모를 감소시킬 것이다. 유체역학적 베어링(22)이 그러므로 풍력 발전기(2)의 정상 작동 동안 사용될 것이기 때문에, 이것은 작동 시간의 대부분에 적용된다.

[0046] 도 9에, 본 발명의 다른 실시예에 따른 하이브리드 샤프트 베어링(20)의 개념을 나타내는 다른 개략도가 있다. 유체역학적 마찰 베어링과 롤링 베어링(24)은 직렬로 결합된다. 롤링 베어링(24)은 샤프트(28)를 지지하고 유체역학적 마찰 베어링(22)은 지지 구조물(26)에 결합된다. 유체역학적 마찰 베어링(22)은 샤프트(22)를 지지하는 롤링 베어링(24)으로부터 부하를 받아들이도록 구성되고, 이 부하를 지지 구조물(26)로 전달한다. 샤프트(28)의 메인 축(A)과 유체역학적 마찰 베어링(22) 간의 제2 거리(Z2)는 롤링 베어링(24)과 메인 축(A) 간의 제1 거리(Z1)보다 더 크다. 따라서 롤링 베어링(24)과 비교될 때 유체역학적 마찰 베어링(22)은 더 높은 원주 속도를 겪는다. 이것은 두 베어링들(22, 24)의 반대 구성에 비교될 때, 유리하게는 지지되는 샤프트(28)의 더 낮은 회전수에서 윤활 갭 내에 유체역학적 막을 수립할 것이다. 이것은 상대적으로 낮은 회전 속도에서 유체역학적 마찰 베어링(22)이 샤프트(28)의 부하를 받아들이는 것을 가능하게 한다.

[0047] 도 10에 도 9의 개념에 따라 구성된 하이브리드 샤프트 베어링(20)을 나타내는 단순화된 개략도가 있다. 베어링(20)은 풍력 발전기(2)의 구동 트레인에 있는 메인 샤프트(28)를 지지하는 데에 적용된다. 이 도면은 도 5 및 도 6의 그것들에 유사하다; 동일한 부분들에는 동일한 참조 부호가 제공된다. 유체역학적 마찰 베어링(22)은 샤프트(28)를 지지하는 롤링 베어링(24)으로부터 부하를 받아들이도록 구성되고, 이 부하를 지지 구조물(26)로 전달한다. 샤프트(28)의 메인 축(A)과 유체역학적 마찰 베어링(22) 간의 제2 거리(단지 명확성을 이유로 도시되지는 않음)는 롤링 베어링(24)과 메인 축(A) 간의 제1 거리보다 더 크다. 그러므로 유체역학적 마찰 베어링(22)은 롤링 베어링(24)에 비교될 때, 더 높은 원주 속도를 겪는다.

[0048] 도 11 및 도 12에, 본 발명의 실시예들에 따른, 하이브리드 샤프트 베어링(20) 작동 방법을 나타내는 순서도들

이 있다.

[0049] 도 11에 도시된 방법은 특히 도 3의 실시예에 따라 구성된 하이브리드 샤프트 베어링(20)에 적용된다. 순서도는 예를 들어 풍력 발전기(2)의 스타트업에 따라 샤프트(28)가 회전을 시작하는 상황과, 예를 들어 풍력 발전기(2)의 셧다운 동안 샤프트(28)가 회전을 감속하고 멈추는 상황을 나타낸다.

[0050] 우선, 풍력 발전기(2)의 스타트업 동안의 하이브리드 샤프트 베어링(20) 작동 방법이 설명될 것이다.

[0051] 우선, 샤프트(28)가 회전을 시작한다(단계 S0, 단계 S1). 이어서, 제1 스타트업 시간이 만료되었는지가 결정된다(단계 S2). 이것은 지지되는 샤프트(28)의 회전 속도 또는 회전수에 대한 값에 의해 또는 풍력 발전기(2)의 스타트업에 따라 스타트하는 타이머를 이용하여 수행될 수 있다. 제1 스타트업 시간이 만료되었을 때, 방법은 분기 "예"를 따르고 그렇지 않다면 제1 스타트업 시간의 만료에 대한 미리 정해진 기준이 충족될 때까지 분기 "아니오"를 따른다.

