



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0040713
(43) 공개일자 2014년04월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F03D 1/02 (2006.01) F03D 1/04 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-7029364
(22) 출원일자(국제) 2012년04월05일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2013년11월05일
(86) 국제출원번호 PCT/GB2012/050771
(87) 국제공개번호 WO 2012/137008
국제공개일자 2012년10월11일
(30) 우선권주장
1105779.1 2011년04월05일 영국(GB)

(71) 출원인
아나카타 윈드 파워 리소시즈 에스.에이.알.엘
스위스 체하-2035 코르셀레스 레스 바르네즈 피오
박스 169
(72) 발명자
우드 벤 데이비드
영국 옥스포드 옥스포드웨어 오엑스1 1비와이 뉴
로드 옥스포드 센터 휘 이노베이션 오피스 에프1
다이나믹 엘티디
(74) 대리인
박장원

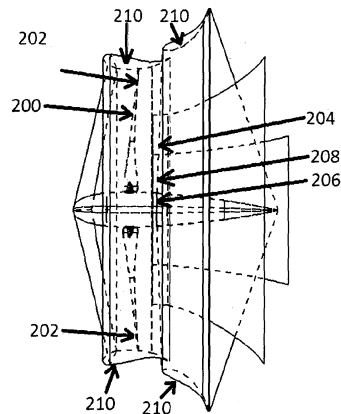
전체 청구항 수 : 총 32 항

(54) 발명의 명칭 디퓨저 부착형 풍력 터빈

(57) 요약

디퓨저가 부착된 풍력 터빈이 개시된다. 일 실시예에서, 풍력 터빈 디퓨저는 디퓨저 출구 면적이 그의 단면적보다 큰 확장된 출구 면적을 구비한다. 일 실시예에서, 디퓨저는 하나 이상의 디퓨저 링으로 구성되며 이러한 디퓨저 링 중 적어도 하나는 터빈 카울링을 형성한다. 상기 하나 이상의 디퓨저 링 각각의 입구 면적은 그의 바로 업스트림에 있는 디퓨저 링의 출구의 면적보다 작다. 일 실시예에서, 다운스트림 링에 의해서 막히지 않는 업스트림 링의 출구 부분은 디퓨저 출구를 형성하며 이로써 디퓨저의 전체 출구 면적은 그의 단면적보다 크게 된다. 다른 실시예에서, 디퓨저는 적어도 하나의 디퓨저 링 및 통풍구에 각각 연결된 하나 이상의 흡기 슬롯을 구비하며, 상기 통풍구는 공기가 디퓨저 시스템으로부터 분리되게 한다.

대표도 - 도2



특허청구의 범위

청구항 1

디퓨저가 부착된 수평 축 풍력 터빈으로서,

상기 디퓨저가, 터빈 로터 카울링을 형성하도록 구성되고 입구 및 출구를 구비하며 상기 출구의 면적이 상기 입구의 면적보다 크거나 같은 제1 디퓨저 링과, 상기 제1 디퓨저 링과 동축으로 구성되며 상기 제1 디퓨저 링으로부터 다운스트림에 있는 하나 이상의 다른 디퓨저 링을 포함하며, 상기 하나 이상의 다른 디퓨저 링 각각이 입구 및 출구를 구비하고, 상기 하나 이상의 다른 디퓨저 링 각각의 입구 면적이 그의 바로 업스트림에 있는 디퓨저 링의 출구의 면적보다 작으며, 상기 하나 이상의 다른 디퓨저 링 각각의 출구의 면적이 그의 입구의 면적보다 크거나 동일하며,

상기 제1 디퓨저 링 및 상기 적어도 하나의 다른 디퓨저 링 모두가 상기 수평 축을 중심으로 회전 가능하지 않을 경우에, 상기 디퓨저의 총 출구 면적은 자신의 최대 단면적보다 큰, 디퓨저 부착형 수평 축 풍력 터빈.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 디퓨저가 하나 이상의 통풍 구조물(vent structure) 및 하나 이상의 흡기 슬롯(suction slot)을 더 포함하고, 상기 하나 이상의 통풍 구조물이 상기 제1 디퓨저 링의 외부 표면에 위치하며, 상기 각 통풍 구조물이 하나 이상의 흡기 슬롯에 연결되고, 상기 흡기 슬롯이 상기 제1 디퓨저 링의 전체 두께에 걸쳐 실질적으로 방사 방향으로 연장된, 디퓨저 부착형 수평 축 풍력 터빈.

청구항 3

디퓨저가 부착된 수평 축 풍력 터빈으로서,

상기 디퓨저가, 터빈 로터 카울링을 형성하도록 구성되고 입구 및 출구를 구비하며 상기 출구의 면적이 상기 입구의 면적보다 크거나 같은 제1 디퓨저 링과, 하나 이상의 통풍 구조물(vent structure) 및 하나 이상의 흡기 슬롯(suction slot)을 포함하고, 상기 하나 이상의 통풍 구조물이 상기 제1 디퓨저 링의 외부 표면에 위치하며, 하나 이상의 흡기 슬롯에 각각 연결되고, 상기 흡기 슬롯이 상기 제1 디퓨저 링의 전체 두께에 걸쳐서 실질적으로 방사 방향으로 연장되며,

상기 제1 디퓨저 링이 상기 수평 축을 중심으로 회전 가능하지 않을 경우에, 상기 디퓨저의 전체 출구 면적이 자신의 최대 단면적보다 큰, 디퓨저 부착형 수평 축 풍력 터빈.

청구항 4

디퓨저가 부착된 수평 축 풍력 터빈으로서,

상기 디퓨저가, 터빈 로터 카울링을 형성하도록 구성되며 입구 및 출구를 구비하는 제1 디퓨저 링과, 상기 제1 디퓨저 링이 상기 수평 축을 중심으로 회전 가능하지 않을 경우에, 상기 출구의 면적이 상기 입구의 면적보다 크거나 같고,

상기 제1 디퓨저 링 출구의 후미 에지에 배열된 하나 이상의 와류 유도 장치를 포함하는, 디퓨저 부착형 수평 축 풍력 터빈.

청구항 5

제 3 항 또는 제 4 항에 있어서,

상기 디퓨저가 상기 제1 디퓨저 링에 동축으로 구성되며 상기 제1 디퓨저 링의 다운스트림에 있는 하나 이상의 다른 디퓨저 링을 더 포함하고, 상기 하나 이상의 다른 디퓨저 링 각각이 출구 및 입구를 가지며, 상기 하나 이상의 디퓨저 링 각각의 입구 면적이 자신의 바로 업스트림에 있는 디퓨저 링의 출구 면적보다 작으며, 상기 하나 이상의 다른 디퓨저 링 각각이 상기 수평 축을 중심으로 회전이 가능하지 않을 경우, 상기 하나 이상의 다른 디퓨저 링 각각의 출구 면적이 자신의 입구 면적보다 크거나 같은, 디퓨저 부착형 수평 축 풍력 터빈.

청구항 6

제 4 항 또는 제 5 항에 있어서,

상기 디퓨저가 하나 이상의 통풍 구조물(vent structure) 및 하나 이상의 흡기 슬롯(suction slot)을 더 포함하고, 상기 하나 이상의 통풍 구조물이 상기 제1 디퓨저 링의 외부 표면에 위치하며, 상기 각 통풍 구조물이 하나 이상의 흡기 슬롯에 연결되고, 상기 흡기 슬롯이 상기 제1 디퓨저 링의 전체 두께에 걸쳐 실질적으로 방사 방향으로 연장된, 디퓨저 부착형 수평 축 풍력 터빈.

청구항 7

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 디퓨저 링의 총 디퓨저 출구 면적의 상기 제1 디퓨저 링의 입구 면적에 대한 비가 상기 최대 디퓨저 단면적의 상기 제1 디퓨저 링의 입구 면적에 대한 비보다 큰, 디퓨저 부착형 수평 축 풍력 터빈.

청구항 8

제 2 항, 제 3 항, 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 통풍 구조물이 단면상 에어로 포일 프로파일(aerofoil profile)을 갖도록 이격된 중공형 채널 구조물인, 디퓨저 부착형 수평 축 풍력 터빈.

청구항 9

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,

중심 축을 더 포함하는, 디퓨저 부착형 수평 축 풍력 터빈.

청구항 10

제 1 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 있어서,

제1 단부가 상기 디퓨저의 제1 부분에 연결되고 제2 단부가 상기 제2 디퓨저의 제2 단부 또는 상기 중심 축에 연결되도록 구성된 복수의 방사 방향으로 배향된 가이드 베인(guide vane)을 더 포함하며, 상기 가이드 베인이 상기 디퓨저에 구조적 지지 구조물인 되도록 구성되는, 디퓨저 부착형 수평 축 풍력 터빈.

청구항 11

제 8 항에 있어서,

상기 가이드 베인이 상기 디퓨저를 통과하는 공기 흐름의 트위스트(twist)를 줄이도록 구성되며, 상기 가이드 베인이 상기 터빈 면의 업스트림에 위치하는 전방 회전 베인 및/또는 상기 터빈 면의 다운스트림에 배치되는 후방 회전 베인 중 적어도 하나를 포함하는, 디퓨저 부착형 수평 축 풍력 터빈.

청구항 12

제 1 항 내지 제 11 항 중 어느 한 항에 있어서,

제1 터빈 로터를 형성하는 하나 이상의 터빈 블레이드를 더 포함하는, 디퓨저 부착형 수평 축 풍력 터빈.

청구항 13

제 1 항 내지 제 12 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 디퓨저가 적어도 일부가 공탄성 재료로 구성되며 풍력 부하 하에서 제어되는 변형을 제공하도록 구성되는, 디퓨저 부착형 수평 축 풍력 터빈.

청구항 14

제 12 항에 있어서,

상기 제1 터빈 로터를 형성하는 하나 이상의 터빈 블레이드가 적어도 일부가 공탄성 재료로 구성되며 풍력 부하

하에서 제어되는 변형을 제공하도록 구성되는, 디퓨저 부착형 수평 축 풍력 터빈.

청구항 15

제 1 항 내지 제 14 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 디퓨저는 와류 생성기를 포함하는, 디퓨저 부착형 수평 축 풍력 터빈.

청구항 16

제 1 항, 제 5 항 또는 제 1 항 또는 제 5 항을 인용하는 제 6 항 내지 제 15 항 중 어느 한 항에 있어서,

다운스트림 방향에서, 상기 하나 이상의 다른 디퓨저 링 각각이 자신의 바로 선행하는 디퓨저 링보다 낮은 캠버(camber)를 갖는, 디퓨저 부착형 수평 축 풍력 터빈.

청구항 17

제 1 항 내지 제 16 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 디퓨저가 상기 제1 디퓨저 링의 적어도 부분적 두께에 걸쳐 그 내부 표면으로부터 연장되는 하나 이상의 슬롯 겹을 더 포함하는, 디퓨저 부착형 수평 축 풍력 터빈.

청구항 18

제 17 항에 있어서,

상기 하나 이상의 슬롯 겹 및/또는 하나 이상의 흡기 슬롯이 크게 캠버링된(cambered) 상기 제1 디퓨저 링의 내부 영역 상에 배치되는, 디퓨저 부착형 수평 축 풍력 터빈.

청구항 19

제 17 항에 있어서,

상기 하나 이상의 슬롯 겹이 상기 제1 디퓨저 링의 전체 두께에 걸쳐 연장되는, 디퓨저 부착형 수평 축 풍력 터빈.

청구항 20

제 17 항 내지 제 19 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 디퓨저 링이 상기 하나 이상의 슬롯 겹 및/또는 하나 이상의 흡기 슬롯에 연결되는 플레넘 챔버(plenum chamber)를 포함하는, 디퓨저 부착형 수평 축 풍력 터빈.

청구항 21

제 20 항에 있어서,

공기가 상기 플레넘 챔버 내부로 능동적으로 펌핑되거나 밖으로 흡기되는, 디퓨저 부착형 수평 축 풍력 터빈.

청구항 22

제 12 항 내지 제 21 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 터빈 로터 블레이드가 공기 흐름의 경계층에서 터블런스(turbulence)를 유발하는 재료로 구성되는, 디퓨저 부착형 수평 축 풍력 터빈.

청구항 23

제 12 항 내지 제 22 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 터빈 로터 블레이드가 적어도 하나의 부착된 터블레이터 및/또는 적어도 하나의 부착된 와류 생성기를 갖는, 디퓨저 부착형 수평 축 풍력 터빈.

청구항 24

제 12 항 내지 제 23 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 하나 이상의 터빈 로터 블레이드가 부분적으로 스칼로프된(scalloped) 구조물을 갖는, 디퓨저 부착형 수평 축 풍력 터빈.

청구항 25

제 12 항 내지 제 24 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 터빈 로터가 상기 터빈의 주 수직 축의 다운스트림에 있는, 디퓨저 부착형 수평 축 풍력 터빈.

청구항 26

제 12 항 내지 제 25 항 중 어느 한 항에 있어서,

하나 이상의 다른 터빈 로터를 포함하며, 상기 하나 이상의 다른 터빈 로터 각각이 상기 제1 터빈 로터에 대해서 동축으로 구성되며 상기 제1 터빈 로터의 다운스트림에 존재하는 하나 이상의 터빈 로터 블레이드를 포함하는, 디퓨저 부착형 수평 축 풍력 터빈.

