(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2007년10월15일
(11) 등록번호 10-0766729
(24) 등록일자 2007년10월08일

(51) Int. Cl.
F03D 1/06 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2004-7018911
(22) 출원일자 2004년11월23일
심사청구일자 2004년11월23일
번역문제출일자 2004년11월23일
(65) 공개번호 10-2005-0007558
공개일자 2005년01월19일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2003/005605
국제출원일자 2003년05월28일
(87) 국제공개번호 WO 2003/104646
국제공개일자 2003년12월18일
(30) 우선권주장
10225136.3 2002년06월05일 독일(DE)
10307682.4 2003년02월21일 독일(DE)
(56) 선행기술조사문헌
US4773824 A
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
워벤 알로이즈
독일 오리히주 디-26607 아게스트라세 19
(72) 발명자
워벤 알로이즈
독일 오리히주 디-26607 아게스트라세 19
(74) 대리인
원태영

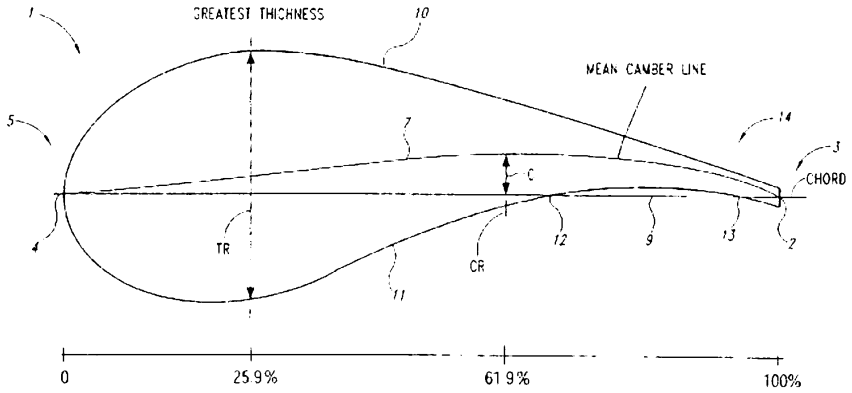
전체 청구항 수 : 총 14 항 심사관 : 한창수

(54) 풍력 발전 장치용 로터 블레이드

(57) 요 약

본 발명은 풍력 발전 장치용 로터 블레이드 및 풍력 발전 장치에 관한 것이다. 본 발명의 목적은 종래에 비해 우수한 성능을 나타내는 풍력 발전 장치 혹은 프로파일 로터 블레이드를 제공하는 것이다. 이러한 목적은 프로파일 두께의 약 15% 내지 40% 범위, 바람직하게는 약 23% 내지 28% 범위 내에 속하는 위치에서 최대 두께를 가지며, 최대 프로파일 두께가 약 20% 내지 45% 사이의 범위, 바람직하게는 약 32% 내지 36% 사이 범위에 있는 단면을 가지는 로터 블레이드에 의해 달성된다.

대표도 - 도18



(56) 선행기술조사문헌
US5474425 A
US6068446 A

특허청구의 범위

청구항 1

프로파일(profile)을 지니고 로터 허브(rotor hub)에 장착되는 적어도 하나의 로터 블레이드(rotor blade)와 허브 피복재(hub cladding)를 구비한 풍력 발전 장치(wind power installation)에 있어서,

상기 허브 피복재의 바깥 측 위에 구조물(structure)이 제공되는데, 상기 구조물의 단면은, 상기 허브 피복재에 견고히 고정 연결된 허브(hub) 부근 영역 내의 로터 블레이드 프로파일에 대응되는 것을 특징으로 하고,

상기 허브 피복재 상에 제공된 구조물은 고정되고, 상기 로터 블레이드가 공칭 풍속(nominal wind speed)에서 취부각(angle of incidence) 내로 설정되는 경우 상기 구조물은 상기 로터 블레이드의 바로 아래에 위치하게 되어, 상기 허브 근처 영역에서 상기 구조물과 로터 블레이드 사이에는 간격 갭 S가 매우 작은 것을 특징으로 하는 풍력 발전 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 로터 블레이드는, 로터 블레이드가 최대 프로파일 두께를 가지는 프로파일 두께와 관련된 위치로 정의되는 두께 한계치(thickness reserve)를, 상기 로터 블레이드의 익현(Chord) 길이의 20% 내지 30% 범위에서 가지고, 최대 프로파일 두께는 상기 로터 블레이드의 익현 길이의 25% 내지 40% 범위 내인 것을 특징으로 하는 풍력 발전 장치.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 로터 블레이드의 프로파일은 평균 캠버선(camber line)에 의해 표시되고, 캠버 한계부(camber reserve)는 상기 로터 블레이드의 익현 길이의 55% 내지 70% 범위 내인 것을 특징으로 하는 풍력 발전 장치.

청구항 4

제3항에 있어서, 최대 캠버는 상기 로터 블레이드의 익현 길이의 4% 내지 8% 범위 내인 것을 특징으로 하는 풍력 발전 장치.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 로터 블레이드의 프로파일은 로터 블레이드 연결부에 인접하는 로터 블레이드의 전체 길이의 1/3 부분에 제공되는 것을 특징으로 하는 풍력 발전 장치.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 로터 블레이드는 압력 증가 측면(increased-pressure side)과 압력 감소 측면(decreased-pressure side)을 가지며, 상기 압력 증가 측면은 오목 곡률부 (concave curvature)를 지니며 압력 감소 측면에는 거의 직선부가 제공되는 것을 특징으로 하는 풍력 발전 장치.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 허브 피복재 상에 제공된 상기 구조물은 상기 허브 근처 영역의 로터 블레이드의 프로파일에 상당 대응하는 것을 특징으로 하는 풍력 발전 장치.

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 풍력 발전 장치는, 최대 프로파일 두께가 로터 블레이드 허브

영역에서 지니는 로터 블레이드를 적어도 하나를 수용하는 로터(rotor)를 구비하며, 로터 지름에 대한 프로파일 두께의 비율은 약 0.05와 0.1 사이의 범위 내의 값을 가지는 것을 특징으로 하는 풍력 발전 장치.

청구항 11

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 풍력 발전 장치는, 발전기와, 발전기에 연결된 로터를 수용하는 기계 하우징을 구비하며, 상기 로터는 적어도 두 개의 로터 블레이드를 가지며, 상기 로터는 피복재(스피너)가 구비된 허브를 가지며, 스피너의 지름에 대한 로터 블레이드의 프로파일 두께의 비는 0.4 내지 1 사이의 값인 것을 특징으로 하는 풍력 발전 장치.

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 로터 블레이드는 루트부 영역에서 중심 블레이드 평면으로부터 경사지는 것을 특징으로 하는 풍력 발전 장치.

청구항 16

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 로터 블레이드는 루트부 영역에서 두 부분으로 된 구조이며, 상기 로터 블레이드의 장축 길이 방향으로 향하는 분리선이 형성되는 것을 특징으로 하는 풍력 발전 장치.

청구항 17

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 로터 블레이드는 루트부 영역에서 두 부분으로 된 구조이며, 상기 로터 블레이드의 장축 길이 방향으로 향하는 분리선이 형성되고, 상기 로터 블레이드의 두 부분은 상기 풍력 발전 장치에 로터 블레이드를 장착하기 직전에 함께 연결되는 것을 특징으로 하는 풍력 발전 장치.

청구항 18

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 로터 블레이드는 루트부 영역에서 두 부분으로 된 구조이며, 상기 로터 블레이드의 장축 길이 방향으로 향하는 분리선이 형성되고, 상기 로터 블레이드는 운반 중에 있는 경우 로터 블레이드의 부분들이 서로 분리되는 것을 특징으로 하는 풍력 발전 장치.

청구항 19

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 로터 블레이드는 루트부 영역에서 두 부분으로 된 구조이며, 상기 로터 블레이드의 장축 길이 방향으로 향하는 분리선이 형성되고, 상기 로터 블레이드의 두 부분은 상기 풍력 발전 장치에 로터 블레이드를 장착하기 직전에 함께 연결되고, 상기 풍력 발전 장치는 압력 감소 측면과 압력 증가 측면을 특징으로 하는 적어도 하나의 로터 블레이드를 구비하고, 상기 압력 증가 측면의 길이에 대한 압력 감소 측면의 길이의 비는 1.2 보다 작은 것을 특징으로 하는 풍력 발전 장치.

명 세 서

기 술 분 야

<1> 본 발명은 풍력 발전 장치(wind power plant)용 로터 블레이드(rotor blade) 및 풍력 발전 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

<2> 일반적으로 본 발명과 관련된 종래 기술로서, 1996년도에 출간된 에리히 하우(Erich Hau)가 저술한 "풍력 발전 장치(Windkraftanlagen)"라는 문헌을 참조할 수 있다. 상기 문헌에는 본 발명과 관련된 기술 분야의 종래 기술로서의 풍력 발전 장치, 즉 풍력 발전 장치용 로터 블레이드(rotor blade) 및 로터 블레이드의 단면 또는 프로파일에 대한 몇 가지 예들이 설명되고 있다. 제102쪽의 도5.34에는 NACA에 따른 공기역학적인(aerodynamic) 프로파일의 기하학적 프로파일 파라미터(geometrical profile parameter)들에 대해 설명되고 있다.

<3> 이러한 측면에서, 익현(chord)의 길이에 대응하는 프로파일의 깊이에 의해 로터 블레이드가 특징 되며, 또한 익현 위의 중간선의 최대 상승 정도로 나타낸 캠버 한계부인 최대 캠버(camber)(혹은 캠버 비율), 즉 로터 블레이드의 단면 내에서 최대 캠버가 주어지는 프로파일 두께와 관련된 위치로 특징 되고, 중간선 위에 중심을 가진 내접원의 최대 지름으로서의 최대 프로파일 두께인 두께 한계치(thickness reserve), 즉 로터 블레이드의 단면이 최대 프로파일 두께를 가지는 프로파일 두께와 관련된 위치로 설명된다. 더욱이, 선단 에지(leading edge)의 반경 및 하부 측 및 상부 측의 프로파일 좌표가 로터 블레이드의 단면을 설명하기 위하여 고려된다. 상기 에리히 하우 문헌에 나와 있는 전문 용어가 본 출원의 로터 단면을 설명하기 위하여 사용될 것이다.

<4> 로터 블레이드는 여러 가지 측면에서 최적화되어야 한다. 한 측면에서는 로터 블레이드들이 소음이 적어야 하고, 다른 한편으로는 이들 로터 블레이드가 최대 동력을 제공할 수 있음으로써 아주 미미한 바람에서도 풍력 장치는 작동을 개시하여서, 풍력 발전 장치가 내는 공칭 전력(nominal power)에 처음 도달하는 속도인 공칭 풍속(nominal wind speed)이 아주 작은 미미한 바람 강도에서 이미 도달될 수 있어야 한다.

