



(19) 대한민국특허청(KR)
 (12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년01월19일
 (11) 등록번호 10-1698282
 (24) 등록일자 2017년01월13일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F03D 11/00 (2006.01) *F03D 7/02* (2006.01)
G01S 13/95 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
F03D 17/00 (2016.05)
F03D 7/02 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2015-7000995
- (22) 출원일자(국제) 2013년06월11일
 심사청구일자 2015년01월15일
- (85) 번역문제출일자 2015년01월15일
- (65) 공개번호 10-2015-0024893
- (43) 공개일자 2015년03월09일
- (86) 국제출원번호 PCT/EP2013/062030
- (87) 국제공개번호 WO 2013/186211
 국제공개일자 2013년12월19일

(30) 우선권주장
 10 2012 210 150.0 2012년06월15일 독일(DE)

(56) 선행기술조사문헌

JP2002048050 A*
 JP2004537000 A*
 KR1020110020858 A*
 WO2011009459 A2*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

전체 청구항 수 : 총 7 항

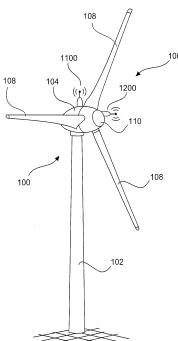
심사관 : 박종오

(54) 발명의 명칭 풍력 터빈 및 풍력 터빈 또는 풍력 발전 단지의 제어 방법

(57) 요약

본 발명은 나셀(104), 회전자(105), 마이크로파 및/또는 레이더파를 송신하고 상기 마이크로파 및/또는 레이더파의 반사를 검출함으로써 풍력 터빈(100)의 전방 및/또는 후방의 바람 데이터 및/또는 기상 데이터 또는 바람장에 관련한 정보를 검출하기 위한 제 1 마이크로파 및/또는 레이더 측정 유닛(1100) 및/또는 제 2 마이크로파 및/또는 레이더 측정 유닛(1200), 및 상기 제 1 측정 유닛(1100) 및/또는 제 2 측정 유닛(1200)에 의해 검출된 데이터에 따라 풍력 터빈(100)의 작동을 제어하기 위한 풍력 터빈의 컨트롤러를 포함하는 풍력 터빈(100)에 관한 것이다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01S 13/956 (2013.01)

F05B 2270/805 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

풍력 터빈(100)으로서,

나셀(104);

회전자(106);

상기 회전자(106) 상에 있는 2개 이상의 회전자 블레이드(108);

스피너(110);

마이크로파, 레이더파, 또는 양자 모두를 송신하고 상기 마이크로파, 레이더파, 또는 양자 모두의 반사를 검출함으로써 풍력 터빈(100)의 전방, 후방, 또는 양자 모두에서의 바람 데이터, 기상 데이터, 또는 양자 모두 혹은 바람장에 관련한 정보를 검출하기 위한 제 1 측정 유닛(1100), 제 2 측정 유닛(1200), 또는 양자 모두; 및

상기 제 1 측정 유닛(1100), 제 2 측정 유닛(1200), 또는 양자 모두에 의해 검출된 데이터에 따라 풍력 터빈의 작동을 제어하기 위한 조절기(300)

를 포함하고,

상기 제 1 측정 유닛(1100), 제 2 측정 유닛(1200), 또는 양자 모두가 상기 나셀(104), 상기 스피너(110), 또는 양자 모두 상에 배치되고,

상기 제 1 측정 유닛(1100), 제 2 측정 유닛(1200), 또는 양자 모두는 마이크로파, 레이더파, 또는 양자 모두를 이용하여 상기 회전자 블레이드(108)의 회전자 블레이드 부하를 측정하도록 형성되는 것인 풍력 터빈.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 조절기는 피드-포워드 조절에 기초하고, 상기 제 1 측정 유닛(1100), 제 2 측정 유닛(1200), 또는 양자 모두에 의해 검출된 바람 데이터가 상기 피드-포워드 조절을 위해 사용되는 것인 풍력 터빈.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 제 1 측정 유닛(1100), 제 2 측정 유닛(1200), 또는 양자 모두는 상기 풍력 터빈의 전방, 후방, 또는 양자 모두에서의 경사 유입, 후류, 윈드쉬어(wind shear), 풍향순전(wind veer), 바람 방향 및 바람 속도 중 하나 이상을 검출하도록 형성되는 것인 풍력 터빈.

청구항 4

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 조절기(300)는 모델 유닛(370)을 포함하고, 상기 제 1 측정 유닛(1100), 제 2 측정 유닛(1200), 또는 양자 모두에 의해 검출된 바람 데이터가 상기 모델 유닛(370)에 공급되며, 상기 모델 유닛(370) 내에서 모델 형성(modelling)의 결과가 상기 풍력 터빈의 실제로 검출된 파라미터와 비교되는 것인 풍력 터빈.

청구항 5

풍력 발전 단지에서 하나의 풍력 터빈 또는 다수의 풍력 터빈(100)을 제어하는 방법으로서, 상기 풍력 터빈(100) 중 적어도 하나의 풍력 터빈은 나셀(104), 스피너(110), 회전자(106), 상기 회전자(106) 상에 있는 2개 이상의 회전자 블레이드(108), 및 상기 풍력 터빈의 전방, 후방, 또는 양자 모두에서의 바람 데이터, 기상 데이터, 또는 양자 모두를 검출하기 위한 제 1 측정 유닛(1100), 제 2 측정 유닛(1200), 또는 양자 모두를 포함하고,

상기 제 1 측정 유닛(1100), 제 2 측정 유닛(1200), 또는 양자 모두는 상기 나셀(104), 상기 스피너(110), 또는 양자 모두에 배치되는 것인 제어 방법에 있어서,

상기 제 1 측정 유닛(1100), 제 2 측정 유닛(1200), 또는 양자 모두에 의해 검출된 바람 데이터를 기초로 적어도 하나의 풍력 터빈(100)을 제어하는 단계

를 포함하고,

상기 제 1 측정 유닛(1100), 제 2 측정 유닛(1200), 또는 양자 모두는 마이크로파, 레이더파, 또는 양자 모두를 이용하여 상기 회전자 블레이드(108)의 회전자 블레이드 부하를 측정하도록 형성되는 것인 제어 방법.

