



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0061264  
(43) 공개일자 2012년06월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
F03D 3/06 (2006.01) F03D 11/00 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2010-0122497  
(22) 출원일자 2010년12월03일  
심사청구일자 2010년12월03일

(71) 출원인  
(주)알파솔라테크  
광주광역시 북구 무등로 2 (임동)  
전송배  
경상북도 포항시 남구 중흥로172번길 27 (상도동)  
전상배  
광주광역시 광산구 수완로33번길 22, 106동 302호 (수완동, 수완1차 우미린아파트)

(72) 발명자  
전상배  
광주광역시 광산구 수완로33번길 22, 106동 302호 (수완동, 수완1차 우미린아파트)  
전송배  
경상북도 포항시 남구 중흥로172번길 27 (상도동)

전체 청구항 수 : 총 3 항

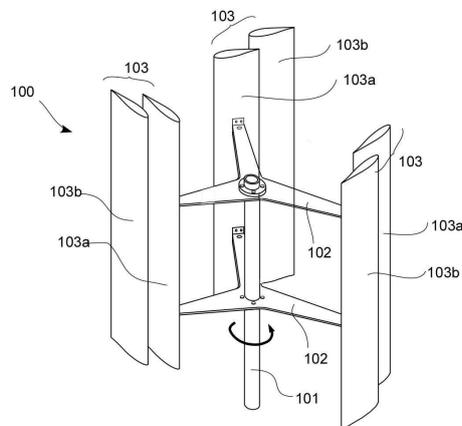
(54) 발명의 명칭 다중 종속 블레이드를 갖는 수직축형 터빈

(57) 요약

본 발명은 다중 종속 블레이드를 갖는 수직축형 터빈에 관한 것으로, 풍향에 대해서 수직회전축과, 상기 회전축을 중심으로 등간격으로 장착된 복수의 지지 팔과, 상기 지지 팔의 각 끝단에 비행날개의 단면을 갖는 복수의 블레이드 그룹을 구비한 수직축형 풍력터빈이며, 상기 블레이드 그룹이 2~4개이고, 각 블레이드 그룹은 소정의 다른 직경으로 장착되는 2~4개의 종속 블레이드를 가지며, 상기 종속 블레이드는 회전운동 방향으로 각기 소정의 간격으로 장착하는 것을 특징으로 하는 종속 블레이드를 갖는 수직축형 터빈이 제공된다.

본 발명은 정지시 범주(帆柱) 상태로 날개가 배열되어 자기 시동이 가능하고, 저주속비 회전시에도 날개의 받음각을 크게 하여, 실속이 억제되기 때문에 큰 토크를 얻을 수 있다. 따라서, 저풍속에서도 바람이 가지고 있는 에너지를 최대로 회전에너지로 변환할 수 있고, 모든 풍속 구간에서 종래의 수직축형 터빈보다 효율이 2배정도 향상시킬 수 있다.

대표도 - 도1



**특허청구의 범위**

**청구항 1**

풍향에 대해서 수직으로 설치되는 수직회전축과,  
 상기 수직회전축의 하단에 설치되어 발전기 등과 결합시키는 연결수단과,  
 상기 수직회전축에 회전 토오르크를 전달하기 위해 방사상 등간격으로 배치된 복수의 지지 팔과,  
 상기 지지 팔의 각 끝단에 수직으로 장착되어 수평방향에서 유입되는 바람으로부터 양력을 얻어 수직회전 토오르크를 발생시키는 비행기 날개 단면형상인 복수의 블레이드 그룹과,  
 상기 블레이드 그룹이 2~4개이고, 상기 각 블레이드 그룹은 등간격의 방사상으로 배치되며, 상기 블레이드 그룹은 각기 다중 종속 블레이드가 1개 이상 장착되는 것을 특징으로 하는 다중 종속 블레이드를 갖는 수직축형 터빈.

**청구항 2**

제1항에 있어서,  
 종속 블레이드의 회전직경이,  
 주 날개인 선행 블레이드의 회전 직경에 선행 블레이드의 폭 C의 0.75~1.0배를 더한 값이 되게 하고,  
 후행하는 종속 블레이드의 뒤처짐이,  
 선행 블레이드 폭 C(비행날개 시위선)의 0.5~0.8배 또는 8~10° 만큼 뒤처지게 장착하는 것을 특징으로 하는 다중 종속 블레이드를 갖는 수직축형 터빈.

**청구항 3**

제1항 내지 제2항에 있어서,  
 선행 및 종속 블레이드의 붙임각을,  
 각 블레이드의 양력중심을 지나는 접선에 대해 10~12° 로 고정하여 지지팔 및 연결팔에 장착하는 것을 특징으로 하는 다중 종속 블레이드를 갖는 수직축형 터빈..

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은, 수직축형의 터빈에 관한 것이며, 더욱 상세하게는 다중 종속 블레이드를 갖는 수직축형 터빈에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 풍차 또는 수차는 회전축이 유체흐름에 대해서 수평으로 설치되는 수평축형 터빈과, 회전축이 유체흐름에 대해서 수직으로 설치되는 수직축형 터빈으로 나눌 수 있다.

[0003] 유체의 흐름을 이용하는 풍차와 수차의 터빈원리는 기본적으로 같기 때문에 풍차의 터빈에 대해서만 설명한다. 수평축형 풍차의 터빈은 공기역학적으로 프로펠러의 양력을 이용하는 블레이드로 구성된 로터를 사용하고 있으며, 로터의 주속비와 효율이 비교적 높아서 대형 풍력발전장치에 주로 많이 채용하고 있으나, 풍

항에 따라 로터의 방향을 바꿔줘야 하며, 풍속에 따라 블레이드 각도(받음각)를 바꿔주어야 하는 제어장치가 필요하다. 또한, 대형 프로펠러 로터와 발전장치, 증속기 등이 필요하며, 이들을 지지하는 거대한 타워 구조물이 필수적이다. 따라서, 설치비가 고가이고, 유지 보수가 용이하지 않다는 문제점과, 거대한 중량물인 프로펠러를 풍향에 따라 자세를 제어하는데 에너지 손실과 진동 등이 일어나는 문제점이 있다. 또한, 높은 주속비 때문에 소음이 일어나 환경공해가 되고 있는 문제점도 있다.