<5> 이어서, 만일 풍속이 더욱 증가하여 피치 조정된(pitch-regulated) 풍력 발전 장치를 고려할 때, 공칭 풍력이 여전히 유지되지만 바람과 관련한 로터 블레이드의 작동 면적은 점차 감소하여 전체 풍력장치 혹은 그 부품들이 기계적 손상을 받지 아니하도록, 바람 속으로 점증적으로 설정된다. 그러나, 풍력 발전 장치의 로터 블레이드 프로파일과 관련하여 공기역학적인 특성에 큰 중요성이 부여되는 것이 중요하다.

발명의 상세한 설명

<6> 본 발명은 종래 기술보다 양호한 효율을 보이는 로터 블레이드 프로파일을 지니는 로터 블레이드 및 풍력 발전 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

<7> 본 발명의 상기 목적은 이하의 독립 청구범위 중의 어느 하나에 개시된 로터 블레이드 프로파일을 갖는 로터 블레이드에 의해 달성된다. 본 발명에 따른 바람직한 실시예들이 첨부의 특허청구범위에 기재된다.

<8> 본 발명에 따른 로터 블레이드 프로파일의 구체적인 좌표값들의 실시예가 표 1에 기재되어 있다.

실 시 예

<18> 본 발명에 따른 로터 블레이드 프로파일은 특히 로터 블레이드 연결부(허브와의 연결부)에 인접한 부분에 제공된다. 바람직하게는, 본 발명에 따른 프로파일은 로터 블레이드의 전체 길이에 대해 로터 블레이드(1)의 1/3 부분에 제공된다. 이러한 측면에서, 로터 블레이드(1)의 전체 길이 L은 관련된 풍력 발전 장치의 공칭 파워에 따라 10m 내지 70m의 범위가 될 것이 명확하다. 따라서, 예컨대 에너콘 코퍼레이션(Enercon Corporation)의 E-112 형(지름 약 112m)의 풍력 발전 장치의 공칭 파워는 4.5MW이며, E-30형의 풍력 발전 장치의 공칭 파워는 300 kW이다.

<19> 본 발명에 따른 로터 블레이드(1)의 프로파일과 관련한 특징은 최대 프로파일 두께가 로터 블레이드 익현(9) 길이의 약 25% 내지 40%, 바람직하게는 32% 내지 36%인 점이다. 도18에서 최대 프로파일 두께는 로터 블레이드 익현(9) 길이의 약 34.6%이다.

<20> 상기 로터 블레이드 익현(9)은 로터 블레이드의 트레일링 에지(3)의 중심(2)으로부터 로터 블레이드의 선단 에지(5)로 연장된다. 두께의 한계치 TR, 즉 최대 프로파일 두께가 발생하는 블레이드 길이와 관련된 위치는 익현 길이의 약 20% 내지 30%이며, 바람직하게는 23% 내지 28%이다. 도시된 실시예에서는 25.9%이다. 최대 두께는 익현(9)에 수직임이 확인되었으며, 한계치 TR은 로터 블레이드의 선단 에지이다.

<21> 더욱이, 도18에는 평균 캠버선(mean camber line; 7)으로 알려진 것이 도시되고 있다. 이 캠버선(7)은 일정 지점에서 로터 블레이드(1)의 각각의 두께의 반으로부터 발생한다. 따라서, 이러한 캠버선(7)은 직선으로 연장하지 못하며, 정확히 로터 블레이드(1)의 압력 증가 측면(11)과 로터 블레이드(1)의 압력 감소 측면(10)의 대향 측면 사이로 항상 연장한다. 캠버선(7)은 로터 블레이드(1)의 트레일링 에지(3)와 로터 블레이드(1)의 선단 에지(5)에서 익현(9)과 교차한다.

<22> 본 발명에 따른 로터 블레이드(1)의 단면에서 캠버 한계부 CR은 익현(9) 길이의 약 55% 내지 70%이며, 바람직하게는 59%와 63% 사이이다. 예시된 실시예에서 캠버 한계부 CR은 익현(9) 길이의 약 61.9%이다. 이 경우 최대 캠버(11)는 익현(9) 길이 L의 4% 내지 8%이며, 바람직하게는 약 5% 내지 7%이다. 예시된 실시예에서 캠버는 익현(9) 길이의 약 5.87%이다.

<23> 본 발명에 따른 로터 블레이드(1) 프로파일의 측면에서 더욱 특징적인 것은 로터 블레이드의 압력 증가 측면(11)은 도3 및 도9에 도시된 바와 같이 익현을 두 번 절단하는데 즉, 로터 블레이드의 후방에서 압력 증가 측면(11)은 오목 구조이며, 전방에서는 압력 증가 측면(11)이 볼록 구조라는 점이다. 압력 증가 측면(11)이 볼록 구조인 영역에서 상응하는 대향 배치 영역은 압력 감소 측면(10)인 데, 후자는 거의 직선에 의해 경계 지워진다.

<24> 압력 증가 측면(11)이 오목 곡률로 형성되거나 압력 감소 측면(10)이 직선 경계로 형성될 수 있음이 잘 알려져 있다. 특히, 본 발명에 따른 로터 블레이드(1)의 프로파일에 대해 이러한 두 가지 구조를 조합하는 것은 아주 중요하며, 본 발명에 따른 로터 블레이드 프로파일의 특징이다.

<25> 예시된 프로파일의 로터 블레이드 트레일링 에지(3)는 현저히 두껍다. 그러나 로터 블레이드(1) 트레일링 에지(3)에서 소음 발생과 관련하여 아무런 문제도 야기함이 없는데, 이는 예시된 프로파일이 로터 원의 내측 1/3 부분에 존재하고 여기에서 궤도 속도(orbital speed)는 별로 높지 않기 때문이다.

<26> 도면18에 도시된 프로파일에서 x-y 좌표는 표1에 나타내어지며, 이것에 의해 본 발명에 따른 로터 블레이드(1)의 프로파일은 정확히 표현된다.

<27> 도3 및 도9에 도시된 바와 같이 로터 블레이드의 공기역학적 프로파일을 향상시키기 위해서는 로터 블레이드(1)의 루트부(root) 영역(15)에서 최대 폭 W가 위치하는 구조로 하는 것이 필요하며, 그 결과 로터 블레이드는 최적의 공기역학적 프로파일에 다소 접근된 사다리꼴 프로파일(평면상에서)이다. 바람직하게는 로터 블레이드 루트부 영역(15)에서 로터 블레이드(1)는 도3, 도9 및 도11에 도시된 바와 같이 풍력 발전 장치의 유선형부(pod; 18)를 대면하는 에지(edge)가 적어도 하나의 각 위치에서 유선형부(18)의 피복재(cladding)의 외부 프로파일에 부합하도록 형성된다. 예컨대 약 5㎜ 내지 100㎜ 사이의 매우 작은 간격(spacing) S가, 풍력 발전 장치를 향하는 로터 블레이드 루트 부(15)의 유선형부 및 에지와 공칭 바람 위치에 로터 블레이드(1)가 위치시의 유선형부 피복재(21)의 외부 프로파일 사이에 존재하도록 이루어진다.

<28> 상기 설명한 특징이 있는 로터 블레이드(1)에 의하면 파워가 증대되며, 최대 10% 더 높게 증가시킬 수 있다. 이와 같이 예상하지 못했던 파워의 증가에 기인해서, 본 발명에 따른 풍력 발전 장치는 공칭 풍속 이하의 일정한 풍속에서 더 높은 파워 출력을 달성한다. 더욱이, 종래 기술에서보다 더욱 빨리 공칭 파워 출력에 도달할 수 있게 된다. 따라서, 로터 블레이드(1)가 더욱 일찍 회전될 수 있어서 소음 발생 수준이 낮아지고, 장치에 대한 기계적인 부하가 감소한다.

<29> 이러한 측면에서 본 발명은 종래의 일반적인 로터 블레이드의 프로파일이, 공기 흐름은 항상 일정하나 풍속을 상이하게 한 풍동(wind tunnel)에서 양호하게 조사되는 것에 착안하여 이루어졌다. 그러나 본질적으로 바람이 표면에서 균일하게 흐르는 것은 아주 드문 일이며 오히려 확률 법칙이 적용되어 알려진 로터 블레이드는, 공기역학적으로 블레이드가 더이상 청결하고 적절한 구조일 수 없는 로터 허브(17) 근처의 블레이드 내부 영역에서 흐름이 정확하게 분리된다. 이러한 흐름의 분리 현상은 외부 영역(로터 블레이드 끝단) 방향으로 로터 블레이드(1)를 따라 일정 거리 진행한다. 그 결과, 버블 프로파일 지역에서 흐름은 로터 블레이드로부터 분리되고 상응하는 파워 손실을 초래한다. 따라서, 본 발명의 경우 상기 설명한 기본적인 상황과 관련하여 로터 블레이드의 내부 영역에서도 청결한 구조인 로터 블레이드(1)에 의하여 파워 출력의 상당한 증가를 달성할 수 있다.

<30> 이어서 본 발명에서 제시된 실험적으로 증명된 프로파일 대신에 알려진 표준 프로파일이 로터 블레이드(1)의 공기역학적으로 청결한 구조를 제공하기 위하여 사용되면, 대략 두 배의 프로파일 두께(이는 로터 블레이드의 익현의 길이에 상응함)가 낮은 로터 블레이드(1) 영역(허브 근처 영역)에서 필요할 것이다. 그러나 2 보다 큰 리프트 값(CA)을 얻고 관련된 부하를 확실하고 신뢰성 있게 전달하기 위해서는 전방 영역에서의 프로파일 두께가 큰 것이 요구된다.

<31> 당해 기술분야에서 알려져 있는 바와 같이, 오늘날 로터 블레이드는 통상적으로 내부 영역에서 가능한 최대로 소재 절감을 할 수 있도록 형성된다. 이러한 측면의 전형적인 예로서는 위에서 이미 언급한 1996년도 판 에리히 하우의 "풍력 발전 장치"의 제114쪽 및 제115쪽에서 설명되고 있다. 이에 따르면, 최대 프로파일 두께는 항상 로터 블레이드 연결부로부터 일정 거리에서 얻어진다. 즉, 이 기술분야의 수준에 따라 각각의 재료가 로터

블레이드에서 절감되는 로터 블레이드 연결부 근처 영역에서 달성된다. 그러나 평면이 사다리꼴 프로파일에 근접하는 최적의 프로파일이 사용되면, 로터 블레이드의 최대 폭은 예컨대, 로터 블레이드 연결부에 대한 간격이 아닌 로터 블레이드 연결부 자체 영역에서 정확히 존재한다. 이어서 그 구조는 로터 블레이드의 내부 영역에서 최대 가능한 양의 재료를 절감하지 못한다.

<32> 이제까지 이루어진 재료 절감의 원인은 로터 블레이드 개발/연산과 관련하여 흐름 조건(이제까지 설명한 바와 같은)을 정적인 방식으로 사고한 점에 있다. 이외에 로터 블레이드용 연산 프로그램은 로터 블레이드를 개별 공간들로 구분하고 전체 로터 블레이드에 대한 평가를 이로부터 산출하기 위하여 각각의 로터 블레이드 부분을 그 자체로 계산한다.