청구항 27

제 22 항에 있어서,

상기 하나 이상의 다른 터빈 로터가 역 회전 터빈 로터인, 디퓨저 부착형 수평 축 풍력 터빈.

청구항 28

제 22 항 또는 제23 항에 있어서,

상기 하나 이상의 터빈 로터의 하나 이상의 터빈 블레이드가 적어도 일부는 공탄성 재료로 구성되며 풍력 부하에서 제어되는 변형을 제공하도록 구성되는, 디퓨저 부착형 수평 축 풍력 터빈.

청구항 29

제 4 항 내지 제 27 항 중 어느 한 항에 있어서,

하나 이상의 다른 동적 공탄성 와류 유도 장치가 상기 디퓨저의 다른 후미 에지에 부착되는, 디퓨저 부착형 수평 축 풍력 터빈.

청구항 30

제 1 항 내지 제 29 항 중 어느 한 항에 있어서,

발전기를 포함하며, 상기 발전기가 발전기 스테이터 및 발전기 로터를 포함하고, 상기 발전기 스테이터와 로터 중 어느 하나가 상기 하나 이상의 디퓨저 링 내에 포함되거나 이에 고정되며, 상기 발전기 스테이터와 로터 중 다른 하나가 상기 적어도 하나의 터빈 블레이드의 선단에 포함되거나 이에 고정되는, 디퓨저 부착형 수평 축 풍력 터빈.

청구항 31

제 1 항 내지 제 30 항 중 어느 한 항에 있어서,

지상 기반 터빈, 해상 기반 터빈 또는 공중 부양 터빈인 디퓨저 부착형 수평 축 풍력 터빈.

청구항 32

첨부된 도면을 참조하여 실질적으로 기술되고 도시된 디퓨저 부착형 수평 축 풍력 터빈.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 로터 면으로의 공기 흐름을 가속화시키기 위해서 디퓨저가 부착된 풍력 터빈 또는 덕트 장치를 구비한 풍력 터빈에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 본 명세서에 명백하게 종래 기술로서 공지된 문헌들을 열거하거나 논의한다고 하여 이러한 문헌들이 반드시 최신 기술의 일부이거나 통상적인 일반적인 지식에 불과한 것을 인정하는 것은 아니다.

[0003] 풍력 터빈은 가령 바람을 이용하여 터빈 로터 블레이드를 회전시켜서 (바람으로부터의) 운동 에너지를 기계적 에너지로 변환시키는 데 사용되는 장치이다. 고전적인 풍력 터빈의 일 실시예는 터빈 로터 블레이드가 부착된 수평 중심 허브 내의 전기 발전기를 포함하는 수평 축 풍력 터빈이다. 이 수평 축 풍력 터빈은 토크 에너지를 발전기 허브로 전달하고 이 발전기 허브는 이 토크 에너지를 발전기를 통해서 전기 에너지로 변환시킨다. 그러나, 디퓨저(diffuser)가 부착되지 않은 고전적 풍력 터빈은 바람으로부터 자신이 변환시킬 수 있는 에너지 양에 있어서 한계가 있다. 즉, 베츠(Betz)의 법칙에 의하면, 고전적 풍력 터빈에서, 공기 흐름이 축 방향이며 자유 유동인 경우에, 바람으로부터의 운동 에너지의 59.3 % 이상이 기계적 에너지로 변환되지 않는다.

[0004] 풍력 터빈 디퓨저는 터빈의 로터 면으로 들어가는 공기의 속도를 증가시켜서 임의의 소정의 터빈의 동력 출력 및 효율을 증가시키는 데 사용될 수 있다. 통상적인 디퓨저는 풍력 속도의 상대적인 완전한 증가(이로써, 동력 출력 및 효율 증가)를 유도하기 위해서 풍력 터빈의 출구 면적을 크게 확장시킬 필요가 있다. 이렇게 출구 면적이 확장되면 터빈의 후방에서의 공기 압력이 저감되어 터빈 로터 블레이드에 걸쳐서 공기가 가속화되게 된다. 그러나, 풍력 터빈의 출구 면적이 확장되면 일반적으로 터빈을 두르는 비경제적이면서 높은 항력이 가해지는 대형의 카울링(cowling)이 사용되게 된다. 미국 특허 출원 공개 제2005/0002783 A1은 출구 면적이 확장된 디퓨저가 부착된 풍력 터빈을 개시하고 있다.

[0005] 통상적인 풍력 터빈 디퓨저의 다른 실시예는 디퓨저의 후방부로 높은 에너지의 공기를 이끄는 믹서 이젝터 시스템(mixer-ejector system)을 사용하는 디퓨저이다. 이론상, 이 시스템은 풍력 터빈 후방의 공기 압력을 저감시켜서 보다 많은 공기가 터빈 로터 면을 지나가게 하여 동력 출력 및 효율을 증가시킨다. 그러나, 이 믹서 이젝터 시스템은 실제로 터빈을 통과하는 공기의 속도를 크게 증가시키지 못하여 동력 출력 및 효율을 크게 증대시키지 못한다. WO 2010/036678 A1은 이러한 믹서 이젝터(MEWT) 풍력 터빈을 개시하고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 목적은 디퓨저가 부착된 풍력 터빈을 개시한다.

과제의 해결 수단

[0007] 일 실시예에서, 풍력 터빈은 터빈 로터를 포함하며, 터빈 로터는 하나 이상의 터빈 블레이드 및 디퓨저를 구비한다. 디퓨저의 어떠한 구성 요소도 수평 축을 중심으로 회전이 가능하지 않을 경우에, 디퓨저는 디퓨저의 출구 면적이 그의 단면적보다 큰 확장된 출구 면적을 구비하게 된다. 일 실시예에서, 디퓨저는 하나 이상의 디퓨저 링으로 구성되며 이러한 디퓨저 링 중 적어도 하나는 터빈 카울링을 형성한다. 상기 하나 이상의 디퓨저 링 각각의 입구 면적은 그의 바로 업스트림에 있는 디퓨저 링의 출구의 면적보다 작다. 일 실시예에서, 다운스트림 링에 의해서 막히지 않는 업스트림 링의 출구의 부분은 디퓨저 출구를 형성하며 이로써 디퓨저의 총 출구 면적은 그의 단면적보다 크게 된다. 다른 실시예에서, 디퓨저는 적어도 하나의 디퓨저 링 및 통풍구에 각각 연결된 하나 이상의 흡기 슬롯을 구비하며, 상기 통풍구는 공기가 디퓨저 시스템으로부터 분리되게 한다.

[0008] 본 발명의 일 국면은 수평 축을 중심으로 회전하지는 않지만 수직 축을 중심으로 회전하는 디퓨저에 관한 것이다. 이 디퓨저는 입구 및 출구를 갖는 디퓨저 링을 포함하며, 상기 출구 면적과 입구 면적은 동일하거나 출구 면적이 입구 면적보다 클 수 있으며, 또한 상기 디퓨저는 하나 이상의 다른 디퓨저 링을 포함하며, 이 하나 이상의 다른 디퓨저 링 각각은 입구 및 출구를 가지며, 하나 이상의 다른 디퓨저 링 각각의 입구 면적은 그의 바로 업스트림에 있는 디퓨저 링의 출구 면적보다 작으며 하나 이상의 다른 디퓨저 링 각각의 출구 면적은 그의 입구 면적보다 크거나 같으며, 상기 제1 디퓨저 링과 상기 하나 이상의 다른 디퓨저 링 모두가 수평 축을 중심으로 회전이 가능하지 않을 경우에 상기 디퓨저의 총 출구 면적은 그의 최대 단면적보다 크다.

[0009] 일 실시예에서, 디퓨저는 하나 이상의 통풍 구조물 및 하나 이상의 흡기 슬롯을 더 포함하며, 상기 하나 이상의

통풍 구조물은 상기 제1 디퓨저 링의 외부 표면 상에 위치하고 각 통풍 구조물은 흡기 슬롯에 연결되며 흡기 슬롯은 상기 제1 디퓨저 링의 전체 두께에 걸쳐서 실질적으로 방사 방향으로 연장되어 있다.

[0010] 본 발명의 다른 국면에서, 상기 디퓨저(가령, 풍력 터빈에서 사용되는 디퓨저)는 입구 및 출구를 구비하며 상기 출구의 면적은 상기 입구의 면적보다 크거나 같은 제1 디퓨저 링과, 하나 이상의 통풍 구조물(vent structure) 및 하나 이상의 흡기 슬롯(suction slot)을 포함하고, 상기 하나 이상의 통풍 구조물은 상기 제1 디퓨저 링의 외부 표면에 위치하며, 상기 각 통풍 구조물은 하나 이상의 흡기 슬롯에 연결되고, 상기 흡기 슬롯은 상기 제1 디퓨저 링의 전체 두께에 걸쳐서 실질적으로 방사 방향으로 연장되며, 상기 제1 디퓨저 링이 상기 수평 축을 중심으로 회전이 가능하지 않을 경우에, 상기 디퓨저의 총 출구 면적은 자신의 최대 단면적보다 크다.

[0011] 다른 실시예에서, 상기 디퓨저는 상기 제1 디퓨저 링에 동축으로 구성되며 상기 제1 디퓨저 링의 다운스트림에 있는 하나 이상의 다른 디퓨저 링을 더 포함하고, 상기 하나 이상의 다른 디퓨저 링 각각은 출구 및 입구를 가지며, 상기 하나 이상의 디퓨저 링 각각의 입구 면적은 자신의 바로 업스트림에 있는 디퓨저 링의 출구 면적보다 작으며, 상기 하나 이상의 다른 디퓨저 링 각각이 상기 수평 축을 중심으로 회전이 가능하지 않을 경우에, 상기 하나 이상의 다른 디퓨저 링 각각의 출구 면적은 자신의 입구 면적보다 크거나 같다.

[0012] 본 발명의 다른 국면에서, 디퓨저가 부착된 수평 축 풍력 터빈이 개시되며, 이 디퓨저는 터빈 로터 카울링을 형성하도록 구성된 제1 디퓨저 링을 포함하고, 상기 제1 디퓨저 링은 입구 및 출구를 가지며, 상기 출구 면적은 상기 입구 면적과 같거나 크며, 상기 디퓨저는 하나 이상의 다른 디퓨저 링을 더 포함하고, 이 하나 이상의 다른 디퓨저 링 각각은 상기 제1 디퓨저 링에 대해서 동축으로 구성되며, 상기 제1 디퓨저 링의 다운스트림에 존재하고, 상기 하나 이상의 디퓨저 링 각각은 입구 및 출구를 가지며, 하나 이상의 다른 디퓨저 링 각각의 입구 면적은 그의 바로 업스트림에 있는 디퓨저 링의 출구 면적보다 작고, 하나 이상의 다른 디퓨저 링 각각의 출구 면적은 그의 입구 면적보다 크거나 같으며, 상기 제1 디퓨저 링과 상기 하나 이상의 다른 디퓨저 링 모두가 수평 축을 중심으로 회전이 가능하지 않을 경우에 상기 디퓨저의 총 출구 면적은 그의 최대 단면적보다 크다.

[0013] 다른 실시예에서, 상기 풍력 터빈은 하나 이상의 통풍 구조물(vent structure) 및 하나 이상의 흡기 슬롯(suction slot)을 더 포함하고, 상기 하나 이상의 통풍 구조물은 상기 제1 디퓨저 링의 외부 표면에 위치하며, 상기 각 통풍 구조물은 하나 이상의 흡기 슬롯에 연결되고, 상기 흡기 슬롯은 상기 제1 디퓨저 링의 전체 두께에 걸쳐서 실질적으로 방사 방향으로 연장된다.

[0014] 본 발명의 다른 국면에 따라서, 디퓨저가 부착된 수평 축 풍력 터빈이 개시되고, 이 디퓨저는 터빈 로터 카울링을 형성하도록 구성된 제1 디퓨저 링을 포함하며, 상기 제1 디퓨저 링은 입구 및 출구를 가지고, 상기 디퓨저는 하나 이상의 통풍 구조물(vent structure) 및 하나 이상의 흡기 슬롯(suction slot)을 더 포함하고, 상기 하나 이상의 통풍 구조물은 상기 제1 디퓨저 링의 외부 표면에 위치하며, 상기 각 통풍 구조물은 하나 이상의 흡기 슬롯에 연결되고, 상기 흡기 슬롯은 상기 제1 디퓨저 링의 전체 두께에 걸쳐서 실질적으로 방사 방향으로 연장되며, 상기 제1 디퓨저 링이 상기 수평 축을 중심으로 회전이 가능하지 않을 경우에, 상기 디퓨저의 총 출구 면적은 자신의 최대 단면적보다 크다.

[0015] 본 발명의 다른 국면에 따라서, 디퓨저가 부착된 수평 축 풍력 터빈으로써, 상기 디퓨저는 터빈 로터 카울링을 형성하도록 구성되며 입구 및 출구를 구비하는 제1 디퓨저 링-상기 제1 디퓨저 링이 상기 수평 축을 중심으로 회전 가능하지 않을 경우에, 상기 출구의 면적은 상기 입구의 면적보다 크거나 같음-과, 상기 제1 디퓨저 링의 출구의 후미 에지에 배열된 하나 이상의 와류 유도 장치를 포함한다.