[0052] 제1 스타트업 시간이 선택되어, 지지되는 샤프트(28)의 회전 속도 또는 유체역학적 마찰 베어링(22)에서의 주변 속도가 충분히 높아서 상기 베어링은 유체역학적 유체 윤활막의 수립에 기인하여 충분한 부하를 받아들일 수 있다. 스타트업 시간이 만료되었을 때, 롤링 베어링(24)의 롤링 요소(72)는 수축한다(단계 S3)(또한 도 3 참조). 즉, 롤링 요소(72)는 공동작동하는 베어링 표면(34)에서 떼어지고 롤링 베어링은 부하로부터 릴리스된다. 하이브리드 샤프트 베어링(20) 작동 방법은 단계 S4에서 종료된다.

[0053] 회전 샤프트(28)의 감속에 따라(단계 S0, S1), 제1 셧다운 시간이 만료되었는지가 체크된다. 다시, 이것은 샤프트(28)의 회전 속도를 측정하는 것에 의해 수행될 수 있다. 롤링 요소(72)는 샤프트(28)의 부하를 받아들이기 위해 그것의 슬라이딩 표면(34)과 공동작동하도록 팽창된다(단계 S3). 유체역학적 마찰 베어링(22)에 있는 윤활막은 샤프트(28)의 낮은 회전속도에서 불안정하게 되기 쉽다. 대응하는 슬라이딩 표면들(73, 75) 간의 접촉 및/또는 혼합된 마찰 상태를 피하기 위해, 제1 액추에이터(32)는 팽창된다(또한 도 3 참조). 또한, 롤링 요소(72)의 팽창은 낮은 속도에서 하이브리드 샤프트 베어링(20)에서의 유격을 피한다. 자연스럽게, 이것은 또한 회전의 스타트업의 상황에 적용된다.

[0054] 도 12에, 하이브리드 샤프트 베어링(20), 특히 도 8의 실시예에 따른 하이브리드 샤프트 베어링(20) 작동 방법을 나타내는 다른 순서도가 있다.

[0055] 다시, 제1의 스타트업에 따른 상황과 제2의 감속에 따른 상황이 설명될 것이다. 도 11의 순서도와 유사하게, 샤프트(28)는 회전을 시작하고(단계 S0, 단계 S1) 제 스타트업 시간이 만료되었는지 여부가 결정된다(단계 S5). 특히, 제1 및 제2 스타트업 시간은 거의 동일할 수 있다. 제1 스타트업 시간에 유사하게, 또한 제2 스타트업 시간은 샤프트(28)의 회전 속도에 대하여 미리 정해진 시간 또는 임계치가 될 수 있다. 유체역학적 마찰 베어링(22)에서 주변 속도가 윤활 갭(71)(도 7)에 있는 윤활막을 수립하는데 충분히 높을 때, 슬라이딩 블록들(82, 84)은 팽창된다(단계 S6). 그 결과, 유체역학적 마찰 베어링(22)은 샤프트(28)의 부하를 받아들일 것이다. 전형적으로 샤프트(28)의 작동 속도에 이르게 될 때, 방법은 단계 S4에서 종료된다.

[0056] 도 12의 순서도에 도시된 방법은 또한 회전 샤프트(28)의 감속에 적용된다. 스타트업 시간(단계 S5)은 셧다운 시간으로 대체된다. 다시, 이것은 샤프트(28)의 많은 수의 회전에 대한 미리 정해진 기간 또는 임계 값을 이용하여 결정될 수 있다. 샤프트(28)의 회전 속도가 특정 임계값 이하로 떨어질 때, 슬라이딩 블록들(82, 84)은 공동작동하는 슬라이딩 표면들(73, 75) 간의 접촉을 피하기 위해 수축한다. 슬라이딩 블록들(82, 84)의 수축에 따라, 롤링 베어링(24)는 회전 샤프트(28)의 부하를 받아들일 것이다.

[0057] 이 명세서의 맥락 내에서, 유체역학적 마찰 베어링(22)은 수동적인 유체역학적 베어링이다. 즉, 하이브리드 베어링(22)은 윤활 갭(71)에 윤활제의 능동적인 공급을 생략한다. 특히, 하이브리드 베어링(22)는 유체역학적 마찰 베어링(22)에서 윤활제를 능동적으로 가압할 수 있는 오일 펌프나 다른 오일 공급 시스템을 포함하지 않는다.