[0004] 수직축형 풍차는 수평축 풍차에 비교해 풍향에 의존하지 않기 때문에, 풍향에 따라 자세를 제어할 필요가 없고, 또 수평축 풍차만큼 회전수가 높지 않기 때문에 저소음이라는 특징을 가지고 있다. 또한, 수직축형 풍차는 바람 에너지에 의해서 날개(Blade)에 양력이나 항력이 발생하는데, 어느 쪽 힘을 주로 이용하느냐에 따라 양력형과 항력형으로 나눌 수 있다. 항력형으로 대표적인 것은 사보니우스(Savonius) 타입이 있으며, 항력형은 구조가 간단하지만 원리적으로 주속비(TSR, Tip Speed Ratio)가 1보다 작기 때문에 효율이 나쁘다는 단점이 있어 오늘날 거의 사용되지 않고 있다. 양력형은 공기역학적으로 비행날개 단면(Airfoil)으로 된 블레이드의 양력을 이용하는데, 다리우스(Darius Rotor)타입이 대표적이며, 다리우스형의 변형인 직선형 고정날개방식과, 자이로 밀(Giromill), 싸이클로이드 터빈(Cycloidturbine) 방식 등이 있다.

[0005] 가변 날개 피칭타입인 자이로 밀(Giromill)과 싸이클로이드 터빈(Cycloid Turbine) 방식 등은 기구적인 복잡성과 내구성, 제어장치 비용의 가중, 유지보수 문제로 소형 풍차에서는 실용성이 낮다.

[0006] 직선형 고정날개 수직터빈은 구조와 설치의 용이함 등으로 오늘날 소형 풍력발전기에 주로 채용하고 있다. 그러나, 정지상태에서 시동성이 나쁘고, 또 주속비가 3보다 작은 경우에는 블레이드(Blade)가 대부분의 방위각(Azimuth Angle)에서 받음각(AOA, Attack of Angle)이 15° 보다 커지기 때문에 블레이드는 대부분의 방위각에서 실속상태가 되고, 효율이 크게 저하한다는 문제점이 있다.

[0007] 또한, 터빈의 회전직경이 커지면, 적절한 강성비(Solidity)를 유지하기 위해 블레이드 폭(Chord Length)을 크게 해야 하기 때문에, 회전직경에 따라서 새로운 블레이드를 다시 설계 및 제작해야 한다는 문제점이 있다.

[0008] 일본 특허공개 2001-65446호에는, 수직축 풍차의 익열(翼列)을 2조의 익군(翼群)으로 구성하여, 각 익군은 상하 지지팔 일단에 고정하고, 각 지지팔의 타단은 수직회전축에 고정하며, 또한, 각 익군은 익형(翼型, Airfoil)인 3매의 블레이드로 구성하고, 각 블레이드는 원운동방향으로 직렬로 나란하게 배열시켜, 원운동 방향으로 선행하는 블레이드의 회전반경을 후속하는 블레이드의 회전반경 이하로 하고, 맨 앞에서 선행하는 제1 블레이드는 후속하는 다른 블레이드보다 소형인 것을 특징으로 하는 수직축형 풍차용 익열구조 및 수직축형 풍차를 개시하고 있으나, 선행하는 블레이드와 후속하는 블레이드를 근접시켜 슬롯(Slot)을 가진 슬릿(Slat)형상으로 배열하고 있기 때문에, 강성비(Solidity)가 크게 증가되어 오히려 효율을 떨어뜨리는 문제가 있다.

[0009]

[0010] 한국 등록특허 10-0666808호는, 2개의 블록을 공기역학적 캐스케이드(Cascade) 형태로 대칭배열되고, 각 블록은 터빈형으로 아음속 프로파일을 갖는 4개의 블레이드로 구성되어 중앙 수직축에 장착되는데, 캐스케이드 블레이드는 리이드각(Lead of Blade)은 0.5b(b=날개 폭), 캐스케이드 블록의 설치각은 0°, 캐스케이드 블록의 편향은 0.5b, 중첩계수(Shading Factor)는 0.5인 수직축 풍력터빈을 개시하고 있으나, 캐스케이드 블록의 설치각 0°는 각 블레이드 접선에서의 받음각이 일률적으로 되어 4개의 블레이드가 낮은 주속비나 고주속비에서 모두 실속상태에 놓이게 되고, 블레이드 간격과 배열이 시위선(날개 폭)의 0.5배 밖에 되지 않는다. 이렇게 블레이드가 근접한 캐스케이드 블레이드에서는 후행하는 블레이드(Trailing Airfoils)에 동적 실속(Dynamic Stall)이나 흐름 곡선(Flow Curvature)에 영향을 주지 못하므로 수직축 터빈의 출력향상과 높은 주속비를 기대하기 어렵다.

[0011] 미국 특허공개 2009/0202356호는, 수직축 풍력터빈이 공력학적인 블레이드 격자 스택(Lattice Stack)을 갖는

2개의 격자형 블록을 구비하고, 각 격자형 블록은 격자형 지지암에 장착되고 있으나, 격자형 블록의 각 블레이드는 비행날개의 뒷전이 회전방향을 향하고 있어 양력발생이 어렵고, 또한, 격자형 블록내의 선행 블레이드와 후행 블레이드의 접선 방위각이 거의 차이가 없이 일직선으로 나란하게 배열하고 있어 후행하는 블레이드(Trailing Airfoil)에 동적 실속(Dynamic Stall)이나 흐름 곡선(Flow Curvature)에 영향을 줄 수 없다. 따라서, 수직축 터빈의 출력향상이나 높은 주속비를 기대하기 어렵다.

