



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0113510  
(43) 공개일자 2014년09월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
F03D 7/04 (2006.01) F03D 1/06 (2006.01)  
F03D 11/00 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2014-0030181  
(22) 출원일자 2014년03월14일  
심사청구일자 2014년03월14일  
(30) 우선권주장  
13/837,220 2013년03월15일 미국(US)

(71) 출원인  
프론티어 윈드, 엘엘씨.  
미국 피에이 19428, 웨스트 콘슈아호킨, 100 폴  
폴스, 스윗 215  
(72) 발명자  
조나산 폴 베이커  
미국 캘리포니아 95747 로즈빌 필링엄 레인 3033  
제프리 오스틴 버터워쓰  
미국 캘리포니아 95765 록클린 후드로드 4501  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
정진상

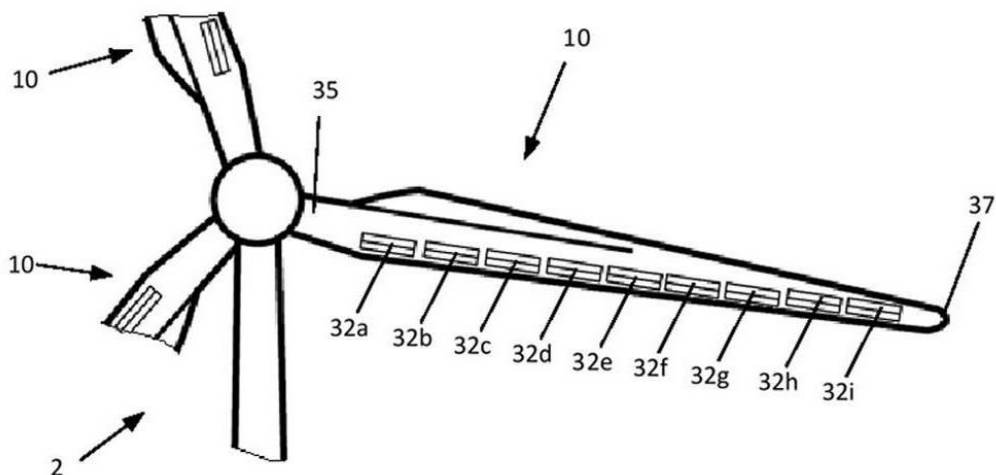
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 공기역학적 블레이드상에 분포된 부하관리장치의 작동

(57) 요약

풍력터빈 및/또는 풍력터빈 블레이드 상의 복수 개의 부하관리장치의 전체보다 적은 수의 부하관리장치를 작동하기 위한 시스템, 장치 및 방법이 제공된다. 어떤 실시예에 있어서, 작동 시퀀스는 근저부로부터 끝단부, 끝단부로부터 근저부, 최대-분포-부하, 무작위 및/또는 사이클-계수 작동 시퀀스일 수 있다. 또한, 2개 이상의 작동 시퀀스들의 조합이 원하는 결과를 달성하는데 사용될 수 있다. 시스템은 운용조건에 따라 적절한 블레이드 기반 및/또는 로터 기반의 작동 시퀀스를 선택할 수 있으며, 작동 시퀀스를 교대로 실시할 수 있거나, 및/또는 풍력터빈의 다수 개의 블레이드들 사이에서 상이한 작동 시퀀스를 채택할 수 있다. 부하관리장치는 상이한 최대 높이로 작동하거나 및/또는 가변적인 높이로 작동하도록 구성될 수 있다. 부하관리장치는 각 부하관리장치에 대응하는 제어기 및/또는 센서가 마련된 분포된 관리 시스템의 일부로서 포함될 수 있다.

대표도



(72) 발명자

**제이한 켄 칸**

미국 일리노이 60532 리즐 펜더로드 4463

**구오지안 린**

미국 캘리포니아 95691 웨스트 세크라멘토 노티카  
코트 2586

**에드워드 앤서니 메이다**

미국 콜로라도 80602 쏘튼 E 167 애브뉴 1919

**에릭 제임스 릭카즈**

미국 캘리포니아 95677, 록클린, 모뉴먼트 스프링  
즈 드라이브 6312

**토비아스 구엔더 웨르한**

미국 캘리포니아 95616 데이비스 오크 애브뉴 718

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

에어포일(airfoil)상의 부하관리장치를 작동하기 위한 방법으로서:

에어포일 제어장치에 의하여, 에어포일에서의 운용조건을 판단하는 단계;

상기 에어포일 제어장치에 의하여, 그 운용조건에 따라 작동되어야 하는 부하관리장치의 갯수를 결정하는 단계로서, 그 작동되어야 하는 부하관리장치의 갯수는 그 에어포일 상의 복수의 부하관리장치의 전체 갯수보다 적은 것인 단계;

상기 에어포일 제어장치에 의하여, 그 다수 개의 부하관리장치들을 작동하기 위한 작동 시퀀스(actuation sequence)를 결정하는 단계; 및,

그 에어포일 제어장치에 의하여, 결정된 작동 시퀀스에 따라서 다수 개의 부하관리장치를 작동하는 단계를 포함하는 방법.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 복수 개의 부하관리장치들은 가변적인 높이로 작동하도록 구성되고, 상기 복수 개의 부하관리장치들을 작동하는 것은 제1 부하관리장치를 제2 부하관리장치와는 상이한 높이로 작동하는 것을 포함하는 방법.

### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 작동 시퀀스는, 상기 다수 개의 부하관리장치를 작동하는 것이 가장 안쪽의 다수개의 부하관리장치를 작동하는 것임을 포함하는, 근저부로부터 끝단부(root-to-tip)로의 작동 시퀀스인 방법.

### 청구항 4

제 3 항에 있어서,

에어포일에서의 운용조건을 판단하는 단계는 풍력터빈의 로터 속도를 판단하는 단계를 포함하며,

가장 안쪽의 다수 개의 부하관리장치를 작동하는 것은, 풍력터빈의 로터 속도가 최대정격(maximum rated) 로터 속도라고 판단하는 것에 따르는 것인 방법.

### 청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 작동 시퀀스는, 상기 다수 개의 부하관리장치를 작동하는 것이 에어포일상의 가장 바깥쪽의 다수개의 부하관리장치를 작동하는 것임을 포함하는, 끝단부로부터 근저부(tip-to-root)로의 작동 시퀀스인 방법.

### 청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 에어포일은 풍력터빈의 일부이고,

에어포일에서의 운용조건을 결정하는 것은 풍력터빈의 로터 속도를 판단하는 것을 포함하고, 가장 바깥쪽의 다수 개의 부하관리장치를 작동하는 것은, 풍력터빈의 로터 속도가 최대정격 로터 속도라고 판단하는 것에 따르는 것인 방법.

## 청구항 7

제 1 항에 있어서,

에어포일에서의 운용조건을 판단하는 단계는, 복수 개의 부하관리장치 각각의 위치에서 상기 에어포일 상에 작용하는 기체역학적 부하를 판단하는 것을 포함하는 방법.

## 청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 작동 시퀀스는, 다수 개의 부하관리장치를 작동하는 것이, 판단된 기체역학적 부하의 최대 부하 위치에 배치된 부하관리장치를 작동하는 것임을 포함하는 최대-분포-부하 시퀀스인 방법.

## 청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 에어포일 제어장치에 의하여, 다수 개의 부하관리장치의 각각이 이전에 얼마나 많은 횟수로 작동되었는지를 표시하는 사이클 계수를 판단하는 단계를 더 포함하고,

상기 작동 시퀀스는, 상기 다수 개의 부하관리장치를 작동하는 것이, 판단된 사이클 계수중 최저 사이클 계수를 가지는 부하관리장치를 작동시키는 것임을 포함하는 사이클-계수 작동 시퀀스인 방법.

## 청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 작동 시퀀스는, 에어포일 상의 상기 다수 개의 부하관리장치를 작동하는 것이, 임의의 위치에 있는 다수 개의 부하관리장치를 작동하는 것임을 포함하는 무작위 시퀀스인 방법.

## 청구항 11

풍력터빈의 블레이드상의 부하관리장치를 작동하기 위한 방법으로서:

블레이드 제어장치에 의하여, 풍력터빈의 운용조건을 판단하는 단계; 및,

풍력터빈의 복수 개의 블레이드의 각 블레이드에 대하여:

상기 블레이드 제어장치에 의하여, 그 운용조건에 따라 상기 블레이드 상에서 작동되어야 하는 부하관리장치의 갯수를 결정하는 단계로서, 그 작동되어야 하는 부하관리장치의 갯수는 그 블레이드 상의 복수의 부하관리장치의 전체 갯수보다 적은 것인 단계;

상기 블레이드 제어장치에 의하여, 그 블레이드 상의 다수 개의 부하관리장치들을 작동하기 위한 작동 시퀀스를 결정하는 단계; 및,

그 블레이드 제어장치에 의하여, 결정된 작동 시퀀스에 따라서 다수 개의 부하관리장치를 작동하는 단계를 포함하는 방법.

## 청구항 12

제 11 항에 있어서,

복수 개의 블레이드 중의 제1 블레이드에 대한 작동 시퀀스는 복수 개의 블레이드 중의 제2 블레이드에 대한 작동 시퀀스와 상이한 방법.

## 청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 제1 블레이드에 대한 작동 시퀀스는, 제1 블레이드 상의 상기 다수 개의 부하관리장치를 작동하는 것이, 임의의 위치에 있는 다수 개의 부하관리장치를 작동하는 것임을 포함하는 무작위 시퀀스인 방법.

## 청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 제2 블레이드에 대한 작동 시퀀스는, 제2 블레이드용의 상기 다수 개의 부하관리장치를 작동하는 것이 가장 안쪽의 다수개의 부하관리장치를 작동하는 것임을 포함하는, 근저부로부터 끝단부로의 작동 시퀀스인 방법.

## 청구항 15

제 13 항에 있어서,

상기 제2 블레이드에 대한 작동 시퀀스는, 제2 블레이드용의 상기 다수 개의 부하관리장치를 작동하는 것이 가장 안쪽의 다수개의 부하관리장치를 작동하는 것임을 포함하는, 끝단부로부터 근저부로의 작동 시퀀스인 방법.

## 청구항 16

제 11 항에 있어서,

상기 복수 개의 부하관리장치들은 가변적인 높이로 작동하도록 구성되고,

상기 복수 개의 부하관리장치들을 작동하는 것은 제1 부하관리장치를 제2 부하관리장치와는 상이한 높이로 작동하는 것을 포함하는 방법.

## 청구항 17

풍력터빈의 블레이드상의 변류기(deflector)를 작동하기 위한 방법으로서:

제어장치에 의하여, 풍력터빈에서의 운용조건을 판단하는 단계;

상기 제어장치에 의하여, 그 운용조건에 따라 풍력터빈 상에서 작동되어야 하는 변류기의 갯수를 결정하는 단계로서, 그 작동되어야 하는 변류기의 갯수는 그 풍력터빈 상의 복수의 변류기의 전체 갯수보다 적은 것인 단계;

상기 제어장치에 의하여, 그 풍력터빈 상의 다수 개의 변류기들을 작동하기 위한 작동 시퀀스를 결정하는 단계; 및,

그 에어포일 제어장치에 의하여, 다수 개의 변류기를 작동하는 단계를 포함하는 방법.

## 청구항 18

제 17 항에 있어서,

제어기에 의하여 풍력터빈의 복수 개의 블레이드 각각에서 작동되어야 하는 변류기의 수를 결정하는 단계를 더 포함하며,

다수 개의 블레이드의 각각에 대하여 작동되는 변류기의 갯수의 총합은 그 풍력터빈 상에서 작동되는 변류기의 총 갯수와 같은 방법.