<33> 그러나, 현실은 다소 다른 것을 주목해야 한다. 한 편에서는 바람은 일정한 영역에서 균일하게 정적으로 불지 않고, 확률적인(stochastic) 형태를 현저히 나타내며, 다른 한편 로터 블레이드 내부 영역(즉, 로터 허브(17) 인접 영역)에서의 낮은 외주 속도(peripheral speed)에 기인하여 풍속의 영향은 상당하므로, 그 결과 이 영역에서의 입사각은 순간 풍속(instantaneous wind speed)에 상당히 높은 정도로 의존한다. 따라서, 로터 블레이드(1)로부터 유속을 분리하는 것은 상응하게 로터 블레이드의 내부 영역에서 빈번하게 발생한다.

<34> 이러한 상황에서 히스테리시스 효과가 작동된다. 이전의 풍속이 다시 발생하면 즉, 돌풍이 지나가면 로터 블레이드(1)에서 공기 흐름이 재차 동일하지 않다. 오히려, 풍속은 유속이 재차 로터 블레이드 면을 가압하기까지 일단 더욱 떨어진다(따라서 입사각은 더욱 바뀌어야 한다). 그러나, 풍속은 더 이상 떨어지지 않고, 더욱더 오랜 시간 동안 로터 블레이드로의 풍부한 풍량에 불구하고 공기 흐름이 아직 로터 블레이드 표면을 재차 가압하게 되지 않았으므로 로터 블레이드에 관련된 힘이 가해진다.

<35> 공기 흐름이 분리될 가능성은 본 발명에 따른 로터 블레이드 구조에 의해 현저하게 감소한다. 이러한 분리 가능성은 비교적 두꺼운 프로파일을 사용함으로써 감소한다. 파워 면에서의 상당한 증가는 일단 흐름의 분리가 발생하면 히스테리시스 효과에 의해 상당한 시간(이 기술 수준에 따른 로터 블레이드에 대해)동안 파워 손실이 유지된다는 사실로부터 잘 설명될 수 있다.

<36> 파워의 추가적인 증가 부분은 바람이 저항이 가장 작은 경로를 따라 흐르는 사실에 의해 설명될 수 있다. 따라서, 로터 원주(rotor circle) 영역에서, 양호하게는 공기가 관통하여 흐르는 '슬립 구멍(slip hole)'에 대응하는 허브 근처의 내부 영역에서 로터 블레이드는 매우 얇다(재료의 상당한 절감 효과). 이 경우, 로터의 원주 영역에 걸쳐 균일하게 분포되는 것에 기초하는 공통의 연산 프로그램에서 존재하는 취약점을 알 수 있게 한다.

<37> 이는 기존의 연산 프로그램의 또 다른 취약점인데, 이는 '슬립 구멍'에 직접 인접하는 로터 블레이드 부분을 특수한 흐름 조건(빈번한 흐름의 중단 및 그 후의 의도한 흐름 조건의 회복)에 기인하여 가능하지 않은 최대치를 가지는 로터 블레이드 부분으로 간주하기 때문이다.

<38> 도11 내지 도17은 전방 혹은 측면으로부터 본 본 발명에 따른 풍력 발전 장치를 도시하고 있다. 도면으로부터 3개의 로터 블레이드들이 허브에 인접한 블레이드 영역에서 거의 이음매 없이 유선형부(pod)의 외부 구조로 전이하는 것을 알 수 있다. 그러나, 이는 로터 블레이드(1)들이 공칭의 바람 위치에 위치하는 경우에 로터 블레이드들의 위치와 관련하여 적용된다.

<39> 도9에서와 같이 바람이 공칭 풍속 이상으로 상승하면 통상의 경우와 같이 로터 블레이드(1)들은 피치 제어(피치 레귤레이션)에 의해 바람으로부터 서서히 움직이며, 도15는 이 경우 내부 영역의 로터 블레이드(1)의 하부 에지(16)와 유선형부 사이에 커다란 간격S가 존재함을 보여준다. 그러나, 도11 및 도15는 또한 유선형부(pod)의 외측에 허브(17) 근처 영역에서 로터 블레이드의 프로파일과 실질적으로 대응하는 단면의 구조물(30)이 제공됨을 보여주는데, 이 구조물은 로터 블레이드(1)가 공칭 속도에서 취부각(angle of incidence) 내로 설정되는 경우 로터 블레이드의 바로 아래에 위치하므로 허브(17) 근처 영역에서 이 구조물(30)과 로터 블레이드(1) 사이에는 단지 간격이 S인 작은 갭만이 존재한다.

<40> 그 결과, 유선형부의 외측 곡선(external contour)은 로터 블레이드의 일체화된 구성 부분이 아닌 로터 블레이드의 일부를 포함한다. 도18에 도시한 로터 블레이드 프로파일의 경우, 선단 에지 반경은 대략 프로파일 두께의 0.146이 된다.

<41> 도18로부터 알 수 있는 바와 같이, 압력 감소 측면(reduced pressure side; 10)에는 더 긴 거의 직선 영역이 제공된다. 예컨대, 다음과 같이 설명될 수 있다. 즉, 프로파일 두께의 38% 내지 100% 사이 영역에서 반경은 프로파일 두께의 1.19배이며, 프로파일 두께의 40% 내지 85% 사이 영역(도18 참조)에서는 반경은 프로파일 두께의

2.44배이다. 프로파일 두께의 42% 내지 45% 사이 영역에서는 반경은 프로파일 두께의 5. 56배이다.

<42> 프로파일 두께의 36% 내지 100% 사이 영역에서의 이상적인 직선으로부터의 최대 편차는 프로파일 길이의 약 0.012이다. 곡률 반경이 변화하고 최대 곡률 반경은 각각의 영역에서 이미 설정되었으므로 이값은 임계치이다.

<43> 예시된 실시예에서 압력 감소 측면(10)의 길이는 프로파일 두께 길이의 약 1.124이며, 압력 증가 측면(increased pressure side; 11)의 길이는 프로파일 두께 길이의 1.112이다. 이는 압력 감소 측면(10)이 단지 약간만 압력 증가 측면보다 긴 것을 의미한다. 따라서, 압력 증가 측면(11)의 길이에 대한 압력 감소 측면(10)의 길이의 비가 1.2, 바람직하게는 1.1 보다 작거나 1과 1.03 사이의 범위 값에 있으면 아주 유용하다.

<44> 예시된 도면으로부터 알 수 있는 바와 같이, 로터 블레이드(1)는 최대 프로파일 두께를 스피너(spinner) 또는 허브(17), 즉 풍력 발전 장치의 유선형부(18) 외 측에서 직접 가진다. 따라서, 예컨대 로터 지름이 30m인 풍력 발전 장치의 경우, 스피너에서의 프로파일 두께는 약 1.8m 내지 1.9m 사이이며, 바람직하게는 1.84m이다. 이어서 스피너가 대략 3.2m의 지름이면, 스피너 지름에 대한 스피너에서의 로터 블레이드(1)의 프로파일 두께의 비는 약 0.575이다. 따라서, 스피너 지름에 대한 프로파일 두께의 비가 0.4 보다 크거나 0.5 내지 1 사이의 값을 가지면 아주 유용하다. 이러한 측면에서 각각의 값은 상기 표시 범위의 값을 가지는 것으로 생각될 수 있다. 상기 설명한 예에서, 로터 지름에 대한 프로파일 두께의 비는 약 0.061이다. 따라서, 로터 지름에 대한 프로파일 두께의 비가 0.05 내지 0.01 사이 값보다 크면, '슬립 구멍'은 가능한 작은 것이 명백하며, 이러한 측면에서 예로서 제시된 값이 로터 블레이드의 효율 측면에서는 아주 적당한 것이 입증된 바 있다.

<45> 또 다른 예로서 도18에 도시된 프로파일 단면을 가지는 로터 블레이드(1)에 관한 것으로서, 세 번째 부분에서 스피너에서의 프로파일 두께는 약 4.35m이고, 스피너 지름은 5.4m이며 로터 지름은 전체 71m이다. 다음에, 스피너 지름에 대한 프로파일 두께의 비율 값은 0.806이며, 로터 지름에 대한 프로파일 두께의 비는 다시 0.061이다. 상기 값은 피치 조정(pitch regulation)을 구비한 3중 블레이드 로터에 관련된다.

<46> 위에서 설명한 바와 같이, 본 발명에 따른 로터 블레이드(1)의 경우, 로터 블레이드의 최대 너비 위치(최대 프로파일 두께를 가지는 위치)는 블레이드 연결부(blade connection) 영역일 수 있다. 블레이드 연결부는 로터 블레이드가 풍력 발전 장치의 허브에 연결(접합, 나사결합, 등)되는 영역이다. 더욱이, 로터 블레이드의 하부 에지, 즉 풍력 발전 장치의 유선형부(18)를 향하는 에지는 길이 방향에서 유선형부의 외부 형상에 실질적으로 적합하거나 정합된다. 따라서, 이 경우 로터 블레이드(1)가 날개부 위치(실질적으로 바람을 향하는 표면 영역이 없는)에 있으면, 로터 블레이드는 유선형부를 향하는 하부 에지(16)에 평행하며 하부 에지(16)와 유선형부(18)의 외부 형상 사이의 간격은 최소인데, 바람직하게는 50㎝보다 작으며, 더욱 바람직하기에는 20㎝보다 작다.

<47> 로터 블레이드(1)가 바람을 향하도록 설정되면, 로터 블레이드의 아주 근접한 영역에서조차 최대 크기의 표면 영역을 포함한다(슬립 구멍은 아주 작다). 상기 설명한 에리히 하우의 문헌에는 종래 기술에서의 로터 블레이드는 허브(17) 근처 영역에서 규칙적으로 좁아지며(로터 블레이드는 최대로 넓은 위치에서보다 좁게 된다). 본 발명에 따른 로터 블레이드(1)에 의하면 역으로 최대 폭 위치는 정확히 허브 근처 영역이므로 바람의 포텐셜이 최대로 이용될 수 있다.

<48> 잘 알려진 바와 같이, 허브 근처 영역에서 매우 큰 로터 블레이드(1) 폭이 존재하는 것은 정확히 매우 큰 로터 블레이드의 경우이다. 이러한 로터 블레이드를 운반할 수 있도록(30m 보다 긴 길이의 허브 근처 영역에서의 로터 블레이드의 폭이 확실히 5m 에서 8m 사이인 큰 로터 블레이드의 경우), 로터 블레이드는 두 부분으로 된 구조일 수 있으며, 이 경우 두 부분은 운반 중에는 분리되고 운반 후 조립될 수 있다. 이러한 목적으로 두 부분은 풍력 발전 장치에 장착되기 전에, 예컨대 스크루 연결부 및 해체 불가능한 연결부(접착제)에 의해 서로 연결된다. 큰 로터 블레이드의 경우에도 문제는 없는데, 크기에 의해 로터 블레이드를 서로 고정하기 위해 내부로부터 로터 블레이드에 접근할 수 있으므로 외부에 대해서는 유닛으로서의 외양을 가진 로터 블레이드를 제공하고 서로 결합한 때 부분들에서의 분리선은 거의 보이지 않거나 전혀 볼 수 없기 때문이다.

<49> 초기의 측정으로부터 알 수 있는 바와 같이, 본 발명에 따른 로터 블레이드 설계는 종래의 로터 블레이드에 대해 효율을 현저히 증가시킬 수 있다.