[0012] 미국 특허공개 5518367호에는, 수직회전축에 평행한 3매의 블레이드와 각 블레이드에는 방향성 안정날개(Orientable Stabilizer)가 장착한 횡풍축 회전체에 대해서 개시하고 있는데, 블레이드는 안정날개와 폴러 체인이나 링크로 상호 연동하고 있어 구조가 복잡할 뿐더러, 수직축 블레이드는 회전시에 풍향과 방위각에 따라서 블레이드의 등과 배부분에서 교대로 양력이 발생하고 있기 때문에 블레이드의 안쪽 배부분에만 장착되는 방향성 안정날개는 시동성 향상이나 출력향상에 그 다지 효과적이지 못하다.

[0013] 일본 특허공개 2009-74447호에는 정지상태에서 기동성과, 주속비가 3보다 낮은 저주속비영역( $\lambda \geq 1$ )에서 효율을 향상시켜 종래의 수직축형 풍차의 성능을 크게 향상시키기 위해 수직으로 설치되는 회전축을 중심으로 비행날개 단면형상인 3매의 주블레이드와 상기 주블레이드와 일정한 간격을 두고 보조날개를 설치한 수직축형 풍차를 개시하고 있으나, 보조 블레이드에서 추가적인 양력 발생이 미미하고, 초기 시동이 주블레이드만 거의 의존하고 있기 때문에 풍차의 시동특성과 효율의 향상을 기대하기 어렵다.

[0014] 이하에 종래의 수직축형 풍차의 동작원리와 문제점에 대해서 도 10을 이용해서 상세히 설명하면, 도 10(a)는 단면이 비행날개 단면(Airfoil)형상인 3매의 블레이드를 갖춘 양력형의 수직축형 풍차의 평면도이며, 도 10(b)는 바람에너지에 의해서 블레이드에 작용하는 힘을 나타낸 도면이다. 또한, 도 10(a) 중의 화살표 L 및 D는 풍차의 정지상태에 있어서 블레이드에 작용하는 양력(L) 및 항력(D)을 각각 나타내고 있다.

[0015] 종래 기술의 수직축형 풍차는 예를 들면 도 10(a)에 나타난 바와 같이 바람에 대해서 수직으로 설치되는 회전축(201)과, 단면이 비행날개형상을 이루는 3매의 블레이드(203)의 회전축(201)을 중심으로 하는 원주상에 3매의 블레이드(203)를 각각 설치하기 위한 3개의 지지 팔(202)을 갖추고 있다. 회전축(201)에서 3방향으로 연장하여 설치되는 지지 팔(202)의 일단에는 블레이드(203)가 소정의 각도로 장착되고 있다.

[0016] 블레이드(203)는 풍속  $V_{\infty}$ 와 블레이드 회전속도  $R\omega$ 에 의해서 상대풍속  $V_r$ 의 바람을 받는다. 이때, 상대풍속  $V_r$ 에 대해서 수직방향의 양력 L 및 수평방향의 항력 D의 합력 F의 회전방향성분  $F_t$ 가 수직축형 풍차(200)의 회전에 기여하는 힘이 된다. 그리고, 수직축형 블레이드(203)가 회전하게 되면 방위각(Azimuth Angle)  $\theta$ 에 대한 받음각  $\alpha$ 도 변화한다.

[0017] 다음에, 기동시와 회전시에 있어서의 방위각  $\theta$ 에 대한 받음각  $\alpha$ 의 변화에 대해 도 9를 이용해 설명한다.

[0018] 도 9는 주속비  $\lambda$ 가 0과 3.0의 경우에 있어서의 방위각  $\theta$ 와 받음각  $\alpha$ 의 관계를 나타낸 도면이다. 즉, 수직축형 풍차에 있어서는, 풍차가 1회전하는 동안에 받음각  $\alpha$ 이 방위각  $\theta$ 에 따라서 정부(正負)의 값을 취하면서 변화한다.

[0019] 도 9에 나타난 바와 같이, 기동시(주속비  $\lambda=0$ )에는 블레이드(203)의 방위각  $\theta$ 에 따라서 받음각  $\alpha$ 는  $-180^\circ \sim +180^\circ$ 의 범위에서 크게 다르다. 그 때문에 블레이드(203)에 작용하는 양력 L과 항력 D는 방위각  $\theta$ 에 따라서 크게 다르다. 즉, 도 10(a)에 나타난 복수매의 종래 블레이드(203)에는 회전에 기여하는 힘과 회전을 방해하는 힘이 방위각에 따라 다소 차이가 있지만 비슷하게 작용한다. 따라서 종래의 수직축형 풍차(200)에 있어서 기동성이 나쁘다는 문제가 있다.

[0020] 한편, 주속비  $\lambda = 3.0$ 으로 회전시 블레이드(203)의 방위각에 대한 받음각  $\alpha$ 은  $-40^\circ \sim +40^\circ$ 의 범위로 변화한다. 이와 같이 주속비  $\lambda$ 가 3보다 작은 경우에는, 대부분의 방위각  $\theta$ 에 대해서 받음각  $\alpha$ 이 큰 값을 갖기 때문에 블레이드(203)는 실속(失速)상태가 되어 효율이 극도로 저하한다. 더구나 블레이(203)가 익현선(204)에 대해서 비대칭인 단면형상을 가진 경우에는, 부(-)의 받음각  $\alpha$ 에 대해서 공력특성이 극단으로 저하한다.