## 청구항 19

제 18 항에 있어서,

다수 개의 블레이드 중의 제1 블레이드에 대한 작동 시퀀스는 다수 개의 블레이드 중의 제2 블레이드에 대한 작동 시퀀스와 상이한 방법.

## 청구항 20

제 19 항에 있어서,

제1 블레이드 상에서 작동되는 변류기의 총합으로 되는 제1 블레이드 상의 다수 개의 임의로 위치한 변류기들을 작동하는 단계; 및,

제2 블레이드 상에서 작동되는 변류기의 총합으로 되는 제2 블레이드 상의 다수 개의 가장 안쪽에 위치한 변류기들을 작동하는 단계를 더 포함하는 방법.

## 명세서

### 기술 분야

[0001] 본 출원은 일반적으로 풍력터빈(wind turbine)의 설계 및 제어에 관한 것이다. 보다 상세하게는, 본 발명의 몇몇 실시형태는 풍력터빈의 공기역학을 변형하는 것에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 화석연료 및 기타 종래의 에너지원들은, 가용성이 감소되고 있고 환경에 대하여 안 좋은 영향을 주고 있음과 함께, 점진적으로 인기가 저하되고 있으며, 반면에 청정, 재생가능한 에너지원이 급속하게 성장하고 있다. 앞으로 다가올 몇 년 동안, 화석연료는 점점 더 귀해지고, 그러한 에너지원의 환경에 대한 영향과 관련된 지식이 팽배해짐에 따라, 청정, 재생가능한 에너지에 대한 요구가 계속적으로 증가될 것이다. 그러한 청정, 재생가능한 에너지 중의 하나는 풍력이다. 예를 들어 바람으로부터의 운동에너지는, 예를 들어 풍력터빈을 사용하여 전기로 전달될 수 있다. 따라서, 비용도 많이 들고, 환경적으로 해로운 화석연료를 태우지 않고서도 전기가 생산될 수 있을 것이다.

[0003] 풍력터빈들은 이들의 블레이드(blade)들의 회전면적(swept area)에 비례하는 전력을 생산한다. 따라서, 풍력터빈 블레이드의 길이[예를 들면 스패(span)]를 증가시킴으로써, 더 많은 에너지가 생산될 수 있다. 하지만, 풍력터빈에 대하여 반지름과 같은 로터(rotor) 속성의 선택은, 약풍에서의 더 많은 에너지의 생산을 위한 더 긴 블레이드와 강풍에서의 부하 한정을 위한 더 짧은 블레이드 사이에서 설계적 균형이 있게끔 한다. 더 긴 블레이드를 가지는 풍력터빈은 회전면적을 증가시키며, 이는 더 많은 전력을 생산한다. 하지만 강풍의 속도에서, 더 긴 블레이드를 가지는 풍력터빈은 부품에 있어서 더 큰 요구를 감내하게끔 하고, 부품에 손상을 주는 것을 피하기 위해서 터빈이 섰다운 되어야만 하는 상황이 더 많이 발생하게 된다. 평균 풍속이 손상을 유발할 만큼 강하지 않은 경우에도, 간헐적인 돌풍은 바람의 속도 및 방향의 양자를 변화시킬 수 있고 장비에 손상을 줄 정도로 강한 힘을 가할 수 있다.

[0004] 더 높은 전력, 더 적은 섰다운 및, 부품에 대한 더 적은 손상을 주게끔 하기 위하여 성과의 단계가 가변적인 접근방법들이 시도되어 왔다. 예를 들어, 블레이드의 피치(즉, 블레이드의 각도)를 변화시키는 피치제어가 사

용되어 왔다. 피치제어 풍력터빈에 있어서는, 터빈상의 전자제어기가 터빈의 전력출력을 점검한다. 전력출력이 특정한 문턱치(threshold)를 초과할 때, 블레이드 피치기구는 로터 블레이드 상의 부하를 감소하도록 로터 블레이드를 회전시킨다. 블레이드들은 나중에 바람이 다시 잔잔하게 되었을 때는 되돌아오게 된다. 하지만, 피치제어는 바람의 변화에 대한 응답이 상당히 느린 편이며 갑작스런 돌풍에 의하여 전달되는 부하에 대하여는 효율적이지가 못하다.

[0005] 더 높은 전력, 더 적은 섀다운 및, 부품에 대한 더 적은 손상을 주게끔 하기 위한 시도에 있어서 실속제어(stall control)는 다른 접근방법이다. 수동적 방식의 실속제어되는 풍력터빈에 있어서, 로터 블레이드들은 고정된 각도배향(angular orientation)을 가지고 허브에 장착된다. 실속제어는 풍속이 특정한 문턱치를 초과할 때 블레이드가 기계역학적으로 실속되도록(양력제거) 블레이드의 형상을 만듦으로써 수동적으로 달성된다. 능동적 방식의 실속제어 풍력터빈도 존재한다. 그러한 시스템에 있어서는, 블레이드를 따라서 실속이 생성될 수 있도록 로터의 블레이드들이 조정된다. 하지만, 양자의 실속제어 시스템들은 적합성을 부여하기가 어렵고 응답이 느리며, 원하는 결과에 대한 예측성이 매우 낮았다. 이러한 결점들은 불규칙적인 바람과 돌풍의 조건에 있어서 확대되는 경향이 있다.

[0006] 길이가변형(variable length) 로터 블레이드 시스템 또한, 더 높은 전력, 더 적은 섀다운 및, 부품에 대한 더 적은 손상을 주게끔 하기 위한 시도로서 사용되어 왔다. 그러한 시스템에 있어서, 풍력터빈의 로터 블레이드들은 신축자재형으로 만들어짐으로써 그들의 길이가 풍속에 근거하여 조정될 수 있다. 그러한 설계는, 약풍에서는 더 높은 출력을 제공하도록 로터 블레이드들이 신장되고 강풍 조건하에서는 부하를 저하시키도록 수축된다. 발명의 명칭이 "신축자재형 풍력터빈 블레이드"이고 그의 전체 내용이 본 명세서에 참조되는 미국특허 제 6,902,370 호는, 신축자재형 풍력터빈 로터 블레이드를 가지는 풍력터빈 시스템을 개시한다. 길이가변형 로터 블레이드는 특정한 장점을 가지는 반면, 이들은 불규칙적인 바람의 조건하에서는 결점이 있고 돌풍을 겪을 때에는 응답이 지나치게 느릴 수 있다.

[0007] 보다 최근에는, 변류기(deflector)들이 풍력터빈의 구성품 상에 가해지는 부하를 제어하는데 사용되고 있다. 예를 들어, 변류기들은 풍력터빈 블레이드 상에서의 기류를 흐트러서, 양력 및 풍력터빈 블레이드의 구성품에 가해지는 해당 부하를 감소시키는데 사용된다. 예를 들어, 발명의 명칭이 "전개가능한 공기 변류기를 가지는 풍력터빈"이고 그의 내용이 본 명세서 내에 전체적으로 참조되는 미국특허 제 8,267,654 호는, 부하를 제어하기 위하여 풍력터빈 블레이드 상에 변류기를 사용하는 것을 기술하고 있다. 이들 변류기들은 센서 등의 부품이 전력 생산, 속도, 가속도, 부하 등이 문턱치를 초과하였을 때 전개되며, 변류기들은 따라서 그 감지된 전력 생산, 속도, 가속도, 부하 등이 문턱치 내로 되돌아오도록 전개된다.

[0008] 어떤 경우에는, 복수의 변류기들이 풍력터빈 및/또는 풍력터빈 블레이드에 사용되어 부하를 제어하는데 사용된다. 예를 들어, 어떤 실시예에 있어서는, 복수개의 변류기들이 풍력터빈 블레이드의 길이를 따라서 배치된다. 따라서, 복수의 변류기들의 하나 이상이 상술한 바와 같이 부하를 제어하도록 전개될 수 있다. 하지만, 그러한 실시예에 있어서, 어떤 변류기들은 다른 것들보다 더 전개될 수도 있어서, 다른 것들을 사용함에 있어서 어떠한 과도기능(따라서, 조기에 고장나는)을 도출할 수 있다. 또한 각 전개된 공기 변류기의 길이방향의 위치에 따라서는, 어떤 특정 조건하에서 어떤 변류기들은 다른 것보다 덜 효과적일 수 있으며, 이는 전개되어야 할 필요가 있는 변류기보다 더 많은 것을 사용하는 경우가 있게 된다[따라서 궁극적으로는 전체적으로 시스템에 대한 듀티 사이클(duty cycle)을 증가시킨다].

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0009] 전기가 보다 가치있는 자재가 되어가고 있음에 따라서, 또한 풍력터빈들이 전기부족 문제에 대한 환경친화적인 해결책으로 나타나고 있음에 수반하여, 상술한 결점을 극복하고, 증가된 전력을 제공하며 터빈의 섀다운 및 부품에 대한 손상을 감소하는 터빈의 설계가 요구되어 왔다.

### 과제의 해결 수단

[0010] 이하의 내용은 본 발명의 몇몇 실시형태의 기본적인 이해를 제공하기 위하여 본 발명의 간략화된 요약내용을 나타낸다. 본 요약내용은 본 발명의 광범위한 개괄내용은 아니다. 이는 본 발명의 요점 또는 중요한 요소들을 정의하거나 또는 범위를 기술하는 것을 의도하는 것은 아니다. 이하의 요약내용은 단순히 이하에 마련된 보다 상세한 설명에 대한 예비적인 부분으로서 간략화된 형태로 본 발명의 몇몇 개념을 나타내는 것일 뿐이다.

- [0011] 본 발명의 하나 이상의 실시형태는 에어포일(airfoil) 상에서 하나 이상의 부하관리장치들을 작동하기 위한 작동 시퀀스를 제공함으로써 종래 기술에 있어서의 제한을 극복하는 것이다. 예를 들어, 어떤 실시예에 있어서, 작동 시퀀스들은 풍력터빈 및/또는 풍력터빈 블레이드 상의 다수 개의 부하관리장치 전부보다는 적게 작동시키도록 마련되는 것이다. 작동 시퀀스들은 감지된 운용조건에 응답하도록 실시되는 것으로서, 그에 의하여 원하는 결과(예를 들면, 블레이드, 타워, 구동 트레인 등의 부하와 같은 부하의 감소; 전력의 증강; 부하관리장치의 듀티 사이클의 감소 등)가 달성될 수 있다.
- [0012] 어떤 실시형태에 따르면, 기저부로부터 끝단부로의 작동 시퀀스가 채택될 수 있다. 그러한 실시예에 있어서는, 풍력터빈 및/또는 풍력터빈 블레이드의 하나 이상의 가장 안쪽의 부하관리장치가 원하는 결과를 달성하기 위하여 작동될 수 있다.
- [0013] 어떤 실시형태에 따르면, 끝단부로부터 기저부로의 작동 시퀀스가 채택될 수 있다. 그러한 실시예에 있어서는, 풍력터빈 및/또는 풍력터빈 블레이드의 하나 이상의 가장 바깥쪽의 부하관리장치가 원하는 결과를 달성하기 위하여 작동될 수 있다.
- [0014] 어떤 실시형태에 따르면, 최대-분포-부하 작동 시퀀스가 채택될 수 있다. 그러한 실시예에 있어서는, 풍력터빈 및/또는 풍력터빈 블레이드의 하나 이상의 부하관리장치가 감지된 최대 기체역학적 부하의 위치 근방에서 작동될 수 있다.
- [0015] 어떤 실시형태에 따르면, 무작위 작동 시퀀스가 채택될 수 있다. 그러한 실시예에 있어서는, 풍력터빈 및/또는 풍력터빈 블레이드의 하나 이상의 임의의 부하관리장치가 작동될 수 있다.
- [0016] 어떤 실시형태에 따르면, 사이클-계수 작동 시퀀스가 채택될 수 있다. 그러한 실시예에 있어서는, 풍력터빈 및/또는 풍력터빈 블레이드를 따라 최저의 총누적 전개 사이클을 가지는 하나 이상의 임의의 부하관리장치가 작동될 수 있다.
- [0017] 어떤 실시형태에 따르면, 2개 이상의 작동 시퀀스의 조합이 풍력터빈 및/또는 풍력터빈 블레이드 상에 채택될 수 있다. 예를 들면, 어떤 실시예에 있어서는 특정하게 감지된 운용조건에 대해서 기저부로부터 끝단부로의 작동 시퀀스가 채택되고, 반면에 어떠한 감지된 운용조건에 대해서는 끝단부로부터 기저부로의 작동 시퀀스가 채택될 수 있다. 어떤 실시예에 있어서는, 무작위 작동 시퀀스 또는 사이클-계수 작동 시퀀스가, 풍력터빈의 남은 블레이드에 적용되는 상이한 작동 시퀀스(예를 들면, 기저부로부터 끝단부, 끝단부로부터 기저부, 최대-분포-부하, 등)를 가지는 풍력 터빈의 전체 블레이드 보다 적은 수로 채택될 수 있다. 다른 실시예에 있어서, 하나 이상의 작동 시퀀스가 하나 이상의 다른 작동 시퀀스를 가지는 풍력터빈 및/또는 풍력터빈의 블레이드에 대해서 교호로 작동할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [0018] 본 발명의 보다 완전한 이해 및 그의 장점은 첨부된 도면을 고려한 이하의 기술내용을 참조함으로써 구해질 수 있으며, 유사한 구성부에 대하여는 유사한 부호가 부여되었다.