[0016] 본 발명의 다른 실시예에서, 상기 디퓨저는 하나 이상의 다른 디퓨저 링을 포함하며, 이 하나 이상의 다른 디퓨저 링 각각은 상기 제1 디퓨저 링에 대해서 동축으로 구성되고 상기 제1 디퓨저 링의 다운스트림에 존재하며, 상기 하나 이상의 디퓨저 링 각각은 입구 및 출구를 가지며, 하나 이상의 다른 디퓨저 링 각각의 입구 면적은 그의 바로 업스트림에 있는 디퓨저 링의 출구 면적보다 작으며, 상기 제1 디퓨저 링과 상기 하나 이상의 다른 디퓨저 링 모두가 수평 축을 중심으로 회전이 가능하지 않을 경우에 상기 하나 이상의 다른 디퓨저 링 각각의 출구 면적은 그의 입구 면적보다 크거나 같다.

[0017] 다른 실시예에서, 상기 디퓨저는 하나 이상의 통풍 구조물(vent structure) 및 하나 이상의 흡기 슬롯(suction slot)을 더 포함하며, 상기 하나 이상의 통풍 구조물은 상기 제1 디퓨저 링의 외부 표면에 위치하며, 상기 각 통풍 구조물은 하나 이상의 흡기 슬롯에 연결되며, 상기 흡기 슬롯은 상기 제1 디퓨저 링의 전체 두께에 걸쳐서 실질적으로 방사 방향으로 연장된다.

[0018] 상기 제1 디퓨저 링의 총 디퓨저 출구 면적의 상기 제1 디퓨저 링의 입구 면적에 대한 비는 상기 최대 디퓨저

단면적의 상기 제1 디퓨저 링의 입구 면적에 대한 비보다 크다.

- [0019] 상기 통풍 구조물은 단면상 에어로 포일 프로파일(aerofoil profile)을 갖도록 성형된 중공형 채널 구조물일 수 있다.
- [0020] 상기 풍력 터빈은 제1 단부가 상기 디퓨저의 제1 부분에 연결되고 제2 단부가 상기 제2 디퓨저의 제2 단부 또는 상기 중심 축에 연결되도록 구성된 복수의 방사 방향으로 배향된 가이드 베인(guide vane)을 포함하고, 상기 가이드 베인은 상기 디퓨저에 지지 구조물이 되도록 구성되며, 상기 가이드 베인은 상기 디퓨저를 통과하는 공기 흐름의 트위스트(twist)를 줄이도록 구성되고, 상기 가이드 베인은 상기 터빈 면의 업스트림에 위치하는 전방 회전 베인 및/또는 상기 터빈 면의 다운스트림에 배치되는 후방 회전 베인 중 적어도 하나를 포함한다.
- [0021] 상기 풍력 터빈은 제1 터빈 로터를 형성하는 하나 이상의 터빈 블레이드를 포함하고, 상기 디퓨저는 적어도 일부가 공탄성 재료로 구성되며 풍력 부하 하에서 제어되는 변형을 제공하도록 구성된다. 상기 제1 터빈 로터를 형성하는 하나 이상의 터빈 블레이드는 적어도 일부가 공탄성 재료로 구성되며 풍력 부하 하에서 제어되는 변형을 제공하도록 구성된다.
- [0022] 다운스트림 방향에서, 상기 하나 이상의 다른 디퓨저 링 각각은 자신의 바로 선행하는 디퓨저 링보다 낮은 캠버(camber)를 갖는다.
- [0023] 상기 풍력 터빈의 디퓨저는 상기 제1 디퓨저 링의 적어도 부분적 두께에 걸쳐서 그 내부 표면으로부터 연장되는 하나 이상의 슬롯 갭을 포함하며, 선택 사양적으로 상기 하나 이상의 슬롯 갭은 상기 제1 디퓨저 링의 전체 두께에 걸쳐서 연장된다. 상기 하나 이상의 슬롯 갭 및/또는 하나 이상의 흡기 슬롯은 크게 캠버링된(cambered) 상기 제1 디퓨저 링의 내부 영역 상에 배치된다. 상기 제1 디퓨저 링은 상기 하나 이상의 슬롯 갭 및/또는 하나 이상의 흡기 슬롯에 연결되는 플레넘 챔버(plenum chamber)를 포함하며, 공기가 상기 플레넘 챔버 내부로 능동적으로 펌핑되거나 밖으로 흡기된다.
- [0024] 상기 적어도 하나의 터빈 로터 블레이드는 공기 흐름의 경계 층에서 터블런스(turbulence)를 유발하는 재료로 구성된다. 상기 적어도 하나의 터빈 로터 블레이드는 적어도 하나의 부착된 터블레이터 및/또는 적어도 하나의 부착된 와류 생성기를 갖는다. 상기 하나 이상의 터빈 로터 블레이드는 부분적으로 스칼로프된(scalloped) 구조물을 갖는다.
- [0025] 상기 터빈 로터는 상기 터빈의 주 수직 축의 다운스트림에 있을 수 있다. 상기 하나 이상의 다른 터빈 로터 각각은 상기 제1 터빈 로터에 대해서 동축으로 구성되며 상기 제1 터빈 로터의 다운스트림에 존재하는 하나 이상의 터빈 로터 블레이드를 포함할 수 있다. 상기 하나 이상의 다른 터빈 로터는 역 회전 터빈 로터일 수 있다. 상기 하나 이상의 터빈 로터의 하나 이상의 터빈 블레이드는 적어도 일부가 공탄성 재료로 구성되며 풍력 부하 하에서 제어되는 변형을 제공하도록 구성될 수 있다.
- [0026] 하나 이상의 다른 동적 공탄성 와류 유도 장치가 상기 디퓨저의 다른 후미 에지에 부착될 수 있다. 전술한 디퓨저 부착형 수평 축 풍력 터빈은 하나 이상의 발전기를 포함하며, 상기 하나 이상의 발전기는 발전기 스테이터 및 발전기 로터를 포함하고, 상기 발전기 스테이터와 로터 중 어느 하나는 상기 하나 이상의 디퓨저 링 내에 포함되거나 이에 고정되며, 상기 발전기 스테이터와 로터 중 다른 하나는 상기 적어도 하나의 터빈 블레이드의 선단에 포함되거나 이에 고정될 수 있다. 상기 풍력 터빈은 지상 기반 터빈, 해상 기반 터빈 또는 공중 부양 터빈일 수 있다.
- [0027] 본 발명의 풍력 터빈은 실질적으로 첨부된 도면에 도시되고 이를 참조하여서 기술된 풍력 터빈일 수 있다.
- [0028] 수반된 많은 특징들은 다음의 첨부 도면과 관련하여 고려되는 다음의 상세한 설명 부분을 참조하면 보다 명확하게 이해될 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0029] 본 발명은 첨부 도면을 참조하여 기술된 다음의 상세한 설명으로부터 보다 명확하게 이해될 것이다.
- 도 1은 다수의 디퓨저 링을 갖는 디퓨저 실시예의 측면도다.
- 도 2는 파선으로 표시된 내부 구조를 갖는 디퓨저 부착형 풍력 터빈의 측면도이다.
- 도 3은 도 2의 디퓨저에서의 슬롯 갭의 예시적인 확대도이다.

도 4는 부착된 와류 생성기를 갖는 디퓨저를 나타내고 있다.

도 5는 도 2의 디퓨저와 같은 디퓨저의 후방에 대응하는 도면이다.

도 6은 와류 유도 시스템의 예시적인 도면이다.

도 7은 다수의 통풍구를 갖는 디퓨저 실시예의 전방에 대응하는 도면이다.

도 8은 도 7에 도시된 다수의 통풍구를 갖는 디퓨저 실시예의 후방에 대응하는 도면이다.

도 9는 통풍 구조물의 예시적인 도면이다.

도 10은 동축 로터를 갖는 디퓨저 부착형 풍력 터빈의 측면도이다.

유사한 참조 부호는 첨부 도면에서 유사한 구성 요소를 나타내는 데 사용된다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0030] 통상적인 수평 축 풍력 터빈은 전력을 상업적으로 생산하기 위해서 풍력 발전 지역에서 사용된다. 이는 통상적으로 터빈 축에 위치한 발전기에 연결된 3 개의 블레이드형 터빈 로터를 포함한다.
- [0031] 바람이 풍력 터빈 로터의 블레이드를 거쳐서 흐를 때, 양력이 블레이드에 의해서 생성되어 터빈 로터가 돌게 되고 이로써 부착된 전기 발전기로부터 전기가 생산된다(가령, 전기 발전기는 저속 구동 축, 기어 박스 및 발전기 축을 포함한다). 그러므로, 터빈 로터가 회전하며 기어 박스에 부착된 저속 구동 축을 회전시키고 그리하여 발전기 축을 전기를 생산하는 데 요구되는 속도로 회전시키게 된다.
- [0032] 터빈 로터 블레이드에 의해서 생성된 항력은 그의 공격 각도 및 형상의 함수일 수 있다.
- [0033] 요 시스템(yaw system)이 사용되어 터빈 로터를 움직이고 바람 방향으로 향하도록 함으로써 베츠(Betz) 법칙에 따른 가능한 최고의 효율을 달성하게 된다. 이러한 포인팅 동작은 가령 풍력 베인을 사용하여서 수동으로 이루어지거나 가령 컴퓨터 제어형 요 제어 시스템을 사용하여 능동적으로 이루어질 수 있다.
- [0034] 공기 흐름을 수평 축 풍력 터빈을 향하게 그리고 이 터빈을 중심으로 증가시키기 위해서 디퓨저가 풍력 터빈에 부착될 수 있다. 시스템 효율은 터빈 로터 면을 통해 공기를 초 가속화시킴으로써 이론적인 베츠 법칙의 한계치를 넘어설 수 있다. 이는 출구에서 공기 압력을 감소시켜 터빈을 통해 공기가 가속화되게 함으로써 컴팩트한 확산 시스템을 통해서 공기를 추출함으로써 달성될 수 있다. 따라서, 출구에서 공기 압력을 줄이게 되면 이에 대응하여 입구에서 공기 속도가 증가하며 이로써 동력 출력 및 효율이 증가하게 된다.
- [0035] 통상적인 디퓨저 부착형 풍력 터빈에 있어서의 주요한 실제적 이슈는 효율을 크게 증대시키기 위한 속도로 공기를 가속화시키기 위해서 필요한 출구 면적을 크게 확장시키면 카울링의 체적이 커져서 제어하기가 불편하고 큰 공기 역학 부하를 생성한다는 것이다. 이러한 카울링을 사용하면 항력이 증가하고 풍력 터빈 지지 타워 상의 부하가 증가하게 된다. 또 이러한 터빈 생산에 필요한 비용 및 공간이 크게 증가하게 된다. 그리고 디퓨저의 가시성 프로파일(visibility profile)이 증가하게 되는 데 이는 풍력 터빈이 많은 사람들에게 흉하게 보일 수 있기 때문에 바람직하지 않다.
- [0036] 용어 "디퓨저 링"이 본 명세서에 사용될 때 이는 단면에 있어서 타원형 또는 특히 원형과 같은 임의의 적합한 구성과 관련된다. 2 개 이상의 디퓨저 링이 결합되어 사용될 때, 이 링은 서로 유체 연통 방식으로 되어 있으며 동축이거나 동축이 아닐 수도 있다.
- [0037] 용어 "클리어런스 영역(clearance region)"이 본 명세서에 사용될 때 이는 터빈 로터 블레이드에 의해서 스위핑(sweeping)되지 않는 디퓨저 링과 터빈 로터 블레이드 간의 디퓨저 내의 영역을 말한다.
- [0038] 용어 "공기역학적 힘"이 본 명세서에 사용될 때, 이 용어는 터빈 로터 블레이드에 걸쳐서 공기가 흐를 때 생성되는 힘을 말한다. 용어 "양력"은 본 명세서에 공기 흐름의 방향에 대해서 수직인 공기 역학적 힘의 성분을 말한다. 용어 "항력"은 본 명세서에 공기 흐름의 방향에 대해서 평행인 공기역학적 힘의 성분을 말한다.
- [0039] 용어 "요(yaw)"가 본 명세서에 사용될 때, 이 용어는 터빈의 수직 축을 중심으로 해서 돌아가는 풍력 터빈 로터의 움직임을 말한다.
- [0040] 용어 "나셀(nacelle)"은 본 명세서에 사용될 때, 이 용어는 수평 축을 중심으로 회전 가능하며 발전기 및/또는 기어 박스를 배장할 수 있는 터빈의 중심 축을 커버하는 커버를 말한다.