[0058] 이것은 유리하게는 본 발명의 모든 실시예들에 적용된다.

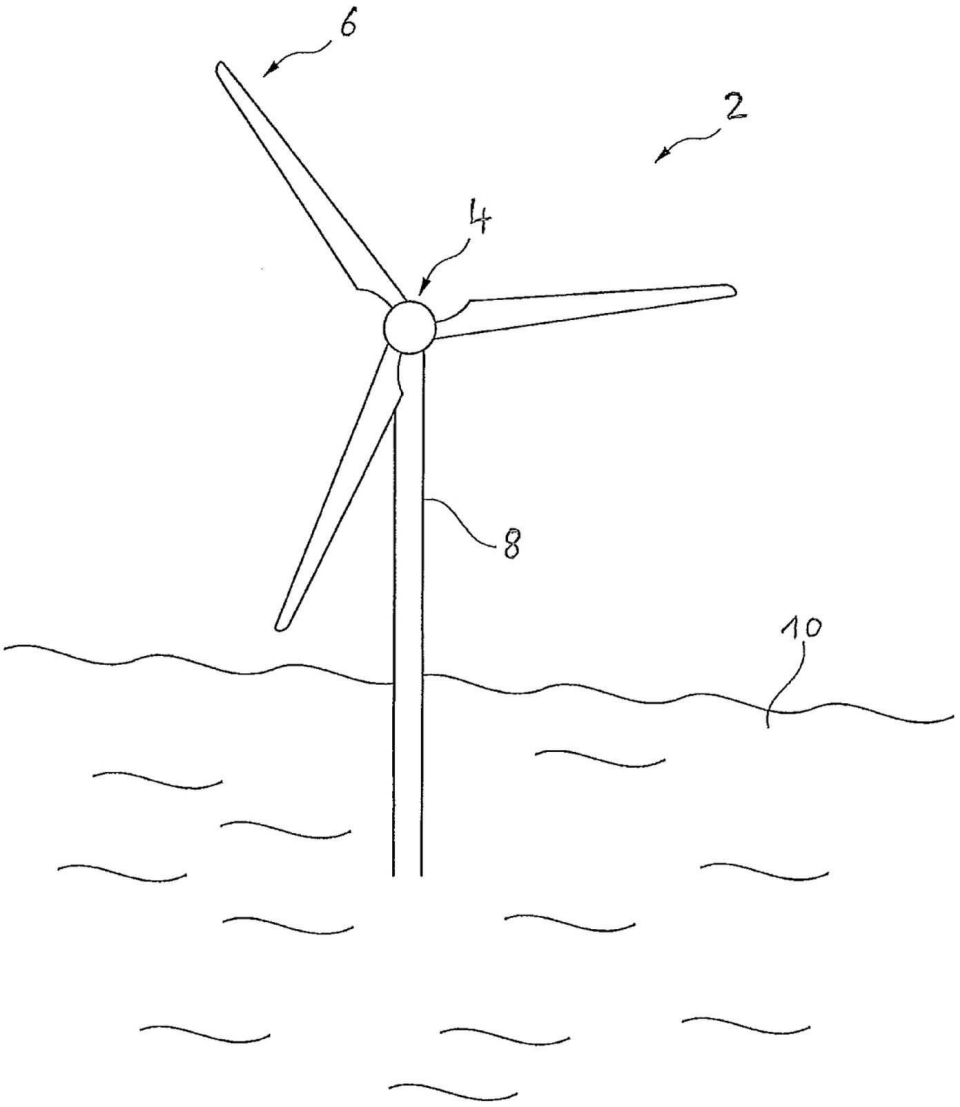
[0059] 본 발명의 실시예들에 따른 하이브리드 샤프트 베어링(20)은 고신뢰성 및 유지보수에 대한 낮은 요구를 갖는다. 윤활제를 가압하기 위한 능동적인 시스템을 적용하는 마찰 베어링들과 비교할 때, 본 발명의 실시예들에 따른 하이브리드 베어링(20)은 기술적으로 보다 간단하여 능동적으로 제어되는 부분들을 덜 요구한다. 예를 들어 그것은 오일 공급 시스템을 생략한다. 특히, 하이브리드 샤프트 베어링(20)이 해상 풍력 발전기(2)에 탑재될 때, 유지보수에 대한 감소된 요구는 서비스 비용을 현저히 낮춘다. 또한, 실질적으로 서로 독립적인 유체역학적 마

찰 베어링(22) 및 롤링 베어링(24)을 갖는 하이브리드 샤프트 베어링(20)의 디자인은 베어링들(22, 24) 각각이 별도로 교체되는 것을 가능하게 한다. 이것은 유리하게는 하이브리드 베어링(20)의 유지보수를 단순화한다. 이에 더하여, 하이브리드 샤프트 베어링(20)은 지지되는 샤프트(28)의 낮은 회전 속도에서 조차 유격이 없다.