도 1은 본 발명의 제 1 실시예에 따른 풍력터빈의 사시도이다.

도 2는 통상의 바람의 조건하에서의 기류를 표현하는 로터 블레이드의 개략 단면도이다;

도 3은 연장된 위치에서의 부하관리장치와 함께 기류를 표현하는 도 2의 로터 블레이드의 개략단면도이다;

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 공기 변류기를 표현하는 로터 블레이드의 단면도이다.

도 5는 수축된 위치에 있는 도 4의 공기 변류기를 표현하는 로터 블레이드의 등척성 단면도이다;

도 6은 연장된 위치에 있는 도 4의 공기 변류기를 표현하는 로터 블레이드의 등척성 단면도이다;

도 7은 로터 블레이드를 따라서 전체 방향으로 배치된 다수개의 공기 변류기를 포함하는 로터 블레이드의 개략도이다;

도 8은 풍력터빈에 대한 예시적인 전력곡선의 개략도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0019] 다양한 실시형태에 관한 이하의 기술내용은, 첨부된 도면을 참조하여 이루어지며, 이들 도면은 본 발명의 일부를 구성하며, 본 발명이 실시될 수 있는 다양한 실시예를 예시하는 방편으로 나타난 것이다. 따라서, 본 발

명의 범위를 벗어나지 않고서도 기타의 실시예들도 이용될 수 있으며 구조적이며 기능적인 변형이 가능한 것임은 이해가능하다.

[0020] 본 발명의 실시형태들은 풍력터빈 상에 배치된 다수개의 부하관리장치 및 감지된 운용조건에 응답하여 하나 이상의 부하관리장치를 작동하는 방법을 위하여 도출된 것이다. 부가적으로, 본 발명의 실시형태들은, 풍력터빈 블레이드 상의 모든 부하관리장치 보다는 적은 수를 작동시키고, 어떤 부하관리장치를 작동시킬 것인가를 결정하는데 사용되는 작동 시퀀스를 위하여 도출된 것이다.

[0021] 도 1은 나셀(nacelle: 8)을 지지하는 타워(6)를 가지는 기초부(4) 상의 풍력터빈(2)을 나타낸다. 도시된 실시예에 있어서, 풍력터빈은 3개의 블레이드(10)를 포함한다. 허브(12)는 나셀(8)내에 기어박스, 발전기 및 기타 부품에 연결된다. 블레이드(10)는 도 1에 나타난 바와 같이 고정된 길이를 가질 수도 있고 길이가변형(variable length-type), 즉 신축자재형일 수 있다. 도 1에 나타난 바와 같이, 각 길이가변형 블레이드(10)는 근저부 또는 기초부(16) 및 끝단부(18)를 포함한다. 끝단부(18)는 근저부(16)에 대해서 이동가능한 것으로서 로터 블레이드(10)의 길이를 제어가능하게 증가 및 감소하도록 되어 있으며, 그에 따라 로터 블레이드(10)의 회전면적을 각각 증가 및 감소하게 된다. 나사구동, 피스톤/실린더, 또는 폴리/윈치구조와 같은 바람직한 구동 시스템이 근저부(16)에 대하여 끝단부(18)를 이동하도록 사용될 수 있다. 그러한 구동 시스템들은 발명의 명칭이 "신축자재한 윈드 터빈 블레이드"이며 그의 내용이 본 명세서에 전체적으로 참조되는 미국특허 제 6,902,370 호에 기술되어 있다. 풍력터빈(2)은 또한, 도시하지는 않았으나 좌우요동 구동장치(yaw drive) 및 좌우요동 구동모터를 더 포함한다.

[0022] 각 로터 블레이드(10)는 도 3에 개략적으로 나타난 바와 같은 하나 이상의 부하관리장치(28)를 포함할 수 있다. 도면에 나타난 블레이드(10)는 단지 하나의 예시적인 단면설계일 뿐이며, 무한한 단면에 있어서의 변형이 본 발명의 일부로서 사용될 수 있다. 로터 블레이드(10)는 파이버 글래스 및/또는 탄소섬유와 같은 어떠한 적절한 재료 및 구성으로 제조될 수 있다. 블레이드(10) 상에 위치된 부하관리장치(28)는, 예를 들어 로터 블레이드(10)에서의 양력을 제거하기 위하여 [또한 그에 의하여 궁극적으로는 풍력터빈(2)의 속도 및 구성품 각각에 있어서의 해당부하들을 감소하도록] 로터 블레이드(10)를 따르는 기류를 방해할 수 있다. 부하관리장치의 기능은 도 2 및 3에 일반적으로 도시되어 있다. 예를 들어, 도 2는 통상의 바람의 조건하에서 기류와 만나는 로터 블레이드(10)를 나타낸다. 로터 블레이드(10)는 선두 가장자리(20), 후미 가장자리(22), 고압측(24) 및 저압측(26)을 가진다. 시위선(chord line) c 는 블레이드(10)의 선두 가장자리(20)와 후미 가장자리(22) 사이의 선으로서 정의될 수 있다. 로터 블레이드(10)의 선두측은 로터 블레이드(10)의 선두 절반에 상당하고 로터 블레이드(10)의 후미측은 로터 블레이드(10)의 후미 절반에 상당함을 알 수 있다.

[0023] 작동되는 부하관리장치(28)가 없다고 하면(예를 들어 도 2에 나타난 바와 같이), 저압측(26)과 고압측(24) 사이의 압력차에 의하여 생성되는 양력은 풍속이 증가함에 따라 증가하게 된다. 예를 들어, 보다 만곡된 표면(26a)과 대향하는 덜 만곡된 표면(24a)은 주지의 기체역학적 원리에 의하여 저압측(26)과 고압측(24)의 기체역학적 관계를 생성하게 된다. 이는, 로터 블레이드(10) 상의 기류와 조합하여, 로터의 회전을 보조하는 "양력"으로 알려진 효과를 생성하게 된다. 고풍속 하에서, 부하관리장치(28)가 없으면, 풍력터빈(2)은 하나 이상의 부품에 대한 손상부하에 처해지게 된다. 예를 들어, 풍력터빈(2)의 로터 속도가 증가함에 따라 다양한 부품상에 부하도 증가하기 때문에, 또한 저압측(26)과 고압측(24)에서의 압력차이에 의하여 생성된 양력이 풍속과 함께 계속 증가하게 되므로 풍력터빈(2)의 로터의 속도도 증가하게 되고 풍속이 지나치게 높으면 터빈(2)은 손상부하를 겪게 된다.

[0024] 따라서, 본 발명의 어떤 실시형태는, 예를 들어 풍속이 지나치게 높을 때, 로터 블레이드(10)에 따르는 기류를 교란하고, 그에 의하여 양력 및 로터 속도를 감소시켜서 풍력터빈(2) 및 그의 다양한 부품상에 가해지는 부하를 감소시키기 위한 하나 이상의 부하관리장치(28)를 이용한다. 도 3은 부하관리장치(28)를 이용하는 로터 블레이드(10)를 도시한다. 부하관리장치(28)는 기류를 교란하는데 적절한 어떠한 부하관리장치도 될 수 있다. 본 발명의 어떤 실시형태에 따르면, 부하관리장치(28)는, 예를 들면 이하에서 보다 상세하게 논의될 공기 변류기일 수 있다. 로터 블레이드(10)가 풍력터빈(2)의 최대 정격속도를 초과했다고 센서가 판단할 때 및/또는 풍력터빈(2)의 다양한 부품상에 가해지는 부하가 문턱치를 초과했음을 센서가 감지한 때에 부하관리장치(28)가 작동된다. 부하관리장치(28)는 로터 블레이드(10)의 한 측면을 따라서 [도시된 실시예에서는 저압측(26)을 따라서]기류분리를 유도한다. 따라서, 작동되었을 때, 부하관리장치(28)는 예를 들어 고풍속 조건에서 풍력터빈(2)의 다양한 부품들이 겪게 되는 부하를 감소하는 것을 도울 수 있다.

[0025] 도 4는 본 발명의 하나 이상의 실시형태에 따른 부하관리장치(28)의 일례인 공기 변류기(32)를 채택한 로터 블레이드(10)의 단면을 나타낸다. 도 4에서 볼 수 있는 바와 같이, 로터 블레이드(10)는 적어도 한개의 액츄

에이터(30)를 포함한다. 공기 변류기(32)는, 그 공기 변류기(32)가 로터 블레이드(10)의 외부표면으로부터 연장되는 연장위치와, 공기 변류기(32)가 로터 블레이드(10)의 외부표면과 실질적으로 같은 면에 있거나, 들어 가 있거나 또는 실질적으로 전혀 연장되어 있지 않은 수축위치의 사이에서 이동가능한 것이다. 예를 들어, 액츄에이터(30)는 예를 들면 제어기(도시않됨)에 의하여 도출되는 감지된 운용조건에 따라서 공기 변류기(32)를 연장 및 수축할 수 있다.

[0026] 도 4는, 로터 블레이드(10)의 저압측(26) 상의 기류에 영향을 미치는 액츄에이터(30) 및 공기 변류기(32)의 위치설정을 나타낸다. 그러나, 실제로, 액츄에이터(30) 및 공기 변류기(32)는 로터 블레이드(10)의 고압측(24) 상의 기류에 영향을 미치도록 위치될 수도 있다. 또한, 액츄에이터(30) 및 공기 변류기(32)는 로터 블레이드를 따라서 시위선 방향으로 어떠한 위치에도 놓여질 수 있어서, 어떤 실시예에 있어서는 공기변류기(32)가 도시된 바와 같은 선두 절반부에 위치되기 보다는 로터 블레이드(10)의 후미 절반부에 놓여질 수도 있다. 또한, 이하에서 보다 충분하게 논의되는 바와 같이, 로터 블레이드(10)는 하나 이상의 액츄에이터(30) 및 공기 변류기(32)를 포함할 수도 있다.