<50> 도4 내지 도8로부터 알 수 있는 바와 같이, 본 발명에 따른 풍력 발전 장치(1)에서 로터 블레이드들은 허브(17)에 근접한 영역에서 최대 프로파일 두께를 가지며, 전체 프로파일을 따라 로터 블레이드들은 풍력 발전 장치의 기계 하우징의 유선형부 피복재(cladding; 21) 및/또는 허브 피복재(19)(스피너)에 아주 근접한 허브에 근접한 영역으로 움직이도록 구성된다. 따라서, 유선형부 피복재(21)에 대해 매우 작은 간격만이 존재하는 것을 의

미하는 공칭 풍속 범위에 이르는 풍속에서 채택되는 각도를 로터 블레이드가 가지는 위치까지 이동된다. 반면에 도1 내지 도3에 도시된 실시예에서 로터 블레이드들은 그 프로파일의 후방부인 유선형부의 외측 피복재에 매우 근접하게 이동되며, 도11 내지 도17에 도시된 다른 실시예에서는 유선형부(18)의 외측 피복재에는 그 자체 전체 로터 블레이드의 일체화된 일부가 아닌 로터 블레이드 부분에 대응되는 구조물(30)이 제공된다. 이와 같이, 도15 내지 도17로부터 알 수 있는 바와 같이, 유선형부(18)의 외측에 제공된 로터 블레이(1)드 부분은 그곳에 고정되고 공칭 풍속에 이르는 로터 블레이드의 각 위치에 상응하는 각도로 배치되므로 공칭 풍속에 이르는 풍속에서 적어도 프로파일 두께의 후방 영역에서조차도 로터 블레이드(1)의 하부 에지(16)와 유선형부(18) 사이에 최소의 갭이 존재한다.

<51> 도19로부터 알 수 있는 바와 같이, 본 발명에 따른 로터 블레이드 구조에서 로터의 중심에는 아주 작은 바람용 '슬립 구멍'이 존재한다.

<52> 도18은 도17의 A - A 선을 따라 취해진 본 발명에 따른 로터 블레이드의 단면, 즉 허브 근처 영역의 로터 블레이드의 프로파일을 도시한다. 도17은 또한 스피너의 지름(D)으로 알려진 표시를 포함한다. 로터 지름은 회전시 로터에 의해 덮여지는 원형 영역의 지름 D로 표시된다.

<53> 도15 및 다른 도면들로부터 알 수 있는 바와 같이, 회전 가능한 로터 블레이드의 일체형 구성 부분이 아닌 구조물(30)은 유선형부의 외측 피복재(19)의 일체형 구성부분이다. 각각의 부분은 유선형부(18)에 나사로 결합하거나 유선형부(18)에 일체로 접합 되거나 접착된다.

산업상 이용 가능성

<54> 상기 설명한 본 발명에 의하면 종래 보다 양호한 효율을 가지는 풍력 발전 장치 및 양호한 효율의 로터 블레이드 프로파일을 가지는 로터 블레이드가 달성된다.

【표 1】

x	y	x	y
1.000000	0.013442	0.000197	-0.007376
0.983794	0.020294	0.000703	-0.013612
0.958357	0.030412	0.001550	-0.019816
0.930883	0.040357	0.002704	-0.025999
0.899462	0.050865	0.004080	-0.032162
0.863452	0.062358	0.005649	-0.038281
0.823890	0.074531	0.007477	-0.044316
0.781816	0.086987	0.009639	-0.050245
0.737837	0.099513	0.012124	-0.056076
0.692331	0.111993	0.014883	-0.061829
0.645363	0.124434	0.017905	-0.067491
0.597614	0.136709	0.021204	-0.073045
0.549483	0.148731	0.024779	-0.078485
0.503007	0.160228	0.028618	-0.083809
0.461036	0.170758	0.032721	-0.089004
0.425769	0.179639	0.037087	-0.094062
0.397598	0.186588	0.041711	-0.098973
0.374996	0.191889	0.046594	-0.103723
0.356186	0.195840	0.051740	-0.108301
0.339750	0.198668	0.057150	-0.112695
0.324740	0.200524	0.062824	-0.116897
0.310542	0.201512	0.068769	-0.120893
0.296731	0.201704	0.074991	-0.124669
0.282999	0.201174	0.081500	-0.128219
0.269154	0.200007	0.088310	-0.131521
0.255115	0.198267	0.095450	-0.134551
0.240876	0.195985	0.102955	-0.137294
0.226479	0.193185	0.110872	-0.139735
0.212006	0.189892	0.119262	-0.141872
0.197571	0.186146	0.128192	-0.143724
0.183315	0.181995	0.137734	-0.145316
0.169384	0.177505	0.147962	-0.146667
0.155924	0.172745	0.158934	-0.147800
0.143051	0.167780	0.170663	-0.148727
0.130850	0.162675	0.183106	-0.149431
0.119369	0.157478	0.196155	-0.149877
0.108625	0.152229	0.209657	-0.150001
0.098610	0.146953	0.223475	-0.149715
0.089297	0.141664	0.237539	-0.148932
0.080653	0.136362	0.251855	-0.147579
0.072636	0.131036	0.266497	-0.145597
0.065201	0.125679	0.281578	-0.142949
0.058312	0.120269	0.297206	-0.139628
0.051931	0.114786	0.313400	-0.135651
0.046015	0.109229	0.330088	-0.131016
0.040531	0.103598	0.347173	-0.125692
0.035457	0.097893	0.364627	-0.119588
0.030772	0.092113	0.382602	-0.112537
0.026461	0.086252	0.401460	-0.104293
0.022520	0.080332	0.421912	-0.094548
0.018937	0.074321	0.444568	-0.083182
0.015688	0.068240	0.468376	-0.071217
0.012771	0.062095	0 491608	-0.060017
0.010196	0.055378	0 514034	-0.049898
0.007926	0.049601	0.535806	-0.040854
0.005911	0.043298	0.557225	-0.032760
0.004164	0.036969	0.578560	-0.025495
0.002755	0.030661	0.600131	-0.018956
0.001709	0.024300	0 622095	-0.013059
0.000953	0.017915	0.644620	-0.007755
0.000415	0.011534	0.667811	-0.003015
0.000088	0.005186	0.691690	0.001179
0.000000	0.000000	0.716104	0.004827
		0.740707	0.007908
		0.764985	0.010392
		0.788448	0.012236
		0.810617	0.013425
		0.832004	0.013957
		0.852100	0.013834
		0.871284	0.013058
		0.889797	0.011606
		0.907926	0 009441
		0 925997	0.006502
		0.944381	0.002701
		0.963552	-0 002134
		0.984409	-0.008335
		1.000000	-0.013442

<55>

도면의 간단한 설명

<9> 이하에서는, 본 발명의 양호한 실시예가 첨부되는 도면을 참조하여 상세히 설명된다.

<10> 도1은 본 발명에 따른 풍력 발전 장치를 전방에서 본 사시도를 나타낸 도면이다.

<11> 도2는 본 발명에 따른 풍력 발전 장치를 후방 및 측면에서 본 사시도를 나타낸 도면이다.

<12> 도3은 본 발명에 따른 풍력 발전 장치를 측면에서 본 도면이다.

<13> 도4 내지 도8은 본 발명에 따른 로터 블레이드를 여러 방향에서 본 도면이다.

<14> 도9는 본 발명에 따른 풍력 발전 장치를 확대하여 도시한 도면이다.

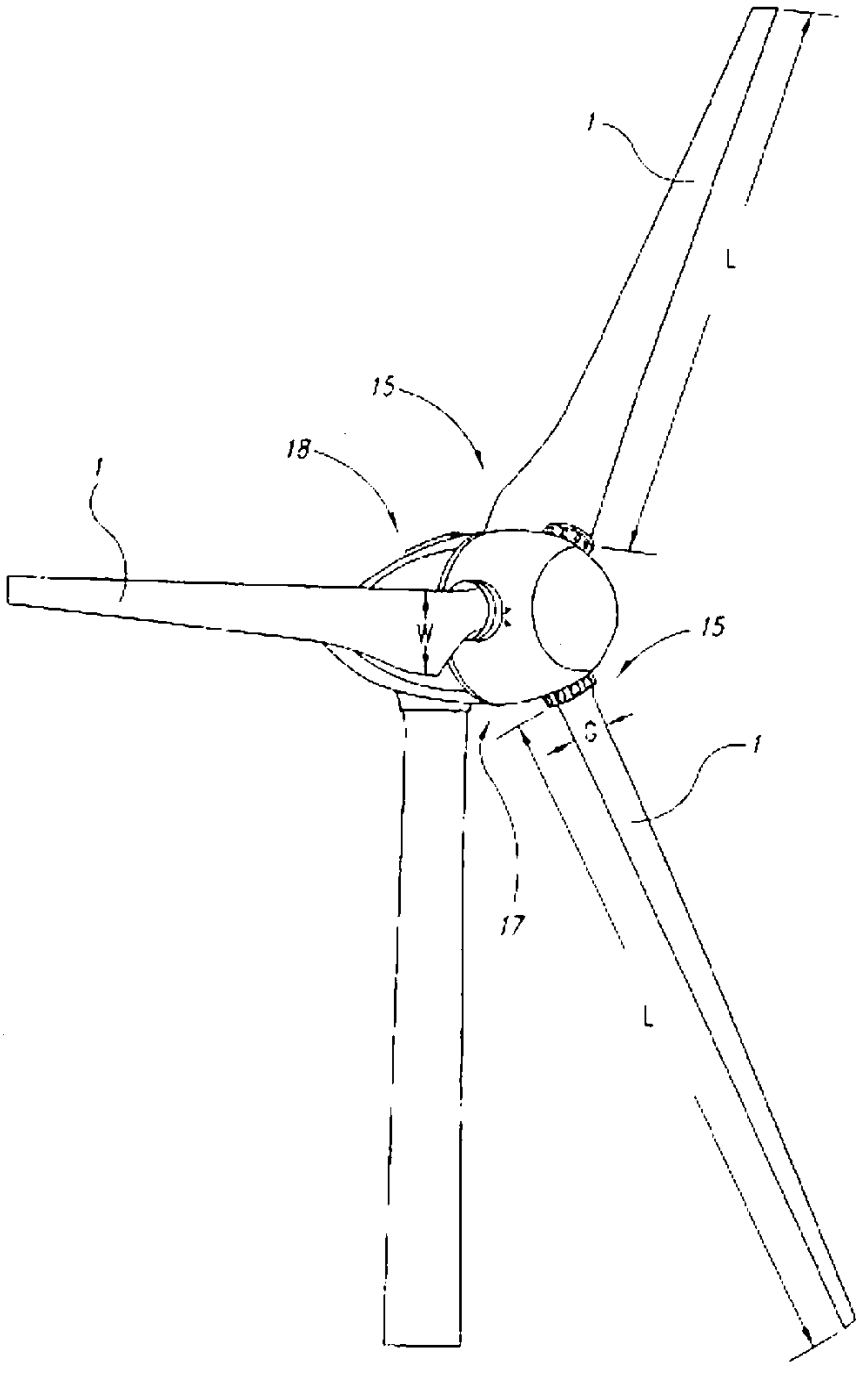
<15> 도10은 본 발명에 따른 로터 블레이드를 도시한 도면이다.