- [0041] 용어 "업스트림" 및 "다운스트림"은 본 명세서에 공기 흐름에 대한 방향을 표시하는 데 사용될 수 있다.
- [0042] 용어 "캠버(camber)"는 본 명세서에 가령 에어로 포일의 곡률의 측정치와 같은 공기 역학 캠버를 말한다. 이 캠버는 가령 에어로 포일의 상부 표면과 하부 표면 간의 중간에 있는 곡선인 캠버 라인을 사용하여 측정될 수 있다.
- [0043] 용어 "공탄성 재료"는 본 명세서에 풍력 부하 하에서 예측 가능한 제어형 변형을 생성하는 재료를 말한다. 사용될 수 있는 공탄성 재료의 비제한적인 예로는 카본 섬유, 섬유 강화 복합재, 금속 매트릭스 복합재, 에폭시계 복합재, 열가소성 복합재, 알루미늄, 직물, 압전 재료 또는 임의의 적합한 공탄성 재료 및 이들의 임의의 조합 등이 있다.
- [0044] 용어 "스탈링(stall)"은 본 명세서에 공격 각도가 증가함에 따라서 터빈 로터 블레이드에 의해서 생성되는 양력 저감을 말한다(공격 각도는 가령 코드 라인(chord line)과 같은 터빈 로터 블레이드 상의 기준 라인과 터빈 로터 블레이드와 터빈 로터 면을 따라 움직이는 공기 간의 상대적 이동을 나타내는 벡터 간의 각도이다). 임계 공격 각도를 넘어서면 항력보다 작은 양력이 생성된다.
- [0045] 용어 "피칭(pitch)"은 본 명세서에 터빈 로터 블레이드의 공격 각도를 바람 방향으로 향하게 하거나 바람 방향으로 향하지 않게 하여 동력의 생성 또는 흡수를 제어하는 것을 나타낸다.
- [0046] 용어 "실질적으로 방사 방향"은 본 명세서에 디퓨저의 중심점으로부터 외부로 연장되는 디퓨저 또는 풍력 터빈 성분이다. 그러나, 디퓨저의 성분이 그 프로파일에 있어서 선형이 될 필요는 없다.
- [0047] 본 실시예들이 본 명세서에 디퓨저 부착형 풍력 터빈에서 구현되는 것으로 기술 및 예시되겠지만, 기술되는 시스템은 오직 예시적일 뿐 한정적이지 않다. 본 기술 분야의 당업자들이 인정하듯이, 본 실시예들은 다양한 서로 다른 타입의 덕트형 로터에서 이용될 수 있다.
- [0048] 본 발명의 일 실시예에서, 디퓨저는 수평 축을 중심으로 정적이고(가령, 수평 축을 중심으로 회전 가능하지 않으며) 터빈 로터를 둘러싸는 카울링을 형성하도록 구성된 제1 디퓨저 링을 포함하며, 상기 터빈 로터는 하나 이상의 터빈 블레이드를 포함한다. 터빈 카울링 및 터빈 로터는 하나 이상의 터빈 로터 블레이드와 터빈 카울링 간의 클리어런스 영역(clearance region)이 존재하도록 서로 결합되게 구성된다. 일 실시예에서, 터빈 카울링의 내부 직경은 터빈 블레이드의 스위핑(sweeping) 직경보다 가령 2.5 내지 10 %만큼, 가령 5% 만큼 더 크다. 일 실시예에서, 디퓨저는 디퓨저 구조물이 풍력 방향을 따라서 360도 만큼 요잉하도록 요(yaw)를 통해서 풍력 터빈 슈퍼스트럭처(superstructure)에 부착될 수 있다.
- [0049] 다수의 디퓨저 링을 갖는 디퓨저에서, 제1 디퓨저 링은 입구 및 출구를 가지며, 출구 면적은 입구 면적보다 크거나 같다(가령, 출구 면적은 바람직하게는 입구 면적보다 크다). 디퓨저는 또한 상기 제1 디퓨저 링에 동축으로 구성되며 상기 제1 디퓨저 링의 다운스트림에 있는 하나 이상의 다른 디퓨저 링을 더 포함한다. 상기 하나 이상의 다른 디퓨저 링 각각은 입구 및 출구를 구비하고, 상기 하나 이상의 다른 디퓨저 링 각각의 입구 면적은 그의 바로 업스트림에 있는 디퓨저 링의 출구의 면적보다 작으며, 상기 하나 이상의 다른 디퓨저 링 각각의 출구의 면적은 그의 입구의 면적보다 크거나 동일하다. 가령, 가령, 상기 하나 이상의 다른 디퓨저 링 각각의 출구 면적은 그 입구 면적보다 클 수 있다. 상기 디퓨저의 적어도 일부는 터빈 로터 카울링을 형성하도록 구성된 다(가령, 제1 디퓨저 링이 터빈 로터 카울링을 형성하도록 구성될 수 있다). 본 명세서에 기술되는 각 디퓨저 링의 단면적 프로파일은 다른 프로파일 중에서도 원통형 또는 원뿔형일 수 있다.
- [0050] 공기는 임의의 바로 다운스트림에 있는 디퓨저 링에 의해서 막히지 않은 각 디퓨저 링의 일부를 통해서 디퓨저로부터 빠져나간다. 따라서, 디퓨저의 출구는 임의의 바로 다운스트림에 있는 디퓨저 링의 입구 면적(즉, 디퓨저 시스템을 공기가 빠져 나갈 수 있는 면적)에 만큼 막히지 않은 각 디퓨저 링의 부분에 의해서 형성된다. 일 실시예에서, 디퓨저의 총 출구 면적은 그의 최대 단면적보다 크다.
- [0051] 일 국면에서, 디퓨저는 제1 디퓨저 링 및 임의의 적합한 개수의 다른 디퓨저 링(가령, 1 내 4 개의 다른 디퓨저 링, 가령 2 개 또는 3 개의 다른 디퓨저 링 가령 하나 또는 2 개의 다른 디퓨저 링)을 포함할 수 있다.
- [0052] 다른 국면에서, 디퓨저는 제1 디퓨저 링 및 하나 이상의 통풍 구조물(vent structure) 및 하나 이상의 흡기 슬롯(suction slot)을 포함할 수 있다. 상기 하나 이상의 통풍 구조물은 상기 제1 디퓨저 링의 외부 표면에 위치하며, 상기 각 통풍 구조물은 하나 이상의 흡기 슬롯에 연결된다. 선택 사항적으로 디퓨저는 다수의 다른 추가의 디퓨저 링(가령, 1 내 4 개의 다른 디퓨저 링, 가령 2 개 또는 3 개의 다른 디퓨저 링 가령 하나 또는 2 개의 다른 디퓨저 링)을 포함할 수 있다.

- [0053] 본원의 몇몇 실시예들에서 기술되는 디퓨저 구성은 단면적을 크게 확장시키지 않고서도 출구 면적을 크게 확대할 수 있다. 이로써, 공기가 터빈을 통해서 가속화되고 터빈 크기 확대와 관련된 문제를 극복하면서 효율을 증가시킬 수 있다. 출구 면적 확장 정도는 입구 면적의 1.2 내지 10 배 정도일 수 있으며 가령 2 내지 5 배일 수 있으며 가령 2.5 내지 4.5일 수 있다.
- [0054] 총 디퓨저 출구 면적의 제1 디퓨저 링 입구 면적에 대한 비는 최대 디퓨저 단면적의 제1 디퓨저 링 입구 면적에 대한 비보다 크다. 총 디퓨저 링 출구 면적의 제1 디퓨저 링 입구 면적에 대한 적합한 예시적인 비는 2:1, 2.5:1, 3.2:1, 4:1, 4.5:1, 3.2:1일 수 있으며 가령 2.1:1, 3.2:1일 수 있다.
- [0055] 다른 국면에서, 디퓨저는 제1 디퓨저 링 및 상기 제1 디퓨저 링의 출구의 후미 에지에 배열된 하나 이상의 와류 유도 장치를 포함할 수 있다. 이 와류 유도 장치는 선택 사양적으로 제1 디퓨저 링과 일체로 형성될 수 있다.
- [0056] 이러한 디퓨저 구성은 디퓨저 구조와 연관된 항력을 저감시킬 수 있다. 이러한 디퓨저 구성은 다음으로 한정되지 않지만 실린더형, 원뿔 형, 타원형 구성과 같은 임의의 적합한 구성일 수 있다.
- [0057] 디퓨저 링은 다운스트림 방향에서 각 디퓨저 링이 선행하는 디퓨저 링보다 낮은 공기 역학적 캠버(camber)를 갖도록 구성될 수 있다. 일 실시예에서, 각 디퓨저 링은 다운스트림 방향에서 선행하는 디퓨저 링보다 낮은 캠버를 갖는다. 이론에 관계 없이 이로써 디퓨저 덕트 크기가 기하학적으로 크게 증가하며 이에 따라 점진적으로 출구 압력이 낮아지게 된다. 디퓨저는 제1 단부가 상기 디퓨저의 제1 부분에 연결되고 제2 단부가 상기 제2 디퓨저의 제2 단부 또는 상기 중심 축에 연결되도록 구성된 복수의 방사 방향으로 배향된 가이드 베인(guide vane)을 더 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 상기 가이드 베인은 에어로 포일(aerofoil) 형상일 수 있지만 이에 한정되는 것은 아니고 임의의 다른 적합한 형상이 사용될 수 있다. 이 가이드 베인은 디퓨저에 대해서 추가적인 구조적 지지력을 제공하도록 구성될 수 있다. 이러한 추가적인 구조적 지지력에 의해서 서로 다른 상이한 풍력 부하 하에서 디퓨저의 공탄성 변형이 용이하게 될 수 있다.
- [0058] 디퓨저는 적어도 그 일부가 공탄성 재료로 구성될 수 있다. 일 실시예에서, 디퓨저는 하나 이상의 공탄성 플랩(aero-elastic flap)으로 구성될 수 있다. 디퓨저의 변형은 지배적인 풍속에 따라서 공기 흐름 스톨링이 낮은 풍속에서는 방지되고 높은 풍속에서는 실현되게 할 수 있다. 저 풍속 조건(가령, 20m/s)에서, 공기 흐름 스톨링을 방지하려면 공격 각도를 저감시키도록 디퓨저를 조절해야 한다. 가령, 디퓨저는 공기 흐름이 풍력 터빈의 로터 블레이드의 선단부를 향하도록 조절될 수 있다. 풍속에 의존하여 디퓨저를 상이한 공기 역학 구성으로 수동으로 공탄성 방식으로 조절하면, 풍력 터빈이 저 풍속에서도 여전히 전기를 계속적으로 생산할 수 있게 할 수 있다. 가령 20 m/s보다 큰 고 풍속에서, 공기 흐름 스톨링을 유도하기 위해서는 가령 공격 각도가 증가하도록 디퓨저를 조절해야 한다. 공기 흐름 스톨링 유도 동작은 디퓨저를 통한 공기 흐름 및/또는 항력을 저감시켜서 고속 풍속에서도 해당 구조물을 보호할 수 있는 데 사용된다. 또한, 공탄성 조절은 터빈 디퓨저에 의해서 유도된 항력의 양을 저감시키는 데 사용될 수도 있다.
- [0059] 디퓨저 및/또는 터빈 로터 블레이드(가령, 힌지형 시스템을 사용하여)를 기계적으로 조절하는 시스템을 사용하기보다는 디퓨저의 일부를 공탄성 재료로 구성함으로써 풍력 터빈의 복잡도가 저감되고 신뢰도가 증가하며 구성이 용이하게 된다. 가령, 피치가 변경되도록 풍력 터빈 로터 블레이드를 조절하는 것은 통상적으로 기계적 베어링 및/또는 선회 드라이브를 사용하여 실행된다. 선회 드라이브는 수압 또는 유압 또는 전기 시스템일 수 있다. 차단 시스템이 사용되어 터빈 로터 속도를 조절하거나 바람이 세서 위험한 경우에는 장치 유지를 위해서 로터를 중지시킬 수 있다. 이러한 시스템은 풍력 터빈의 복잡성을 증가시키며 바람이 매우 강한 경우에 블레이드의 피치를 아주 신속하게 변경하지 못한다. 이러한 복잡한 선회 및 차단 시스템은 고장이 날 수 있으며 이로써 고 풍속의 경우에 터빈이 그의 설계된 한계치를 초과한 경우에 발전기 과잉 가열 및/또는 풍력 터빈이 복구되지 못할 정도의 상태를 초래할 수도 있다.
- [0060] 다른 실시예에서, 로터 터빈 블레이드는 선택 사양적으로 적어도 그 일부가 공탄성 재료로 구성되어 풍압 하에서 그 변형이 제어될 수 있다. 터빈 로터 블레이드를 공탄성 재료로 구성함으로써 블레이드가 순간적 풍속 조건에 따라서 수동으로 조절되어 블레이드 피치 및 로터 속도를 조절하기 위해서 복잡한 기계적 시스템을 사용할 필요가 없게 된다.
- [0061] 본 명세서에 기술된 바와 같은 디퓨저를 풍력 터빈에 부착함으로써 동일한 로터 직경을 갖는 고전적이면서 일반적인 풍력 터빈에 비해서 풍력 에너지를 전기 에너지로 변환하는 효율 이외에도 다수의 장점을 가질 수 있다. 상술한 바와 같이, 피크 출력이 방사상 속도 분포 제어를 통해서 풍속 및 로터 토크에 따라서 제어될 수 있다. 추가적인 특징들이 웨이크 터블런스(wake turbulence)를 저감시켜서 터빈이 다른 터빈에 보다 가까이 배치되도

록 하기 위해서 디퓨저 내에 포함될 수 있다. 이는 육상 설치 및 특히 해양 설치 시에 있어서 경제적 이점을 제공할 수 있다. 웨이크 터블런스를 감소시키기 위해서 필요한 다수의 구성 요소들이 본 명세서에 기술될 것이다. 또한, 블레이드 선단 와류를 제어 또는 제거함으로써, 폐쇄된 로터 블레이드가 생성되는 다량의 노이즈 오염을 줄일 수 있다. 몇몇 실시예에서, 본 명세서에 기술되는 디퓨저 시스템은 적합한 기존의 터빈 설치에도 사용될 수 있다.