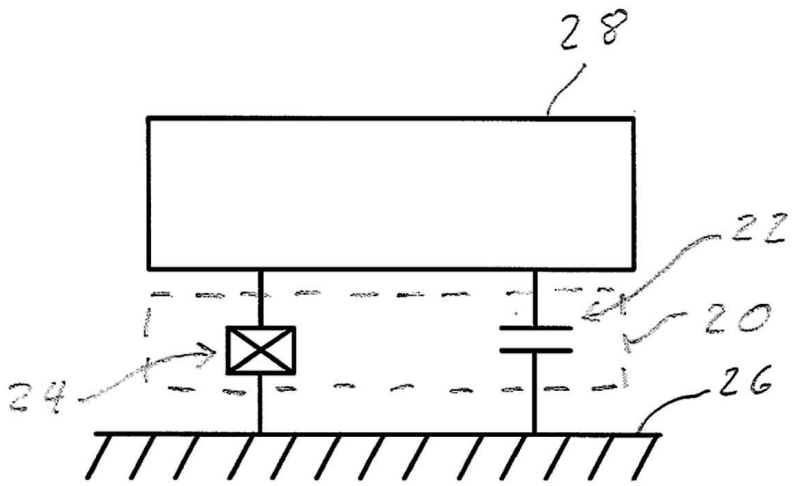
[0060] 비록 본 발명이 구체적인 실시예들을 참조로 여기에서 설명되었지만, 이러한 실시예들에 제한되지 않으며, 청구된 바와 같은 본 발명의 범주 내에 있는 당업자들에게 의심없이 추가의 대안들이 발생할 것이다.