<16> 도11 내지 도17 및 도19는 본 발명에 따른 로터 블레이드를 여러 방향에서 본 도면이다.

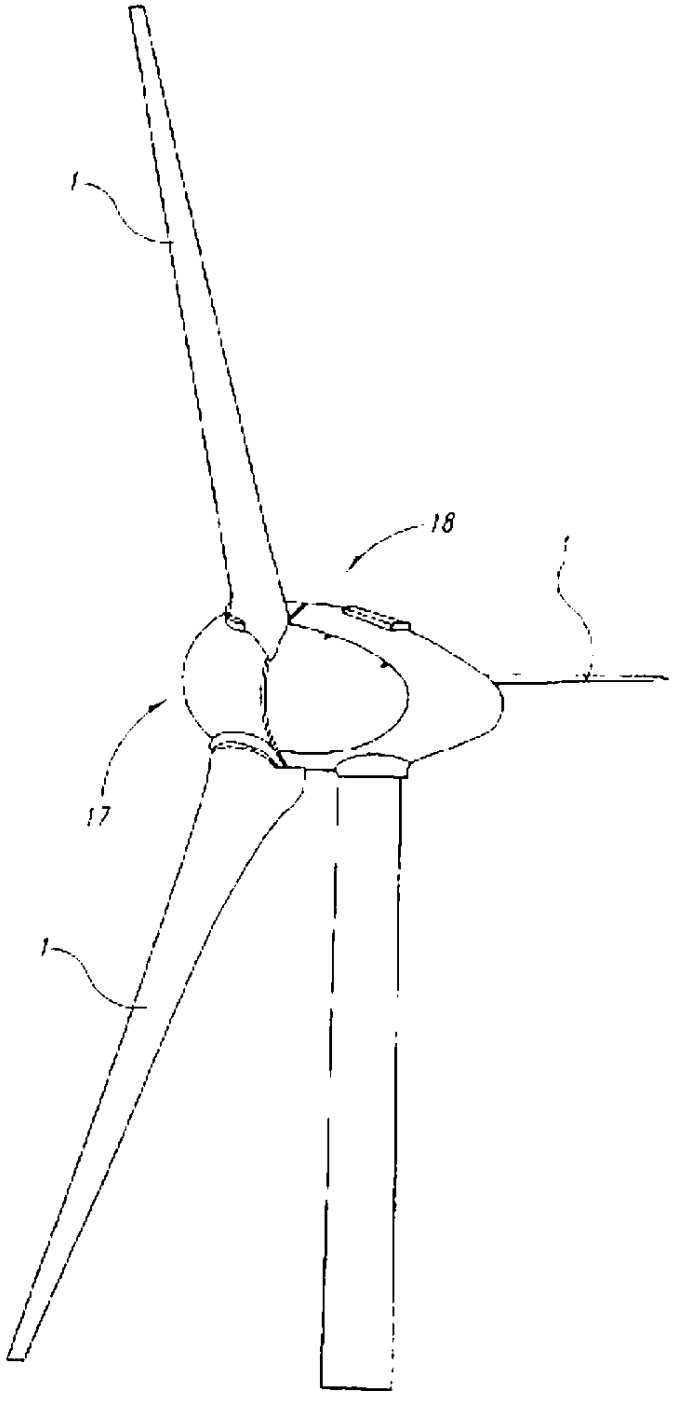
<17> 도18은 본 발명에 따른 로터 블레이드의 허브 근처 영역의 단면도이다.