[0062] 본 명세서에 기술되는 디퓨저 부착형 풍력 터빈은 육지 기반의 터빈으로 한정되지 않는다. 디퓨저 부착형 터빈은 (해상 부동 터빈 같은) 해양 풍력 터빈과 같이 바다에 설치될 수도 있다. 또한, 본 발명의 디퓨저 부착형 풍력 터빈은 가령 테더드형 터빈(tethered turbine)과 같은 공중 터빈일 수 있다. 가령, 디퓨저는 터빈을 부양시키기 위해서 가령 헬륨과 같은 공기보다 가벼운 재료로 채워진 블래더(bladder)와 같은 부양 구성 요소를 추가적으로 포함할 수 있다.

[0063] 도 1은 상술한 바와 같은 다수의 디퓨저 링을 갖는 디퓨저의 단면도이다. 이 실시예에서, 풍력 터빈에는 디퓨저(100)가 부착된다. 상기 디퓨저(100)는 입구(104) 및 출구(106)를 구비하며 본 도면에서는 상기 출구의 면적은 상기 입구의 면적보다 큰 제1 디퓨저 링(102)을 포함한다. 또한, 상기 디퓨저(100)는 상기 제1 디퓨저 링(102)과 동축으로 구성되며 상기 제1 디퓨저 링으로부터 다운스트림에 있는 2 개의 다른 디퓨저 링(108,110)을 더 포함한다. 상기 다른 디퓨저 링 각각(108,110)은 입구(도 1에서는 숨겨져 있음) 및 출구(112,114)를 구비하고 있다. 본 도면에 나타난 바와 같이, 상기 다른 디퓨저 링(108,110) 각각의 입구 면적은 그의 바로 업스트림에 있는 디퓨저 링 출구의 면적보다 작다. 가령, 디퓨저 링(108)의 입구 면적은 디퓨저 링(102)의 출구(106) 면적보다 작다. 그리고, 디퓨저 링(108,110)의 출구 면적(112,114)은 각 디퓨저 링의 입구 면적보다 크다.

[0064] 도 1에 도시된 바와 같이, 디퓨저는 선택 사양적으로 중심 축(116)을 포함한다. 중심 축(116)은 디퓨저 일체형 이거나 풍력 터빈 대형 구조의 일부일 수 있으며 구조적 지지 기능을 갖는다. 디퓨저 부착형 풍력 터빈에서, 중심 축(116)은 터빈의 기계적 에너지를 전기적 에너지로 변환시키는 데 사용되는 발전기 및 기어링을 하우징하는 나셀을 형성할 수 있다. 도 1에 도시된 바와 같이, 중심 축(116)은 공기 역학적 설계를 가질 수 있다. 선택 사양적으로, 중심 축(116)은 회전 가능한 베어링을 통해서 풍력 터빈 타워에 회전 가능하게 연결될 수 있다.

[0065] 도 1에 도시된 바와 같이, 디퓨저 부착형 풍력 터빈은 선택 사양적으로 사전 회전 베인(118)과 같은 가이드 베인을 더 포함할 수 있다. 이 전방 회전 베인(118)은 터빈 면의 업스트림에 존재하며 디퓨저를 통과하는 공기 흐름에서의 트위스트를 저감시키도록 구성된다. 공기가 디퓨저에 도달하기 이전에 공기 흐름에서 트위스트를 저감 시킴으로써, 바람의 운동 에너지를 로터의 기계적 에너지로 변환시키는 변환 효율이 증대될 수 있다.

[0066] 도 2는 파선으로 표시된 내부 구조를 갖는 디퓨저 부착형 풍력 터빈의 측면도이다. (본 명세서에 기술된 모든 도면에서와 같이) 도 2의 실시예에서, 디퓨저(100)는 디퓨저 구성 요소 중 어느 요소도 수평 축을 중심으로 회전하지 않는 터빈 로터 카울링을 형성한다.

[0067] 터빈 로터(200)는 1 개 이상의 터빈 로터 블레이드(202)(가령, 1 내지 4 개의 터빈 로터 블레이드 또는 가령 3 개의 터빈 로터 블레이드)를 포함한다. 이 터빈 로터 블레이드(202)는 공격 각도를 증가 또는 저감시키도록 바람 조건에 따라서 조절될 수 있다. 제1 디퓨저 링의 출구(204)는 도 2에서 파선으로 도시되어 있다. 제1 디퓨저 링의 출구(204)는 터빈 로터의 면의 전방(업스트림)에 존재하며 출구(204)는 터빈 로터 후방에(다운스트림) 존재한다. 도 2에 도시된 바와 같이, 다른 디퓨저 링(206,208) 각각의 입구는 터빈 면 후방에 있지만 이는 필수적인 사항은 아니며 이 입구는 터빈 면의 전방에 있을 수 있다. 다른 디퓨저 링 각각의 입구(206,208)는 도 2에서 서로 동일한 면을 갖도록 도시되었지만 이로만 한정되는 것이 아니다. 다른 실시예에서, 다른 디퓨저 링의 입구(206,208)는 서로 다른 면에 존재할 수도 있다. 디퓨저는 선택 사양적으로 하나 이상의 슬롯 갭(210)을 포함하며, 이는 이하의 도 3을 참조하여 보다 상세히 기술될 것이다.

[0068] 공기가 디퓨저 부착형 풍력 터빈의 표면상에서 흐를 때, 공기의 경계 층이 생성된다. 이 경계 층은 디퓨저의 표면에 근접한 근사 정지 공기와 자유 유동 속도로 움직이는 어느 정도 떨어져 있는 공기 간의 전이 구역이다. 이 경계 층의 최대 두께는 통상적으로 공기 흐름 속도가 자유 유동 속도의 99%인 터빈 로터 블레이드로부터의 거리에 의해서 규정된다. 터빈 로터 블레이드의 프로파일에 의존하여, 공기는 많은 표면을 가로질러서 얇은 경계 층에서 순조롭게 흐르게 될 것이다.

[0069] 경계층의 정확한 성질은 터빈 로터 블레이드 구성, 공기 흐름, 공기 속도를 포함한 다수의 요인들에 의존한다. 그러나, 경계층은 층형이거나 터블런스형일 수 있다. 공기 포일 스톨링의 발달뿐만 아니라 경계층 내에서의 흐름의 세부 사항은 대상의 스킨 마찰 항력 및 고속 흐름에서 발생하는 열전달을 포함한 공기 역학에서의 다수의

문제점 때문에 매우 중요하다. 본 기술 분야의 당업자가 경계층 물리학 개념에 익숙할지라도 보다 세부적인 사항은 가령 Landau & Lifshitz, 1987, Fluid Mechanics, 2nd edn, Chapter 4, Butterworth-Heinemann을 참조할 수 있다.

- [0070] 경계층은 흐름 분리 과정에서 디퓨저 부착형 풍력 터빈의 표면으로부터 분리되는 경향이 있다. 터빈 로터 블레이드에 대한 경계층의 속도가 거의 제로에 근접하면 흐름 분리가 발생하게 된다. 공기의 유체 흐름은 블레이드의 표면으로부터 분리되고 대신에 와류의 형태를 취한다. 이러한 흐름 분리는 정체된 공기 버블이 분리층 아래에서 형성되게 하고 항력을 더 생성한다. 이렇게 항력이 크게 증가하면 효율이 저하되고 로터가 스톨링될 수 있다. 정체된 공기 버블은 하나 이상의 터빈 로터 블레이드를 분리 지점을 다운스트림으로 이동시키도록 성형함으로써 저감되거나 제거될 수도 있다. 상기 터빈 로터 블레이드는 다음과 같은 하나 이상의 특징을 가질 수 있다:
- [0071] a. 공기 흐름의 경계층에서 터블런스를 유발하는 소정의 표면 마감 재료로 구성될 수 있다.
- [0072] b. 부분적으로 스캐로핑된 구조물을 가질 수 있다.
- [0073] c. 터블레이터(turbulator)를 구비할 수 있다.
- [0074] d. 와류 생성기를 구비할 수 있다.
- [0075] 이러한 특징들은 경계층을 터블런스 내로 이동시켜 정체 현상을 방지한다. 이러한 터블런스 경계층은 보다 많은 에너지를 포함하여 보다 큰 강도의 음의 압력 구배에 도달할 때까지 흐름 분리를 지연시키고 이로써 흐름 분리 지점을 다운스트림 방향으로 더 효율적으로 이동시켜 가능한 한 흐름 분리를 완벽하게 제거할 수도 있다.
- [0076] 터블레이터는 기계적 터블레이터(가령, 터빈 로터 블레이드에 부착된 지그 재그 스트립)이거나 공압 터블레이터(가령, 공기를 경계층으로 불어내기 위해서 터빈 로터 블레이드 표면에 형성된 소형 구멍)일 수 있다.
- [0077] 와류 생성기는 디퓨저의 내부 표면 또는 터빈 로터 블레이드에 부착된 소형 베인(vane) 또는 범프(bump)일 수 있다. 와류 생성기는 에너지가 있는 급하게 움직이는 공기를 저속의 경계층으로부터 터빈 로터 블레이드와 접촉하게 하여 경계층을 재에너지화시키는 와류를 생성한다.
- [0078] 일 실시예에서, 와류 생성기는 그 단면적이 직사각형 또는 삼각형이다. 와류 생성기는 경계층의 부분적 두께와 동일한 두께를 가질 수 있다. 가령, 와류 생성기는 경계층의 50 내지 90 %의 두께를 가질 수 있다. 와류 생성기는 국부적 공기 흐름에 대해서 공격 각도를 갖도록 위치할 수 있다.
- [0079] 디퓨저(가령, 도 3에서의 슬롯 갭(300)과 같은)은 하나 이상의 슬롯 갭을 포함할 수 있다. 슬롯 갭을 통과한 공기는 가령 흐름을 방해받지 않는 공기 흐름의 압력과 같은 자유 유동 값에 근사한 총 압력을 가질 수 있다. 하나 이상의 슬롯 갭은 고에너지 공기 흐름이 디퓨저의 외부로부터 디퓨저 벽을 통하여 디퓨저 내부로 들어가게 함으로써 고 에너지 공기 흐름이 디퓨저 내의 저 에너지 공기 흐름을 재에너지화하는 것을 실현할 수 있다. 이로써 공기 흐름 분리가 방지되고 디퓨전이 개선될 수 있다. 하나 이상의 슬롯 갭은 높은 캠버링을 갖는 임의의 디퓨전 링의 내부 상의 영역 상에 위치할 수 있다. 높은 캠버를 갖는 디퓨저의 내부의 영역 상에 슬롯 갭을 위치시키면 디퓨저를 통과한 저에너지 공기와 슬롯 갭을 통과한 고에너지 공기가 서로 혼합될 수 있다.
- [0080] 슬롯 갭은 플레넘 챔버에 연결될 수 있다. 플레넘 챔버는 양의 압력에서 공기를 포함하는 고압 하우징이다. 일 실시예에서, 흡기 슬롯을 플레넘 챔버에 연결시켜 공기를 플레넘 챔버로 펌핑할 수 있다. 공기는 플레넘 챔버로부터 펌핑되어 디퓨저 링의 내부 표면 상의 슬롯 갭을 통과해서 디퓨저를 통과하는 공기 흐름으로 들어간다. 고속으로 움직이는 펌핑된 공기는 그 후방의 저속으로 움직이는 경계층 공기를 흡기하여 이 저속의 공기를 가속화시킨다. 이로써, 디퓨저를 통과하는 공기 흐름이 증가된다. 공기는 가령 외부 전원을 갖는 콤푸레서와 같은 능동 펌핑 시스템, 수압 또는 유압 시스템 또는 다른 기계적 시스템에 의해서 펌핑될 수 있다. 본 발명의 일 국면에서, 디퓨저 링 내에 하나 이상의 플레넘 챔버가 존재하며 각 챔버는 디퓨저 링의 둘레의 일부를 포함한다. 본 발명의 다른 국면에서, 하나의 플레넘 챔버가 디퓨저 링의 둘레의 큰 일부를 포함하며, 플레넘 챔버는 디퓨저 링에 구조적 지지력을 제공하도록 구성된 하나 이상의 파티션 또는 구획부를 추가적으로 포함할 수 있다. 하나 이상의 플레넘 챔버가 포함되는 경우에, 펌핑 시스템은 선택 사양적으로 요구된 바와 같이 온 및 오프로 전환될 수 있다. 다른 실시예에서, 이 펌핑 시스템은 능동 펌핑이 아니라 수동으로 펌핑되는 수동 시스템일 수 있다.
- [0081] 도 3은 도 2의 디퓨저에서의 슬롯 갭의 예시적인 확대도이다. 일 실시예에서, 하나 이상의 슬롯 갭(300)은 제1 디퓨저 링의 전체 두께에 걸쳐서 연장된다. 다른 실시예에서, 이와 달리 또는 추가적으로, 하나 이상의 슬롯 갭(302)은 하나 이상의 다른 디퓨저 링 상에 배치될 수 있다.

