



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년08월01일
(11) 등록번호 10-1291663
(24) 등록일자 2013년07월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F03D 11/00 (2006.01) F03D 1/06 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0099215
(22) 출원일자 2011년09월29일
심사청구일자 2011년09월29일
(65) 공개번호 10-2013-0035012
(43) 공개일자 2013년04월08일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020100125411 A
US20110192937 A1
KR1020080022602 A
DE19614420 A1

(73) 특허권자
삼성중공업 주식회사
서울특별시 서초구 서초대로74길 4 (서초동)
(72) 발명자
김기현
대전광역시 유성구 엑스포로 448, 305동 501호 (전민동, 엑스포아파트)
김호현
서울특별시 강서구 강서로43길 37, 우림빌라 401호 (화곡동)
(74) 대리인
팬코리아특허법인
(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 5 항

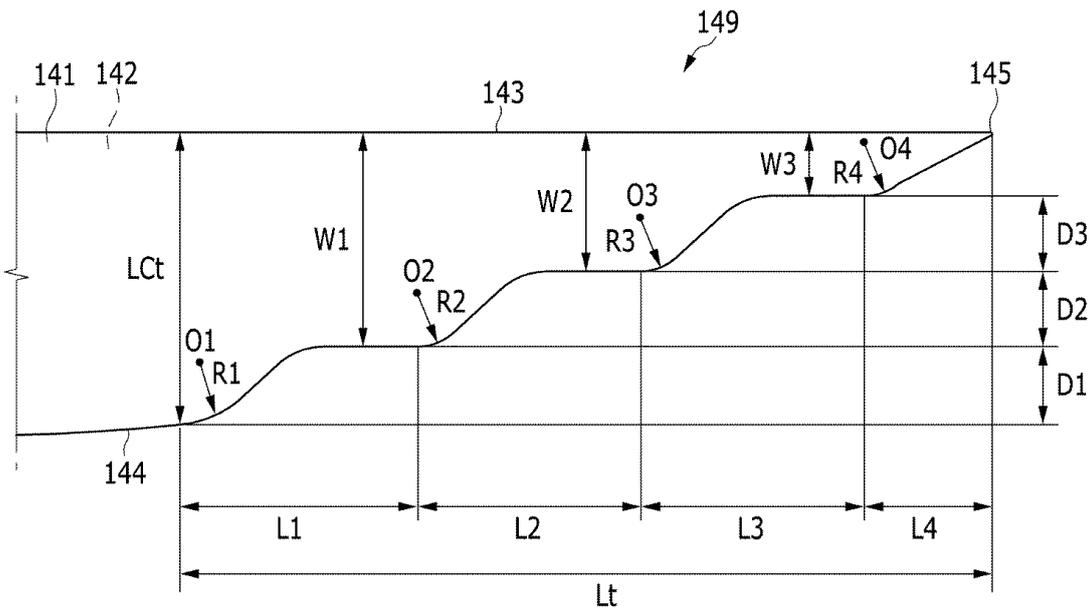
심사관 : 박종오

(54) 발명의 명칭 블레이드 및 그것을 구비한 풍력발전기

(57) 요약

블레이드 및 그것을 구비한 풍력발전기가 개시된다. 본 발명의 일 실시예에 따른 블레이드 및 그것을 구비한 풍력발전기는, 일측이 허브에 결합되고, 상면, 하면, 전연 및 후연이 형성된 익형 횡단면을 갖는 블레이드 본체를 포함하고, 블레이드 본체의 타측에는, 블레이드 본체의 타측 단부로 갈수록 후연이 전연을 향하여 복수 회 단속적으로 근접하여, 전연 및 후연 사이의 폭이 점차 감소된 형상을 갖는 계단형 틱이 형성될 수 있다.

대표도



(72) 발명자

유철

서울특별시 관악구 청림3다길 24 (봉천동)

정재호

충청북도 청주시 흥덕구 서현중로 56, 401호 (강서동, 호원빌딩)

특허청구의 범위

청구항 1

풍력발전기의 허브에 결합된 블레이드로서,

일측이 상기 허브에 결합되고, 상면, 하면, 전연 및 후연이 형성된 익형 횡단면을 갖는 블레이드 본체를 포함하고,

상기 블레이드 본체의 타측에는, 상기 블레이드 본체의 타측 단부로 갈수록 상기 후연이 상기 전연을 향하여 복수 회 단속적으로 근접하여, 상기 전연 및 상기 후연 사이의 폭이 점차 감소된 형상을 갖는 계단형 팁이 형성되며,

상기 계단형 팁은, 상기 타측 단부로 갈수록 상기 전연 및 상기 후연 사이의 폭이 점차 감소되는 정도와 비례하여 상기 상면 및 상기 하면 사이의 거리가 감소되는 것을 특징으로 하는 블레이드.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 계단형 팁의 상기 후연이 돌출된 모서리 부분은, 호와 선분이 연결되거나 두 선분이 서로 연결되어 꼭지점을 형성하는 형상인 것을 특징으로 하는 블레이드.

청구항 3

삭제

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 블레이드 본체의 상기 계단형 팁이 형성된 부분에는 윙릿이 형성된 것을 특징으로 하는 블레이드.

청구항 5

지면에 설치된 타워;

상기 타워의 상단부에 상기 타워의 길이방향을 중심으로 회전 가능하게 설치된 너셀;

상기 너셀의 일측에 회전 가능하게 설치된 허브; 및

상기 허브에 일측이 각각 결합되고, 제1항 또는 제2항에 따른 복수의 블레이드를 구비한 풍력발전기.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 블레이드 본체의 상기 계단형 팁이 형성된 부분에는 윙릿이 형성된 것을 특징으로 하는 블레이드를 구비한 풍력발전기.