도면

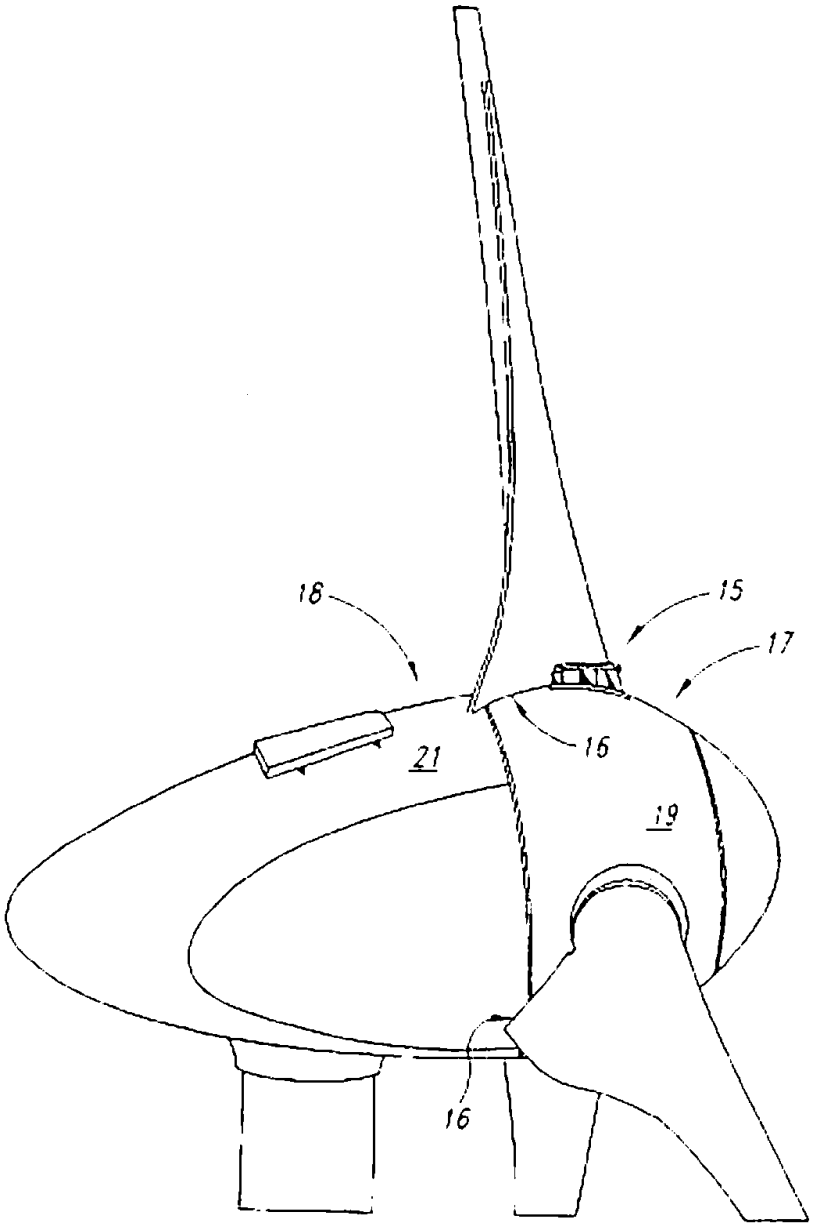
도면1



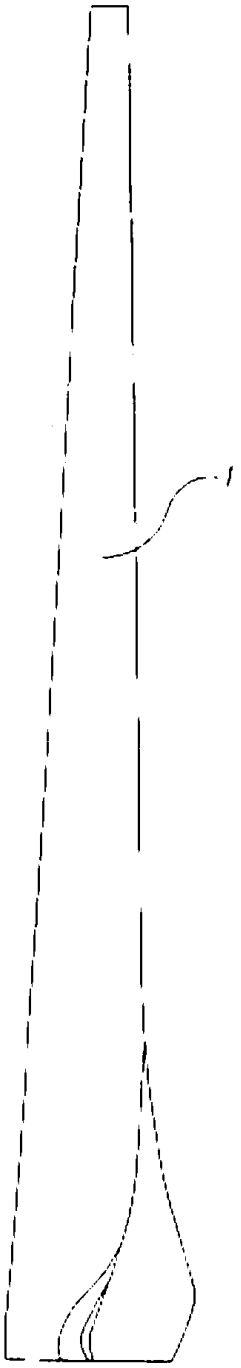
도면2



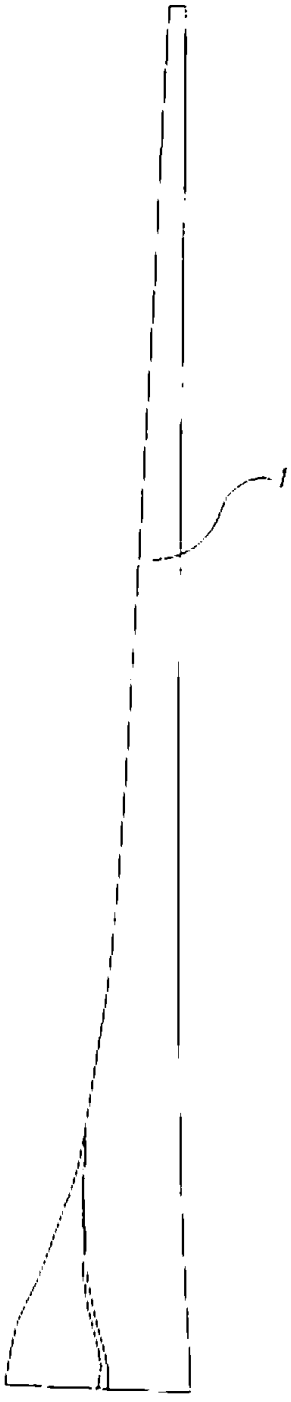
도면3



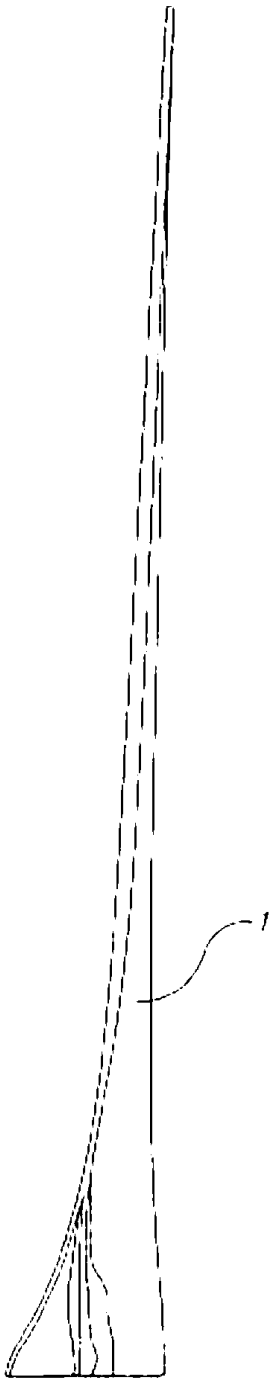
도면4



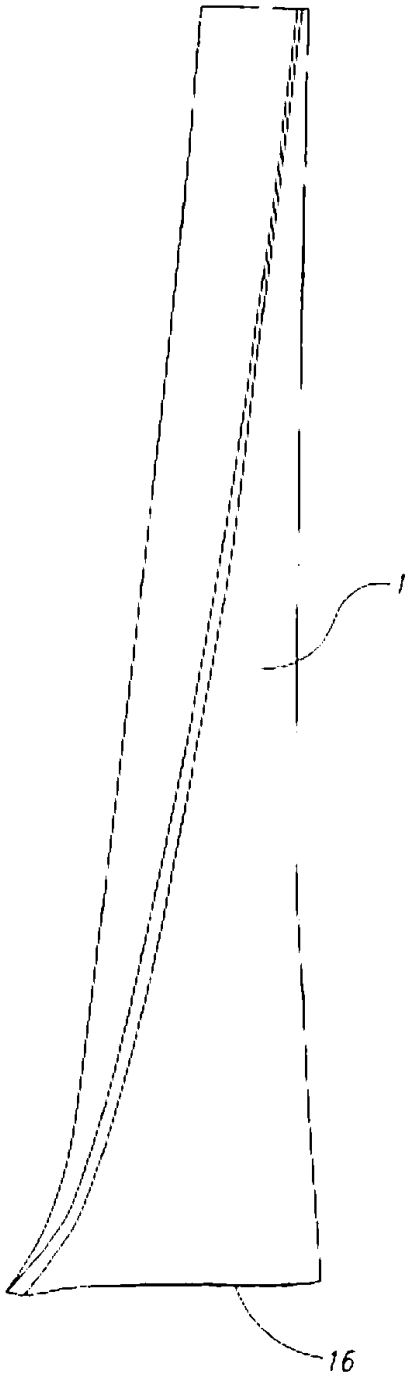
도면5



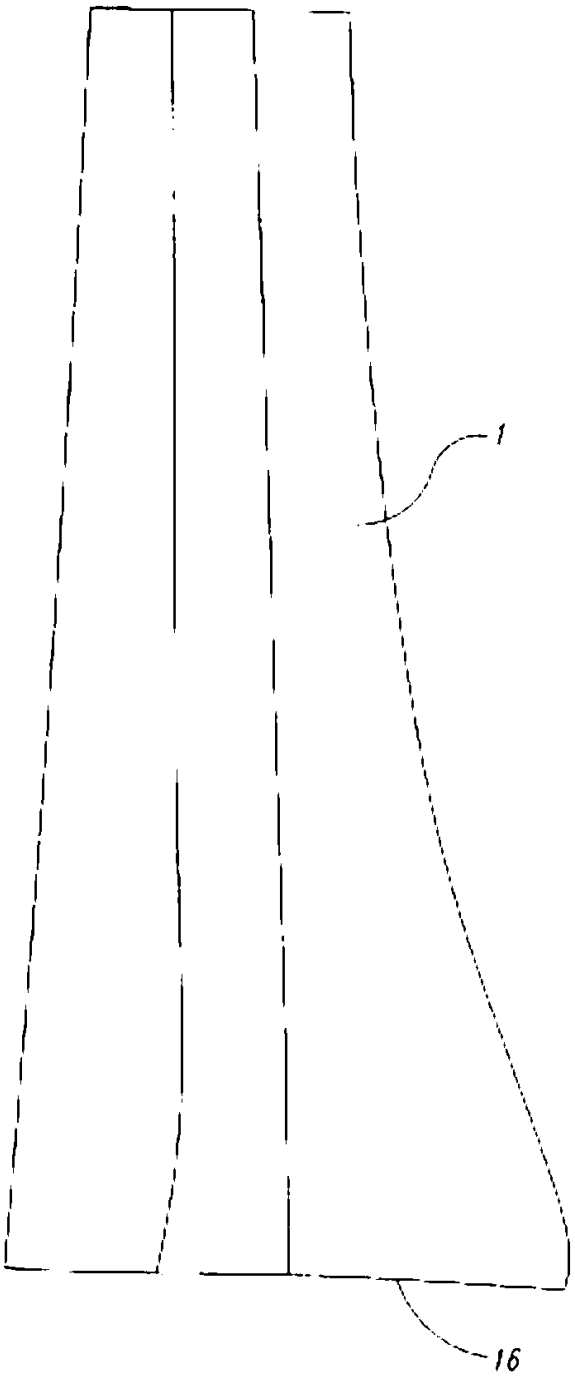
도면6