[0021] 수직축형 풍차는 상기와 같은 문제가 있지만, 수직축형 풍차는 수평축 풍차에 비해 풍향에 의존하지 않기 때문에 풍향에 따라 자세를 제어할 필요가 없고, 수평축 풍차에 비해 회전수가 높지 않아 저 소음이기 때문에, 근래에 풍력발전용 풍차로서 주목받고 있다. 그래서 상기한 문제점들을 해결하려고 많은 연구개발이 진행되고 있으며, 이미 많은 발명이 개시되고 있다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

- [0022] (특허문헌 0001) 한국 등록특허 10-0666808
- (특허문헌 0002) 미국 특허공개 2009/0202356
- (특허문헌 0003) 미국 특허공개 5518367
- (특허문헌 0004) 일본 특허공개 2009-74447
- (특허문헌 0005) 일본 특허공개 2001-65446

**비특허문헌**

- [0023] (비특허문헌 0001) 1. Evaluation of Self-Starting Vertical Axis Wind Turbines for Standard Application, Kirke, Brian Kinloch, Griffith University, 1998
- (비특허문헌 0002) 2. Development and Analysis of a Novel Vertical Axis Wind Turbine, Paul Cooper and Oliver Kennedy School of Mechanical, Materials and Mechatronic Engineering University of Wollongong, Wollongong, NSW 2522, AUSTRALIA

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0024] 본 발명은 상기와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 것이며, 풍향에 따라 터빈의 방향을 바꿀 필요가 없고, 또한, 정지상태로부터의 시동성을 개선시키고, 주속비  $\lambda$ 가 1 ~ 2의 저 주속비 영역에서도 효율을 향상시켜서 수직축형 터빈의 성능을 큰 폭으로 향상시키는 것을 목적으로 한다.

[0025] 본 발명의 다른 목적은, 터빈의 회전직경에 따라서 강성비를 유지하기 위해 블레이드 크기를 변경하지 않아도 되는 터빈을 제공하는 것이다.

**과제의 해결 수단**

[0026] 상기 목적을 달성하기 위해, 풍향에 대해 수직으로 설치되는 회전축과 이 회전축을 중심으로 하는 가상의 수평 원주상에 등각도(예를 들면  $120^\circ$ )로 설치되는 지지 팔(Arm)과, 각 지지 팔의 끝단에 수직으로 부착되는 비행 날개의 단면 형상인 선행 블레이드(Multi Airfoil Blade)와, 선행 블레이드와 일정한 거리와 각도로 설치되는 종속 블레이드로 구성되고, 각 블레이드의 익현선은 법선과 약  $10^\circ$ 의 각도를 이루는 것을 특징으로

한다.

[0027] 이와 같은 상기 구조의 수직축형 터빈은 받음각이 약  $0^\circ$  가 되는 상태에서 전방에서 바람을 받았을 경우에는 다중 블레이드에 의한 항력의 증가는 거의 없고, 받음각이  $180^\circ$  가 되는 상태에서 다중 블레이드가 후방에서 바람을 받았을 경우, 다중 블레이드에 의한 항력이 증가하게 되어 정지시 기동 회전력이 발생하게 된다. 또, 다중 블레이드가 전방에서 큰 받음각으로 바람을 받았을 경우에는 뒤쳐진 외각 종속 블레이드가 받는 기류와 주 날개인 내각 블레이드의 기류에 동시에 영향을 주어 블레이드의 난류와 박리를 억제하는 효과를 주어 다중 블레이드가 실속하기 어렵게 하는 작용을 하여 결과적으로 양력을 증가시킨다.

[0028] 또, 상기 구조의 수직축 터빈에 있어서, 다중 블레이드는 외각 블레이드와 내각 블레이드 거리를 익현선 길이의  $0.75 \sim 1.0$ , 그리고 외각 블레이드는 내각 블레이드 보다 가상의 원주상에서  $8 \sim 10^\circ$  뒤쳐지게 배치하는 것을 특징으로 한다. 이러한 블레이드 배치는 정지상태에서 다중 블레이드는 범주(帆柱) 상태로 배열되어 기동시 후방에서 바람을 받았을 경우 항력이 증가되어 기동을 용이하게 하고, 주속비 1 이상에서는 외각 블레이드의 전방에서 부딪치는 기류의 방향을 바꾸어 외각 블레이드의 난류와 박리현상을 억제시켜, 양력발생에 유리한 쪽으로 기류를 유입하게 하는 작용을 한다.

### 발명의 효과

[0029] 이상 설명한 것처럼, 본 발명의 다중 종속 비행날개를 갖는 수직축형 터빈에 있어서는 정지상태에서 다중 블레이드는 범주(帆柱) 상태로 배열되어 시동시 블레이드 후방으로부터 부딪치는 바람의 항력을 이용하여 정지 상태에서 자기 시동이 되어 기동성을 향상시키는 효과가 있다.

[0030] 또, 주속비 1 이상에서 외각에 설치된 블레이드에 부딪치는 기류의 방향에 영향을 주어 난류와 박리현상을 억제시키고 실속구간을 줄여 양력을 증가시키게 되어 풍차의 효율이 향상된다.

[0031] 또한, 풍차의 회전직경이 변경되어도 종속 블레이드의 설치수를 조절하여 강성비를 조정할 수 있기 때문에 새로운 크기의 블레이드 제작이 필요없고, 더구나, 간단한 구조이고 가동부분이 없기 때문에 고장발생이 적고, 경제적인 설치와 제작이 가능하다.

### 도면의 간단한 설명

[0032] 도 1은, 본 발명의 1 실시예에 따른 다중 종속 블레이드를 갖는 수직축형 풍차의 사시도.

도 2는, 본 발명의 1 실시예에 따른 다중 종속 블레이드를 갖는 수직축형 풍차의 평면도.

도 3은, 본 발명의 1 실시예에 따른 1 블레이드 그룹의 배치와, 각 블레이드에 작용하는 풍속, 항력 및 양력 벡터의 관계를 나타낸 도면.

도 4의 (a)는, 후행 블레이드가 장착되지 않은 블레이드, (b)는 후행 블레이드가 장착된 블레이드의 기류를 나타낸 도면.

도 5는, 본 발명의 1 실시예에 따른 시동시( $TSR=1$ )의 원리도

도 6은, 본 발명의 1 실시예에 따른 시동특성을 나타낸 그래프.

도 7은, 본 발명의 1 실시예에 따른 부하특성을 나타낸 그래프.

도 8은, 본 발명의 1 실시예의 풍속에 따른 출력특성을 나타낸 그래프.