명세서

기술분야

본 발명은 블레이드 및 그것을 구비한 풍력발전기에 관한 것으로, 계단형 팁을 포함하는 블레이드 및 그것을 구

[0001]

비한 풍력발전기에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 풍력발전은 화석연료를 대체할 수 있는 유망한 대체에너지원으로, 환경오염을 거의 유발하지 않는 청정에너지원이다. 풍력발전은 현재 기술에 의한 대체에너지원 중 가장 경제성이 높은 것으로 알려져 있다. 따라서, 풍력발전기에 대한 연구 및 개발이 활발하게 진행되고 있으며, 풍량이 풍부한 지역을 선정하여 풍력발전기를 설치하는 사례가 증가되고 있는 추세이다.
- [0003] 일반적으로 풍력발전기에는 복수의 블레이드(blade)와 허브(hub)가 구비되어 바람의 힘에 의해 회전하는 로터(rotor)와, 로터에 연결된 주축(main shaft)으로부터 회전력을 전달받아 전기에너지로 변환하는 발전기가 구비된다.
- [0004] 이러한 풍력발전기에서는 소음이 발생될 수 있는데, 블레이드의 표면에서 발생하는 난류경계층 및 블레이드의 단부(tip) 부분에서 발생하는 익단와류(wing tip vortex)가 소음의 주요 원인이 될 수 있다.
- [0005] 이들 중 난류경계층에 의한 소음은, 블레이드의 표면에서 박리현상(separation)이 발생되지 않거나 최소화되도록 블레이드의 단면 형상을 최적화시킴으로써 감소시킬 수 있다.
- [0006] 참고로, 일본 공개특허 제2003-336572호(이하, '선행문헌 1'이라고 함)에는 블레이드의 후연 전체에 복수의 톱니(serration)를 형성하여 카르만 소용돌이(Karman's Vortex)의 발생을 억제함으로써 소음 발생이 감소되도록 한다는 내용이 개시되어 있다.
- [0007] 그러나, 풍력발전기의 대형화에 따른 블레이드의 길이 증가로 익단와류에 의한 소음은 증가되는 추세이다. 익단와류가 발생되면 소음뿐만 아니라 블레이드의 유도항력(induced drag)이 증가되어 풍력발전기의 발전효율이 저하될 수도 있다. 또한, 다수의 풍력발전기가 설치된 풍력단지(wind farm)에서 익단와류가 심하게 발생되면, 후류에 의한 간섭을 일으킬 수 있는데, 이러한 간섭을 피하기 위해서는 풍력발전기들이 설치되는 간격을 증가시켜야 하므로 공간의 이용 효율이 낮아질 수 있다.
- [0008] 따라서, 익단와류를 감소시킬 수 있는 방안이 절실히 필요한 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0009] (특허문헌 0001) 선행문헌 1: 일본 공개특허 제2003-336572호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0010] 본 발명의 실시예들은 풍력발전기 블레이드의 단부에서 발생하는 익단와류를 감소시킴으로써 블레이드에 가해지는 유도항력 및 소음의 발생을 감소시키고자 한다.

과제의 해결 수단

- [0011] 본 발명의 일 측면에 따르면, 풍력발전기의 허브에 결합된 블레이드로서, 일측이 상기 허브에 결합되고, 상면, 하면, 전연 및 후연이 형성된 익형 횡단면을 갖는 블레이드 본체를 포함하고, 상기 블레이드 본체의 타측에는 상기 블레이드 본체의 타측 단부로 갈수록 상기 후연이 상기 전연을 향하여 복수 회 단속적으로 근접하여, 상기 전연 및 상기 후연 사이의 폭이 점차 감소된 형상을 갖는 계단형 팁이 형성된 것을 특징으로 하는 블레이드가 제공될 수 있다.
- [0012] 여기서, 상기 계단형 팁의 상기 후연이 돌출된 모서리 부분은, 호와 선분이 연결되거나 두 선분이 서로 연결되어 꼭지점을 형성하는 형상일 수 있다.
- [0013] 상기 계단형 팁은, 상기 타측 단부로 갈수록 상기 전연 및 상기 후연 사이의 폭이 점차 감소되는 정도와 비례하여 상기 상면 및 상기 하면 사이의 거리가 감소될 수 있다.

- [0014] 상술한 바와 같은 블레이드는, 상기 블레이드 본체의 상기 계단형 틱이 형성된 부분에 웅릿이 형성될 수 있다.
- [0015] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 지면에 설치된 타워와, 상기 타워의 상단부에 상기 타워의 길이방향을 중심으로 회전 가능하게 설치된 너셀과, 상기 너셀의 일측에 회전 가능하게 설치된 허브와, 상기 허브에 일측이 각각 결합되고 상술한 바와 같은 복수의 블레이드를 구비한 풍력발전기가 제공될 수 있다.