청구항 6

제 1 항 또는 제 2 항에 따른, 다수의 풍력 터빈을 구비한 풍력 발전 단지으로서, 상기 풍력 터빈(100) 중 하나의 풍력 터빈은 상기 풍력 터빈(100)의 후방의 바람장의 측정을 수행하도록 형성된 제 1 측정 유닛(1100), 제 2 측정 유닛(1200), 또는 양자 모두를 포함하고,

상기 풍력 터빈(100)의 컨트롤러가, 측정된 바람장에 따라 다수의 풍력 터빈(100)을 구비한 전체 풍력 발전 단지의 출력을 최적화하기 위해, 상기 풍력 터빈의 작동을 최적화하도록 상기 풍력 터빈의 작동에 개입하게 형성되는 것인 풍력 발전 단지.

청구항 7

삭제

청구항 8

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 제 1 측정 유닛(1100), 제 2 측정 유닛(1200), 또는 양자 모두는 상기 회전자 블레이드(108) 상의 침식, 착빙, 또는 양자 모두를 검출하도록 형성되는 것인 풍력 터빈.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 풍력 터빈, 및 풍력 터빈 또는 풍력 발전 단지의 제어 또는 조절 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

풍력 터빈의 제어 또는 조절을 위해, 변수, 예컨대 바람 속도 또는 기상 특성값을 아는 것이 바람직하다. 바람 상태와 관련된 변수의 측정이 더 양호하고 더 정확하게 이루어질수록, 풍력 터빈이 상기 변수에 대해 더 양호하게 조절될 수 있다.

[0003]

EP 1 432 911 B1은 풍력 터빈의 나셀에 장착되어 풍력 터빈의 회전자 전방의 영역을 탐지하는 SODAR-시스템에 기초한 풍력 터빈용 조기 경보 시스템을 개시한다. SODAR-시스템에 의해, 풍력 터빈 전방의 바람 상태가 검출될 수 있고, 풍력 터빈의 제어 또는 조절이 상응하게 조정될 수 있다.

[0004]

JP 2002 152975 A는 풍력 터빈, 및 바람 벡터를 검출하기 위해 별도로 배치된 레이더 유닛을 개시한다.

[0005]

EP 1 770 278 A2는 풍력 터빈을 제어하는 시스템을 개시한다. 광 검출 및 레인징(ranging) 장치 LIDAR에 의해, 풍력 터빈 전방의 바람 속도는, 송신된 광의 반사 또는 산란의 검출에 의해 검출되고, 풍력 터빈은 상응하게 제어된다.

[0006]

US 6,166,661은 레이더 시스템을 포함하는 비행기용 얼음 검출 시스템을 개시한다.

[0007]

US 2002/0067274 A1은 레이더 유닛에 의한 헤일스톰(hailstorm)의 검출 방법을 개시한다. 여기서, 레이더 유닛은 헤일스톰의 검출 및 추적을 위해 사용된다. 헤일스톰이 검출되면, 경고 신호가 발생되고 회전자 블레이드의 위치가 상응하게 변경될 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008]

본 발명의 과제는 풍력 터빈 주변의 바람 상태 또는 기상 특성값에 대한 개선된 조정을 가능하게 하는, 풍력 터

빈, 및 풍력 터빈 또는 풍력 발전 단지의 제어 또는 조절 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0009] 상기 과제는 청구항 제 1 항에 따른 풍력 터빈, 및 청구항 제 5 항에 따른 풍력 터빈 또는 풍력 발전 단지의 제어 방법에 의해 해결된다.
- [0010] 이에 따르면, 나셀, 회전자, 스피너, 및 마이크로파 및/또는 레이더파를 송신하고 상기 마이크로파 및/또는 레이더파의 반사를 검출함으로써, 풍력 터빈의 전방 및/또는 후방의 바람 데이터 및/또는 기상 데이터 또는 바람 장에 대한 정보를 획득하는 제 1 마이크로파 및/또는 레이더 측정 유닛 및/또는 제 2 마이크로파 및/또는 레이더 측정 유닛을 포함하는 풍력 터빈이 마련된다. 풍력 터빈은 또한 제 1 측정 유닛 및/또는 제 2 측정 유닛에 의해 검출된 데이터에 따라 풍력 터빈의 작동을 제어하는 조절기를 포함한다. 제 1 마이크로파 및/또는 레이더 측정 유닛 및/또는 제 2 마이크로파 및/또는 레이더 측정 유닛은 나셀 및/또는 스피너 상에 배치된다.
- [0011] 본 발명은 풍력 터빈의 나셀 상에 또는 스피너의 영역 내에(풍력 터빈의 회전 부분 내에) 측정 유닛이 제공되며, 상기 측정 유닛은 마이크로파 기술 또는 레이더 기술에 의해 풍력 터빈의 전방 및/또는 후방의 바람 상태 또는 기상 상태를 검출한다는 개념에 기초한다. 측정 유닛에 의해 검출된 바람 데이터 및/또는 기상 데이터는 풍력 터빈의 제어부로 전달될 수 있다. 풍력 터빈의 제어부는 피드-포워드 원리에 기초할 수 있으므로, 풍력 터빈의 작동은 측정 유닛에 의해 검출된 바람 데이터를 기초로 조정될 수 있어서, 예컨대 출력이 최대화되거나 또는 풍력 터빈에 대한 부하가 최소화될 수 있다.
- [0012] 마이크로파 또는 레이더 측정 유닛에 의해, 난류, 경사 유입, 후류(slip stream), 윈드쉬어(wind shear), 풍향 순전(wind veer), 바람 방향 및/또는 바람 속도가 결정될 수 있다.
- [0013] 본 발명에 따라 측정 유닛에 의해 검출된 바람 데이터가 풍력 터빈의 상태의 모니터링을 위해 사용되고, 풍력 터빈의 모델이 상응하게 조정될 수 있다.
- [0014] 본 발명에 따라 측정 유닛에 의해 검출된 바람 데이터가 풍력 발전 단지에서의 풍력 터빈의 제어를 위해 사용될 수 있다.
- [0015] 본 발명의 다른 양태에 따라 바람 데이터가 회전자 블레이드의 구조의 모니터링을 위해 사용될 수 있다.
- [0016] 기상 특성 값은 예를 들면 바람 속도(예를 들면 수평 성분을 가진 바람 속도), 도출된 값, 예를 들면 바람 속도 프로파일(윈드쉬어), 난류, 바람 속도의 표준 편차/평균, 경사 유입(수직 성분을 가진 바람 속도), 바람 방향, 회전자의 원형 면에 걸친 바람 회전 프로파일(풍향순전), 공기압, 공기 온도, 공기 습도, 공기 밀도, 강우 종류, 구름, 가시 거리 및/또는 총복사량일 수 있다.
- [0017] 본 발명의 다른 실시예들은 종속 청구항들의 대상이다.