도 9는, 수직형 풍력터빈의 주속비에 따른 방위각과 받음각의 관계를 나타낸 그래프

도 10 (a)는 단면이 비행기 날개형상인 3매의 블레이드를 갖는 양력형 수직형 풍차의 평면도이고, (b)는 바람에 의해 블레이드에 작용하는 힘을 나타낸 도면이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0033] 본 발명의 실시형태에 대해서 도면을 참조하면서 구체적으로 대해 설명한다.
- [0034] 도 1은, 본 발명의 1 실시예에 따른 다중 종속 블레이드를 갖는 수직축형 터빈(100)의 사시도이다. 본 발명의 실시형태의 다중 종속 블레이드를 갖는 수직축형 터빈(100)은, 풍향에 대해서 수직인 회전축(101)과, 상기 회전축(101)을 중심으로 상하에 3방향 등간격 방사형으로 배치 고정된 지지팔(102)과, 상기 지지팔(102)의 끝단에 수직으로 장착되어 유입되는 바람으로부터 회전 토오크를 발생시키는 3개의 블레이드 그룹(103)과, 상기 회전축의 회전 토오크를 발전기 등에 연결시키는 플랜지 등의 연결수단(미 도시)으로 구성된다.
- [0035] 도 1에 나타난 바와 같이, 본 발명의 바람직한 실시예인 수직축형 터빈(100)은, 풍향에 대해서 수직으로 설치되는 회전축(101)에 단면이 비행기 날개형상(Airfoil)인 3개의 블레이드 그룹(103)이 지지팔(102)을 개입하여 장착되어 있는 데, 각 블레이드 그룹(103)은 한 개 이상의 후행하는 종속 블레이드(103b)를 갖으며, 상기 종속 블레이드(103b)는 연결팔(104)에 의해 선행 블레이드(103a)(주 날개) 외측에 고정된다. 종속 블레이드(103b)는 수직축형 터빈(100)의 직경(크기)에 따라 적절한 강성비를 유지하기 위해 2개 이상 장착하게 된다.
- [0036] 도 2는, 본 발명의 1 실시예에 따른 다중 종속 블레이드를 갖는 수직축형 터빈(100)의 평면도로서, 각 블레이드 그룹(103)은 주 날개인 선행 블레이드(103a)와 후행하는 종속 블레이드(103b)를 갖는다. 선행 블레이드(103a)와 종속 블레이드(103b)는 연결팔(104)에 의해 상호 연동되도록 선행 블레이드(103a) 외측에 고정되고, 종속 블레이드(103b)의 양력중심을 지나는 로터의 직경(R2)은 선행 블레이드(103a) 직경(R1)보다 블레이드 폭 C의 0.75~1.0배 크게 하고, 또한, 종속 블레이드(103b)는 회전운동 방향으로 8~10° 또는 블레이드 폭 C의 0.5~0.8배 뒤쳐지게 장착한다.
- [0037] 도 3은, 본 발명의 1 실시예에 따른 1 블레이드 그룹의 각 블레이드에 작용하는 풍속, 항력 및 양력 벡터의 관계를 나타낸 도면이다.  $R\omega$ 는 선행 블레이드(103a)의 회전각속도,  $R\omega'$ 는 종속 블레이드(103b)의 회전각속도,  $VR$ 은 선행 블레이드(103a)에 부딪치는 상대풍의 벡터,  $VR'$ 는 종속 블레이드(103b)에 부딪치는 상대풍의 벡터,  $VB$ 는 선행 블레이드(103a)가 종속 블레이드(103b)에 영향을 준 속도의 벡터,  $V_{\infty}$ 는 자연풍의 일정한 유속과 풍향을 나타내는 벡터,  $D$ 는 선행 블레이드(103a)에 작용하는 항력벡터,  $L$ 은 선행블레이드(103)에 작용하는 양력벡터,  $D'$ 는 종속 블레이드(103b)에 작용하는 항력벡터,  $L'$ 는 종속 블레이드(103b)에 작용하는 양력벡터,  $R1$ 은 선행 블레이드(103a) 로터의 반경,  $R2$ 는 종속 블레이드(103b) 로터의 반경을 나타낸다.
- [0038] 도 4의 (a)는, 종속 블레이드(103b)가 장착되지 않은 종래의 블레이드(203), (b)는 종속 블레이드(103b)가 장착된 블레이드의 기류상태를 모식적으로 나타낸 도면이며, 도 4(a)는 종래의 블레이드(203)가 저주속비인 경우에도 대부분의 방위각에서 높은 받음각을 받아 블레이드(203)의 등이나 배에서 난류가 발생하고, 또한, 박리가 일어나실속하고 있는 것을 보이고 있다. 그러나, 종속 블레이드(103b)가 장착된 (b)의 경우는, 선행 블레이드(103a)의 등을 따라 흐르는 유체는 후행하는 종속 블레이드(103b) 배 사이를 지나게 됨에 따라 흐름 곡선(Flow Curvature)이 바뀌게 되고, 이 결과 후행하는 종속 블레이드(103b)의 받음각을 낮게 하는 효과를 주게 된다. 또한, 선행 블레이드(103a) 등에서 발생하는 난류와 박리가 억제되어 동적실속(Dynamic Stall)이 억제되고, 후행 하는 종속 블레이드(103b)의 받음각이 낮아져서 실속이 억제되므로 터빈의 효율이 향상되고, 시동 특성이 개선된다.
- [0039] 또한, 도 9에 나타난 바와 같이, 종래의 터빈(200)은 저주속비에서 블레이드(203)가 대부분의 방위각  $\theta$ 영역에서 실속상태에 놓이게 되고, 방위각  $0^{\circ}$  와  $180^{\circ}$  의 극히 협소한 영역에서만 양력  $L$ 을 받고 있는 것을 보이고 있다. 따라서, 종래의 수직형 풍력터빈(200)은 저주속비에서는 출력효율이 매우 낮고, 또한, 정지상태에서는 블레이드(203)가 대부분의 방위각 위치에서 실속 상태에 놓여있기 때문에 거의 시동을 할 수 없다.
- [0040] 도 5는, 본 발명의 1 실시예에 따른 기동시(TSR=1 이하)의 원리도이다. 정지시 또는 매우 낮은 주속비에서,