발명의 효과

- [0016] 본 발명의 실시예들은 풍력발전기 블레이드의 단부에서 발생하는 익단와류에 의한 유도항력 및 소음을 감소시킴으로써 풍력발전기의 발전효율을 향상시키고 소음에 의한 피해를 감소시킬 수 있으며, 익단와류의 발생에 따른 후류의 영향을 감소시켜 풍력단지에 설치되는 복수의 풍력발전기 사이의 간격이 단축되도록 함으로써 공간의 이용효율을 높일 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0017] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 블레이드를 구비한 풍력발전기를 나타낸 도면.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 블레이드를 나타낸 도면.
- 도 3은 도 2의 III-III 선분에 따른 단면의 외곽선을 나타낸 도면.
- 도 4는 도 2의 A부분을 확대하여 나타낸 도면.
- 도 5는 도 4에 도시된 부분을 후연 방향에서 본 모습을 나타낸 도면.
- 도 6 및 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 블레이드의 효과를 설명하기 위한 시뮬레이션 결과를 예시한 도면.
- 도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 블레이드의 계단형 틱을 나타낸 도면.
- 도 9는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 블레이드의 계단형 틱을 나타낸 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0018] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변환, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0019] 이하, 본 발명의 실시예를 첨부한 도면들을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.
- [0020] 도 1에는 본 발명의 일 실시예에 따른 블레이드를 구비한 풍력발전기가 도시되어 있다.
- [0021] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 블레이드를 구비한 풍력발전기(100)에는 타워(110), 너셀(120), 허브(130) 및 블레이드(140)가 포함될 수 있다.
- [0022] 앞에서 언급한 로터에는 허브(130) 및 허브(130)에 일측이 각각 결합된 복수의 블레이드(140)가 포함될 수 있다. 허브(130)는 너셀(120)에 회전 가능하게 연결될 수 있는데, 허브(130)는 너셀(120) 내에 설치된 발전기(도시되지 않음)와 주축(도시되지 않음)에 의해 서로 연결될 수 있다.
- [0023] 기동 형상의 타워(110)는 지반(1)에 설치될 수 있다. 여기서 지반(1)은, 풍력발전기(100)가 해상에 설치되는 경우에는 해저면이 될 수도 있다.
- [0024] 너셀(120)은 타워(110)의 상단부에 설치되어 타워(110)에 의해 지지될 수 있다. 이때, 일반적으로 너셀(120)은 타워(110)의 길이방향을 중심으로 회전 가능하게 설치되어, 바람이 불어오는 방향으로 로터를 회전, 즉 요잉(yawing)시킬 수 있다.
- [0025] 즉, 풍력발전기(100)가 설치된 지역에 바람이 불 때 허브(130)가 바람이 불어오는 방향을 향하도록 너셀(120)을 회전시켜서, 바람의 힘을 이용하는 효율을 높일 수 있다.
- [0026] 또한, 풍력발전기(100)의 발전효율을 더욱 향상시키기 위해서는 블레이드(140)가 바람에 의해 가해지는 힘을 회전력으로 변환시키는 효율을 높일 필요가 있다. 그러므로, 블레이드(140)가 공기역학적으로 최대한 높은 효율을

얻을 수 있도록 하기 위한 연구 및 개발이 지속적으로 진행되고 있다.

- [0027] 도 2에는 본 발명의 일 실시예에 따른 블레이드가 도시되어 있고, 도 3에는 도 2의 III-III 선분에 따른 단면의 외곽선이 도시되어 있다.
- [0028] 도 2를 참조하면, 블레이드(140)에는 블레이드 본체가 포함될 수 있다.
- [0029] 도시된 바와 같이 블레이드 본체의 일측은 허브(130)에 결합될 수 있다. 블레이드 본체는 상면(suction side, 141), 하면(pressure side, 142), 전연(leading edge, 143) 및 후연(trailing edge, 144)이 포함된 익형 횡단면을 가질 수 있는데, 이에 대해서는 도 3을 참조하여 설명한다.
- [0030] 도 3을 참조하면, 블레이드(도 2의 140)에 포함된 블레이드 본체는 그 길이방향에 수직한 단면, 즉 횡단면의 외곽선이 익형(airfoil)의 형상을 갖도록 형성될 수 있다.
- [0031] 즉, 도시된 바와 같이 블레이드 본체의 횡단면의 외곽선은 캠버(camber)가 각각 형성된 상면(141) 및 하면(142)에 의해 익형의 형상을 갖게 될 수 있고, 상면(141) 및 하면(142)이 접하는 곳에는 전연(143) 및 후연(144)이 형성될 수 있다.
- [0032] 여기서, 전연(143) 및 후연(144)을 잇는 선분이 코드(chord, C)이고, 그 길이는 코드 길이(LC)가 될 수 있다.
- [0033] 다시 도 2를 참조하면, 블레이드(140)에 포함된 블레이드 본체의 타측에는 계단형 팁(149)이 형성될 수 있다.
- [0034] 계단형 팁(149)은 블레이드 본체의 타측 단부(145)로 갈수록 전연(143) 및 후연(144) 사이의 폭이 감소되는 형상을 가질 수 있는데, 계단형 팁(149)의 형상에 대해서는 도 4를 참조하여 상세히 설명한다.
- [0035] 참고로, 미설명부호 R은 허브(130)의 중심(0h)으로부터 블레이드 본체의 타측 단부(145)까지의 길이이고, Lt는 계단형 팁(149)의 길이이다.
- [0036] 도 4에는 도 2의 A부분이 확대 도시되어 있다.
- [0037] 도 4를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 블레이드(도 2의 140)에 형성된 계단형 팁(149)은 블레이드 본체의 타측 단부(145)로 갈수록 후연(144)이 전연(143)을 향하여 복수 회 단속적(斷續的)으로 근접하여, 전연(143) 및 후연(144) 사이의 폭이 점차 감소된 형상을 가질 수 있다.
- [0038] 더 상세히 설명하자면, 계단형 팁(149)은 도시된 바와 같이 타측 단부(145)로 갈수록 후연(144)이 전연(143)을 향하여 계단 형상으로 가까워지도록 형성될 수 있는데, 후연(144)은 전연(143)을 향하여 연속적으로 가까워지는 것이 아니라, 후연(144) 및 전연(143) 사이의 폭이 감소되는 부분 및 일정하게 유지되는 부분이 번갈아 복수 회 나타나도록 형성될 수 있다.
- [0039] 그러므로, 본 발명의 일 실시예에 따른 블레이드(도 2의 140)에 형성된 계단형 팁(149)의 후연(144)에는 복수의 돌출된 모서리 부분이 형성될 수 있다.
- [0040] 계단형 팁(149)은 블레이드(도 2의 140)의 타측 단부에서 발생하는 익단와류의 발생을 억제 또는 약화시키기 위한 것으로, 계단형 팁(149)은 블레이드 본체의 타측에 형성될 수 있으며, 특히 블레이드 본체의 타측 단부(145)로부터 그에 인접한 부분에 형성될 수 있다.
- [0041] 따라서, 블레이드(도 2의 140)의 타측 단부에서 발생하는 익단와류의 코어(core)는, 앞에서 언급한 계단형 팁(149)의 복수의 돌출된 모서리 부분에 의해 분산될 수 있다. 즉, 계단형 팁(149)에 의해 익단와류가 발생하는 것이 억제되거나 익단와류가 약화될 수 있다.
- [0042] 도시되지는 않았으나 시뮬레이션 결과에 따르면, 블레이드(도 2의 140)의 타측 단부에서 익단와류가 발생하는 것을 억제 또는 감소시킬 수 있는 계단형 팁(149)의 길이(도 2의 Lt)는, 허브(도 2의 130)의 중심(도 2의 0h)으로부터 블레이드 본체의 타측 단부(145)까지의 길이(도 2의 R)의 30퍼센트 이하인 것으로 나타났다.
- [0043] 또한, 익단와류의 억제 또는 약화에 효과적인 계단형 팁(149)의 길이(도 2의 Lt)는, 허브(도 2의 130)의 중심(도 2의 0h)으로부터 블레이드 본체의 타측 단부(145)까지의 길이(도 2의 R)의 1퍼센트 이상 3퍼센트 이하인 것으로 나타났다.
- [0044] 한편, 블레이드 본체의 길이방향과 나란한 방향을 기준으로 보았을 때, 앞에서 설명한 계단형 팁(149)의 후연(144)이 전연(143)을 향하여 복수 회 단속적으로 근접하는 부분들의 간격은, 허브(도 2의 130)의 중심(도 2의 0h)으로부터 블레이드 본체의 타측 단부(145)까지의 길이(도 2의 R)의 1퍼센트 이상 10퍼센트 이하일 수 있다.