[0027] 공기 변류기(32)는 임의의 풍력터빈 조건 파라미터에 근거하여, 또한 사용되는 부하관리장치(28)의 수를 고려하여 규격이 결정될 수도 있다. 공기 변류기(32)는 파이버 글래스, 탄소섬유, 스테인레스강, 플라스틱, 폴리 카보네이트 및/또는 알루미늄 등과 같은 어떠한 적절한 재료로 만들어질 수 있다. 공기 변류기(32)는, 예를 들어 수인치 내지 수피트의 어떠한 임의의 폭으로 만들어질 수 있다. 부가적으로, 공기 변류기(32)는 예를 들어 시위선 C 의 1퍼센트 내지 수퍼센트 까지의 어떠한 임의의 높이로 에어포일(airfoil) 표면으로부터 연장될 수 있으며, 공기 변류기(32)는 전형적으로는 1인치 미만이지만, 선택된 재료에 근거하여 어떠한 적절한 두께를 가질 수도 있다.

[0028] 도 5 및 6은 수축된 위치(도 5) 및 연장된 위치(도 6)에 있는 공기 변류기(32)를 가지는 액츄에이터(30)를 도시하는, 로터 블레이드(10)의 등척적 단면도이다. 액츄에이터(30)는 로터 블레이드(10)의 표면 윤곽선을 실질적으로 유지하기 위하여 인터페이스에 의하여 적절하게 장착된다. 다른 구성에 있어서, 액츄에이터(30)의 선두면은 로터 블레이드(40)의 하부측에 장착될 수도 있다. 하드웨어 및 접착제와 같은 적절한 고정구조가 사용될 수도 있다.

[0029] 본 발명의 어떤 실시형태에 따르면, 복수개의 부하관리장치(28)가 로터 블레이드(10)상에 마련될 수 있다. 예를 들어, 어떤 실시예에 있어서는, 복수개의 액츄에이터(30) 및/또는 공기 변류기(32)들이 로터 블레이드(10)의 길이를 따라서 배치되고 간격을 둘 수 있다. 도 7에 나타난 바와 같이, 복수개의 공기 변류기(32a) 내지 (32i)들이 로터 블레이드(10)를 따라서 배치될 수 있다. 도 7에 있어서, 풍력터빈(2)의 남아 있는 부품[예를 들면, 다른 로터 블레이드(10), 타워(6), 기초부(4)등]들은 간략화를 위하여 단절되어 있거나 또는 도시하지 않았다. 그러나, 본 개시내용이 주어지는 통상의 지식을 가진 자라면, 2개의 부가적인 로터 블레이드(10)들도 도 7에 나타난 것과 유사한 방식으로 배치된 다수개의 공기 변류기(32)를 포함할 수 있음을 알 수 있을 것이다. 다수개의 부하관리장치(28)[예를 들어 다수의 액츄에이터(30) 및/또는 공기 변류기(32)]를 포함하는 그러한 실시예에 있어서, 어떠한 주어진 시간에 작동되는(예를 들면 연장되는) 부하관리장치(28)의 수는 로터 블레이드(10) 및/또는 풍력터빈(2)의 감지된 운용조건에 의존된다. 예를 들어, 어떤 경우에 센서(예를 들면, 가속도계, 압력차 센서, 속도센서, 전력센서 등)는 풍력터빈(2)의 로터 속도가 풍력터빈(2)의 최대 정격속도에 있거나 그보다 높은 것을 결정할 수 있다. 따라서, 제어기 또는 기타 적절한 장치(도시않됨)들은 하나 이상의 액츄에이터(30)로 하여금 허용가능한 범위내로 로터의 속도 및/또는 부하를 가져오도록 하나 이상의 공기 변류기(32)를 작동하도록 지시할 수 있다.

[0030] 도 7로 돌아가면, 어떤 실시형태에 있어서, 모든 사용가능한 부하관리장치(28)[예를 들면, 공기 변류기(32a) 내지 (32i)]들은 로터의 속도 및/또는 부하를 허용가능한 범위로 놓기 위하여 작동될 수 있다. 예를 들어, 만약 풍력터빈(2)이 매우 강한 바람속에 놓여 있다면, 풍력터빈의 섯다운을 피하기 위하여 모든 사용가능한 부하관리장치(28)[예를 들면, 공기 변류기(32a) 내지 (32i)]가 작동될 수 있다. 하지만, 다른 실시예에 있어서, 제어기 또는 기타의 장치가 로터의 속도 및/또는 감지된 부하를 허용가능한 범위로 놓기 위하여 로터 블레이드(10)상에 마련된 모든 부하관리장치(28)[예를 들면, 공기 변류기(32a) 내지 (32i)]보다는 적은 수를 작동할 필요가 있다고 판단할 수도 있다. 그러한 실시예에 있어서, 제어기 또는 유사한 장치들은, 이하에서 좀더 상세히 기술하는 바와 같이, 결정된 작동 시퀀스에 따라서 모든 가용한 공기 변류기(32a) 내지 (32i) 보다는 적은 수를 작동하도록 하나 이상의 액츄에이터(30)에 지시하게 된다.

[0031] 어떤 실시예에 있어서, 제어기가 항상 모든 가용한 공기 변류기(32a) 내지 (32i)를 작동시키는 것은 아니기 때문에, 어떤 공기 변류기(32)는 시스템[예를 들면 블레이드(10) 및/또는 풍력터빈(2)]의 수명주기동안 다른

것들 보다 더 많이 작동될 수 있다. 예를 들어, 각각의 공기 변류기(32)는 그 공기 변류기(32)의 블레이드(10)에 따르는 길이방향에서의 위치에 따라 상이하게 부하에 영향을 줄 수 있다. 예를 들어, 공기 변류기(32a)[예를 들어, 블레이드(10)의 기저부(35) 근방에 위치한 공기 변류기(32)들 중 가장 안쪽에 있는 것]는 공기 변류기(32i)[예를 들어, 블레이드(10)의 끝단부(37) 근방에 위치한 공기 변류기(32)들 중 가장 바깥쪽에 있는 것]와는 상당히 다르게 부하에 영향을 줄 수 있다. 따라서, 어떤 실시예에 있어서, 제어기는 부하를 제어하기 위하여 공기 변류기(32i) 보다 더 빈번하게 공기 변류기(32a)를 작동할 수 있다. 그러한 실시예에 있어서는, 공기 변류기(32a)는 과도사용[즉, 블레이드(10)를 따르는 다른 공기 변류기(32)보다 더 자주 사용됨]으로 될 수 있다. 하나의 변류기만 과도하게 사용하는 것은 다른 것들 보다 과도사용되는 변류기에 있어서의 조기 고장을 유발하게 되고, 예를 들어 과도사용 변류기의 수리를 위하여 풍력터빈(2)을 섣다운 해야 한다.

[0032] 본 발명의 어떤 실시예에 따르면, 각 공기 변류기(32)의 듀티 사이클(즉, 전개/수축되는 사이클의 수)을 비교 가능하게끔 공기 변류기(32)들을 작동시키도록 함으로써, 전체 풍력터빈(2) 시스템이 보호될 수 있다. 이는, 풍력터빈(2)의 섣다운이 적게 되도록 할 수 있다. 예를 들어, 만약 각 공기 변류기(32)의 듀티 사이클이 거의 같다고 하면, 모든 공기 변류기(32)가 그의 사용연한에 근접한 시점에서 보수유지[예를 들면 공기 변류기(32)의 교체 등]를 위하여만 풍력터빈(2)을 섣다운 시키면 된다.

[0033] 또한, 각 공기 변류기(32)는 예를 들어 운용조건 등에 따라서 상이하게 풍력터빈(2)의 부하 및/또는 발전에 영향을 미치기 때문에, 특정한 조건에 대하여 덜 효과적인 공기 변류기(32)를 작동시키는 것은 전체적으로 시스템에 대한 듀티 사이클을 증가시키는 것이 된다. 예를 들어, 어떤 운용조건[예를 들어 풍속, 풍력터빈(2)의 로터 속도, 블레이드(10)의 피치 등]에서는 공기 변류기(32i)[즉, 가장 바깥쪽 공기 변류기(32)]가 공기 변류기(32a)[즉, 가장 안쪽 공기 변류기(32)]보다 부하를 경감시킴에 있어서 더 효과적일 수 있다. 따라서, 만약 주어진 운용조건에 대하여 풍력터빈(2)에 가해지는 부하를 경감시키기 위하여 하나 이상의 공기 변류기(32)를 동작시켜야 한다고 제어기가 판단하면, 공기 변류기(32a)를 작동시키는 것은 공기 변류기(32i)를 작동하는 것보다 덜 효율적이다. 따라서, 만약 제어기가 공기 변류기(32a)를 작동시켜야 한다면, 원하는 부하를 경감시키기 위하여 공기 변류기(32i)를 작동시키는 것보다 궁극적으로는 더 많은 공기 변류기(32)를 작동할 필요가 있는 것이 된다. 다시 말하면, 본 실시예에 있어서는, 한 개의 가장 바깥쪽 공기 변류기(32)[예를 들면 끝단부(37) 근방의 공기 변류기(32)]와 동일한 부하경감 효과를 달성하기 위해서 2개 이상의 가장 안쪽 공기 변류기(32)[예를 들면 근저부(35) 근방의 공기 변류기(32)]를 사용하는 것이 될 수 있다. 따라서, 필요한 갯수(예를 들어 한개)보다 더 많은(본 실시예에서는 2개) 공기 변류기(32)들이 작동되기 때문에, 이 시스템에 대한 공기 변류기(32)들의 듀티 사이클은 전체적으로 증가되는 것이다.

[0034] 본 발명의 어떤 실시형태에 따르면, 원하는 부하-감소 및/또는 증가된 전력이라고 하는 장점을 달성하면서도 전체적으로 각 공기 변류기(32) 및/또는 시스템에 대한 듀티 사이클을 감소하기 위하여, 제어기 등은 블레이드(10)를 따라서 하나 이상의 공기 변류기(32a) 내지 (32i)[그러나, 예를 들어 모든 공기 변류기(32a) 내지 (32i)보다는 적은]를 작동하기 위하여 상이한 작동 시퀀스를 사용할 수 있다. 각 시퀀스에 대해서, 제어기는 먼저 운용조건[예를 들면, 풍속, 풍력터빈(2)의 로터 속도, 블레이드(10)의 피치 등]을 고려하고 어떤 작동 시퀀스를 그에 따라서 사용하는지를 결정한다.

[0035] 예를 들어, 어떤 실시형태에 있어서, 하나 이상의 공기 변류기(32)는 근저부로부터 끝단부의 시퀀스를 사용하여 작동될 수 있다. 도 7에 나타난 바와 같이, 다수 개의 공기 변류기(32a) 내지 (32i)는 블레이드(10)의 근저부(35)로부터 블레이드(10)의 끝단부(37)까지 블레이드(10)를 따라서 배치될 수 있다. 어떤 운용조건에 대해서, 제어기는 안쪽의 공기 변류기(32)들[예를 들면, 근저부(35)에 가깝게 위치한 것들]이 바깥쪽의 공기 변류기(32)들[예를 들면, 끝단부(37)에 가깝게 위치한 것들]보다 원하는 결과를 달성[예를 들면 풍력터빈(2)상의 부하 감소, 최대 전력 출력 달성 등]함에 있어 보다 효과적일 수 있다고 판단할 수 있다. 따라서, 그러한 운용조건에 대해서, 제어기는 근저부로부터 끝단부의 시퀀스를 사용하여 하나 이상의 공기 변류기(32)를 작동할 수 있다. 그러한 작동 시퀀스에 대해서, 제어기는 근저부(35)에 가장 가깝게 위치한[예를 들면 가장 가까운 쪽의 공기 변류기(32)] 원하는 수의 공기 변류기(32)를 작동할 수 있다. 예를 들어, 가장 안쪽의 공기 변류기(32)가 원하는 결과를 가장 효과적으로 달성할 수 있는 운용조건이라고 제어기가 판단하고, 그러한 결과를 달성하기 위하여 한 개의 안쪽 공기 변류기(32)를 작동할 필요가 있다고 제어기가 판단하면, 그 제어기는 근저부로부터 끝단부의 작동 시퀀스를 따를 수 있고, 공기 변류기(32a)를 작동하게 된다. 다른 실시예에서, 만약 가장 안쪽의 공기 변류기(32)가 원하는 결과를 가장 효과적으로 달성할 수 있는 운용조건이라고 제어기가 판단하고, 그러한 결과를 달성하기 위하여 4개의 안쪽 공기 변류기(32)를 작동할 필요가 있다고 제어기가 판단하면, 그 제어기는 근저부로부터 끝단부의 작동 시퀀스를 따를 수 있고, 가장 안쪽의 공기 변류기

(32a)를 시작으로 그 다음 3개의 가장 안쪽에 있는 공기 변류기(32b) 내지 (32d)를 작동하게 된다. 그러한 작동 시퀀스는 궁극적으로 전체적인 시스템에 대한 전체 듀티 사이클을 감소하게 되는데, 더 적은(하지만 더 효과적인) 공기 변류기(32)가 원하는 결과를 달성하도록 작동되기 때문이다.