- [0082] 도 4는 부착된 와류 생성기(400)를 갖는 디퓨저를 나타내고 있다. 와류 생성기(400)는 디퓨저의 내부 표면에 부착될 수 있다. 상술한 바와 같이, 와류 생성기(400)는 터빈 로터 블레이드에 부착될 수 있다. 도 4에 도시된 바와 같이, 와류 생성기(400)는 제1 디퓨저 링(116)의 출구에 인접하게 설치될 수 있지만, 와류 생성기(400)는 본 명세서에 기술되는 디퓨저의 임의의 부분에 설치될 수 있다. 디퓨저에 부착된 와류 생성기는 터빈 로터 블레이드에 설치된 와류 생성기와 동일한 기능을 하는 데 디퓨저 내의 저에너지 공기 흐름을 재에너지화시킨다.
- [0083] 도 5는 도 2의 디퓨저와 같은 디퓨저의 후방에 대응하는 도면이다. 상기 디퓨저는 이 디퓨저에 구조적 지지력을 제공하도록 구성될 수 있는 하나 이상의 다른 후방 회전 가이드 베인(500)을 더 포함한다. 전술한 바와 같이, 전방 회전 가이드 베인에 대해서, 이 후방 회전 가이드 베인은 가령 상이한 풍력 부하 하에서 디퓨저의 공탄성 변형을 용이하게 하도록 추가적 구조적 지지력을 제공한다. 도 5에서, 후방 회전 가이드 베인(500)은 터빈 로터 블레이드의 다운스트림에 위치하며 디퓨저를 통과하는 로터 후방 공기 흐름에서의 트위스트를 저감시키도록 구성된다.
- [0084] 후방 회전 가이드 베인은 그의 제1 단부가 디퓨저의 제1 부분에 연결되고 그의 제2 단부가 디퓨저의 제2 부분 또는 중심 축에 연결되도록 구성될 수 있으며, 이 가이드 베인은 도 5에 도시된 바와 같이 디퓨저에 추가적 지지력을 제공하도록 구성된다.
- [0085] 본 발명의 다른 국면에서, 디퓨저가 부착된 수평 축 풍력 터빈으로써, 상기 디퓨저는 터빈 로터 카울링을 형성하도록 구성되며 입구 및 출구를 구비하는 제1 디퓨저 링-상기 출구의 면적은 상기 입구의 면적보다 크거나 같음-과, 상기 제1 디퓨저 링의 출구의 후미 에지에 배열된 하나 이상의 와류 유도 장치를 포함한다. 이 하나 이상의 와류 유도 장치는 와류 유도 시스템을 형성할 수 있다.
- [0086] 도 6은 와류 유도 시스템의 예시적인 도면이다. 일 실시예에서, 와류 유도 시스템(600)은 하나 이상의 동적 공탄성 와류 유도 장치를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 와류 유도 시스템은 그들을 감싸는 다수의 미세 구조 와류를 생성하여 단순한 기하 구조에서 구할 수 있는 압력보다 터빈 로터 면으로부터의 다운스트림에서 낮은 압력을 유도할 수 있다. 이러한 터빈 로터 면 후방에서의 압력 감소는 터빈 블레이드를 통한 흡기를 증가시키고 이로써 출력 효율을 증대시킨다. 와류 유도 장치는 도 6에 도시된 바와 같이 제1 디퓨저 링의 후미 에지에 부착될 수도 있지만, 디퓨저의 모든 후미 에지 또는 임의의 후미 에지에도 부착될 수도 있다. 일 실시예에서, 와류 유도 장치는 제1 디퓨저 링 출구의 후미 에지 및 하나 이상의 다른 디퓨저 링 출구의 후미 에지에 부착될 수 있다. 하나 이상의 와류 유도 장치는 디퓨저 링에 일체로 형성될 수 있다. 이와 달리, 하나 이상의 와류 유도 장치는 용접, 본딩 또는 다른 기계적 부착 방식에 의해서 디퓨저 링에 부착될 수 있다.
- [0087] 일 실시예에서, 상기 와류 유도 장치는 디퓨저를 지나가는 고에너지 공기 흐름을 디퓨저를 나가는 저 에너지 공기 흐름과 혼합시킴으로써 전술한 바와 같은 재 에너지화 기능을 실현할 수 있다. 이로써 항력이 유도되는 것이 저감된다.
- [0088] 가령, 와류 유도 장치의 선단은 디퓨저의 나머지 부분보다 높은 정도의 스위프(sweep)를 가지기 때문에 디퓨저에 의해 경험되는 유도 항력을 저감시킨다. 추가적으로 또는 이와 달리, 와류 유도 장치는 웅 선단 근방에서 국부적 이면각을 증가시키도록 위로 경사져서 미세 구조 와류를 생성하고 터빈 면 후방의 압력을 저감시키고 유도 양력에 의해서 유도되는 항력을 저감시킨다.
- [0089] 상기 와류 유도 장치는 유도된 항력 저감 및 다양한 풍력 부하에서의 와류 유도를 최적화하도록 상이한 풍력 부하 하에서 동적으로 변형되도록 공탄성 특성을 가질 수도 있다.
- [0090] 가이드 베인(118,500), 수정된 터빈 로터 블레이드(202), 슬롯 갭(212), 와류 생성기(400) 또는 와류 유도 시스템(600) 중 하나 이상은 디퓨저 상에서 유도된 항력을 저감시키고 풍력 터빈 시스템의 효율을 증대시키기 위해서 본 명세서에 개시된 바와 같은 임의의 디퓨저와 함께 사용되거나 아니면 단독으로 사용될 수도 있다. 추가적으로, 디퓨저가 부착된 풍력 터빈 내에서 하나 이상의 이러한 특징 구성 요소들을 사용하면 다운스트림 웨이크 터블런스를 저감시킬 수 있다. 웨이크 터블런스는 터빈 로터 면 후방에서의 웨이크 와류 형성에 의해서 유발된다. 이렇게 웨이크 터블런스를 저감시키면 디퓨저가 부착되지 않은 터빈 또는 이러한 특징 구성 요소들이 없는 디퓨저 부착형 터빈들에서보다 터빈이 보다 가까이 위치할 수 있게 된다. 터빈을 서로 보다 가까이 위치시키면 효율이 증대되고 환경적 영향이 감소되며 통상적인 풍력 발전 지역의 비용도 저감된다. 가령, 효율이 증대되면 동일한 양의 전력이 통상적인 풍력 터빈 발전에서 필요로 하는 면적보다 작은 대지 면적에서 생산될 수 있다(이는 대지 비용을 저감시키고 풍력에 대한 시각적 영향도 저감시킨다). 또한, 동일한 면적의 대지에서 보다 많은 양의 전력이 생산되어 효율이 증대된다.

- [0091] 디퓨저는 디퓨저의 외부에 설치된 하나 이상의 통풍 구조물을 포함할 수 있다. 각 통풍 구조물은 하나 이상의 흡기 슬롯에 연결되며 공기는 디퓨저 링의 출구 및 통풍 구조물을 통해서 디퓨저 외부로 나갈 수 있다. 가령, 흡기 슬롯은 단일 통풍 구조물 또는 복수의 통풍 구조물에 연결될 수 있다. 이와 달리, 단일 통풍 구조물이 복수의 흡기 슬롯에 연결될 수 있다. 흡기 슬롯은 디퓨저 링에 구조적 지지력을 제공하는 하나 이상의 부분적 두께의 파티션 또는 구획부를 가질 수 있다. 흡기 슬롯은 디퓨저 링에 구조적 지지력을 제공하는 하나 이상의 부분적 두께의 파티션 또는 구획부를 가질 수 있다.
- [0092] 통풍 구조물은 이 흡기 슬롯에 직접적으로 연결되거나 선택 사양적으로 슬롯 겹과 관련하여 전술한 바와 같은 플레넘 챔버와 같은 플레넘 챔버를 통해서 흡기 슬롯에 연결될 수 있다. 본 발명의 다른 실시예에서, 공기는 상기 플레넘 챔버로부터 능동적으로 또는 수동적으로 흡기되어 디퓨저 링의 외부 표면 상의 하나 이상의 흡기 슬롯을 통과하여 터빈 면 후방의 공기 압력 저감을 도울 수 있다. 통풍 구조물이 디퓨저의 공기 유출을 통해 디퓨저 상을 통과하는 공기의 고에너지를 유발하도록 할 수 있다. 이러한 고에너지 공기 흐름과의 상호 작용은 디퓨저를 나가는 공기의 전체 현상을 억제한다. 또한, 통풍 구조물은 단면적을 확대시키지 않고도 장치의 출구 면적을 확대시킨다. 또한, 통풍 구조물은 디퓨저 링을 플랩 구조물(flap structure)에 연결시킴으로써 구조적 무결성을 높이는 데 사용될 수 있다.
- [0093] 본 발명의 일 국면에서, 디퓨저는 제1 디퓨저 링 및 하나 이상의 통풍 구조물 및 하나 이상의 흡기 슬롯을 포함한다. 하나 이상의 통풍 구조물은 제1 디퓨저 링의 외부 표면 상에 배치되고 각 통풍 구조물은 흡기 슬롯에 연결된다. 디퓨저는 선택 사양적으로 복수의 다른 디퓨저 링(가령, 1 개 내지 4 개의 다른 디퓨저 링, 또는 2 개 또는 3 개의 다른 디퓨저 링 또는 가령 하나 또는 2 개의 다른 디퓨저 링)을 가질 수 있다.
- [0094] 상기 디퓨저 링에 부착된 통풍 구조물은 디퓨저의 외부에서 근소하게 요잉된(yawed) 풍력 상태를 포획하는 것을 도울 수 있다. 이로써 디퓨저 외부의 압력을 높일 수 있으며 보다 흡기 효율을 개선시킬 수 있다. 일 실시예에서, 통풍 구조물은 디퓨저 외부의 고압 공기가 디퓨저 상에서 물링하여 그 밑의 저압 공기로 들어가는 것을 막아서 항력 증가를 방지한다. 또한, 통풍 구조물은 터빈의 요 정렬(yaw alignment)에 도움을 줄 수 있기 때문에 대안으로 필요한 수동 바람 요 추적 시스템을 필요 없게 만들 수 있다. 수많은 현대의 풍력 터빈은 능동형의 요 추적 시스템을 구비하고 있으며 이러한 통풍 구조물을 사용하게 되면 능동적인 바람 추적이 개선될 수 있다.
- [0095] 디퓨저는 하나 이상의 통풍 구조물 및 상기 제1 디퓨저 링과 동축으로 구성되며 상기 제1 디퓨저 링으로부터 다운스트림에 있는 하나 이상의 다른 디퓨저 링을 포함할 수 있다. 상기 하나 이상의 다른 디퓨저 링 각각은 입구 및 출구를 구비한다. 상기 하나 이상의 다른 디퓨저 링의 각각의 입구 면적은 그의 바로 업스트림에 있는 디퓨저 링의 출구의 면적보다 작다. 상기 하나 이상의 다른 디퓨저 링 각각의 출구 면적은 그의 입구 면적보다 크거나 동일할 수 있다(가령, 상기 하나 이상의 다른 디퓨저 링 각각의 출구의 면적은 그의 입구의 면적보다 크다).
- [0096] 통풍 구조물은 디퓨저로부터의 공기의 추출 정도를 증가시키기 위해서 능동 펌핑 시스템과 결합하여 사용될 수 있다. 다른 실시예에서, 통풍 구조물은 전술한 바와 같은 능동 또는 수동 펌핑형 슬롯 겹과 달리 고에너지 블로잉 슬롯 겹에 공기를 제공하기 위해서 사용될 수도 있다.
- [0097] 도 7은 다수의 통풍 구조물(708)을 갖는 디퓨저 실시예의 전방에 대응하는 도면이다. 도 7에 도시된 바와 같이, 풍력 터빈에는 디퓨저(700)가 부착되며 디퓨저의 구성 요소 중 어느 것도 수평 축을 중심으로 회전하지 않으며 이 디퓨저는 입구(704) 및 출구(706)를 갖는 제1 디퓨저 링(702)을 포함하며, 출구 면적은 입구 면적보다 크거나 같다(가령, 출구 면적은 입구 면적보다 바람직하게는 크다).
- [0098] 도 7에 도시된 디퓨저는 하나 이상의 통풍 구조물(708) 및 하나 이상의 흡기 슬롯(710)을 포함한다. 하나 이상의 통풍 구조물은 가령 제1 디퓨저 링과 같은 하나 이상의 디퓨저 링의 외부 표면 상에 배치되고 각 통풍 구조물(708)은 흡기 슬롯(710)에 연결된다. 이 흡기 슬롯은 제1 디퓨저 링의 전체 두께에 걸쳐서 실질적으로 방사 방향으로 연장될 수 있다.
- [0099] 일 실시예에서, 통풍 구조물은 디퓨저 링(702) 내의 공동 또는 플레넘 챔버 내의 압력을 저감시킨다. 이로써, 공기가 로터 면 후방에 위치한 흡기 슬롯(710)으로부터 유입된다. 따라서, 디퓨저의 출구는 디퓨저 링의 출구 및 각 통풍 구조물의 출구로 형성된다. 일 실시예에서, 디퓨저의 총 출구 면적은 그의 최대 단면적보다 크다. 몇몇 실시예에서, 통풍 구조물 출구의 일부 및 디퓨저 출구의 일부는 도 7에서 도시된 바와 같이 통풍 구조물(708)의 위치 조절에 의해서 로터 면 내에 또는 로터 면 앞에 위치한다. 통풍 구조물 및 흡기 슬롯은 도 7에는 도시되지 않은 제1 디퓨저 링의 주 플랩 상에 배치될 수 있다.
- [0100] 본 발명의 다른 실시예에서, 통풍 구조물(708)은 가령 전술한 바와 같은 플레넘 챔버를 통해서 슬롯 겹(미도

시)에 연결될 수 있으며, 공기가 통풍 구조물 내로 들어가면서 디퓨저 외부로부터의 고 에너지 공기 흐름을 전술한 바와 같이 디퓨저 벽을 통하여 디퓨저로 들어가게 함으로써 디퓨저 내의 저 에너지 공기 흐름을 재 에너지 화할 수 있다.