- [0045] 예를 들면, 도면에 표시된 바와 같이 계단형 팁(149)에서 후연(144)이 전연(143)을 향해 복수 회 단속적으로 근접하는 부분들 중 후연(144) 및 전연(143) 사이의 폭이 변화된 부분들 사이의 간격을 각각 L1, L2, L3, L4라고 하면, L1, L2, L3, L4는 허브(도 2의 130)의 중심(도 2의 0h)으로부터 블레이드 본체의 타측 단부(145)까지의 길이(도 2의 R)의 1퍼센트 이상 10퍼센트 이하의 값 중에서 각각 선택된 간격일 수 있다.
- [0046] 계단형 팁(149)은 L1, L2, L3, L4가 모두 같도록 형성될 수도 있고, 서로 다르게 형성될 수도 있다. 이때, L1, L2, L3, L4를 모두 합하면 계단형 팁(149)의 길이(Lt)와 같을 수 있다.
- [0047] 여기서, 후연(144)이 전연(143)을 향하여 복수 회 단속적으로 근접하는 부분에서 그 근접하는 회수는 필요에 따라 가감될 수 있다. 이러한 근접하는 회수는, 실험이나 시뮬레이션 등을 통하여 계단형 팁(149)에 의한 익단와류의 코어가 분산되는 효과가 높아질 수 있는 값들을 구하고, 그 값들 중에서 선택될 수 있다.
- [0048] 계단형 팁(149)의 후연(144)이 전연(143)을 향하여 매회 근접하는 거리는, 블레이드 본체 중 후연(144)이 전연(143)을 향하여 계단형으로 근접하기 시작하는 지점에 해당되는 위치에서의 블레이드 본체의 익형 횡단면의 코드 길이(LCt)의 1퍼센트 이상 30퍼센트 이하일 수 있다.
- [0049] 여기서, 블레이드 본체 중 후연(144)이 전연(143)을 향하여 계단형으로 근접하기 시작하는 지점은 계단형 팁(149)이 시작되는 지점과 같으므로, 블레이드 본체의 타측 단부(145)로부터 계단형 팁(149)의 길이(Lt)만큼 이격된 지점이라 볼 수 있다.
- [0050] 따라서, 블레이드 본체에서 계단형 팁(149)이 시작되는 부분의 코드 길이(LCt) 및 후연(144)이 전연(143)을 향해 근접되다가 처음으로 일정한 폭을 유지하는 부분의 폭(W1)의 차이(D1)는, 코드 길이(LCt)의 1퍼센트 이상 30퍼센트 이하의 값에서 선택될 수 있다.
- [0051] 그리고, 후연(144)이 전연(143)을 향해 근접되다가 두 번째로 일정한 폭을 유지하는 부분의 폭(W2) 및 상술한 처음 일정한 폭을 유지하는 부분의 폭(W1)의 차이(D2) 또한 코드 길이(LCt)의 1퍼센트 이상 30퍼센트 이하의 값에서 선택될 수 있다. 마찬가지로, 세 번째로 일정하게 유지되는 부분의 폭(W3) 및 두 번째로 일정한 부분의 폭(W2)의 차이(D3)도 코드 길이(LCt)의 1퍼센트 이상 30퍼센트 이하의 값에서 선택될 수 있다.
- [0052] 여기서, 세 번째로 폭이 일정하게 유지되는 부분의 폭(W3) 또한 코드 길이(LCt)의 1퍼센트 이상 30퍼센트 이하의 값에서 선택될 수 있다.
- [0053] 따라서 계단형 팁(149)에서, 블레이드 본체의 타측 단부(145) 방향으로 갈수록 후연(144)이 전연(143)을 향해 복수 회 단속적으로 근접하는 부분들은 각각 길이가 L1, L2, L3이고, 변화되는 폭이 각각 D1, D2, D3인 계단 형상으로 형성될 수 있다.
- [0054] 계단형 팁(149)에서 후연(144)이 계단 형상의 부분으로 형성됨에 따라, 후연(144)의 일부분은 복수의 돌출된 모서리 부분을 형성하게 된다. 이러한 복수의 돌출된 모서리 부분은, 후연(144)이 전연(143)을 향하여 계단형으로 근접하기 시작하는 지점에서의 코드 길이(LCt)의 1퍼센트 이상 30퍼센트 이하인 길이를 곡률반경(R1, R2, R3, R4)으로 하는 호(arc)의 형상을 가질 수 있다. 여기서, 호는 원호 및 타원호를 포함할 수 있다.
- [0055] 후연(144)의 돌출된 모서리 부분의 곡률반경(R1, R2, R3, R4)은 모두 같도록 형성될 수도 있고, 서로 다르게 형성될 수도 있다. 단, 이러한 곡률반경(R1, R2, R3, R4) 또한 실험 및 시뮬레이션을 통해 익단와류의 코어가 가장 효과적으로 분산될 수 있는 값을 각각 갖도록 할 수 있다.
- [0056] 도 5에는 도 4에 도시된 부분을 후연 방향에서 본 모습이 도시되어 있다.
- [0057] 도 5를 참조하면, 계단형 팁(149)의 두께, 즉 상면(141) 및 하면(142) 사이의 거리는, 상술한 바와 같이 전연(도 4의 143) 및 후연(144) 사이의 폭이 타측 단부(145)로 갈수록 점차 감소되는 정도에 비례하여 감소될 수 있다.
- [0058] 즉, 도 4를 참조하여 설명한 바와 같이 계단형 팁(149)의 폭이 W1, W2, W3으로 감소됨에 따라, 상면(141) 및 하면(142) 사이의 거리 또한 도 5에 표시된 T1, T2, T3와 같이 순차적으로 감소될 수 있다.
- [0059] 참고로, 본 도면에서는 편의상 후연(144)을 직선형으로 도시하였으나, 블레이드(도 2의 140)의 블레이드 본체에는 비틀림각(twist angle)이 형성되어 후연(144)의 형상이 도면과 상이할 수도 있다.
- [0060] 도 6 및 도 7에는 본 발명의 일 실시예에 따른 블레이드의 효과를 설명하기 위한 시뮬레이션 결과가 예시되어 있다. 여기서, 도 6은 일반적인 풍력발전기의 블레이드로 시뮬레이션 한 결과이고, 도 7은 본 발명의 일 실시예