[0036] 다른 실시예에 있어서, 하나 이상의 공기 변류기들은 끝단부로부터 근저부로의 시퀀스를 사용할 수 있다. 즉, 어떤 운용조건에 대하여, 제어기는 바깥쪽의 공기 변류기(32)들이 안쪽의 공기 변류기(32)들이 보다 원하는 결과를 달성[예를 들면 풍력터빈(2) 상의 부하 감소, 최대 전력 출력 달성 등]함에 있어 보다 효과적일 수 있다고 판단할 수 있다. 따라서, 그러한 운용조건에 대해서는, 제어기가 끝단부로부터 근저부로의 시퀀스를 사용하여 하나 이상의 공기 변류기(32)를 작동할 수 있다. 그러한 작동 시퀀스에 대해서, 제어기는 끝단부(37)에 가장 가깝게 위치한[예를 들면 가장 바깥쪽의 공기 변류기(32)] 임의의 수의 공기 변류기(32)를 작동할 수 있다.

[0037] 예를 들어, 가장 바깥쪽의 공기 변류기(32)가 원하는 결과를 가장 효과적으로 달성할 수 있는 운용조건이라고 제어기가 판단하고, 그러한 결과를 달성하기 위하여 한 개의 바깥쪽 공기 변류기(32)를 작동할 필요가 있다고 제어기가 판단하면, 그 제어기는 끝단부로부터 근저부로의 작동 시퀀스를 따를 수 있고, 공기 변류기(32i)를 작동하게 된다. 다른 실시예에서, 만약 가장 바깥쪽의 공기 변류기(32)가 원하는 결과를 가장 효과적으로 달성할 수 있는 운용조건이라고 제어기가 판단하고, 그러한 결과를 달성하기 위하여 4개의 바깥쪽 공기 변류기(32)를 작동할 필요가 있다고 제어기가 판단하면, 그 제어기는 끝단부로부터 근저부로의 작동 시퀀스를 따를 수 있고, 가장 바깥쪽의 공기 변류기(32i)를 시작으로 그 다음 3개의 가장 바깥쪽에 있는 공기 변류기(32f) 내지 (32h)를 작동하게 된다. 그러한 작동 시퀀스는 궁극적으로 전체적인 시스템에 대한 전체 듀티 사이클을 감소하게 되는데, 더 적은(하지만 더 효과적인) 공기 변류기(32)가 원하는 결과를 달성하도록 작동되기 때문이다.

[0038] 다른 실시예에 있어서, 하나 이상의 공기 변류기(32)는 최대-분포-부하 작동 시퀀스를 사용하여 작동될 수 있다. 예를 들어, 어떤 실시예에 있어서, 하나 이상의 센서(예를 들면 차압센서, 가속도계, 속도센서 등)가 블레이드(10)의 길이를 따라서 마련되어 하나 이상의 기체역학적 부하를 측정 및/또는 근사치를 낼 수 있다. 어떤 실시예에 있어서, 다수 개의 센서들은 각 공기 변류기(32a) 내지 (32i)의 근방 위치에 마련될 수 있다. 예를 들어, 도 7에 나타난 실시예에 있어서, 블레이드(10)는 해당하는 공기 변류기(32a) 내지 (32i)의 근방에 각각 위치하는 9개의 센서를 포함할 수 있다. 어떤 실시예에서, 하나 이상의 제어기는 어떤 센서가 가장 큰 기체역학적 부하를 겪고 있는지를 판단하고, 그 가장 큰 기체역학적 부하를 겪고 있는 센서의 근방 위치에 있는 해당 공기 변류기(32)를 작동한다. 예를 들어, 하나 이상의 제어기는, 풍력터빈(2) 상에 작용하는 부하를 감소하기 위하여 3개의 공기 변류기(32)들이 작동될 필요가 있다고 판단할 수 있다. 또한, 하나 이상의 제어기들은 공기 변류기(32e)와 대략 동일한 위치에 있는 센서가 공기 변류기(32a) 내지 (32i)의 각각의 위치 중에서 최대의 기체역학적 부하를 겪고 있다고 판단할 수 있다. 따라서, 하나 이상의 제어기들은, 최대-분포-부하 작동 시퀀스를 사용하여, 공기 변류기(32)를 작동할 수 있고, 그 후에 둘레의 공기 변류기(32)를 비례적으로 작동시켜서 전체적으로 필요한 공기 변류기(32)의 수에 달하게 된다[예를 들면 공기 변류기(32f) 및 공기 변류기(32d)]. 그러한 실시예에 있어서, 전체 시스템[예를 들면 블레이드(10) 및/또는 풍력터빈(2)]의 듀티 사이클이 감소될 수 있다. 예를 들어, 최대 기체역학적 부하의 위치에 있는 공기 변류기(32)가 원하는 결과[예를 들면, 풍력터빈(2)에 작용하는 부하의 감소]를 달성하기에 가장 효과적일 수 있기 때문에, 더 적은 수의 공기 변류기(32)가 작동될 수 있다.

[0039] 어떤 실시예에 있어서, 하나 이상의 공기 변류기(32)는 무작위 작동 시퀀스를 사용하여 작동될 수 있다. 예를 들어, 만약 (논의된 바와 같이) 하나 이상의 공기 변류기(32)들이 일상적으로 작동된다면, 그 하나 이상의 일상적으로 작동되는 공기 변류기(32)들은 시스템의 수명주기에 걸쳐서 다른 덜 일상적으로 작동되는 공기 변류기들에 비해서 더 높은 듀티 사이클을 겪게될 수 있다. 따라서, 어떤 실시형태에 있어서, 하나 이상의 제어기들은 무작위 작동 시퀀스를 사용하여 공기 변류기(32)들 사이에서 듀티 사이클을 분배할 수 있다. 그러한 실시예에 있어서, 제어기가 하나 이상의 공기 변류기(32)들을 작동할 필요가 있다고 판단하면, 제어기는 작동될 하나 이상의 공기 변류기(32)들을 무작위로 선택[예를 들어 난수 발생기 또는 기타 주지의 방법을 사용하여]할 수 있다. 예를 들어, 만약 하나 이상의 제어기가 현재의 운용조건하에서 풍력터빈(2)상의 부하를 감소하기 위하여 3개의 공기 변류기(32)를 작동해야 할 필요가 있다고 판단하면, 하나 이상의 제어기는 임의의 3개의 공기 변류기(32)들[예를 들면 공기 변류기(32c), 공기 변류기(32e) 및 공기 변류기(32h)]을 작동하도록 선택할 수 있다. 그러한 실시예에 있어서는, 모든 공기 변류기(32)들이 대체로 공평하게 작동되기 때문에 전체 시스템[예를 들면 블레이드(10) 및/또는 풍력터빈(2)]의 수명이 연장될 수 있다. 따라서, 어떠한 공기 변

류기(32)도 과도사용에 따른 조기 고장을 겪지 않게 된다.

[0040] 어떤 실시예에 있어서, 하나 이상의 공기 변류기(32)들은 사이클-계수 작동 시퀀스를 사용하여 작동될 수 있다. 그러한 실시예에 있어서, 하나 이상의 제어기들은 각 공기 변류기(32)에 대한 누적 듀티 사이클을 기록할 수 있다. 이 실시예에서는, 하나 이상의 공기 변류기(32)를 작동할 필요가 있다고 하나 이상의 제어기가 판단하면, 그 하나 이상의 제어기는 각 공기 변류기(32)에 대한 누적 전개 사이클을 참조하고 최저의 총누적 전개 사이클을 가지는 하나 이상의 공기 변류기(32)를 작동하게 된다. 그러한 실시예에 있어서, 따라서 가장 적게 사용된 공기 변류기(32)들이 선택되고 전체 시스템[예를 들면 블레이드(10) 및/또는 풍력터빈(2)]의 수명이 연장될 수 있다.

[0041] 어떤 실시예에 있어서, 상술한 작동 시퀀스(즉, 근저부로부터 끝단부, 끝단부로부터 근저부, 최대-분포-부하, 무작위 및/또는 사이클-계수)중 하나 이상이 원하는 결과(예를 들어, 과도한 부하를 제거하는 반면 최대 전력생산)를 달성하기 위하여 풍력터빈(2)의 블레이드(10) 및/또는 다수개의 블레이드(10)중에서 조합될 수 있다. 예를 들어, 어떤 실시예에 있어서는 근저부로부터 끝단부의 시퀀스와 끝단부로부터 근저부의 시퀀스의 조합이 사용될 수 있다. 이는, 도 8에 나타난 전형적인 풍력터빈(2) 전력곡선(36)을 참조하면 보다 명확하게 알 수 있다. 논의된 바와 같이, 공지의 기체역학적 원리에 근거하면, 풍력터빈(2)의 각 블레이드(10) 상의 양력은 블레이드(10)를 가로지르는 풍속이 증가함에 따라 마찬가지로 증가된다. 따라서, 풍속의 증가에 따라 풍력터빈(2)의 로터는 더욱 빨리 회전하게 되고 더 많은 전력을 생산하게 된다. 하지만, 풍속이 지나치게 높으면, 풍력터빈(2)의 하나 이상의 특성이 로터 속도를 제어하도록 조정되지 않으면, 풍력터빈(2)의 최대정격속도를 초과할 수 있다. 따라서, 높은 풍속에서는, 블레이드(10) 및 풍력터빈(2)의 특성이 조정됨으로써, 이하에서 상세하게 논의되는 바와 같이 풍력터빈(2)의 로터 속도를 일정하게(예를 들어 최대 정격속도 이하로) 유지하게 된다.

[0042] 도 8에 나타난 바와 같이, 전력곡선(36)은 일련의 영역(38) 내지 (46)으로서 보다 용이하게 이해될 수 있다. 시작영역(38)에 있어서는 풍속이 비교적 낮다. 이 영역에서는, 블레이드(10)가 그리 빠르게 회전하지 않으므로 실질적으로 낮은 전력이 생산된다. 하지만, 로터 블레이드(10)에 대하여 풍속이 증가됨에 따라서, 풍력터빈(2)은 가변속도 영역(40)으로 들어가게 된다. 이 영역에서는, 풍력터빈(2)의 로터 속도가 풍속에 따라서 가변하게 된다. 즉, 풍속이 증가함에 따라서, 각 블레이드(10) 상의 양력이 증가하여 로터가 더 빠르게 회전하게 되고, 따라서 더 많은 전력을 생산하게 된다. 블레이드(10)에 대한 풍속이 감소함에 따라서는, 각 블레이드(10) 상의 양력이 감소하게 되어 풍력터빈(2)의 로터가 느리게 회전하게 되며, 따라서 전력을 덜 생산하게 된다. 풍력터빈(2)이 가변속도 영역(40)에서 운용될 때에는, 풍력터빈(2) 및/또는 블레이드(10)의 특성[예를 들면, 피치, 공기 변류기(32)의 작동 등]이 전력생산을 최대화하도록 구성될 수 있다. 즉, 풍력터빈(2)이 최대정격 속도에서 작동하지 않기 때문에, 블레이드(10)/풍력터빈(2)의 특성들이 풍력터빈(2)을 의도적으로 느리게 하도록 조정되지는 않는다.