발명의 효과

- [0018] 본 발명에 의해, 풍력 터빈 주변의 바람 상태 또는 기상 특성값에 대한 개선된 조정을 가능하게 하는, 풍력 터빈, 및 풍력 터빈 또는 풍력 발전 단지의 제어 또는 조절 방법이 제공된다.
- 도면의 간단한 설명**
- [0019] 본 발명의 장점들 및 실시예들은 하기에서 도면을 참고로 상세히 설명된다.
- 도 1은 제 1 실시예에 따른 풍력 터빈의 개략도.
- 도 2는 제 2 실시예에 따른 풍력 터빈의 개략도.
- 도 3은 제 3 실시예에 따른 풍력 터빈의 피드-포워드(feed forward) 제어의 개략도.
- 도 4는 제 4 실시예에 따른 풍력 터빈에서의 상태 모니터링의 개략도.
- 도 5는 제 5 실시예에 따른 풍력 터빈의 모델의 최적화의 개략도.
- 도 6은 제 6 실시예에 따른 풍력 발전 단지의 개략적인 블록 회로도.
- 도 7은 제 7 실시예에 따른 중앙 풍력 발전 단지 조절의 개략도.

도 8은 제 8 실시예에 따른 풍력 터빈의 개략도.

도 9는 제 9 실시예에 따른 풍력 터빈의 개략도.

도 10은 본 발명에 따른 풍력 터빈의 개략도.

도 11은 본 발명에 따른 풍력 터빈의 다른 개략도.

도 12는 본 발명에 따른 풍력 터빈의 다른 개략도.

도 13은 본 발명에 따른 풍력 터빈을 위한 다수의 측정 필드의 개략도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020]

바람 구조의 예측은 바람에 의해 야기된, 풍력 터빈, 특히 풍력 터빈의 회전자의 공기 역학적 부하를 줄일 수 있는 가능성을 제공한다. 이 경우, 예를 들면 회전자 블레이드의 피치 각은 상응하게 변할 수 있다. 예를 들면 본 발명에 따른 마이크로파 측정 유닛 또는 레이더 측정 유닛에 의한 바람 구조의 예측에 의해, 출력 최적화, 음향 최적화, 구조 모니터링 등이 하나의 풍력 터빈에 대해 그리고 다수의 풍력 터빈을 포함하는 풍력 발전 단지에 대해 실시될 수 있다.

[0021]

도 1은 제 1 실시예에 따른 풍력 터빈(100)의 개략도를 도시한다. 도 1에는 타워(102) 및 나셀(104)을 가진 풍력 터빈(100)이 도시된다. 나셀(104)에 3개의 회전자 블레이드(108) 및 스파너(110)를 구비한 회전자(106)가 배치된다. 회전자(106)는 작동 중에 바람에 의해 회전 운동을 하고, 이로 인해 나셀(104) 내의 제너레이터를 구동한다. 회전자 블레이드(108)의 피치 각은 조절 가능하다. 나셀(104)에는 마이크로파 또는 레이더 측정 유닛(1100)이 제공될 수 있고, 및/또는 스파너(110)에는 추가의 마이크로파 및/또는 레이더 측정 유닛(1200)이 제공될 수 있다. 상기 측정 유닛들(1100, 1200)은 풍력 터빈(100)의 전방에서[측정 유닛(1200)에 의함] 또는 풍력 터빈(100)의 전방 및 후방에서[측정 유닛(1100)에 의함] 바람 상태를 검출하기 위해 사용된다.

[0022]

도 2는 제 2 실시예에 따른 풍력 터빈의 개략도를 도시한다. 도 2에 따른 풍력 터빈(제 2 실시예)은 도 1의 제 1 실시예에 따른 풍력 터빈에 상응할 수 있다. 풍력 터빈의 나셀(104) 상에 마이크로파 또는 레이더 측정 유닛(1100)이 제공된다. 측정 유닛(1100)은, 레이더파 및/또는 마이크로파를 송신하고 상기 레이더파 또는 마이크로파의 반사를 검출하여, 그로부터 풍력 터빈의 전방 및 후방에서 바람 상태 및/또는 기상 상태에 대한 인지를 도출할 수 있다. 특히, 나셀(104)(즉, 터빈의 회전되지 않는 부분) 상의 측정 유닛(1100)의 배치는, 풍력 터빈(100)의 전방 및 후방에서의 바람 상태의 검출을 가능하게 한다. 풍력 터빈(100)의 후방에서의 바람 상태는 중요할 수 있는데, 그 이유는 바람 상태가 운동 에너지를 회전자 블레이드(108)의 회전 운동으로 변환하는 효율에 대한 정보를 제공할 수 있기 때문이다.

[0023]

마이크로파 또는 레이더 측정 유닛(1200)이 풍력 터빈(100)의 스파너(110) 상에 제공되면, 풍력 터빈의 전방에서 바람 상태의 검출이 이루어질 수 있다. 제 2 실시예에 따라, 난류, 경사 유입, 후류(slip stream), 윈드쉬어(wind shear), 풍향순전(wind veer), 바람 방향 및 바람 속도가 상기 측정 유닛들(1100, 1200) 및 조절기(300)에 의해 검출될 수 있다. 이 경우, 풍향순전은 높이에 대한 바람 방향 회전을 나타내고, 윈드쉬어는 높이에 대한 바람 프로파일을 나타낸다. 상기 측정값들은 측정 유닛(1100, 1200)에 의해 검출될 수 있고, 풍력 터빈의 제어부로 전달되며, 상기 제어부는 풍력 터빈의 제어 규칙을 상응하게 조정할 수 있다.