에 따른 블레이드로 시뮬레이션 한 결과이다. 도 6 및 도 7을 비교하여 설명한다.

- [0061] 우선 도 6을 참조하면, 일반적인 풍력발전기의 블레이드(14)가 Ro로 표시한 화살표의 방향으로 회전된다. 이때, 블레이드(14)는 도면에 표시된 좌표축의 y축과 나란한 축을 중심으로 회전된다.
- [0062] 블레이드(14)의 팁(14e) 부분에서는 유선(SL1)으로 표시한 바와 같이 공기가 유동되며, 특히 단부에서는 익단와류의 코어(CV1)가 발생된다.
- [0063] 도 7을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 블레이드(140)가 Ro로 표시한 화살표의 방향으로 회전된다. 블레이드(140)는 도면에 표시된 좌표축의 y축과 나란한 축을 중심으로 회전된다.
- [0064] 블레이드(140)의 팁(149) 부분에서는 유선(SL2)으로 표시한 바와 같이 공기가 유동되며, 특히 단부에서는 익단와류의 코어(CV2)가 발생된다.
- [0065] 도 6 및 도 7의 좌측에 표시한 칼라코드는 공기의 유동속도를 나타내기 위한 기준으로, 도 6 및 도 7의 B1 및 B2로 표시한 부분을 비교해 보면, 일반적인 풍력발전기의 블레이드(14)의 팁(14e) 부분에서 발생하는 익단와류 코어에 비하여 본 발명의 일 실시예에 따른 블레이드(140)의 팁(149) 부분에서 발생하는 익단와류 코어의 유속이 낮으며, 유속이 빠른 부분이 적게 집중되어 있는 것을 알 수 있다.
- [0066] 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른 블레이드(140)는 익단와류에 의한 소음 등의 영향을 감소시킬 수 있다는 것을 확인할 수 있다.
- [0067] 도 8에는 본 발명의 다른 실시예에 따른 블레이드의 계단형 팁이 도시되어 있다.
- [0068] 도 8을 참조하면, 본 발명의 다른 실시예에 따른 블레이드의 계단형 팁(249)은 블레이드(도 2의 140 참조)에 포함된 블레이드 본체의 타측에 형성될 수 있다.
- [0069] 여기서, 상면(241), 하면(242), 전연(243) 및 타측 단부(245)는 앞에서 설명한 본 발명의 일 실시예에 따른 블레이드의 계단형 팁(도 4의 149)의 상면(도 4의 141), 하면(도 4의 142), 전연(도 4의 143) 및 타측 단부(도 2의 145)와 각각 같으므로 중복되는 설명은 생략한다.
- [0070] 계단형 팁(249)은 블레이드 본체의 타측 단부(245)로 갈수록 후연(144)이 전연(143)을 향하여 복수 회 단속적으로 근접하여, 전연(143) 및 후연(144) 사이의 폭이 점차 감소된 형상을 가질 수 있다. 즉, 후연(244)은 전연(243)을 향하여 연속적으로 가까워지는 것이 아니라, 후연(244) 및 전연(243) 사이의 폭이 감소되는 부분 및 일정하게 유지되는 부분이 번갈아 복수 회 나타나도록 형성될 수 있다.
- [0071] 도시되지는 않았으나 시뮬레이션 결과에 따르면, 블레이드(도 2의 140 참조)의 타측 단부에서 익단와류가 발생하는 것을 억제 또는 감소시킬 수 있는 계단형 팁(249)의 길이(1t)는, 허브(도 2의 130)의 중심(도 2의 0h)으로부터 블레이드 본체의 타측 단부(245)까지의 길이(도 2의 R)의 30퍼센트 이하인 것으로 나타났다.
- [0072] 또한, 익단와류의 억제 또는 약화에 효과적인 계단형 팁(249)의 길이(1t)는, 허브(도 2의 130)의 중심(도 2의 0h)으로부터 블레이드 본체의 타측 단부(245)까지의 길이(도 2의 R)의 1퍼센트 이상 3퍼센트 이하인 것으로 나타났다.
- [0073] 블레이드 본체의 길이방향과 나란한 방향을 기준으로 보았을 때, 계단형 팁(249)의 후연(244)이 전연(243)을 향하여 복수 회 단속적으로 근접하는 부분들의 간격은, 허브(도 2의 130)의 중심(도 2의 0h)으로부터 블레이드 본체의 타측 단부(145)까지의 길이(도 2의 R)의 1퍼센트 이상 10퍼센트 이하일 수 있다.
- [0074] 예를 들어, 도면에 표시된 바와 같이 계단형 팁(249)에서 후연(244)이 전연(243)을 향해 복수 회 단속적으로 근접하는 부분들 중 후연(244) 및 전연(243) 사이의 폭이 변화된 부분들 사이의 간격을 각각 11, 12, 13, 14라고 하면, 11, 12, 13, 14는 허브(도 2의 130)의 중심(도 2의 0h)으로부터 블레이드 본체의 타측 단부(145)까지의 길이(도 2의 R)의 1퍼센트 이상 10퍼센트 이하의 값 중에서 각각 선택된 간격일 수 있다.
- [0075] 계단형 팁(249)은 11, 12, 13, 14가 모두 같도록 형성될 수도 있고, 서로 다르게 형성될 수도 있다. 이때, 11, 12, 13, 14를 모두 합하면 계단형 팁(249)의 길이(1t)와 같을 수 있다.
- [0076] 계단형 팁(249)의 후연(244)이 전연(243)을 향하여 매회 근접하는 거리는, 블레이드 본체 중 후연(244)이 전연(243)을 향하여 계단형으로 근접하기 시작하는 지점에 해당되는 위치에서의 블레이드 본체의 익형 횡단면의 코드 길이(1ct)의 1퍼센트 이상 30퍼센트 이하일 수 있다.
- [0077] 예를 들어, 도시된 바와 같이 블레이드 본체에서 계단형 팁(249)이 시작되는 지점의 코드 길이(1ct) 및 후연