0~180° 영역의 방위각  $\theta$ 에 위치하게 되는 다중 블레이드 그룹(103)은 뒷전에서 바람을 받게 되는데, 바람에 의한 압력이 블레이드 그룹(103)을 경계로 하여 풍상측(Up Wind)에서는 압력이 높고 풍하측(Down Wind)에서는 압력이 낮게(-P) 된다. 따라서, 범주(帆柱) 상태와 비슷하게 압력이 높은 풍상측에서 압력이 낮은 풍하 -P측으로 나아가려는 힘이 발생하는데 이 힘은 회전축을 중심으로 하여 회전 토크로 작용한다. 또한, 블레이드 그룹(103)이 180° ~ 360° 영역의 방위각  $\theta$ 에 놓인 경우에는 블레이드 그룹(103)은 앞전에서 바람을 받게 되는데, 이 경우는 블레이드 그룹(103)에서 양력 L이 발생하여 회전축을 중심으로 하여 회전 토크로 작용한다.

[0041] 도 6은, 본 발명의 실시예에 따른 시동특성을 나타낸 그래프이다. 실험은, 비행날개 단면 NACA 0018, 날개 폭 210mm, 날개 길이 900mm, 블레이드 회전반경 R1=820mm, R2=980mm, 풍속 5m/s 조건에서 종래와 같이 단일 블레이드의 경우와 본 발명의 중속 블레이드 1개를 설치하여 상호 비교실험하였다. 그래프 A에서와 같이 본 발명의 중속 블레이드 1개를 장착한 수직축형 풍력터빈(100)은 100rpm에 도달하는 시간이 약 90초, 그래프 B와 같이 종래 단일 블레이드의 수직축형 풍력터빈(200)이 100rpm에 도달하는 시간은 약 150초로, 본 발명의 중속 블레이드(103b)를 장착한 수직축형 풍력터빈(100)이 시동시간이 크게 단축된 것을 보이고 있다.

[0042] 도 7은, 본 발명의 실시예에 따른 부하특성을 나타낸 그래프이다. 실험은 풍속 12m/s에서 정격출력이 1,000W인 AFPM(Axial Flux Permanent Magnet)발전기를 사용하여 본 발명의 중속 블레이드 1개를 장착한 수직축형 터빈(100)과 종래의 단일 블레이드 장착한 수직축형 터빈(200)을 비교실험하였다. 그래프에서와 같이 본 발명의 터빈(100)의 경우는 14Ω 부하에서 72rpm, 5Ω 부하에서 50rpm(그래프 A)을 유지한 반면, 종래의 단일 블레이드 터빈(200)에서는 14Ω 부하에서 47rpm, 5Ω 부하에서 23rpm(그래프 B)을 유지하였다. 이것은 본 발명의 부하특성, 즉, 회전 토크가 약 2배 증대된 것을 나타내고 있다.

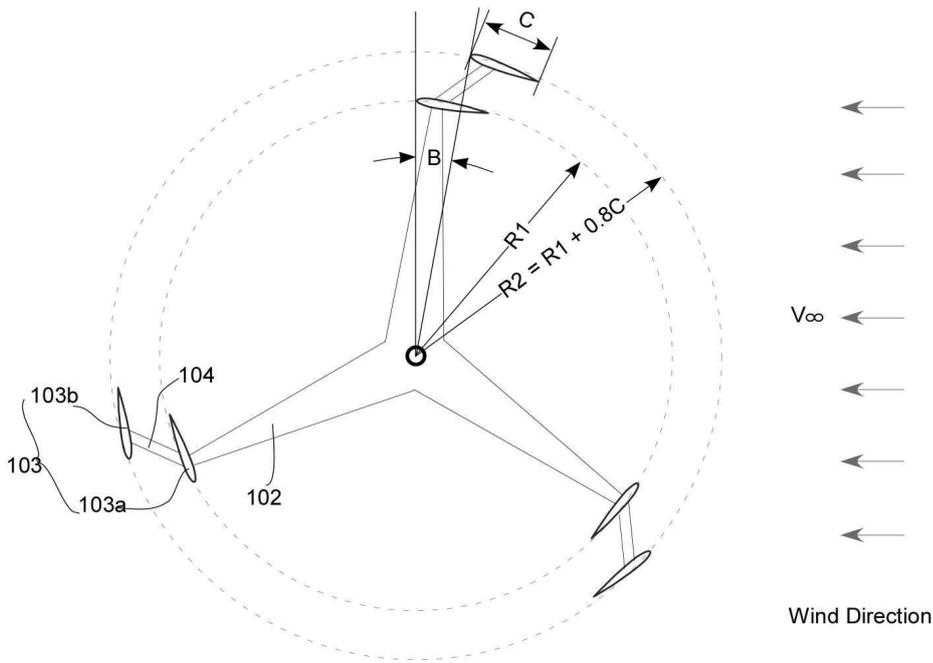
[0043] 도 8은, 본 발명의 1 실시예의 풍속에 따른 출력특성을 나타낸 그래프로서, 실험조건은 상기 도 7의 설명에서와 같으며, 다만 다른 점은 풍속을 변화시켜서 본 발명의 중속 블레이드 1개를 장착한 수직축형 터빈(100)과 종래의 단일 블레이드를 장착한 수직축형 터빈(200)과의 출력을 비교하였다. 그래프 A에서와 같이 본 발명의 경우, 풍속 4m/s에서 90W, 6m/s에서 200W, 10m/s에서 500W의 출력을 얻은 반면, 종래의 단일 블레이드 터빈(200)의 그래프 B에서는 풍속 4m/s에서 50W, 6m/s에서 95W, 10m/s에서 230W의 출력을 얻을 수 있었다. 이것은 본 발명의 터빈(100)이 종래의 단일 블레이드 터빈(200)보다 출력특성이 약 2배 증가한 것을 나타내고 있다.