도면

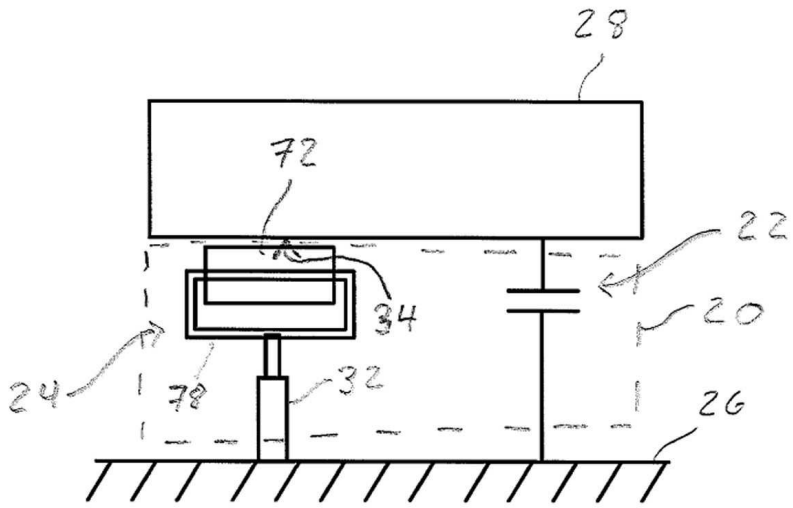
도면1



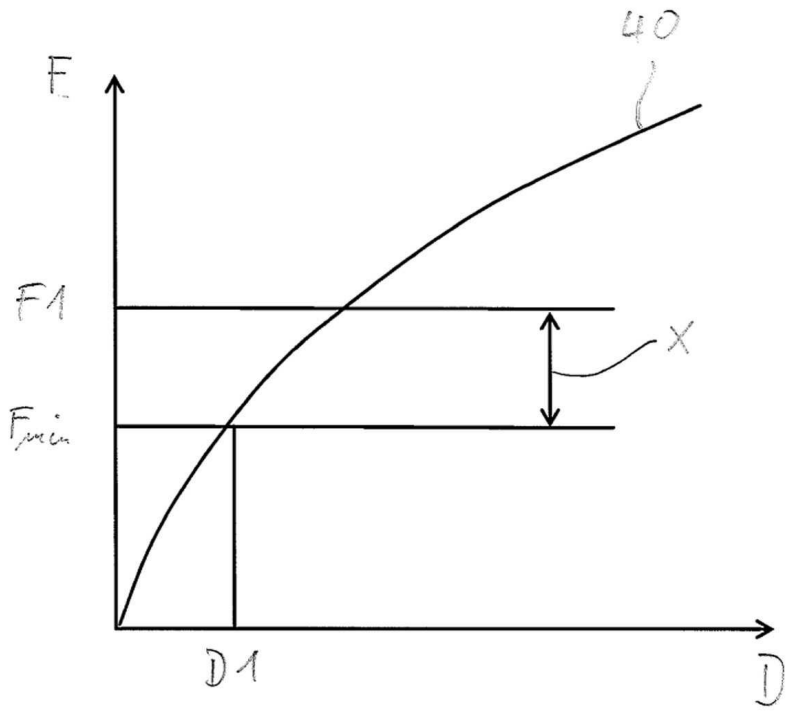
도면2



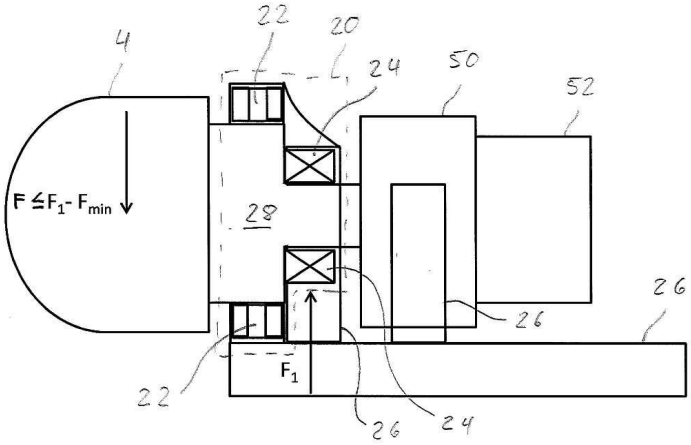
도면3



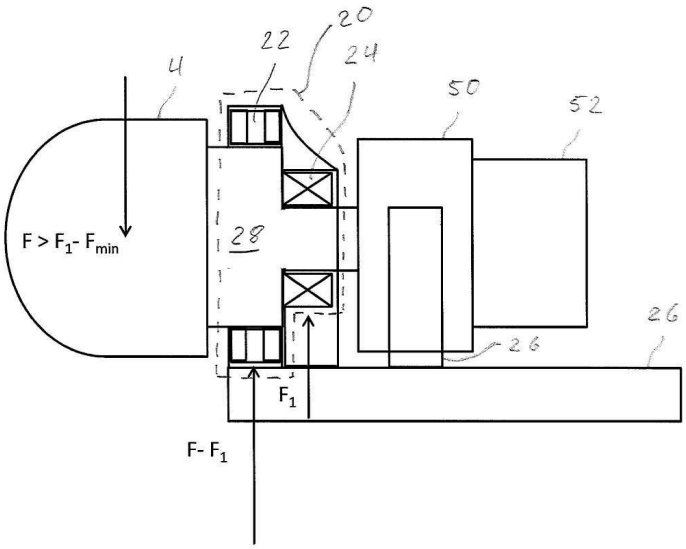
도면4



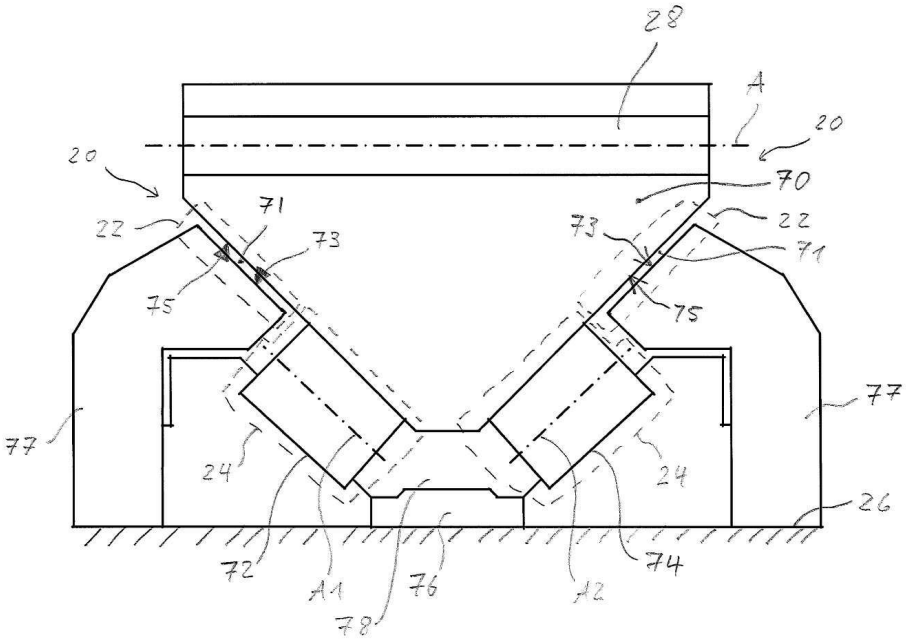
도면5



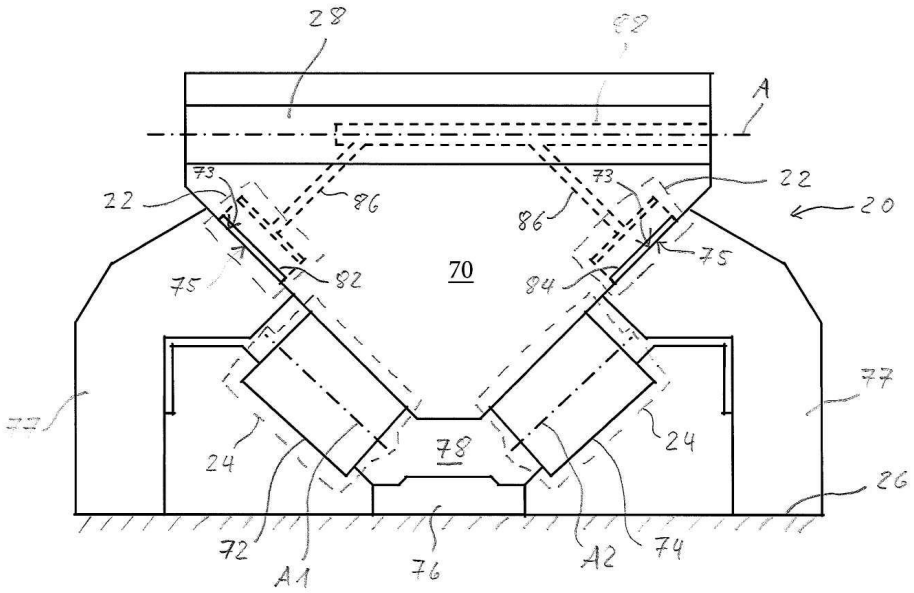
도면6


4
22