[0024]

도 3은 제 3 실시예에 따른 풍력 터빈의 피드-포워드 조절기(300)의 개략도를 도시한다. 제 3 실시예에 따른 풍력 터빈(100)은 제 1 실시예 및 제 2 실시예에 따른 풍력 터빈(100)에 기초할 수 있다. 특히, 도 3에는 풍력 터빈의 조절기(300)가 도시된다. 제 3 실시예에 따른 풍력 터빈(100)은 또한 마이크로파 또는 레이더 측정 유닛(1100 또는 1200)을 포함한다. 측정 유닛(1100, 1200)에 의해 검출된 데이터는 조절기(300)의 데이터 처리 유닛(320)에서 처리될 수 있다. 풍력 터빈(100)의 조절기(300)는 피드-포워드 조절기(330), 플랜트 모델 유닛(370), 외란(disturbance) 모델 유닛(340), 컨트롤러(350) 및 회전 속도 조절 회로(380)를 포함할 수 있다.

[0025]

측정 유닛(1200)에 의해 검출된 바람장 데이터 또는 바람 데이터 및/또는 기상 데이터로부터, 바람장 내의 외란 효과에 대해 특성적인 파라미터들이 결정될 수 있다. 외란을 미리 알면, 피드-포워드 제어부에 의해 외란 효과가 억제될 수 있다. 측정 유닛(1200)은, 전술한 바와 같이, 바람 속도, 바람 방향, 풍향순전, 윈드쉬어, 후류, 난류 및/또는 경사 유입을 검출할 수 있다. 외란 모델 유닛(340) 내에 외란 반응이 저장되고, 플랜트 모델 유닛(370) 내에 풍력 터빈의 모델이 저장된다.

[0026]

측정 유닛(1200)의 측정 데이터를 기초로, 제어값 $i_{Gf}(s)$ 의 조정이 결정될 수 있다. 이는 피드-포워드 조절기

(330)에서 이루어질 수 있다. 외란 모델 유닛(340)에서는, 프로세스 출력부에 대한 외란값의 매핑(mapping)이 모델링될 수 있다. 외란 모델 유닛(340)에 의해, 외란 값 보상이 실시될 수 있다. 외란 값의 보상은 피드-포워드 조절에 의해 회전자 블레이드의 피치 각을 통해 이루어질 수 있다. 장착 각의 조절에 대한 대안으로서 또는 장착 각의 조절에 추가하여, 회전자 블레이드의 프로파일 변경(즉, 피치 조절을 위한 회전자 블레이드의 능동적 변경)이 실시될 수 있다. 조절기(350)는, 최적화 목표를 나타내는 조절기 규칙을 조절 가능성에 따라 조정하기 위해 사용된다. 조절기(350) 내에, 피치 각에 대한 변경 규칙 및 다른 제어 값이 제공될 수 있다.

- [0027] 외란 전달 함수를 개선하기 위해, 풍력 터빈의 장소에서의 바람 구조 및 기상 특성이 사용될 수 있다.
- [0028] 피드-포워드 조절기(330)의 최적화를 위해, 선택적으로 전달 함수 $F(s)$ 의 조정이 이루어질 수 있다. 달리 표현하면, 데이터 처리 유닛(320) 내에서 처리되는, 측정 유닛(1200 또는 1100)의 측정 데이터를 기초로 전달 함수 $F(s)$ 의 파라미터가 조정될 수 있다. 따라서, 외란 값의 적응형 보상이 가능해질 수 있다.
- [0029] 도 4는 제 4 실시예에 따른 풍력 터빈에서의 상태 모니터링을 개략도로 도시한다. 제 4 실시예에 따라, 측정 유닛(1100, 1200)의 측정 데이터가 풍력 터빈 또는 그 부분의 상태 모니터링 유닛(410)을 위해 사용될 수 있다. 특히, 터빈 정지 시간을 줄이기 위해, 풍력 터빈의 상태 모니터링 유닛(410)이 필요하다. 또한, 상태 모니터링은 풍력 터빈의 개발을 위해 사용될 수 있다. 상태 모니터링은 풍력 터빈의 회전자 블레이드, 나셀, 회전자 및/또는 타워에 대해서도 사용될 수 있다.
- [0030] 측정 유닛(1100, 1200)의 측정 데이터는 바람 데이터 저장 유닛(430) 내에 저장될 수 있다. 블레이드 부하 측정 유닛(470)에 의해, 회전자 블레이드(108)의 실제 부하가 검출될 수 있다. 바람 데이터 저장 유닛(430) 내에 저장된 바람 데이터가 풍력 터빈 모델 유닛(420)에 공급되고, 상기 풍력 터빈 모델 유닛은 상기 데이터를 모델 내로 삽입한다. 비교 유닛(460) 내에서, 풍력 터빈 모델 유닛(420)의 출력 신호가 블레이드 부하 측정 유닛(470)의 출력 신호와 비교된다. 편차가 검출되지 않으면, 모델은 실제 풍력 터빈에 상응한다. 그러나 편차가 있으면, 이는 풍력 터빈 모델 유닛(420) 내에 저장된 모델이 실제와 일치하지 않는다는 것을 나타낸다. 상태 관찰 유닛(450) 내에서, 측정 유닛(1100, 1200)에 의해 검출된 바람 데이터는 모델 상태 평가를 위해 사용될 수 있다. 평가된 상태에 의해, 상기 회전자 블레이드(108)의 현재 구조 상태가 재구성될 수 있다.
- [0031] 검출된 블레이드 부하와 모델에 의해 결정된 블레이드 부하 사이의 비교 시, 차이가 있다는 것이 검출되면, 풍력 발전 단지 위치에 대한 이론적 부하 모델 가정이 조정될 수 있다. 이는 적응 규칙 유닛(440)에서 이루어진다. 상기 적응은 온라인으로 그리고 오프라인으로 이루어질 수 있다.
- [0032] 풍력 터빈의 초기 작동 시, 부하 가정은 측정 유닛(1100, 1200)의 측정 결과에 의해 체크될 수 있다. 검출된 측정값과 모델에 의해 결정된 값 사이의 편차가 너무 크면, 제어 규칙 유닛(480)에서 부하 최적화에 대한 변경이 이루어질 수 있다. 이는, 바람직하게는 비용, 음향 최적화 및 출력 최적화와 관련해서 바람직할 수 있다.
- [0033] 도 5는 제 5 실시예에 따른 풍력 터빈의 모델의 최적화를 개략도로 나타낸다. 도 5에서, 모니터링 유닛(510)은 회전자 블레이드(108)의 부하의 모니터링 외에, 회전자(106) 및 타워(102)의 부하를 모니터링할 수 있다. 이를 위해, 회전자 및/또는 타워 부하 모니터링 유닛(570), 최적화 유닛(520) 및 선택적으로 제어 규칙 유닛(580)이 제공된다. 부하 기술적 최적화는, 이 경우, 도 4에 따라 설명된 바와 같이 이루어질 수 있다.
- [0034] 또한, 부하 최적화 및/또는 출력 최적화 또는 음향 최적화는 단일 풍력 터빈에 대해서뿐만 아니라, 다수의 풍력 터빈을 포함하는 풍력 발전 단지에 대해서도 이루어질 수 있다. 이 경우, 국부적인 바람 상황 및 풍력 발전 단지 토포로지(topology)(풍력 터빈의 수, 풍력 터빈의 정렬, 풍력 터빈들 사이의 거리)가 고려될 수 있다.
- [0035] 도 6은 제 6 실시예에 따른 풍력 발전 단지의 블록 회로도를 개략적으로 도시한다. 도 6에 도시된 상황에서, 풍력 발전 단지는 다수의 풍력 터빈(611, 612, 613)을 포함할 수 있고, 풍력 터빈들 중 적어도 하나는 마이크로파 또는 데이터 측정 유닛(1100, 1200)을 포함한다. 바람 측정의 결과는 중앙 풍력 발전 단지 데이터 메모리(620)로 전달될 수 있다.
- [0036] 풍력 발전 단지 컴퓨터(610)는 풍력 발전 단지 데이터 메모리(620)와 접속될 수 있다. 풍력 발전 단지 컴퓨터(610)는 또한 각각 풍력 터빈과 접속될 수 있고 풍력 터빈을 제어할 수 있다. 풍력 발전 단지의 개별 풍력 터빈의 제어는 음향 최적화, 출력 최적화 및/또는 부하 최적화에 의존할 수 있다.
- [0037] 제 6 실시예에 따른 각각의 풍력 터빈 내에, 제 3 실시예에 따른 피드-포워드 조절기가 제공될 수 있다. 이에 대해 추가로 또는 대안으로서, 풍력 발전 단지 컴퓨터(610) 내에서 예를 들면 제 3 실시예에 따른 피드-포워드 보상이 실시될 수 있다. 피드-포워드 보상을 위한 입력 신호로서, 하나의 풍력 터빈 상의 하나의 측정 유닛