**부호의 설명**

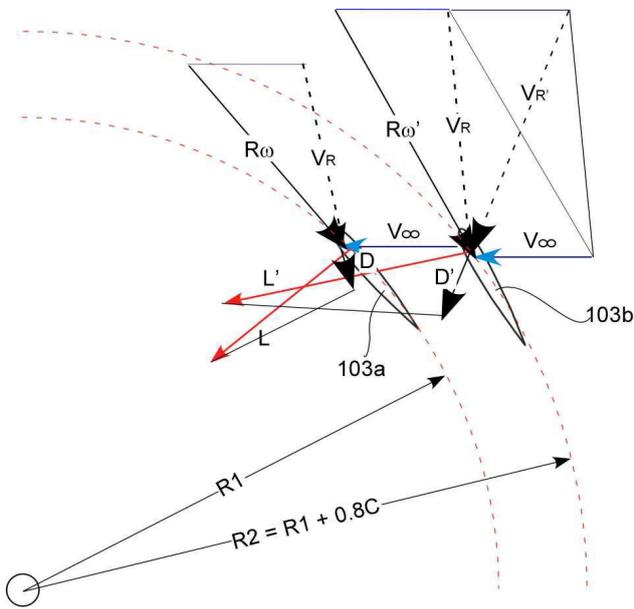
- [0044]
- 100 : 터빈
  - 101 : 회전축
  - 102 : 지지 팔
  - 103 : 블레이드 그룹
  - 103a : 선행 블레이드
  - 103b : 중속 블레이드
  - 104 : 연결 팔
  - 200 : 종래 풍차
  - 201 : 회전축
  - 202 : 지지 팔
  - 203 : 블레이드
  - 204 : 익현선
  - F : 합력
  - Ft : 합력 F의 회전방향 성분
  - Pw : 바람 운동에너지
  - PT : 로터의 축출력
  - $\rho$  : 공기밀도
  - P : 블레이드 부압(負壓)
  - $R\omega$  : 선행블레이드의 회전각속도
  - $R\omega'$  : 후행블레이드의 회전각속도