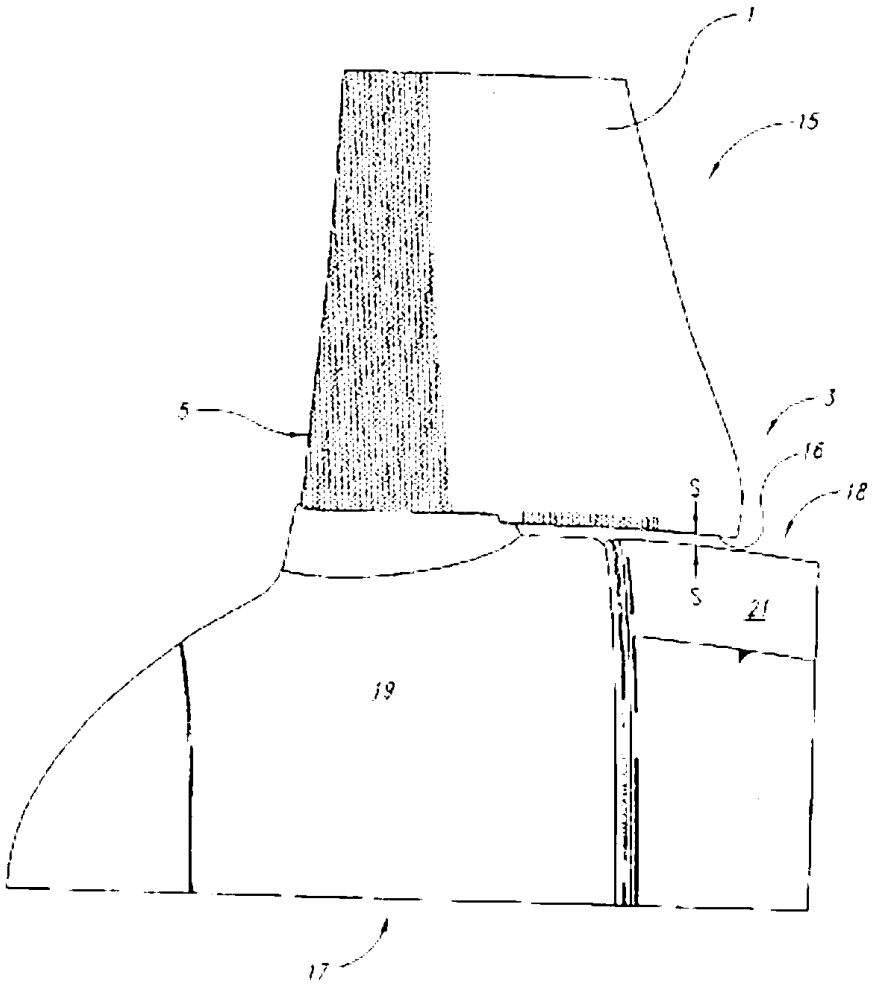
도면7



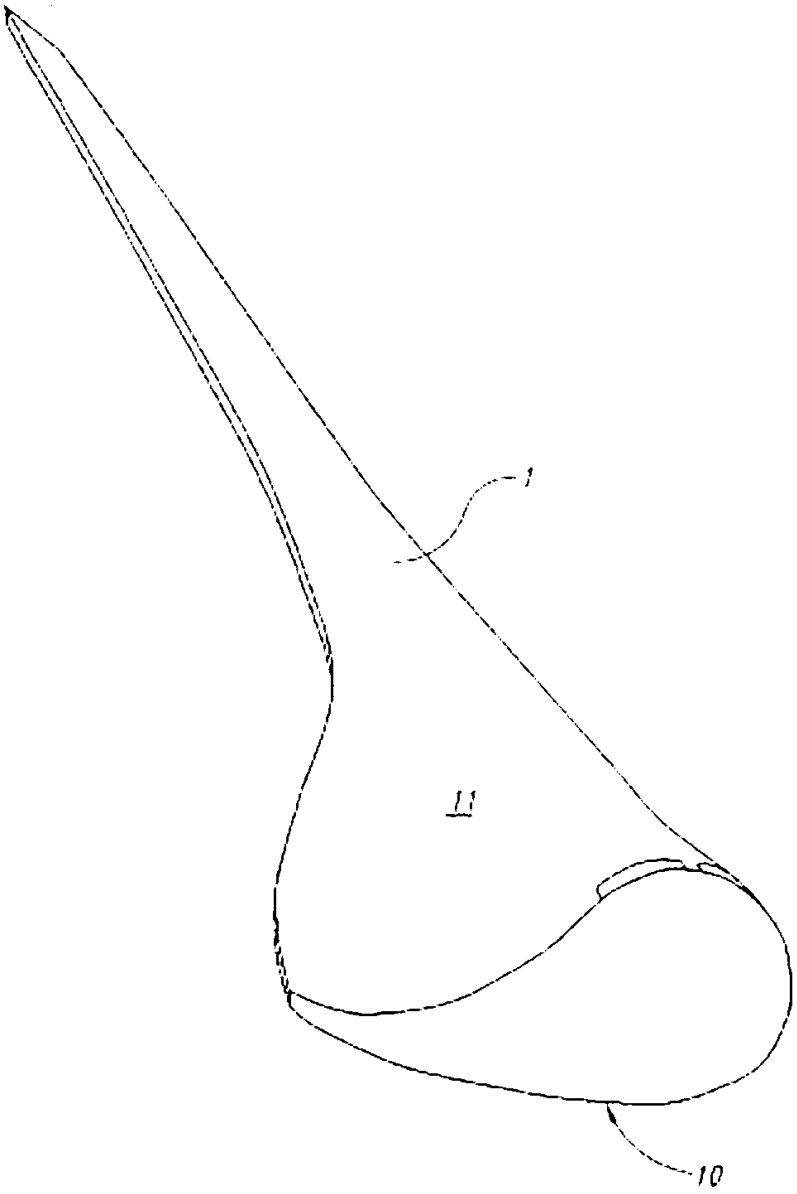
도면8



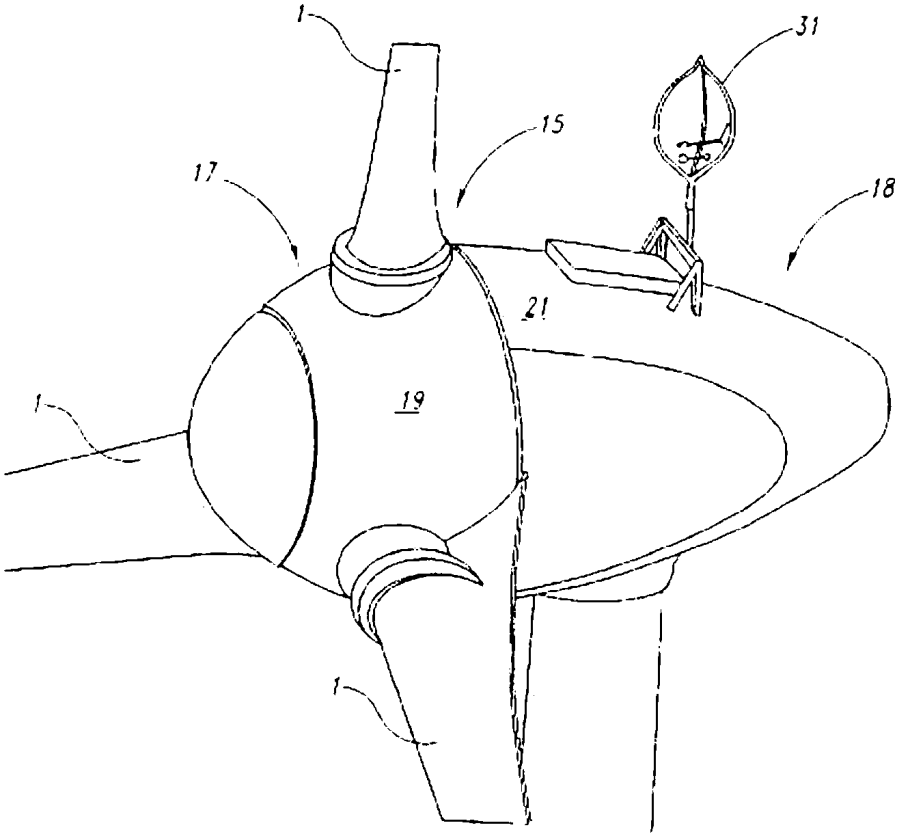
도면9



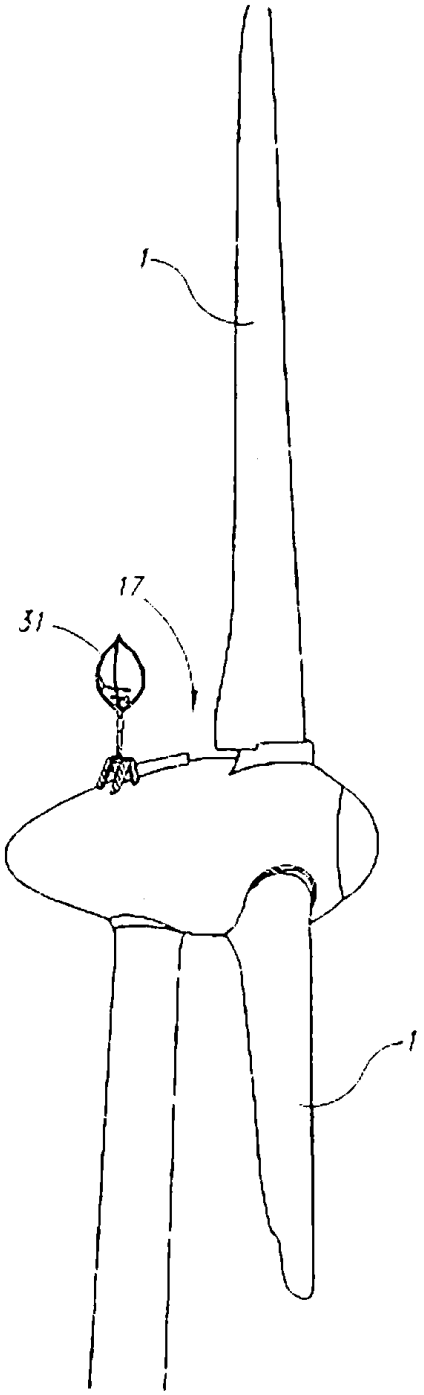
도면10



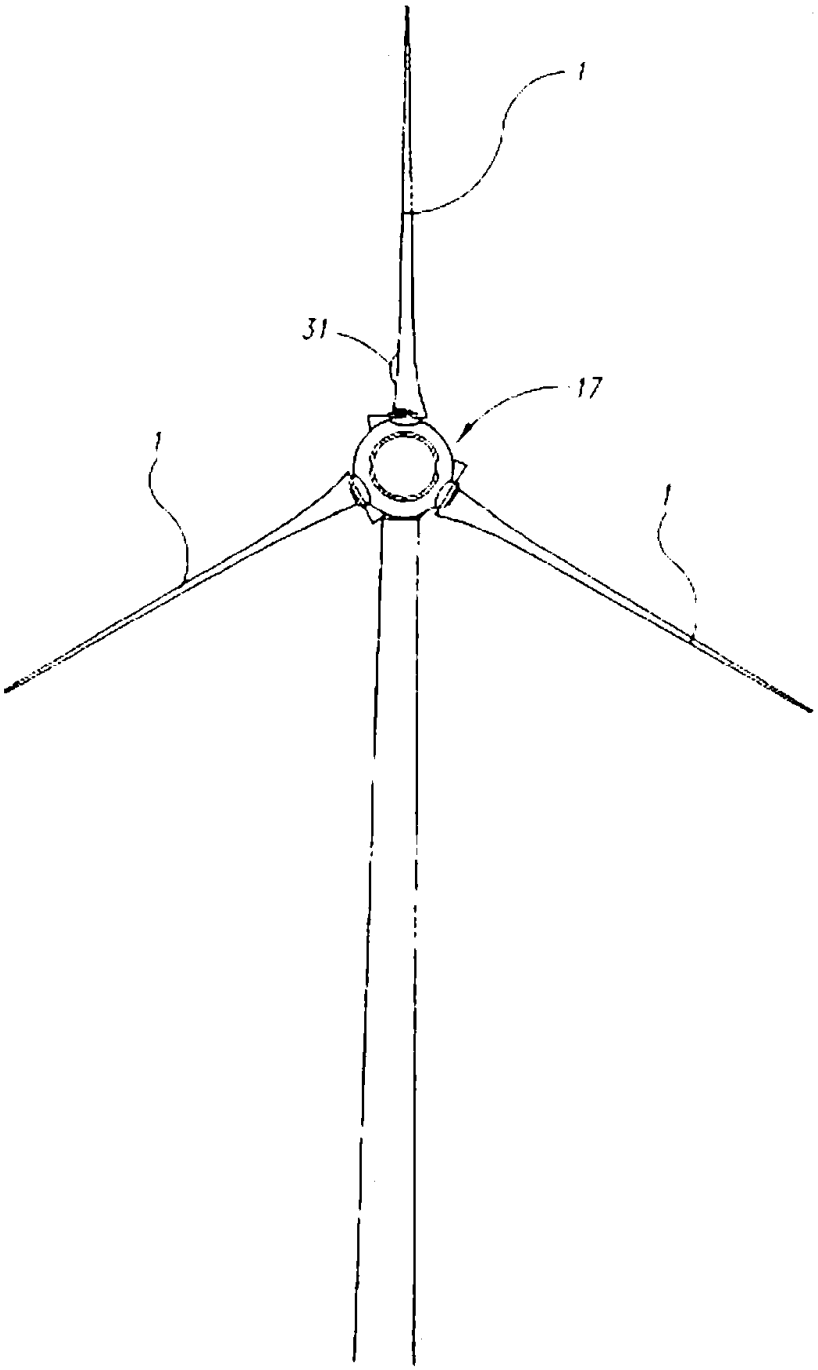
도면11



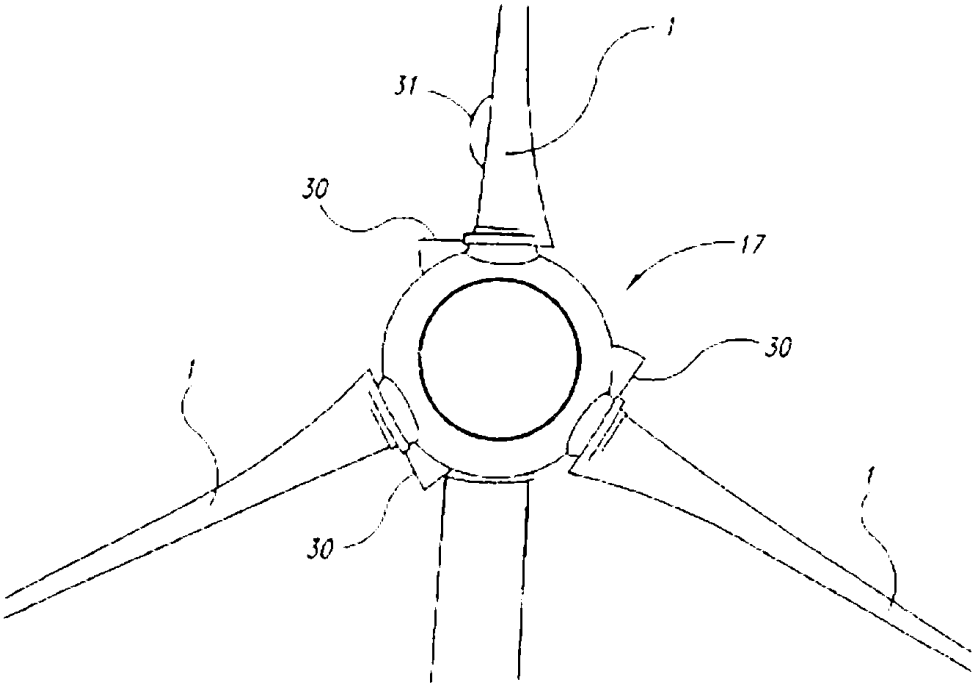
도면12



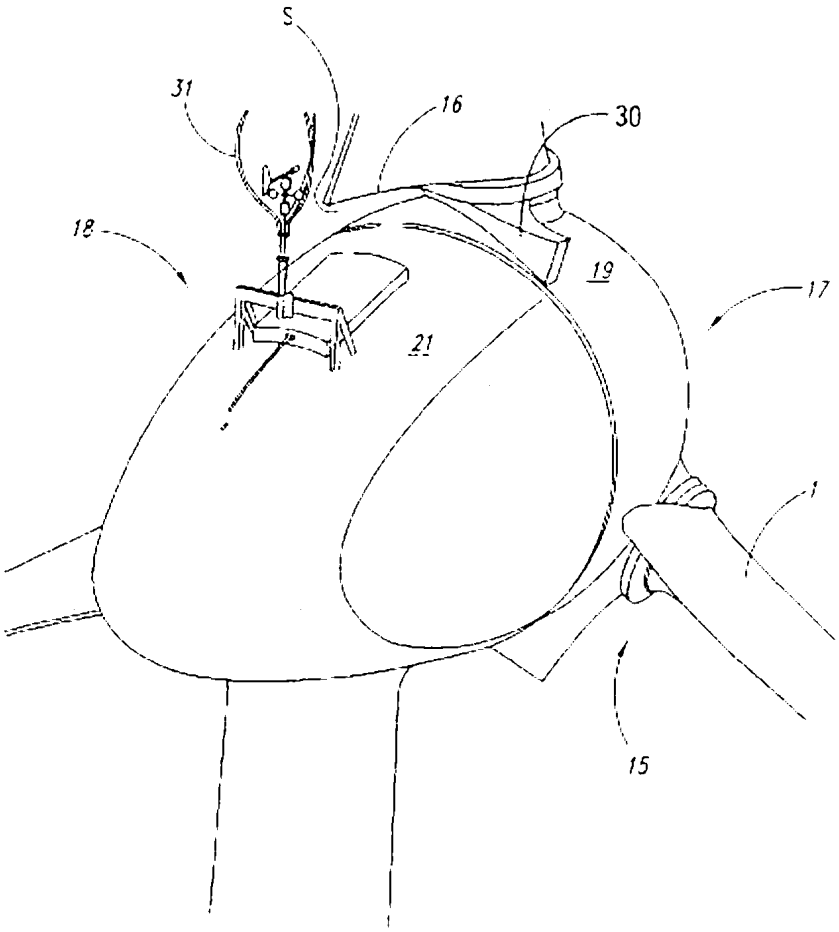