[0043] 하지만, 풍력터빈(2)이 전이/무릎(transition/knee) 영역(42)으로 들어감에 따라, 풍속이 높아져서 풍력터빈(2)은 최대정격 속도[즉, 초과하게 되면 풍력터빈(2)의 부품이 고장을 유발하기 시작하는 속도]에 근접하게 된다. 그렇기 때문에, 전이/무릎 영역(42)에서는, 풍력터빈(2)의 속도(따라서, 전력생산)가 제한되도록 블레이드(10) 및/또는 풍력터빈(2)의 하나 이상의 특성들이 변경된다. 예를 들어, 도 8에 도시한 바와 같이, 전력곡선(36)의 2차 도함수는 전이/무릎 영역(42)에서는 음수로 된다. 따라서, 풍력터빈(2)의 속도(따라서 전력생산량)는 전이/무릎 영역(42)에서는 풍속과 함께 증가되어 가지만, 감소되는 비율로 증가하게 된다. 이는, 하나 이상의 블레이드(10) 상의 양력을 제거하기 위하여 하나 이상의 제어기가 블레이드(10) 및/또는 풍력터빈(2)의 하나 이상의 특성들을 변경[블레이드(10)의 피치변경, 끝단부(18)의 연장 또는 수축, 하나 이상의 공기 변류기(32)의 작동 등]하는 것에 기인하는 것이다.

[0044] 전이/무릎 영역(42)의 뒤에서, 풍력터빈(2)은 정속영역(44)으로 들어갈 수 있다. 정속영역(44)에서는, 블레이드(10)를 통과하는 풍속이 지나치게 높아져서, 풍속이 증가하더라도 로터의 속도(따라서 전력생산량)를 일정하게 유지하기 위하여 블레이드(10)/풍력터빈(2)의 특성이 변경된다. 예를 들어, 풍력터빈(2)은 최대정격 로터 속도 이하로 유지될 수 있다. 이는, 블레이드(10) 상에 작용하는 양력을 제거하기 위하여 풍력터빈(2) 및/또는 블레이드(10)의 하나 이상의 특성을 변경함으로써 달성될 수 있다. 예를 들어, 하나 이상의 블레이드(10)의 피치가 변경될 수 있고, 끝단부(18)가 전개 또는 수축될 수 있으며, 및/또는 하나 이상의 공기 변류기(32)가 작동될 수 있다.

[0045] 최종적으로, 풍력터빈(2)은 정속영역(44)의 뒤에 섰다운 영역(46)으로 들어갈 수 있다. 섰다운 영역(46)은, 풍속이 너무 높아져서 풍력터빈(2)의 로터 속도가 적절하게 제어될 수 없고(예를 들면 최대정격 속도의 이하로

유지할 수 없고), 따라서 풍력터빈(2) 및/또는 그의 부품에 대한 손상을 피하기 위하여 풍력터빈(2)이 섰다운 되는 영역이다. 예를 들어, 섰다운 영역(46)에서는, 블레이드(10)의 피치를 변경하거나, 끝단부(18)를 연장 또는 수축하거나, 및/또는 하나 이상의 공기 변류기(32)를 작동하는 것만으로는 로터의 속도를 최대정격 속도 이하로 유지하기에는 효과가 없게 된다. 따라서, 섰다운 영역(46)에서는, 그의 부품손상을 피하기 위하여 풍력터빈(2)이 섰다운 되거나 및/또는 비회전 위치로 잠겨진다.

[0046] 어떤 실시예에서는, 전력곡선(36)의 어떤 영역에서 풍력터빈(2)이 운용되는가에 따라서 하나 이상의 제어기에 의해 특정한 작동 시퀀스(논의된 바와 같은)가 시행될 수 있다. 예를 들어, 만약 풍력터빈(2)이 정속 영역(44)에서 운용되면, 가장 바깥쪽 공기 변류기(32)[예를 들면 공기 변류기(32i) 및 기타 끝단부(37)에 근접한 것들]들은 블레이드(10)의 피치 제어 때문에 효과적이지 못할 수 있다. 따라서, 그러한 영역에서는 끝단부로부터 근저부로의 작동 시퀀스는 적절하지 않으며, 끝단부로부터 근저부로의 작동 시퀀스 하에서 원하는 결과(예를 들면 부하의 감소)를 달성하기 위하여는 근저부로부터 끝단부로의 작동 시퀀스 하에서 보다는 더 많은 수의 공기 변류기(32)가 궁극적으로 전개될 필요가 있다. 즉, 블레이드(10)의 피치제어는 끝단부(37)에 위치한 공기 변류기(32)의 효과에 영향을 미치는 것보다 근저부(35)에 위치한 공기 변류기(32)의 효과에 덜 영향을 미치게 된다. 따라서, 정속 영역(44)에서 운용되는 풍력터빈(2)에 대해서는, 논의된 바와 같이 제어기가 근저부로부터 끝단부로의 작동 시퀀스를 사용하여 하나 이상의 공기 변류기를 작동하게 된다.

[0047] 하지만, 끝단부(37) 근처에 위치한 가장 바깥쪽 공기 변류기(32)[예를 들면, 공기 변류기(32i) 등]들은 전이/무류 영역(42)에서 보다 효과적일 수가 있는데, 이는 풍력터빈(2)의 블레이드(10)의 피치 또는 기타 특성들 때문이다. 따라서, 풍력터빈(2)이 전이/무류 영역(42)에서 운용될 때에는, 논의된 바와 같은 근저부로부터 끝단부로의 작동 시퀀스를 사용하여 하나 이상의 제어기가 공기 변류기(32)들을 작동할 수 있다.

[0048] 또한, 시스템을 보호하기 위하여, 공기 변류기(32)의 전체 듀티 사이클을 감소함에 있어서 상술한 작동 시퀀스들이 조합되어 사용될 수 있다. 예를 들어, 제어기는 근저부로부터 끝단부로의 시퀀스 및 끝단부로부터 근저부로의 시퀀스의 조합을 채택할 수 있다. 그러한 실시예에 있어서는, 제어기가 먼저 운용조건[예를 들어 풍속, 로터속도, 블레이드(10) 및/또는 풍력터빈(2)의 부품에 작용하는 부하 등]을 검토하고 그에 따라 적절한 작동시퀀스를 채택하도록 결정한다. 예를 들어, 풍력터빈이 가변속도 영역(40)에서 운용되고 있는 점을 고려하여, 하나 이상의 제어기는 어떤 공기 변류기(32)도 작동하지 않을 수 있다[즉, 주어진 풍속에 대한 최대 전력생산량을 달성하기 위하여]. 그러나, 만약 풍속이 증가하고 예를 들어 풍력터빈이 전력곡선(36)의 전이/무류 영역(42)에서 운용되기 시작한다고 했을 때, 제어기는 끝단부로부터 근저부로의 작동 시퀀스에 따라서 공기 변류기(32)들을 작동할 수 있다. 상술한 바와 같이, 이 영역에서의 블레이드(10)의 피치제어 및 풍력터빈(2)의 기타 특성에 의거하면, 가장 바깥쪽의 공기 변류기(32)들이 이 영역에서는 가장 효과적이므로, 끝단부로부터 근저부로의 작동 시퀀스가 적절하다고 할 수 있다. 하지만, 만약 풍속이 증가하여 풍력터빈(2)이 전력곡선(36)의 정속영역(44)에서 운용되어야 한다면, 하나 이상의 제어기들은 끝단부로부터 근저부로의 작동 시퀀스를 사용하는 것으로 전환할 수 있다. 또한, 정속 영역(44)에서 운용되는 풍력터빈(2)의 블레이드(10)의 피치제어 및/또는 기타 특성들로 인하여, 가장 바깥쪽 공기 변류기(32)들은 이 영역에서 덜 효과적일 수 있고 근저부로부터 끝단부로의 작동 시퀀스가 보다 적절해질 수 있다. 이러한 실시예에서, 각 공기 변류기(32)들의 듀티 사이클은 시스템의 전체 수명주기에 걸쳐서 비교적 동등해질 수 있는데, 그 이유는 안쪽의 공기 변류기(32)들이 특정한 운용조건에서 사용되고, 바깥쪽의 공기 변류기(32)들이 다른 운용조건에서 사용되기 때문이다.

[0049] 상술한 작동 시퀀스들 중의 어느 것도 유사한 장점을 달성하기 위하여 조합되어 사용될 수 있다. 예를 들면, 어떤 실시예에 있어서 무작위 작동 시퀀스는 근저부로부터 끝단부 시퀀스 및/또는 끝단부로부터 근저부로의 작동 시퀀스와 조합될 수 있을 것이다. 예를 들어, 각 블레이드(10)가 다수개의 공기 변류기(32)들을 포함하는 풍력터빈(2)의 실시예에 있어서, 무작위 작동 시퀀스가 모든 블레이드(10)의 수보다는 적게 채택되고, 남은 블레이드(10)에는 다른 종류의 작동 시퀀스(예를 들면 근저부로부터 끝단부, 끝단부로부터 근저부, 최대-분포-부하 등)를 채택할 수 있다.

[0050] 예를 들어, 상술한 바와 같이, 무작위 작동 시퀀스를 사용함으로써, 듀티 사이클은 시스템의 수명주기에 걸쳐서 각 공기 변류기(32)들 사이에 대략 동등해질 수 있다. 하지만, 어떤 운용조건에 있어서는, 모든 블레이드(10) 상의 공기 변류기(32)를 한꺼번에 무작위 작동하는 것은 지나치게 무질서한 것이거나 또는 결과를 부실한 것[예를 들어 원하는 것보다 부하의 감소가 적거나, 낮은 전력 생산, 전체 시스템에 대한 듀티 사이클의 증가 등]으로 할 우려가 있다. 그러한 실시예에 있어서, 예를 들어 시스템의 하나 이상의 블레이드(10)상에서 근저부로부터 끝단부, 끝단부로부터 근저부, 또는 최대-분포-부하 작동 시퀀스를 채택하는 것은 시스템을 안

정시킬 수 있고, 따라서 궁극적으로는 원하는 결과(예를 들면 부하의 감소, 듀티 사이클의 감소, 전력생산량의 증가 등)에 이르게 할 수 있다. 따라서, 어떤 실시예에 있어서, 모든 블레이드(10)의 수보다는 적은 수로 무작위 작동 시퀀스를 채택하고, 남은 블레이드(10)에는 예를 들면 다른 시퀀스(예를 들면 근저부로부터 끝단부, 끝단부로부터 근저부, 최대-분포-부하 등)를 채택할 수 있다. 또한, 무작위 작동의 장점[예를 들면, 각 공기 변류기(32)들 사이에서의 대략 동등한 듀티 사이클]이 전체 시스템에 대해서 달성되도록 각 시퀀스들을 전환하여 사용하도록 할 수도 있다[예를 들어 다수 개의 블레이드(10) 중의 어떤 블레이드(10)는 무작위 작동 이외의 작동 시퀀스를 사용하는 것과 같이].