20
24
50
52
28
F > F1- Fmin
26
26
F1
F- F1

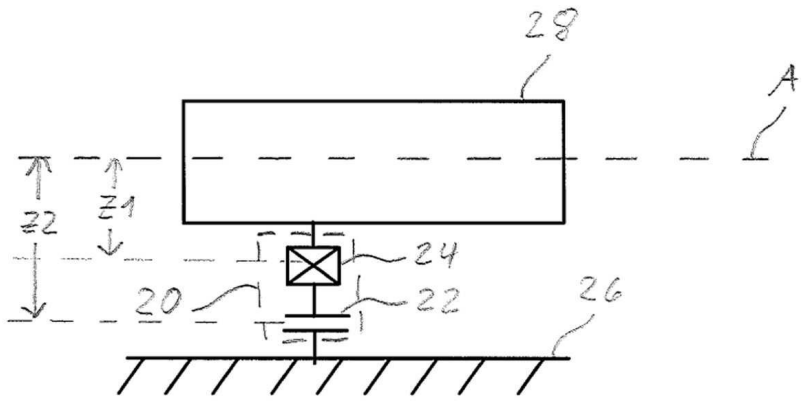
도면7


28
A
20
20
70
22
71
73
73
22
71
75
75
77
77
24
24
26
72
A1
76
78
A2
74

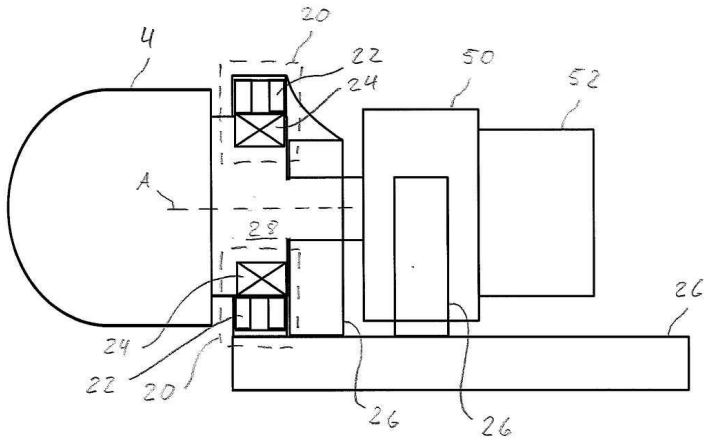
도면8


28
A
22
20
73
86
75
82
70
84
77
24
78
26
72
A1
76
A2
74

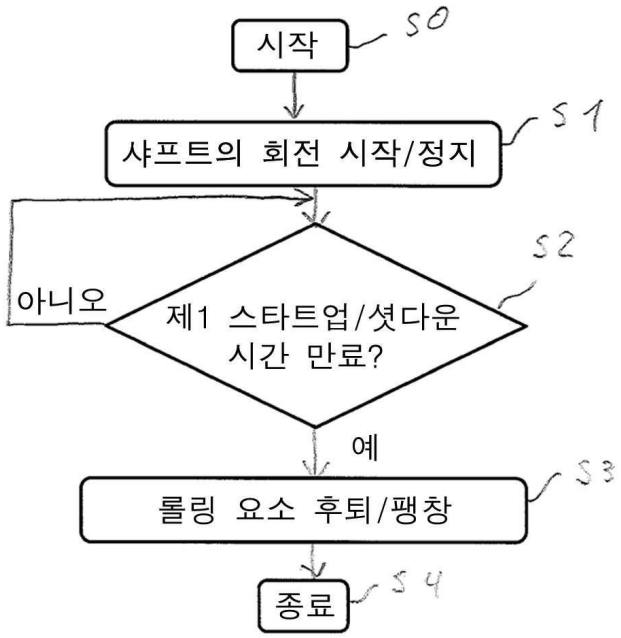