(1100, 1200)의 바람 데이터가 사용된다. 그러나, 바람직하게는 모든 풍력 터빈의 측정 유닛들(1100, 1200)의 바람 데이터들이 함께 고려된다. 풍력 발전 단지 컴퓨터(610)는 또한, 부하가 풍력 터빈들(100)에 균일하게 분배되도록 풍력 터빈들(100)을 제어하게 형성될 수 있다.

[0038] 도 7은 제 7 실시예에 따른 중앙 풍력 발전 단지 조절을 개략적으로 도시한다. 도 7에는 다수의 풍력 터빈들(711 대지 726)이 도시되며, 상기 풍력 터빈들은 중앙 풍력 발전 단지 컴퓨터(710)와 접속된다. 상기 중앙 풍력 발전 단지 컴퓨터(710)는 풍력 발전 단지 데이터 메모리(720)와 접속된다. 인접한 풍력 터빈들 사이의 거리는 Δx 또는 Δy 이다.

[0039] 도 8은 제 8 실시예에 따른 풍력 터빈을 개략도로 도시한다. 도 8에는 타워(102), 나셀(104) 및 제 1 마이크로파 또는 레이더 측정 유닛(1100) 및/또는 제 2 마이크로파 또는 레이더 측정 유닛(1200)을 구비한 풍력 터빈(100)이 도시된다. 제 1 측정 유닛 및/또는 제 2 측정 유닛은 회전자 블레이드(108)를 측정하기 위해 사용될 수 있다. 회전자 블레이드 측정 유닛(810) 내에서, 제 1 측정 유닛(1100) 및/또는 제 2 측정 유닛(1200)의 측정 데이터로부터, 회전자 블레이드 벤딩 라인, 표면 침식, 블레이드 각, 블레이드 상태, 블레이드 침식 및 얼음 검출이 결정될 수 있다.

[0040] 도 9는 제 9 실시예에 따른 풍력 터빈을 개략도로 도시한다. 풍력 터빈의 회전자 블레이드들(108)은 회전자 블레이드 측정 유닛(910)에 의해 측정된다. 회전자 블레이드 측정 유닛(910)의 결과는 알고리즘 유닛(920)에 공급된다. 또한, 오프라인-지식 유닛(930)으로부터 나온 데이터도 알고리즘 유닛(920)에 공급된다. 알고리즘 유닛(920)의 출력 신호는 제어 규칙 유닛(940)에 공급될 수 있다.

[0041] 본 발명에 따르면, 풍력 발전 단지에서, 풍력 터빈들 중 하나에 의해 생기는 난류가 줄어들 수 있어서, 인접한 풍력 터빈들과의 거리가 줄어들 수 있다.

[0042] 본 발명에 따르면, 근거리 검출 시, 풍력 터빈(100)은, 인접한 또는 후속하는 풍력 터빈의 출력이 최적화되거나 또는 풍력 발전 단지의 풍력 터빈들의 총 출력이 최적화되도록 작동될 수 있다.

[0043] 본 발명의 다른 양태에 따라, 전술한 풍력 터빈(100) 및 마이크로파 및/또는 레이더 측정 유닛(1100, 1200)에 의해 블레이드 측정이 이루어질 수 있다. 즉, 마이크로파 및/또는 레이더 측정 유닛에 의해 회전자 블레이드가 측정된다.

[0044] 본 발명의 다른 양태에 따라, 마이크로파 및/또는 레이더 측정 유닛에 의해 회전자 블레이드뿐만 아니라, 풍력 터빈의 다른 부분도 검출 및 측정될 수 있으므로, 풍력 터빈은 매 시간마다 터빈의 현재 상태를 알 수 있다. 마이크로파 및/또는 레이더 측정 유닛에 의해, 회전자 블레이드의 침식(설정 상태와의 편차) 및/또는 착빙이 검출될 수 있다. 본 발명에 따른 마이크로파 및/또는 레이더 측정 유닛은 침식 또는 착빙뿐만 아니라, 침식 및 착빙의 위치도 결정할 수 있다.

[0045] 도 10은 본 발명에 따른 풍력 터빈의 개략도를 도시한다. 이 경우, 풍력 터빈(100)의 나셀(104) 및 2개의 회전자 블레이드(108)가 도시된다. 또한, 본 발명에 따른 측정 유닛(1100)이 나셀 상에 제공되고, 개방 각(α)을 가진 측정장을 방출한다. 본 발명에 따른 측정 유닛(1100)으로부터의 거리(x_1, x_2)에 따라 측정 평면의 면적이 커진다.