(244)이 전연(243)을 향해 근접되다가 처음으로 일정한 폭을 유지하는 부분의 폭(w1)의 차이(d1)는, 코드 길이(1ct)의 1퍼센트 이상 30퍼센트 이하의 값에서 선택될 수 있다.

- [0078] 그리고, 후연(244)이 전연(243)을 향해 근접된 후 두 번째로 일정한 폭을 유지하는 부분의 폭(w2) 및 상술한 처음 일정한 폭을 유지하는 부분의 폭(w1)의 차이(d2) 또한 코드 길이(1ct)의 1퍼센트 이상 30퍼센트 이하의 값에서 선택될 수 있다. 마찬가지로, 세 번째로 일정하게 유지되는 부분의 폭(w3) 및 두 번째로 일정한 부분의 폭(w2)의 차이(d3)도 코드 길이(1ct)의 1퍼센트 이상 30퍼센트 이하의 값에서 선택될 수 있다.
- [0079] 여기서, 세 번째로 폭이 일정하게 유지되는 부분의 폭(w3) 또한 코드 길이(1ct)의 1퍼센트 이상 30퍼센트 이하의 값에서 선택될 수 있다.
- [0080] 따라서 계단형 팁(249)에서, 블레이드 본체의 타측 단부(245) 방향으로 갈수록 후연(244)이 전연(243)을 향해 복수 회 단속적으로 근접하는 부분들은 각각 길이가 11, 12, 13이고, 변화되는 폭이 각각 d1, d2, d3인 계단 형상으로 형성될 수 있다.
- [0081] 계단형 팁(249)에서 후연(244)이 계단 형상의 부분으로 형성됨에 따라, 후연(244)의 일부분은 복수의 돌출된 모서리 부분을 형성하게 된다. 이러한 복수의 돌출된 모서리 부분은, 도시된 바와 같이 두 선분이 연결되어 꼭지점을 형성하는 형상을 가질 수 있다. 또는, 도시되지는 않았으나, 이러한 복수의 돌출된 모서리 부분은 호와 선분이 연결되어 꼭지점을 형성하는 형상을 가질 수도 있다.
- [0082] 후연(244)의 돌출된 모서리 부분의 형상은 모두 같도록 형성될 수도 있고, 서로 다르게 형성될 수도 있다. 단, 이러한 후연(244)에 형성된 복수의 돌출된 모서리 부분은, 실험 및 시뮬레이션을 통해 익단와류의 코어가 가장 효과적으로 분산될 수 있는 형상으로 형성되도록 할 수 있다.
- [0083] 참고로, 도시된 바와 같이 본 발명의 다른 실시예에 따른 블레이드의 계단형 팁(249)은 후연(244)이 복수의 선분이 연결된 형상을 가질 수 있다. 따라서, 본 발명의 다른 실시예에 따른 블레이드의 계단형 팁(249)은, 앞에서 설명한 본 발명의 일 실시예에 따른 블레이드의 계단형 팁(도 4의 149)에 비하여 가공이 용이하므로, 계단형 팁(249)의 제조에 소요되는 시간 및 비용이 상대적으로 절감될 수 있다.
- [0084] 도 9에는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 블레이드의 계단형 팁이 도시되어 있다.
- [0085] 도 9를 참조하면, 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 블레이드(도시되지 않음)에 포함된 블레이드 본체에는 계단형 팁(349)이 형성되고, 블레이드 본체의 계단형 팁(349)이 형성된 부분에는 윙릿(winglet, 346)이 형성될 수 있다.
- [0086] 여기서, 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 블레이드(도시되지 않음)의 블레이드 본체는 상면(341), 하면(342), 전연(343) 및 후연(344)이 형성된 익형 횡단면을 가질 수 있다.
- [0087] 블레이드 본체의 일측은 허브(도 2의 130 참조)에 결합될 수 있고, 블레이드 본체의 타측에는 타측 단부(345)로 갈수록 후연(344)이 전연(343)을 향하여 복수 회 단속적으로 근접하여, 전연(343) 및 후연(344) 사이의 폭이 점차 감소된 형상을 갖는 계단형 팁(349)이 형성될 수 있다.
- [0088] 계단형 팁(349)의 형상은 도 4를 참조하여 설명한 계단형 팁(도 4의 149) 또는 도 8을 참조하여 설명한 계단형 팁(도 8의 249)의 형상을 갖도록 형성될 수 있으므로, 계단형 팁(349)의 형상에 대한 설명은 계단형 팁(도 4의 149) 및 계단형 팁(도 8의 249)에 대한 설명으로 같음하기로 한다.
- [0089] 윙릿(346)은 일측이 허브(도 2의 130 참조)에 결합된 블레이드 본체의 타측 단부에 형성될 수 있는데, 블레이드 본체의 길이방향에 대하여 수직 또는 수직에 가까운 각도로 형성될 수 있다.
- [0090] 즉, 윙릿(346)은 블레이드 본체의 상면(341) 및 하면(342)이 도시된 바와 같이 절곡됨으로써 형성될 수 있다. 이러한 윙릿(346)이 형성된 부분에서는 전연(343) 및 후연(344)의 방향 또한 블레이드 본체의 길이방향에 대하여 수직 또는 수직에 가까운 각도를 형성하게 될 수 있다.
- [0091] 윙릿(346)은 익단와류에 의한 유도항력을 감소시키고 윙릿(346)에 작용되는 양력이 추력의 성분으로 작용되도록 하여 블레이드(도시되지 않음)에 작용되는 항력을 감소시키는 효과가 있다.
- [0092] 따라서, 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 블레이드(도시되지 않음)는 이러한 윙릿(346)의 효과에 계단형 팁(349)의 익단와류 분산효과가 부가될 수 있으므로, 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 블레이드를 구비한 풍력발전기(도 1의 100 참조)는 발전효율이 향상되고 익단와류에 의한 소음의 발생이 감소될 수 있다.