[0101] 도 8은 도 7에 도시된 다수의 통풍 구조물(708)을 갖는 디퓨저 실시예의 후방에 대응하는 도면이다. 또한, 통풍 구조물(708)은 도 8에 도시된 가령 후방 회전 가이드 베인(800)과 같은 가이드 베인에 연결되도록 확장될 수 있다. 통풍 구조물을 이 후방 회전 가이드 베인에 연결하면 부하 제어 및 디퓨저의 구조적 통합성을 유지하는 데 도움이 된다.

[0102] 도 9는 통풍 구조물의 예시적인 도면이다. 통풍 구조물(708)은 이론에 얽매일 필요없이, 단면적 에어로 포일 형상을 유도하는 중공형 채널 구조물일 수 있다. 이러한 구성으로 인해 통풍 구조물의 다운스트림의 공기 흐름 에너지 손실 정도를 저감시킬 수 있다. 가령, 통풍 구조물(708)은 수동 또는 능동 시스템 내의 플레넘 챔버(미도시)에 연결될 수 있다. 능동 시스템은 전술한 흡기 슬롯 및 슬롯 캡을 참조하여 기술한 바와 같이 디퓨저 내부로 공기를 펌핑하거나 디퓨저 외부로 공기를 흡기한다.

[0103] 본 명세서에 기술되는 디퓨저 부착형 풍력 터빈 중 임의의 터빈의 터빈 로터는 중앙 축 나셀의 후방 및 터빈의 주 수직 축의 다운스트림에 위치하며 상기 주 수직 축은 터빈이 요잉하는(yawing) 축이다. 일 실시예에서, 로터는 터빈이 사용될 시에 지지 타워의 다운스트림 측 상에 위치할 수 있다. 일 실시예에서, 터빈의 수직 요 축의 다운스트림에 있는 터빈 로터는 터빈 로터로 하여금 수동 요 시스템(passive yaw system)으로써 기능하게 하거나 상술한 바와 같은 수동 요 시스템의 일부로써 기능하게 할 수 있다. 일 실시예에서, 터빈은 기계적 포인팅 시스템의 도움 없이도 바람 방향으로 자유롭게 포인팅될 수 있다.

[0104] 디퓨저 부착형 풍력 터빈은, 제1 로터에 동축으로 구성되면서 제1 로터의 다운스트림에 있는 하나 이상의 10 개 까지의(가령, 5 개, 가령, 3 개, 특별히 2 개의) 로터를 포함할 수 있다. 하나 이상의 터빈은 선택 사양적으로 동일한 발전기 또는 개별 발전기를 회전시키는 서로 결합되어 같은 방향으로 회전하는 동 방향 회전 블레이드일 수 있다. 에너지는 가령 로터 블레이드의 선단에서 다음 로터의 바닥을 때리는 웨이크로부터 복구될 수 있다. 일 방향으로 질량을 추진 또는 가속시키는 시스템은 이러한 시스템에 비례하지만 반대되는 힘을 생성할 수 있다. 단일 로터 풍력 터빈은 큰 양의 탄젠트 또는 회전 공기 흐름을 발생시킨다. 이러한 탄젠트 공기 흐름 에너지는 오직 단일 터빈만 존재하는 경우에는 버려질 수 있다. 제1 터빈의 다운스트림에 있는 제2 터빈이 이러한 공기 흐름을 이용할 수 있다.

[0105] 다른 실시예에서, 하나 이상의 터빈 로터가 존재하며, 터빈 로터는 동일한 발전기 또는 서로 다른 발전기를 구동시키는 역 회전 로터일 수 있다. 2 개의 이상의 역 회전 로터는 복잡한 기어링 및 요잉 메카니즘을 제거한다. 역 회전 터빈 로터는 발전기의 회전 속도를 증가시키는 데 사용될 수 있다. 일 실시예에서, 각 터빈 로터 내의 하나 이상의 터빈 로터 블레이드는 후방 블레이드와 충돌하는 것을 피하기 위해서 전방으로 근소하게 경사지게 형성될 수 있다. 다른 실시예에서, 하나 이상의 터빈은 서로 다른 직경을 가질 수 있다.

[0106] 디퓨저의 전체 출구 구역은 주 로터 면의 다운스트림에 있는 복수의 출구의 면적을 포함한다. 이 다운스트림에 있는 출구 구역은 선택 사양적으로 전술한 바와 같은 하나 이상의 통풍 구조물 및 하나 이상의 흡기 슬롯을 포함한다. 디퓨저는 또한 선택 사양적으로 제1 디퓨저 링에 대해서 동축으로 구성되며 이의 다운스트림에 있는 하나 이상의 다른 디퓨저 링을 포함한다. 이 하나 이상의 다른 디퓨저 링 각각은 입구 및 출구를 갖는다. 이 다운스트림에 있는 디퓨저 링은 제2 터빈 로터의 면의 다운스트림에 있을 수 있다. 하나 이상의 다른 디퓨저 링의 각 입구 면적은 바로 업스트림에 있는 디퓨저 링의 출구 면적보다 작다. 전술한 바와 같이, 각 디퓨저 링의 출구 면적은 그의 입구 면적과 동일하거나 더 크다.

[0107] 본 명세서에 기술한 바와 같이, 공기는 바로 다운스트림에 있는 디퓨저 링에 의해서 막히지 않는 각 디퓨저 링의 부분을 통해서 디퓨저로부터 빠져나간다. 이로써, 디퓨저의 출구는 다운스트림에 있는 디퓨저 링의 입구 면적에 의해서 막히지 않는 각 디퓨저 링의 부분을 포함한다. 제1 로터 면의 다운스트림에 있는 디퓨저의 전체 출구 면적은 따라서 그의 최대 수직 단면적보다 크다.

[0108] 도 10은 동축 로터를 갖는 디퓨저 부착형 풍력 터빈의 측면도이다. 여기서, 하나 이상의 터빈 로터 블레이드를 포함하는 제1 터빈 로터(1000) 및 하나 이상의 터빈 로터 블레이드를 포함하는 제2 터빈 로터(1002)가 미 도시된 단일 중심 구동 축에 연결될 수 있다. 도 10에 도시된 바와 같이, 복수의 흡기 슬롯(1004) 및 하나 이상의 다른 디퓨저 링(1006, 1008)이 제1 로터 면의 다운스트림에 위치할 수 있다.

[0109] 상술한 바와 같은 디퓨저 링을 갖는 디퓨저 부착형 풍력 터빈은 하나 이상의 발전기를 포함할 수 있으며, 이 하

나 이상의 발전기는 적어도 하나의 발전기 스테이터(stator) 및 하나 이상의 발전기 로터(rotor)를 포함하며, 이 스테이터 및 로터 중 어느 하나는 제1 디퓨저 링에 고정되거나 이 내에 포함되고 상기 스테이터와 로터 중 다른 하나는 적어도 하나의 터빈 로터 블레이드의 선단에 고정되거나 이 내에 포함될 수 있다. 디퓨저 및 터빈 로터 블레이드 내에 포함된 발전기가 중심 축 내의 발전기를 대체하거나 이와 함께 사용될 수 있다.

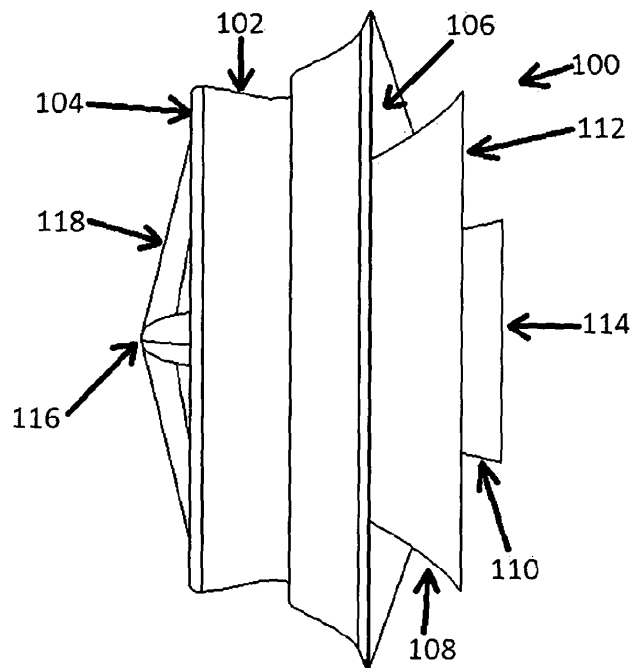
- [0110] 잘 아는바와 같이, 본 명세서에 기술된 바와 같은 디퓨저 구성은 도 1 내지 도 10을 참조하여 진술된 다른 특징들을 모두 또는 임의의 것들을 단독으로 또는 서로 결합하여 포함할 수도 있다.
- [0111] 본 명세서에 주어진 임의의 범위 또는 장치 값은 본 기술 분야의 당업자들이 발명의 효과를 상실하지 않으면서 확장 또는 변경할 수 있다.
- [0112] 진술된 이점 및 장점은 일 실시예와 연관되거나 몇몇 실시예와 연관될 수 있다는 사실을 잘 알 것이다. 실시예는 진술된 문제들 중 임의의 것 또는 모두를 해결하는 것으로 한정되지 않으며 진술된 장점 및 이점을 모두 또는 이들 중 임의의 것을 갖는 것으로 한정되지 않는다.
- [0113] 명사의 단수형 사용은 그 복수형의 존재를 배제하지 않는다. 용어 "포함한다"는 본 명세서에 해당 방법의 단계나 요소를 포함하는 것을 의미하되 열거되지 않은 단계나 요소 이외의 단계나 요소의 존재를 배제하지 않는다.
- [0114] 본 명세서에 기술되는 방법의 단계는 임의의 적합한 순서로 또는 적절한 경우에는 동시에 수행될 수도 있다. 또한, 개별 단계는 본 발명의 기술적 사상 및 범위를 벗어나지 않는 한 제거될 수도 있다. 진술한 실시예의 국면은 기술된 다른 국면과 결합되어 본 발명의 효과를 상실하지 않으면서 다른 실시예를 구성할 수 있다. 해당 방법의 단계나 요소는 열거된 목록을 한정적으로 포함하는 것이 아니며 이 방법이나 장치는 다른 방법이나 요소를 더 포함할 수도 있다.
- [0115] 잘 알다시피 바람직한 실시예의 진술한 바는 오직 예시적으로 주어진 것이며 따라서 다양한 수정 및 변경이 본 기술 분야의 당업자에게 가능하다. 다양한 실시예가 특정 세부 사항 또는 하나 이상의 개별 실시예를 참조하여 진술되었지만, 본 기술 분야의 당업자는 본 발명의 사상 및 범위를 벗어나지 않으면서 이들 실시예에 대한 변경을 시도할 수 있다.
- [0116] 잘 아는바와 같이, 진술된 이점 및 장점은 일 실시예와 연관되거나 몇몇 실시예와 연관될 수 있다는 사실을 잘 알 것이다. 실시예는 진술된 문제들 중 임의의 것 또는 모두를 해결하는 것으로 한정되지 않으며 진술된 장점 및 이점을 모두 또는 이들 중 임의의 것을 갖는 것으로 한정되지 않는다.