도면13



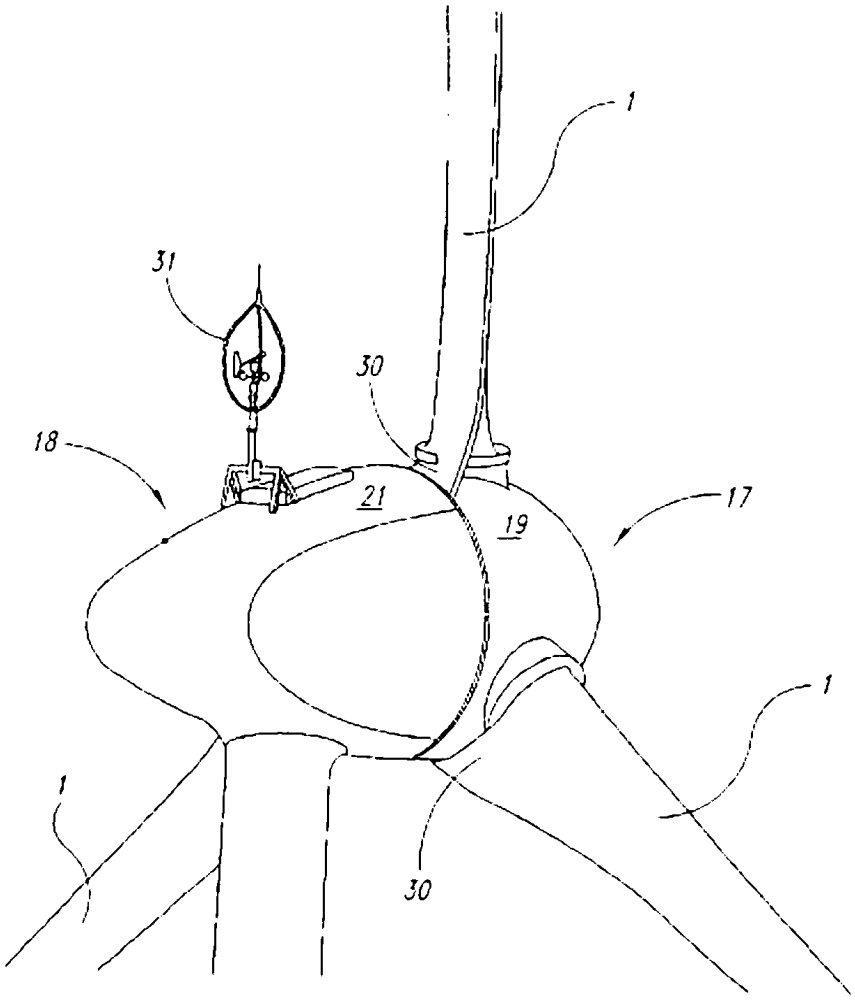
도면14



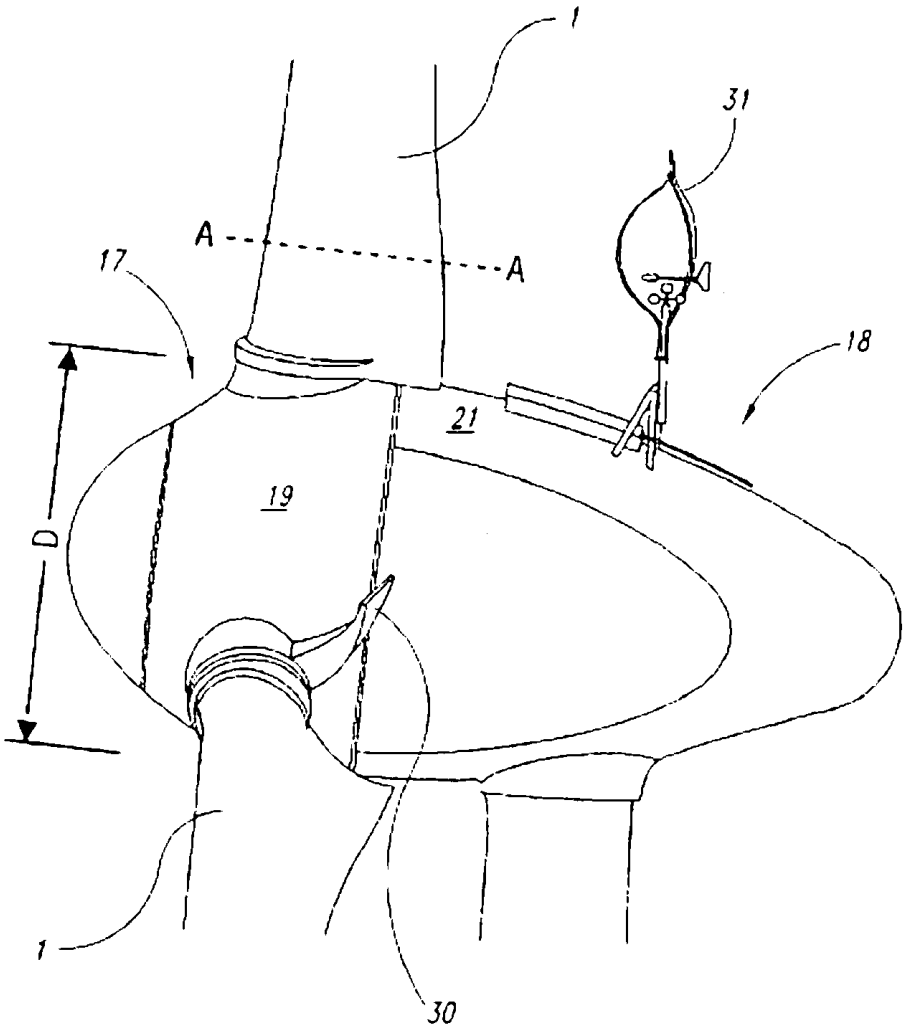
도면15



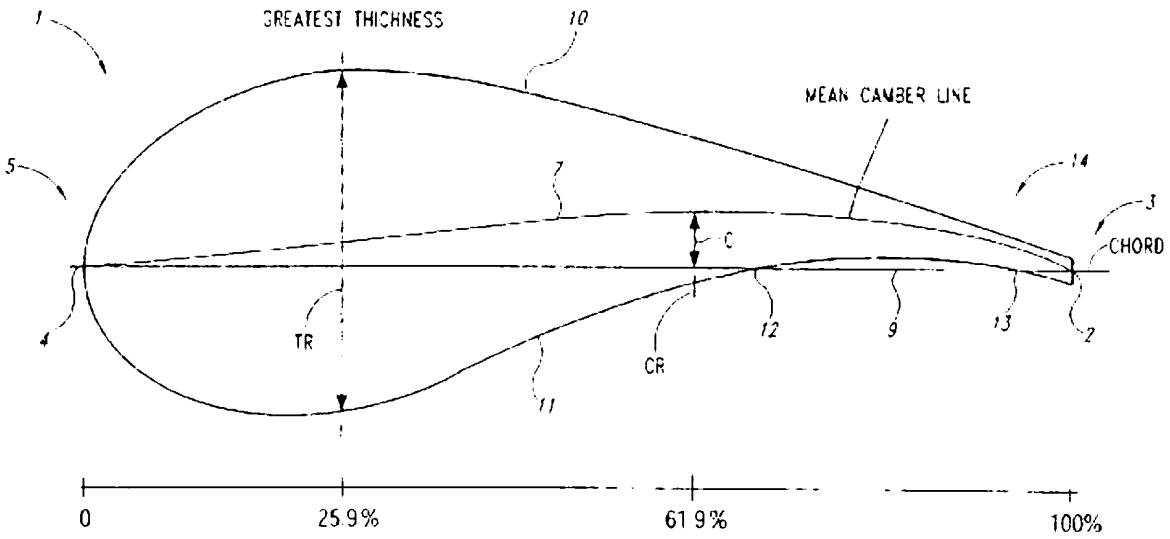
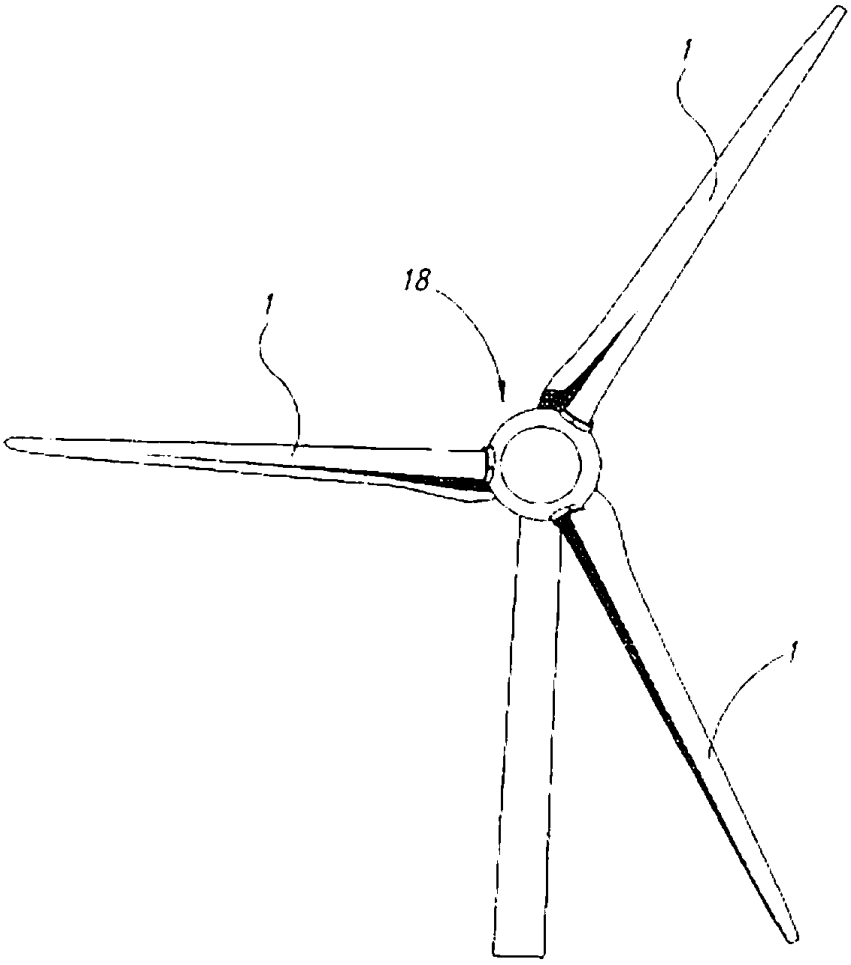
도면16



도면17



도면18


GREATEST THICKNESS
MEAN CAMBER LINE
CHORD
TR
CR
C
0
25.9%
61.9%
100%

도면19