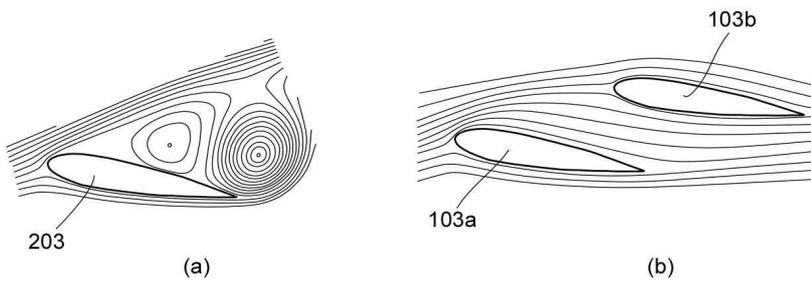
도면2



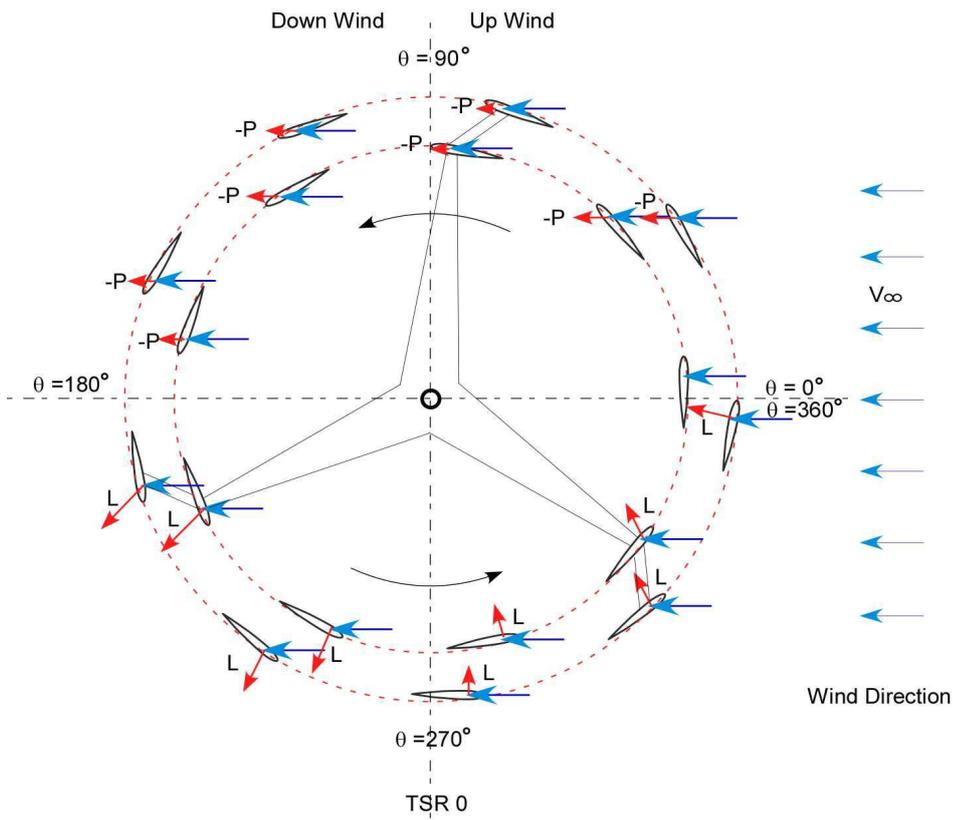
도면3



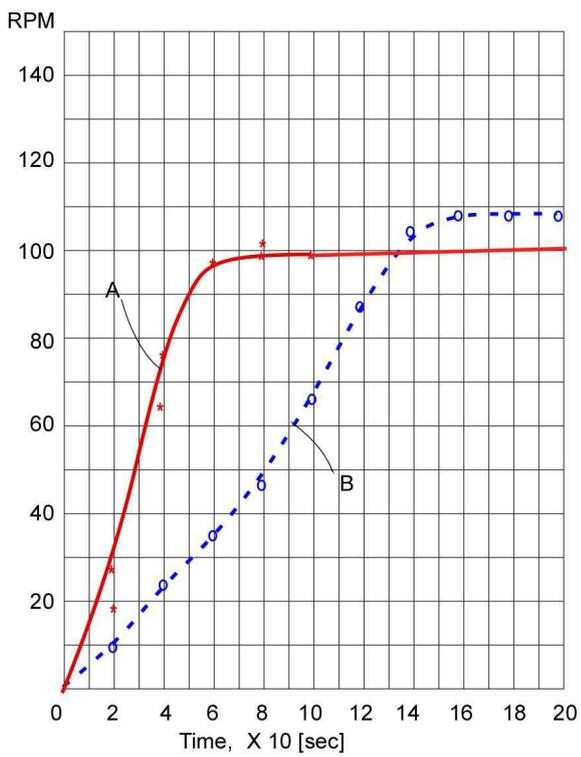
도면4



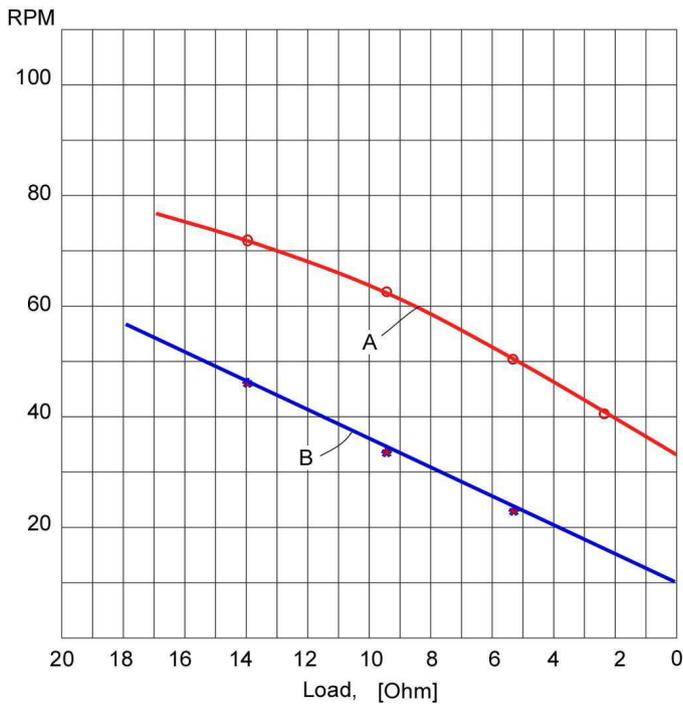
도면5



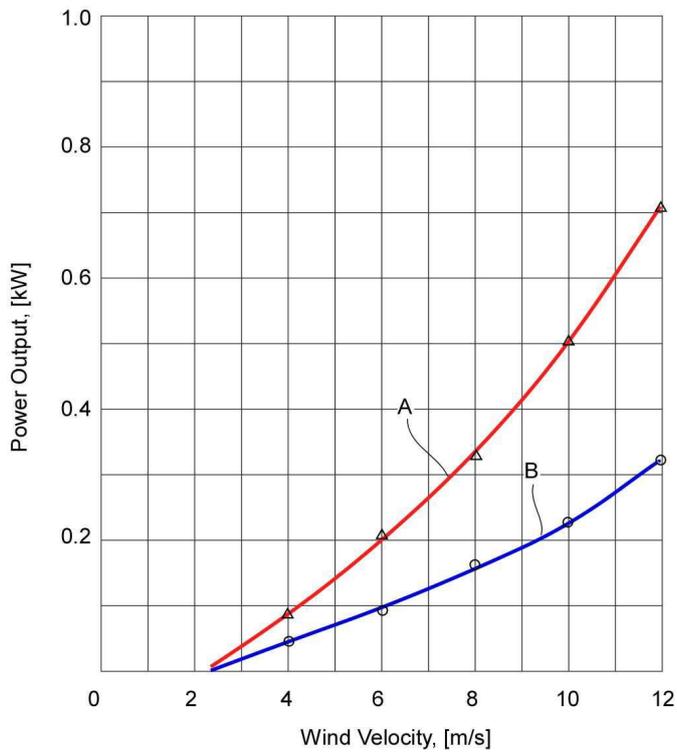
도면6



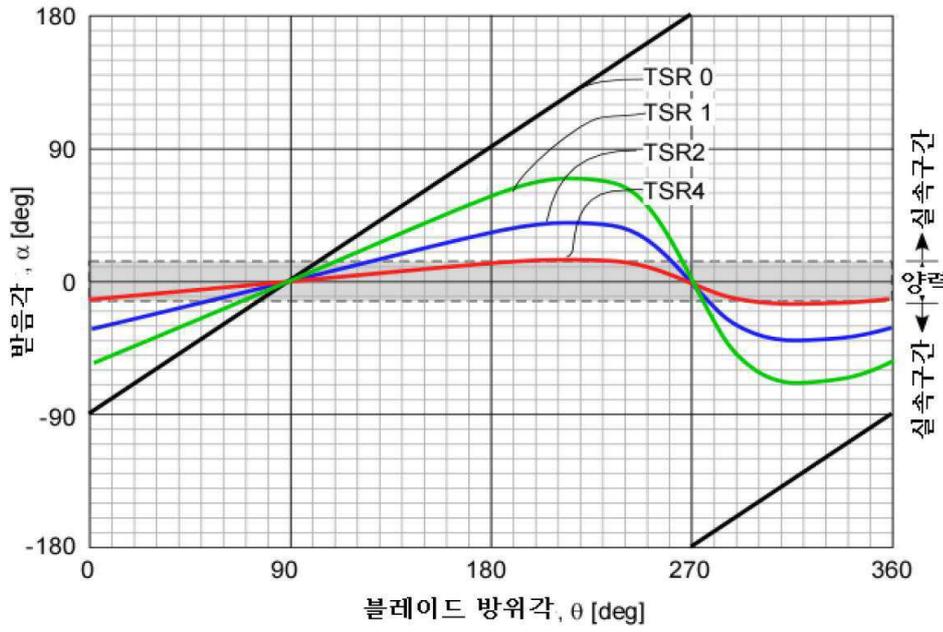
도면7



도면8



도면9



도면10