[0046] 도 11은 본 발명에 따른 풍력 터빈의 다른 개략도를 도시한다. 나셀(104) 상에 본 발명에 따른 측정 유닛(1100)이, 예를 들면 2 m의 높이에(또는 더 높은 높이에), 배치될 수 있다. 본 발명에 따른 측정 유닛(1100)은 풍력 터빈 전방의 바람장을 측정할 수 있도록 나셀(104) 위로 최소 높이를 가져야 한다.

[0047] 선택적으로, 추가의 본 발명에 따른 측정 유닛(1200)이 풍력 터빈의 회전자(106) 상에 제공될 수 있다. 이 경우, 측정 유닛의 조립을 위한 회전자(106)의 구조가 사용될 수 있다. 본 발명에 따라 설명된 바와 같이, 측정 유닛(1200)이 회전자(106) 상에 배치되면, 회전자 블레이드 통과로 인한 세도잉[본 발명에 따른 측정 유닛(1100)에 존재하는 바와 같음]이 방지될 수 있다.

[0048] 도 12는 본 발명에 따른 풍력 터빈의 다른 개략도를 도시한다. 풍력 터빈은 본 발명에 따른 측정 유닛(1100 및/또는 1200)을 포함할 수 있다. 각각의 개방 각(α_1, α_2 및 α_3)을 가진 각각의 개방의 선택에 의해, 도시된 바와 같이 측정 평면들(A1, A2, A3)이 동일한 크기 또는 동일한 면적을 갖는 것이 보장될 수 있다.

[0049] 도 13은 본 발명에 따른 풍력 터빈에 대한 다수의 측정장의 개략도를 도시한다. 다수의 측정장(A1, A2, A3)의 사용에 의해, 각각의 측정장(A1, A2, A3) 내의 측정 값 및 각각의 측정점들 사이의 측정값들이 검출될 수 있다.

[0050]

따라서, 풍력 터빈의 전방 및 후방에서 바람장의 더 정확한 검출이 이루어질 수 있다. 본 발명에 따라, 개방각 (α)에 의해 바람 벡터(W12)를 계산하기 위해 적어도 2개의 측정점들(M1, M2)이 존재해야 한다. 단 하나의 측정점에 의해서는, 측정 경로를 따른 바람 속도만이 검출될 수 있다. 블레이드 피크의 방향으로 측정점들의 간격은 작아진다. 즉, 블레이드 외부 영역에서 더 큰 분해능이 가능해진다. 이 경우, 블레이드 외부 영역에서 회전자 축에 대한 간격에 의해 블레이드 굽힘 모멘트가 생기고, 상기 모멘트는 이제 검출될 수 있다.

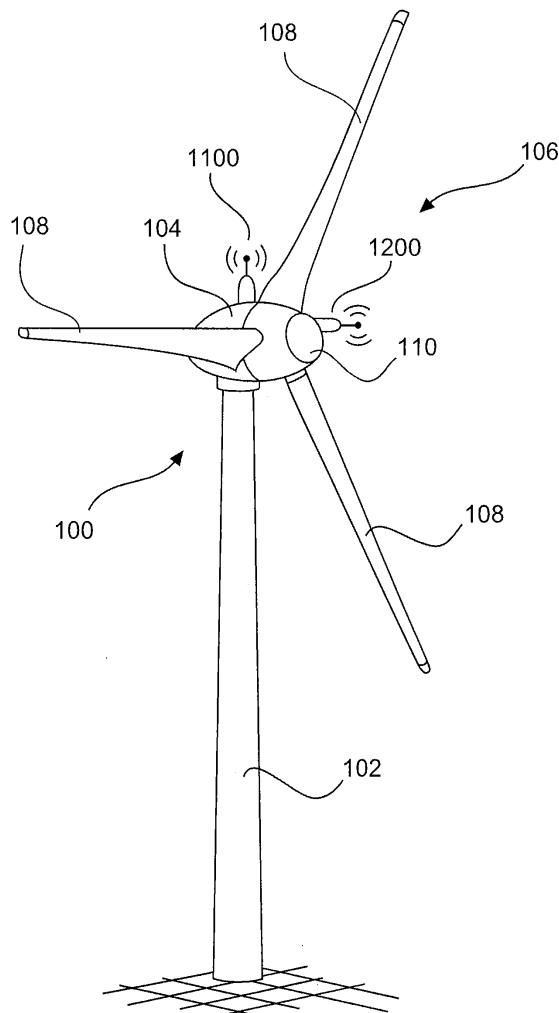
부호의 설명

[0051]

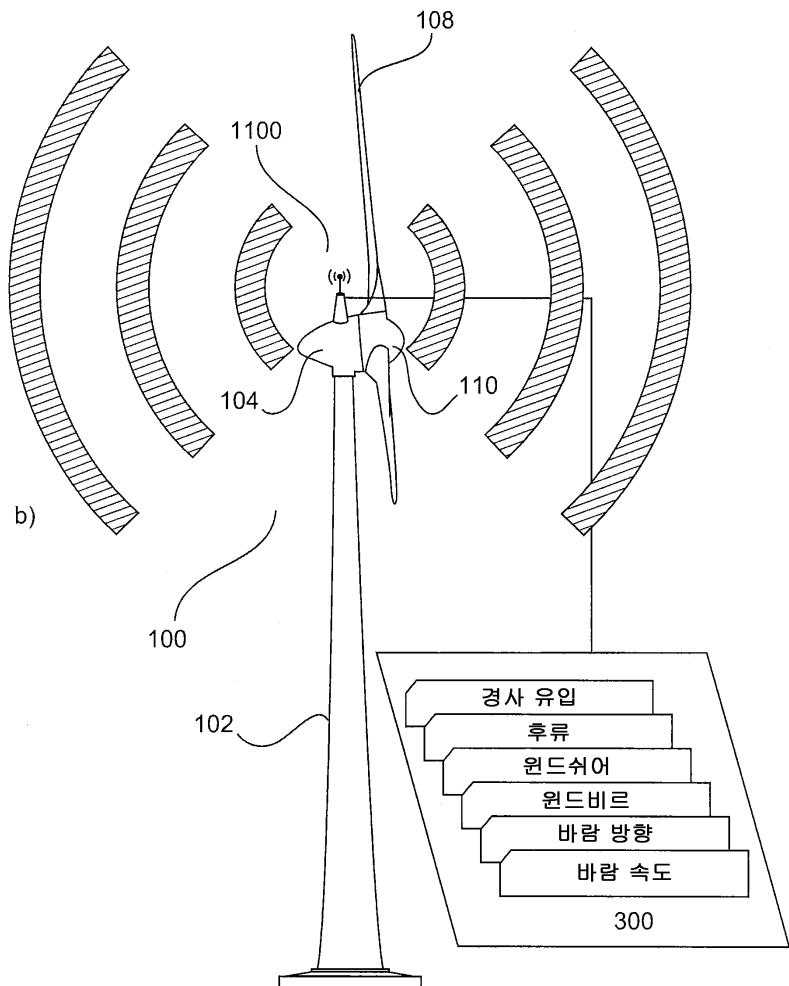
100	풍력 터빈
104	나셀
106	회전자
108	회전자 블레이드
110	스피너
300	조절기
370	모델 유닛
1100, 1200	측정 유닛