도면9


28
A
Z2
Z1
24
20
22
26

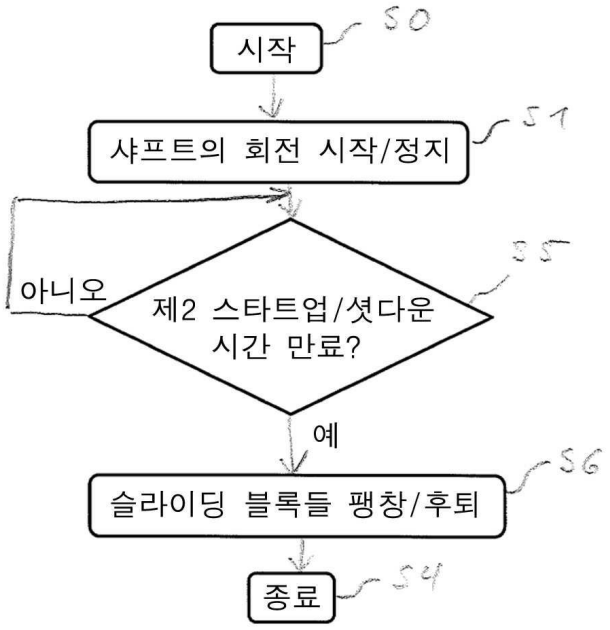
도면10


4
20
22
24
50
52
A
28
24
22
20
26
26
26

도면11



도면12



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 11의 1행 내지 2행

【변경전】

메인 샤프트를 포함하는 구동 트레인을 갖는 풍력 발전기서

【변경후】

메인 샤프트를 포함하는 구동 트레인을 갖는 풍력 발전기에서