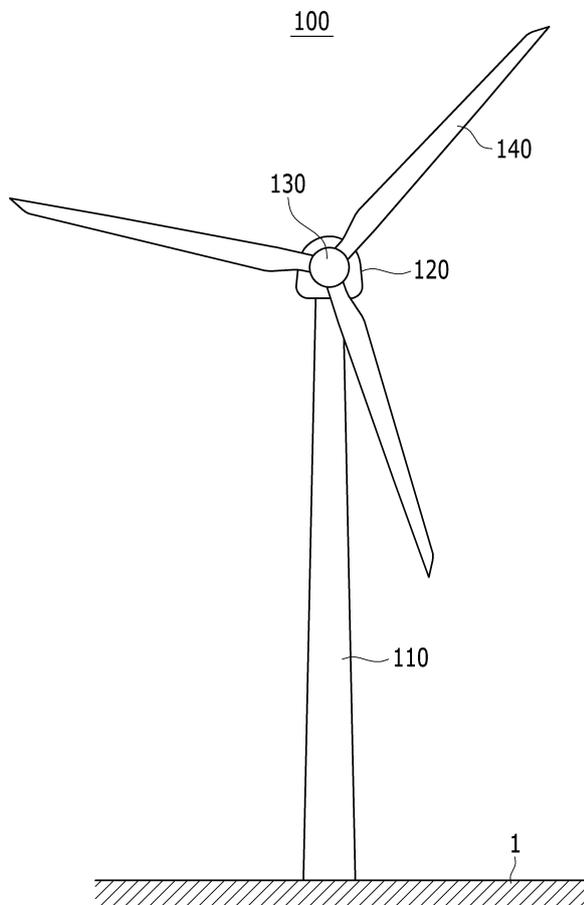
[0093] 이상에서 본 발명의 실시예에 따른 블레이드 및 그것을 구비한 풍력발전기에 대하여 설명하였으나, 본 발명의 사상은 본 명세서에 제시되는 실시 예에 제한되지 아니하며, 본 발명의 사상을 이해하는 당업자는 동일한 사상의 범위 내에서, 구성요소의 부가, 변경, 삭제, 추가 등에 의해서 다른 실시 예를 용이하게 제안할 수 있을 것이나, 이 또한 본 발명의 사상범위 내에 든다고 할 것이다.

부호의 설명

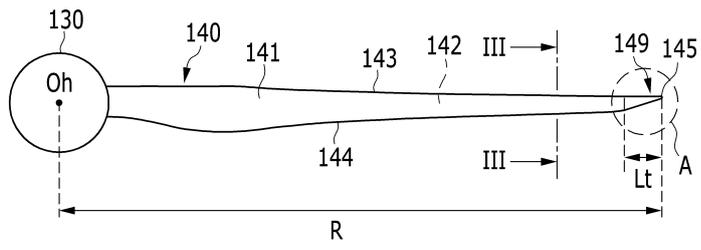
- | | | |
|--------|----------------------|----------------------|
| [0094] | 1: 지반 | 100: 풍력발전기 |
| | 110: 타워 | 120: 너셀 |
| | 130: 허브 | 140: 블레이드 |
| | 141, 241, 341: 상면 | 142, 242, 342: 하면 |
| | 143, 243, 343: 전연 | 144, 244, 344: 후연 |
| | 145, 245, 345: 타측 단부 | 149, 249, 349: 계단형 팁 |
| | 346: 윙릿 | |