[0051] 어떤 실시예에 있어서, 사이클-계수 작동 시퀀스는 예를 들어 유사한 방식으로 근저부로부터 끝단부, 끝단부로부터 근저부 및/또는 최대-분포-부하 작동 시퀀스와 조합되어 사용될 수 있다. 예를 들어, 전체 블레이드(10)의 수보다는 적은 수가 사이클-계수 작동 시퀀스를 채택[각 공기 변류기(32)들 사이에서 듀티사이클을 근사하게 하기 위하여]하는 반면, 시스템을 안정화시키기 위하여 남은 블레이드(10)는 다른 작동 시퀀스를 채택하도록 할 수도 있다. 하나 이상의 블레이드(10)이 무작위 작동 시퀀스를 채택하고 잔여 블레이드들은 상이한 작동 시퀀스를 채택하도록 함으로써, 본 실시예내에서 각 블레이드(10)에 대하여 채택된 작동 시퀀스들(예를 들어 사이클-계수 작동 시퀀스 대 기타 작동 시퀀스)은 상술한 바와 같은 사이클-계수 작동 방법의 장점을 시스템 전반적으로 달성하도록 순환적으로 사용될 수 있다.

[0052] 다른 실시예에 있어서, 사이클-계수 및/또는 무작위 작동 시퀀스들은 각 공기 변류기(32)에 포함되는 듀티 사이클을 대략적으로 분포시키기 위하여 하나 이상의 상이한 작동 시퀀스들(예를 들면 근저부로부터 끝단부, 끝단부로부터 근저부, 최대-분포-부하 등)이 주어진 블레이드(10) 상에서 교호로 실시될 수 있다. 예를 들면, 어떤 실시예에 있어서는 블레이드(10) 상에 근저부로부터 끝단부 작동 시퀀스가 채택되고, 일단 안정화되면, 그 블레이드(10)가 사이클-계수 작동 시퀀스로 전환될 수도 있다. 다른 실시예에 있어서는, 최대-분포-부하 작동 시퀀스가 블레이드(10) 상에 채택되었다가, 일단 안정화되면, 그 블레이드(10)를 예를 들어 무작위 시퀀스로 전환할 수도 있다. 따라서, 각 공기 변류기(32)의 상대적인 듀티 사이클들이 대략 동등하게끔 유지될 수 있다.

[0053] 상술한 특정한 작동 시퀀스들의 조합은 예시적인 목적으로만 제공된 것이다. 본 명세서의 내용을 일독한 통상의 지식을 가진 자라면, 상술한 작동 시퀀스의 어느 것도 유사한 양호한 결과를 달성하도록 조합될 수 있는 것임을 알 수 있다.

[0054] 비록 상술한 작동 시퀀스들의 각각은 블레이드를 기반으로 하는 작동 시퀀스[예를 들어 주어진 블레이드(10) 상에서 작동하는 하나 이상의 공기 변류기(32)]와 관련되어 논의되었으나, 상술한 작동 시스템의 어느 것도 로터를 기반으로 하는 작동 시퀀스로서도 채택될 수 있다. 예를 들어, 결정된 운용조건에 응답하여 하나의 블레이드(10)상에서 얼마나 많은 공기 변류기(32)를 작동해야 하는 가를 결정하고 그 블레이드(10) 상에 논의된 바와 같은 특정한 작동시퀀스를 채택하기 보다, 어떤 실시예에 있어서는, 전체적으로 하나의 로터 상에서 작동될 필요가 있는 전체 공기 변류기(32)의 수가 결정되고, 그 다음에 그 로터에 대하여 전체적으로 하나 이상의 상기 작동 시퀀스들이 채택되도록 한다.

[0055] 예를 들어, 하나 이상의 제어기는 감지된 운용조건(예를 들면, 가속도계, 차압센서, 속도 센서 등으로부터)으로부터 풍력터빈(2)에 작용하는 부하 및/또는 풍력터빈(2)의 로터 속도가 허용가능한 수준내에 있도록 하기 위하여 하나 이상의 공기 변류기(32)를 작동시킬 필요가 있다고 판단한다. 따라서, 하나 이상의 제어기는 전체적으로 풍력터빈(2)에 대하여 작동되어야 하는 공기 변류기의 수를 판단한다. 예를 들어, 하나 이상의 제어기는 원하는 결과(예를 들어 로터를 허용가능한 속도로 회전시키는 것)를 달성하기 위하여 총 7개의 공기 변류기(32)가 작동될 필요가 있는 것으로 판단할 수 있다. 따라서, 하나 이상의 제어기는 로터를 기반으로 하는 방식으로 상술한 작동방법 중의 어느 것을 사용하여 7개의 공기 변류기(32)들을 작동시킬 수 있다.

[0056] 예를 들어, 만약 하나 이상의 제어기가 근저부로부터 끝단부의 작동 시퀀스를 사용하여 7개의 공기 변류기(32)들을 작동시킨다고 하면, 전체적으로 그 로터와 관련하여 7개의 가장 안쪽의 공기 변류기(32)들을 작동할 수 있다. 따라서, 하나 이상의 제어기들은, 예를 들면 도 7에 도시된 블레이드(10)상의 공기 변류기(32a), (32b) 및 (32c)를 작동하고, 다른 2개의 블레이드(10)(도 7에는 부분적으로만 나타냄)의 각각에서 2개의 가장 안쪽 공기 변류기(32)를 작동시키도록 한다. 다른 실시예에서, 만약 하나 이상의 제어기들이 끝단부로부터 근저부의 작동 시퀀스를 사용하여 7개의 공기 변류기(32)를 작동시킨다고 하면, 제어기는 그 로터에 대하여 전체적으로 7개의 가장 바깥쪽 공기 변류기(32)들을 작동시킨다. 따라서, 하나 이상의 제어기들은, 예를 들면 도 7에서 도시된 블레이드(10) 상의 공기 변류기(32g), (32h) 및 (32i)를 작동시키고, 다른 2개의 블레이드(10)(도 7에는 부분적으로만 나타냄)의 각각에서 가장 바깥쪽의 2개의 공기 변류기(32)를 작동시킬 수

있다.

[0057] 다른 실시예에서, 만약 하나 이상의 제어기들이 무작위 작동 시퀀스를 사용하여 7개의 공기 변류기(32)를 작동시켜야 한다면, 제어기는 전체 로터 시스템에 대하여 7개의 임의의 공기 변류기(32)를 작동시킬 수 있다. 따라서, 블레이드(10) 중의 하나는 예를 들어 그의 길이를 따라서 임의의 위치에서 작동되는 1개의 공기 변류기(32)를 가질 수 있고, 다른 블레이드(10)중의 하나는 예를 들어 그의 길이를 따라서 임의의 위치에서 작동되는 2개의 공기 변류기(32)를 가질 수 있으며, 또한 또 다른 블레이드(10)는 그의 길이를 따라서 임의의 위치에서 작동되는 4개의 공기 변류기(32)를 가질 수 있는 것이다.

[0058] 유사하게, 어떤 실시예에 있어서는, 하나 이상의 제어기들은 사이클-계수 작동 시퀀스를 사용하여 7개의 공기 변류기(32)를 작동할 수 있다. 그러한 실시예에 있어서는, 하나 이상의 제어기가, 예를 들면 풍력터빈(2)상에 포함된 모든 공기 변류기(32)들 중에서 누적적으로 가장 적게 작동된 7개의 공기 변류기(32)를 결정할 수 있다. 예를 들어, 도 7에서, 만약 부분적으로만 나타난 각 블레이드(10)가 전체로 모두 나타난 블레이드(10)와 마찬가지로 9개의 공기 변류기(32)를 포함하고 있다면, 본 실시예에서의 하나 이상의 제어기는 전체 27개의 공기 변류기(32)들 중에서 가장 적게 작동된 7개의 공기 변류기(32)를 결정하게 되며, 따라서 이들 7개의 각각을 작동함으로써 원하는 결과를 달성할 수 있다.

[0059] 상술한 작동 시퀀스(예를 들어, 근저부로부터 끝단부, 끝단부로부터 근저부, 최대-분포-부하, 무작위, 사이클-계수 등)중의 어느 것에 대하여서도, 또한 블레이드를 근저로 하는 것이건 로터를 근저로 하는 것이건 간에, 각 공기 변류기(32)는 어떤 블레이드(10)에 마련된 다른 공기 변류기(32)와도 상이한 최대 높이[예를 들면, 도 4에 "h"로 나타난 바와 같이, 저압측(26) 또는 고압측(24)으로부터 작동되는 공기 변류기(32)의 가장자리까지의 높이]를 가질 수 있다. 예를 들어 도 7로 돌아가면, 공기 변류기(32a)는 공기 변류기(32e)와는 상이한 최대 높이를 가질 수 있다. 어떤 실시예에 있어서, 각 공기 변류기들은 그 공기 변류기(32)들이 위치하는 블레이드(10)의 길이방향의 위치에서 해당하는 시위선의 길이 (도 4에서의 "c")에 대한 특정한 백분비에 해당하는 최대 높이를 가질 수 있다. 따라서, 시위선의 길이는 블레이드(10)의 길이를 따라서 가변[예를 들어 공기 변류기(32e)의 위치보다 공기 변류기(32a)의 위치에서 더 길어질 수 있다]될 수 있기 때문에, 각 공기 변류기(32)의 최대높이 또한 블레이드(10)의 길이를 따라서 가변[예를 들어 공기 변류기(32a)는 예를 들어 공기 변류기(32e)보다 더 높은 최대높이를 가질 수 있다]될 수 있다.

[0060] 또한, 상술한 작동 시퀀스(예를 들어, 근저부로부터 끝단부, 끝단부로부터 근저부, 최대-분포-부하, 무작위, 사이클-계수 등)중의 어느 것에 대하여서도, 또한 블레이드를 근저로 하는 것이건 로터를 근저로 하는 것이건 간에, 각 공기 변류기(32)는 가변적인 높이로 작동되도록 구성될 수 있다. 예를 들어 각각의 공기 변류기(32)의 액추에이터(30)는 각 공기 변류기(32)들이 최대 높이 또는 그의 일부로 작동되도록 할 수도 있다. 따라서, 특정한 공기 변류기(32)의 길이방향에서의 위치, 풍력터빈(2)의 결정된 운용조건 및/또는 하나 이상의 공기 변류기(32)를 작동함에 의한 원하는 결과등에 따라서, 하나 이상의 제어기들은 각 공기 변류기들을 가변적인 높이로 작동할 수 있다. 그러한 실시예에 있어서, 미세조정(예를 들면 가변적인 높이) 작동이 더 나은 제어성능을 야기할 수 있다. 예를 들어, 높이를 가변적으로 작동시킴으로서, 하나 이상의 제어기들은 전력손실이 적고 부하의 감소는 많은 결과를 달성할 수 있을 것이다.

[0061] 어떤 실시예에 있어서, 공기 변류기(32)들은 고르게 분포된 작동 시스템에 따라서 작동될 수 있다. 예를 들면, 어떤 실시예에 있어서 각 블레이드(10)는 다수개의 공기 변류기[예를 들면 도 7에 도시한 공기 변류기(32a) 내지 (32i)]를 포함하고, 이들 각 공기 변류기(32)들은 대응하는 센서(예를 들면 차압센서, 가속도계, 속도계 등) 및/또는 제어기(도시않됨)를 포함할 수 있다. 그러한 실시예에 있어서, 특정한 공기 변류기(32)의 제어기가 대응하는 센서의 측정값을 감지하고 그 특정한 공기 변류기에 대한 작동비(예를 들어 0 내지 100% 작동)를 결정할 수 있다. 예를 들어, 각 제어기는 대응하는 공기 변류기(32)의 위치(예를 들면 그 위치에 마련된 센서를 감지하여)에서의 운용조건(예를 들면 풍속, 가속도, 기체역학적 부하 등)을 판단하고 필요에 따라서 부하를 감소시키도록 공기 변류기(32)를 작동할 수 있다.