부호의 설명

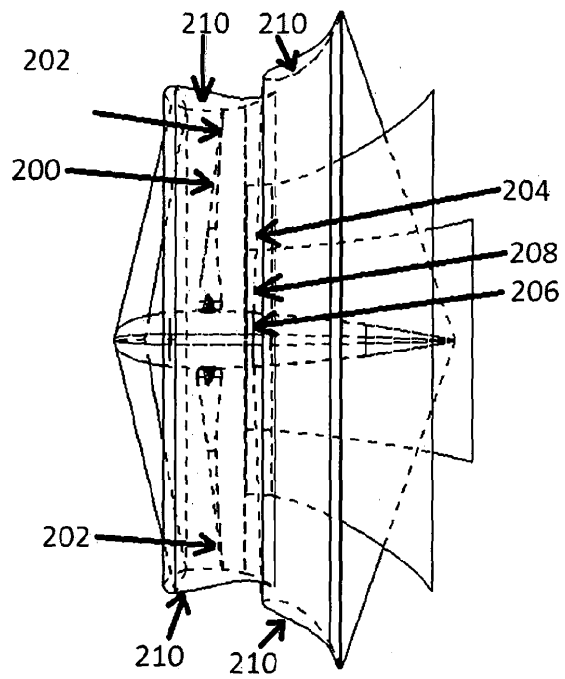
- [0117]
- | | |
|------------------|------------------|
| 100 : 디퓨저 | 102 : 디퓨저 링 |
| 104 : 입구 | 106 : 출구 |
| 112, 114 : 출구 면적 | 116 : 중심 축 |
| 118 : 회전 베인 | 202 : 터빈 로터 블레이드 |
| 210 : 슬롯갭 | 600 : 와류 유도 시스템 |

도면

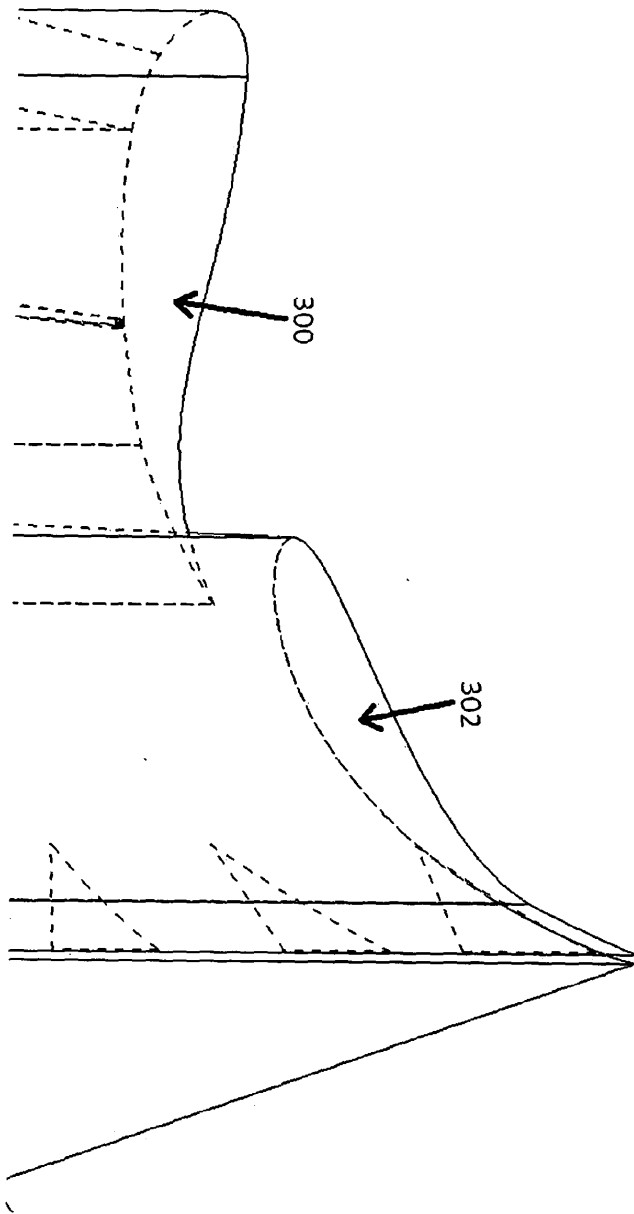
도면1



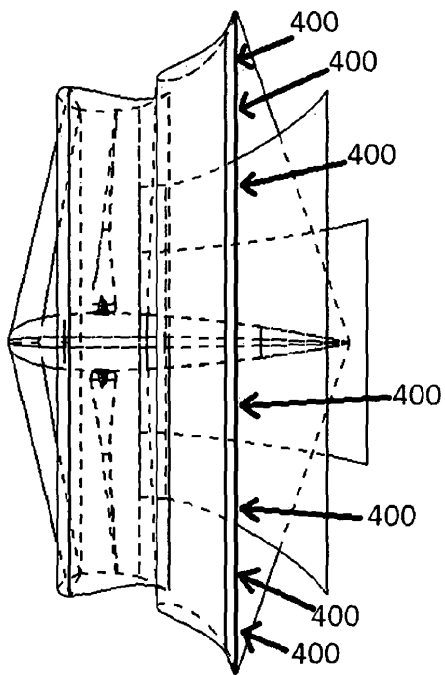
도면2



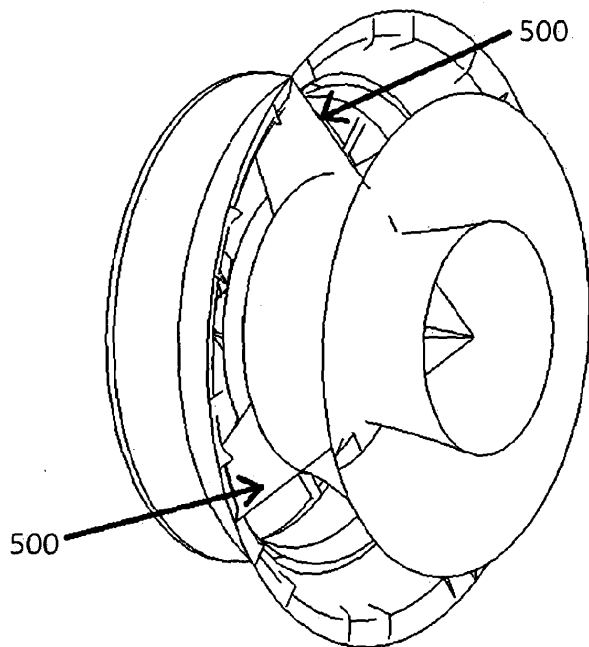
도면3



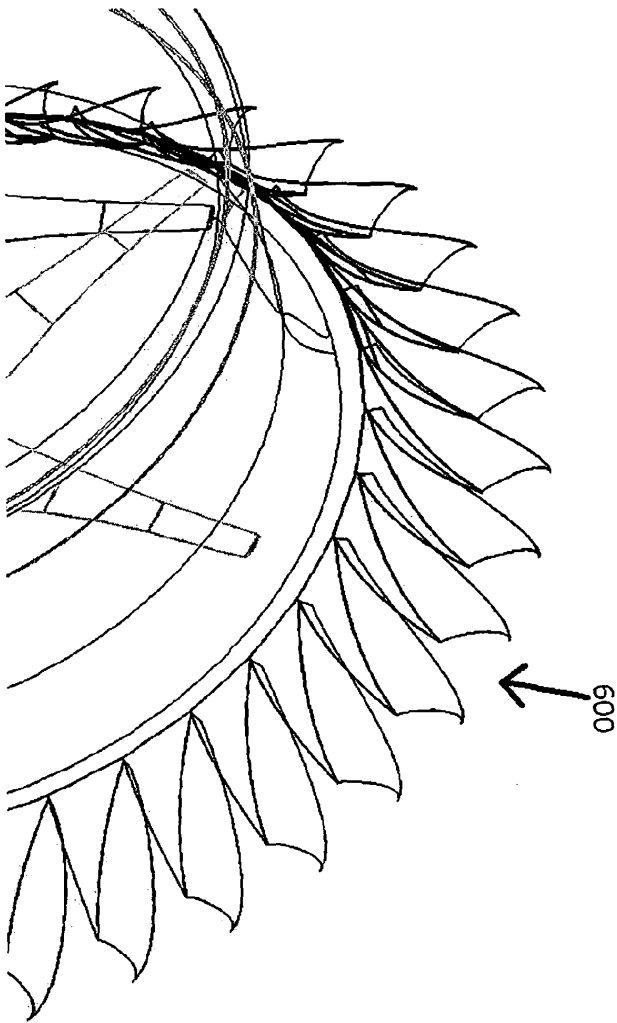
도면4



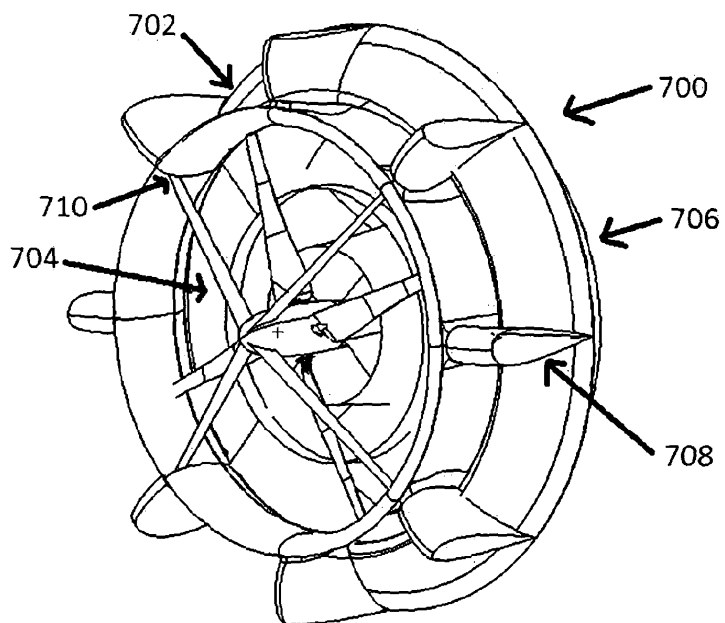
도면5



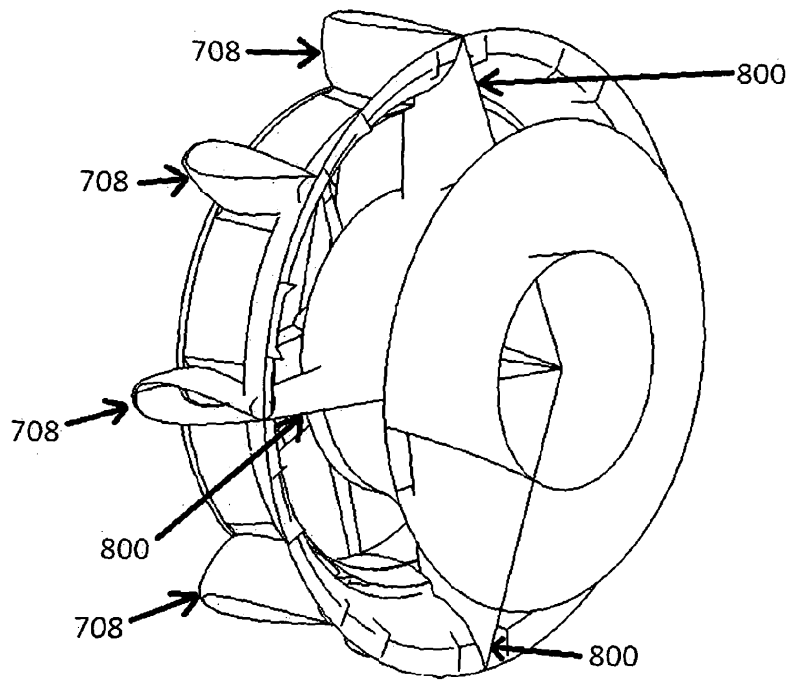
도면6



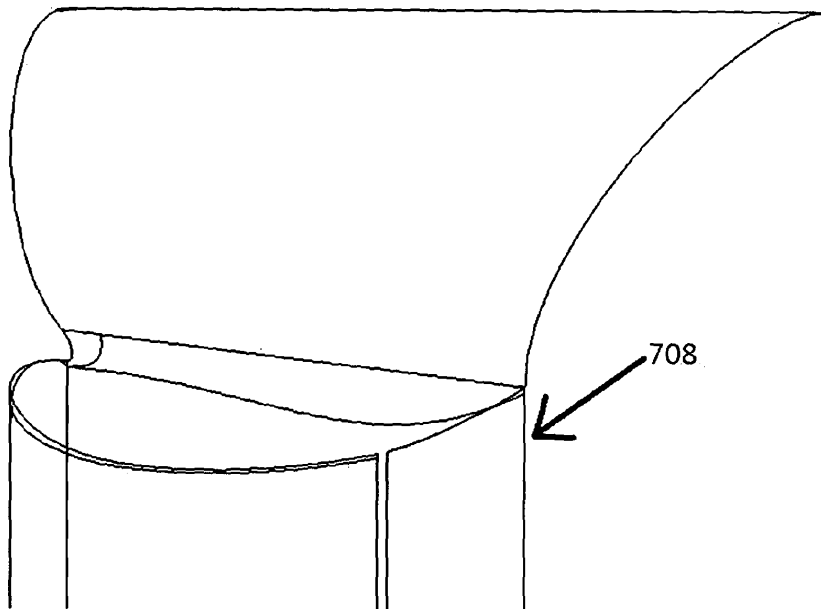
도면7



도면8



도면9



도면10