도면

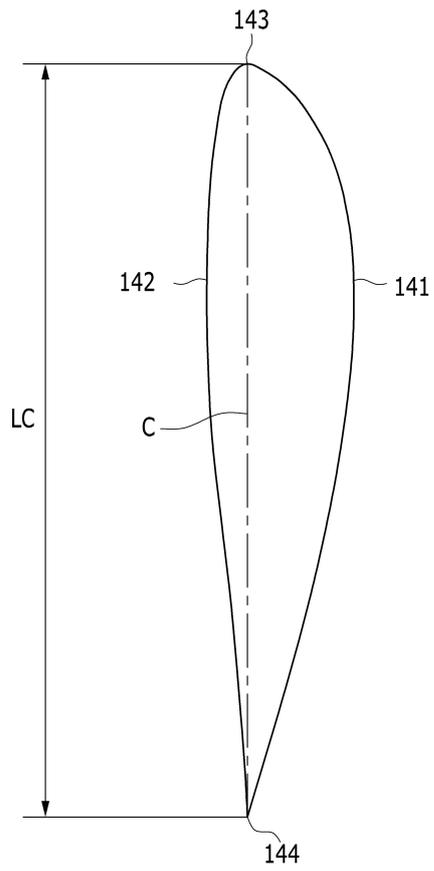
도면1



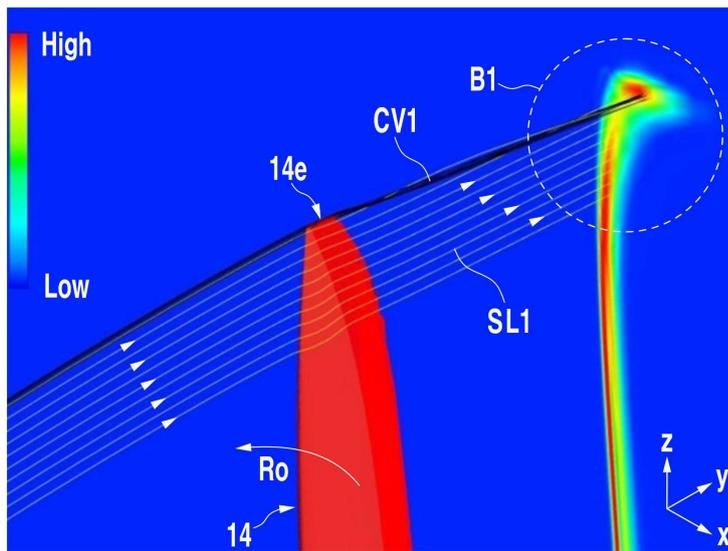
도면2



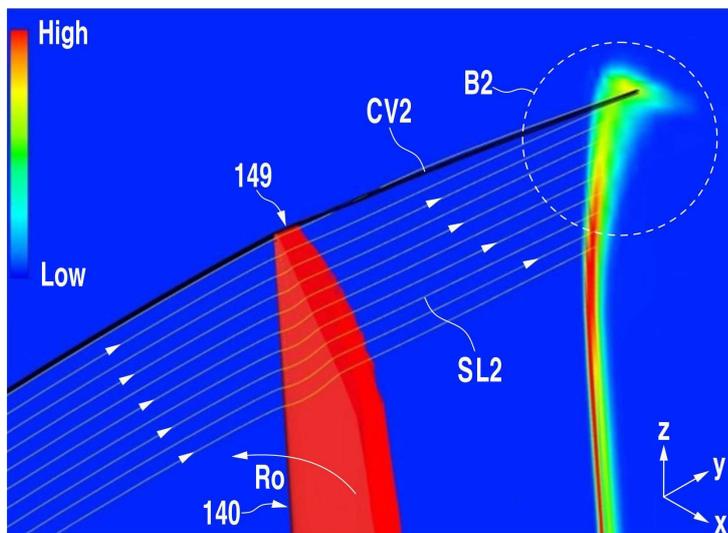
도면3



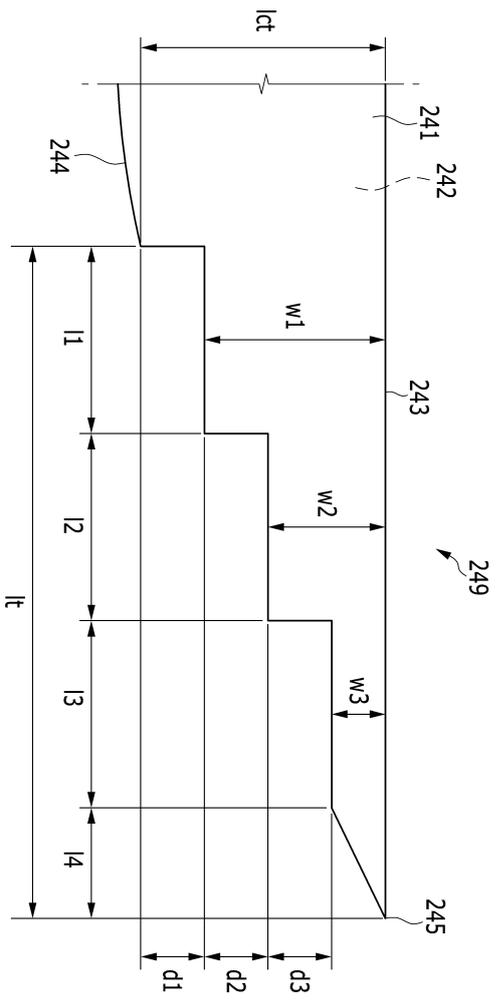
도면6



도면7



도면8



도면9