[0062] 또한, 논의된 바와 같이, 공기 변류기(32)는 가변적인 높이로 작동될 수 있다. 따라서, 특정한 공기 변류기(32)에 해당하는 제어기는, 어떤 운용조건하에서는 그 공기 변류기(32)를 작동할 필요가 없다고 판단할 수도 있고, 따라서 공기 변류기(32)는 그의 최대높이의 0%로 작동하게 된다. 다른 운용조건에 대하여, 특정한 공기 변류기(32)에 대응하는 제어기는, 완전히는 아니지만, 공기 변류기(32)를 작동해야할 필요는 있다고 판단할 수 있으며, 따라서 그 제어기는 공기 변류기(32)를 전체 높이의 일부(예를 들면 50%)만큼만 작동시킬 수 있다. 또한, 다른 운용조건에 대하여, 특정한 공기 변류기(32)에 대응하는 제어기는 공기 변류기(32)가 최대높이로 작동될 필요가 있다고 판단할 수 있으며, 따라서 그 제어기는 공기 변류기(32)를 최대높이(예를 들면

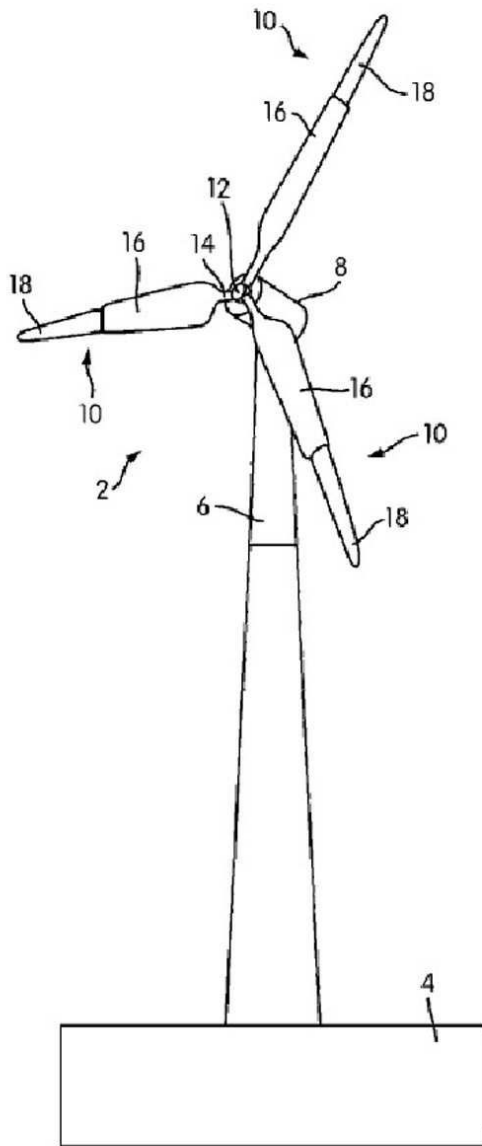
100%)로 작동할 수 있다. 그러한 분포된 작동방식을 채택하고 있는 시스템들은, 어떤 실시예에서, 다른 시스템들[예를 들어 각 공기 변류기(32)에서 센서 및/또는 제어기를 사용하지 않는 시스템]보다 신뢰성이 더 높은데, 그 이유는 하나의 제어기/공기 변류기(32)의 조합이 고장나더라도, 다른 제어기/센서/공기 변류기(32)의 조합이 계속 운용될 수 있기 때문이다.

[0063] 본 명세서에서 언급된 방법 및 특징들은 컴퓨터로 판독가능한 지시를 저장할 수 있는 컴퓨터로 판독가능한 매체를 통하여 수행될 수 있다. 컴퓨터로 판독가능한 매체의 예로서는, RAM, ROM, EEPROM, 플래시 메모리 또는 기타 메모리 장치, CD-ROM, DVD 또는 기타 광디스크 저장물, 자기테이프, 자기 카세트 자기 저장장치 등을 들 수 있다.

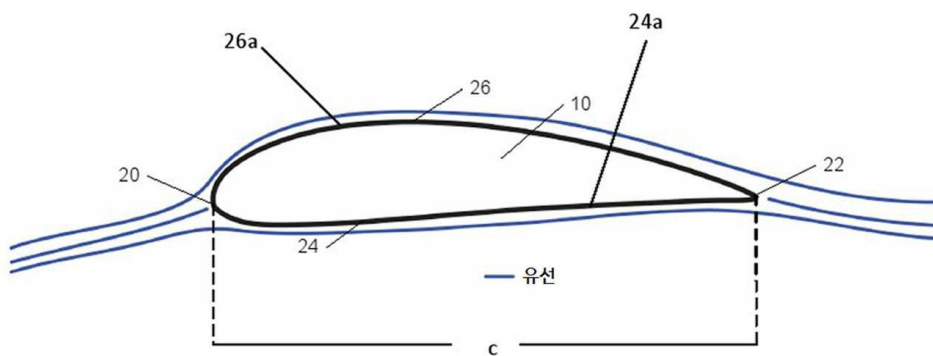
[0064] 본 발명의 다양한 실시형태를 구체화하기 위하여 본 명세서에 기술된 예시적인 시스템 및 방법들에만 본 발명이 한정되지 않는 것임은 통상의 지식을 가진 자라면 용이하게 이해할 수 있을 것이다. 통상의 지식을 가진 자에 의하여 다양한 변경, 특히 상술한 기술내용을 바탕으로 하여, 변형이 가능하다. 예를 들어, 상술한 실시예들의 요소들의 각각은 단독으로, 또는 다른 실시예의 요소들과 조합되어 사용될 수 있다. 이러한 변형이 본 발명의 진정한 기술내용 및 범위에서 벗어나지 않는 것임은 용이하게 이해될 수 있다. 따라서, 이러한 기술된 내용들은 본 발명에 대한 제한적인 것이 아니고 예시적인 것에 지나지 않는 것으로 간주되어야 한다.

도면

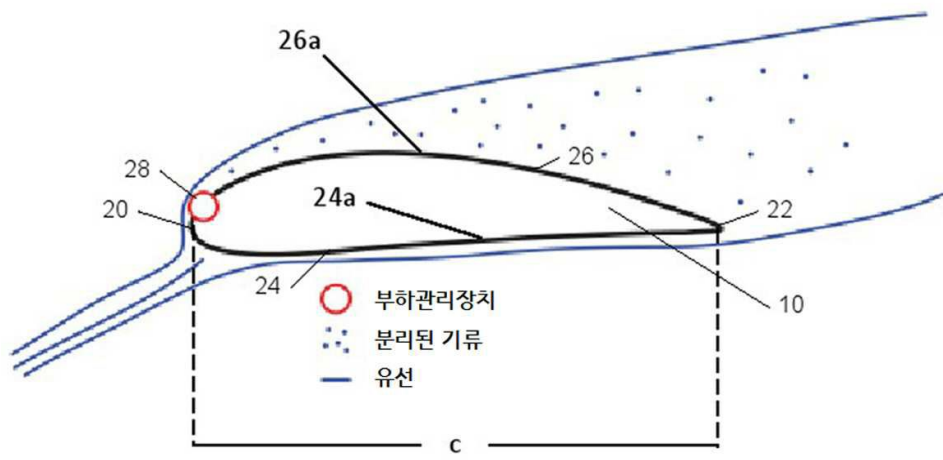
도면1



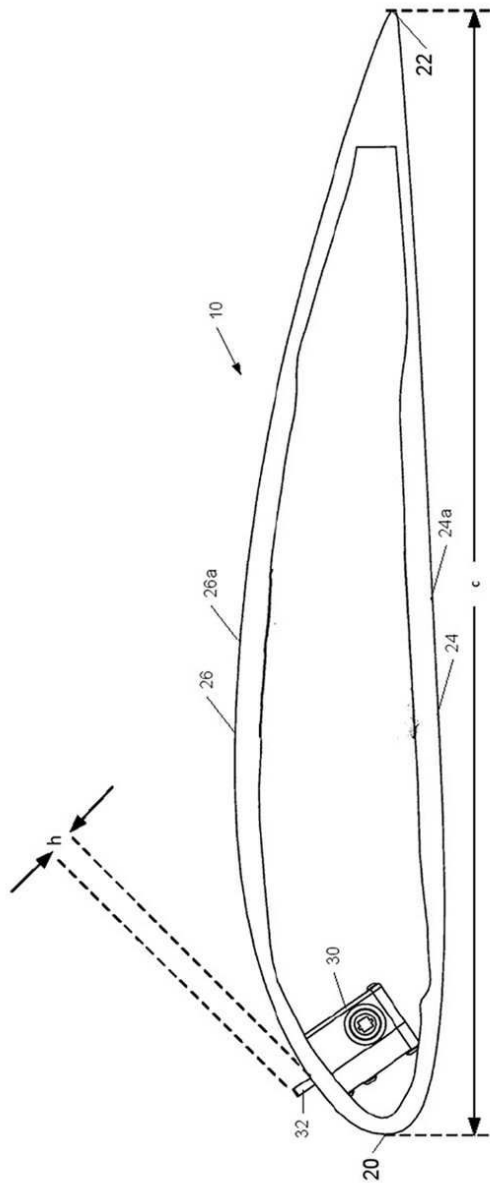
도면2



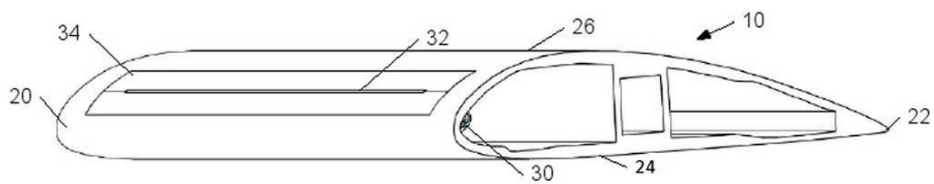
도면3



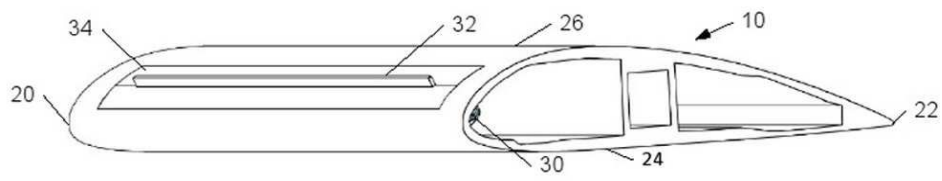
도면4



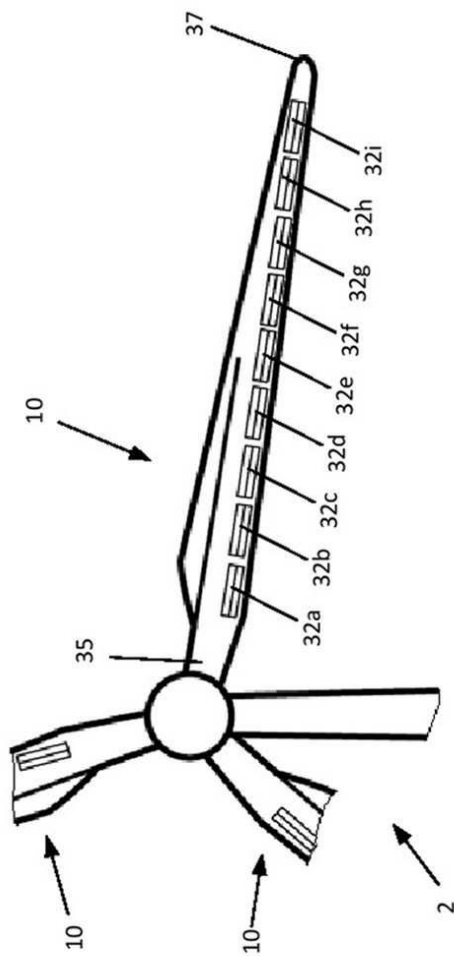
도면5



도면6



도면7



도면8