도면

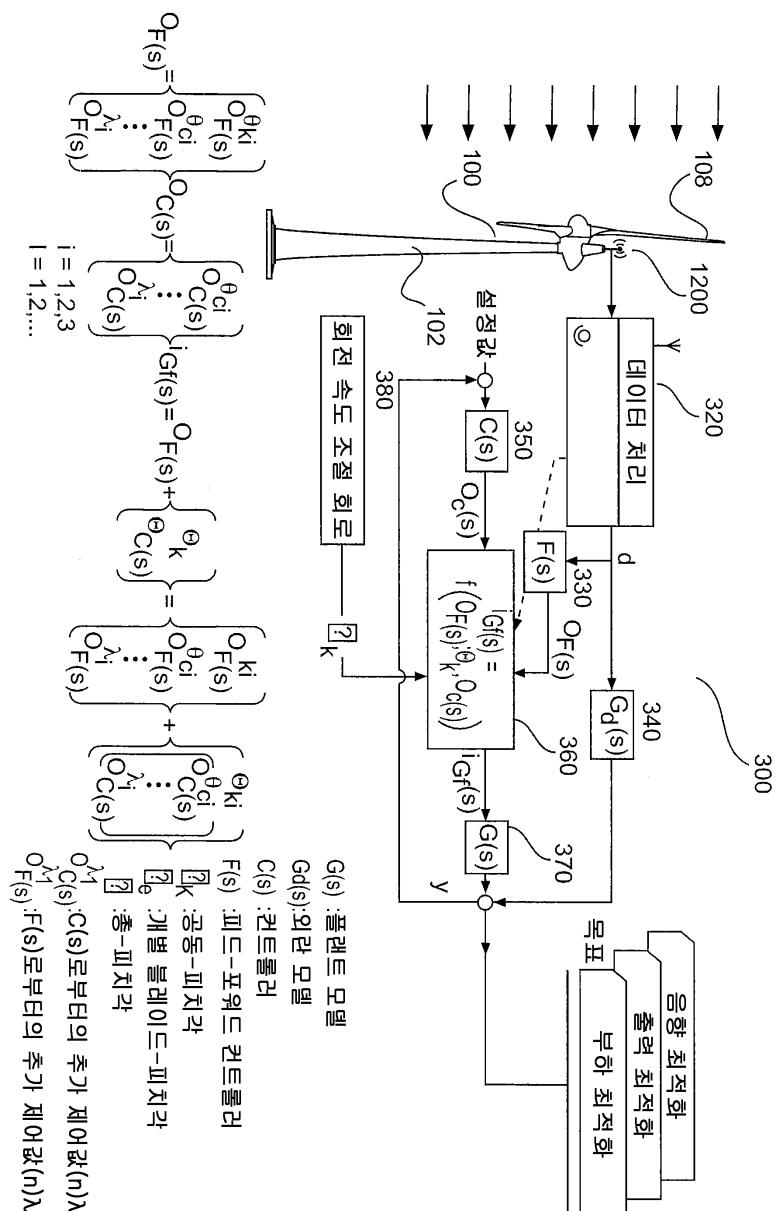
도면1



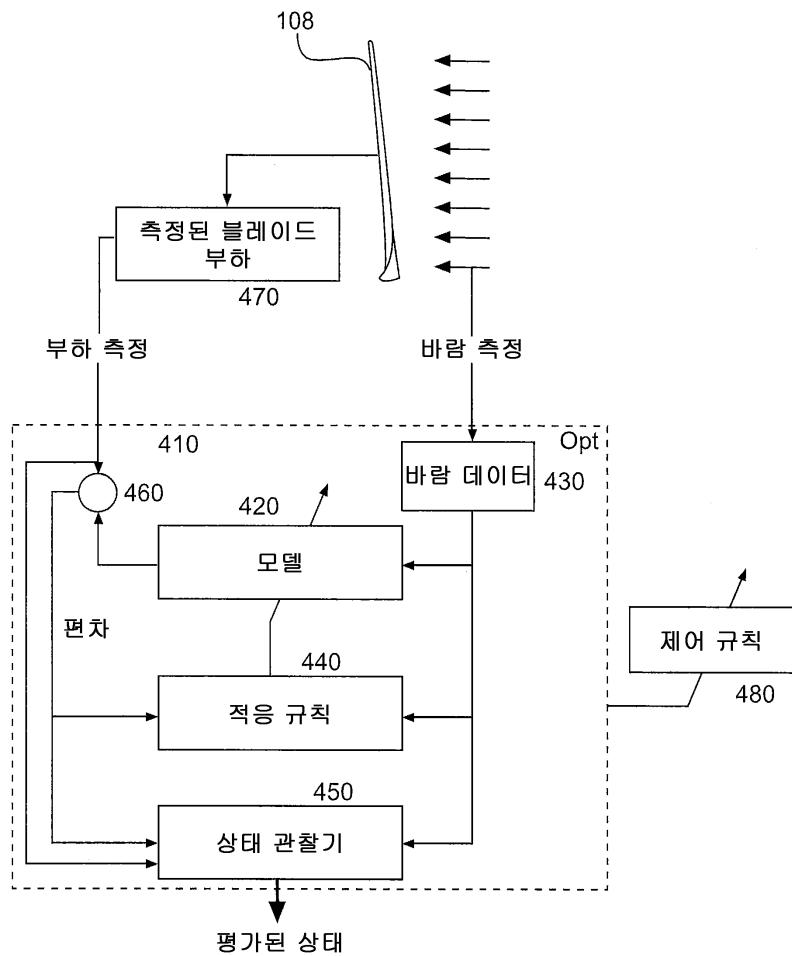
도면2



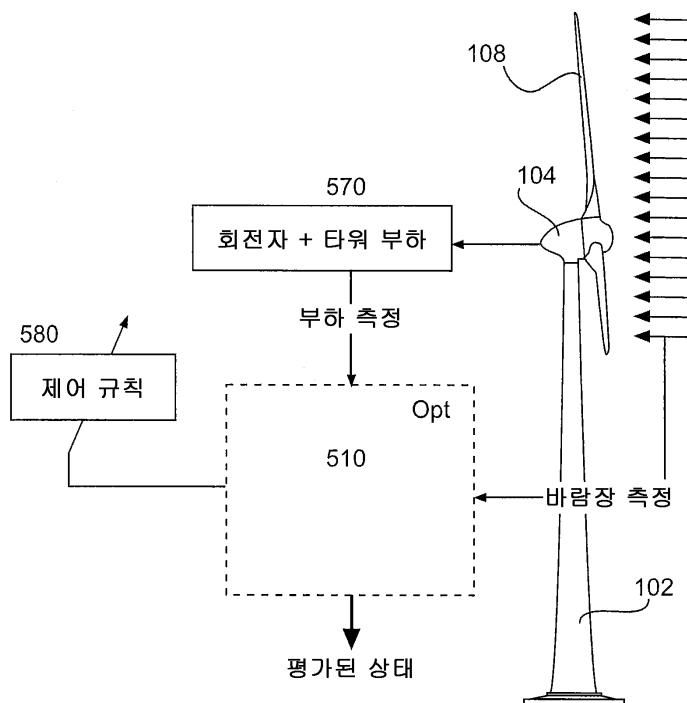
도면3

 $G(s)$: 플랜트 모델 $Gd(s)$: 외란 모델 $C(s)$: 컨트롤러 $F(s)$: 피드-포워드 컨트롤러 Θ_k : 공동-피치각 Θ_c : 개별 블레이드-피치각 Θ_i : 총-피치각

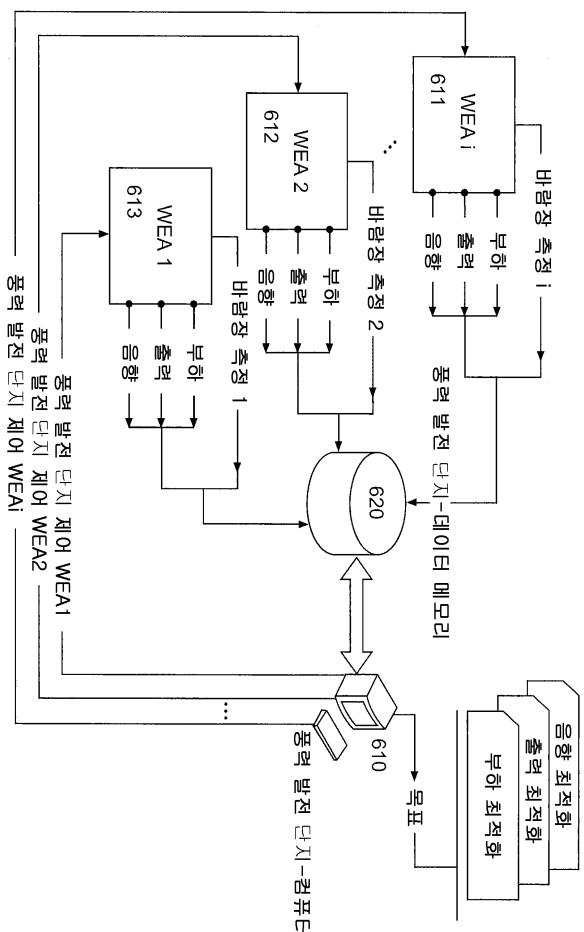
도면4



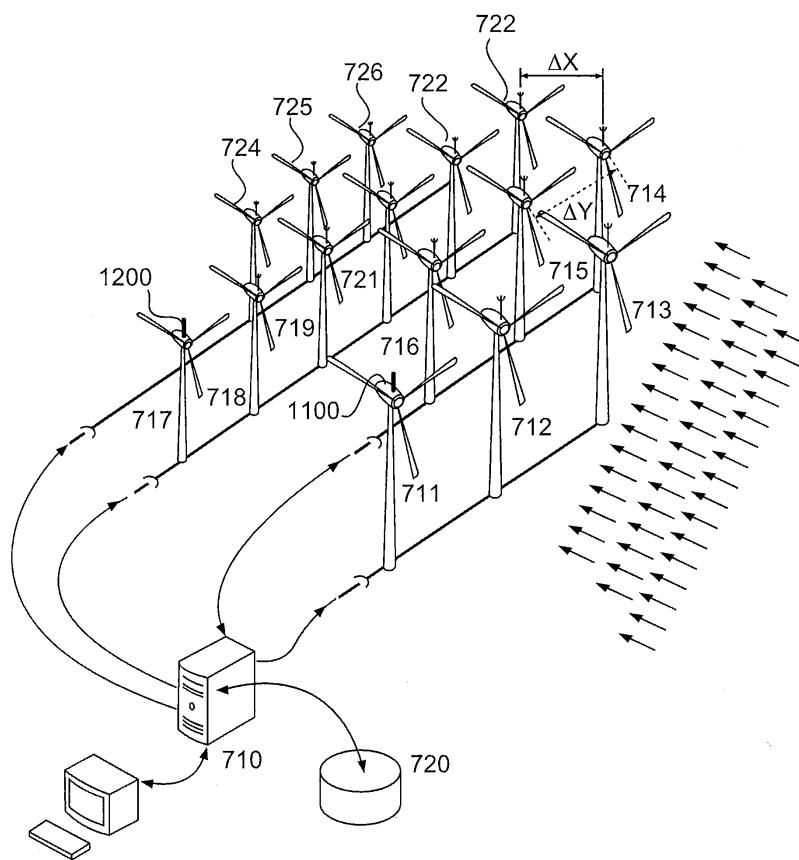
도면5



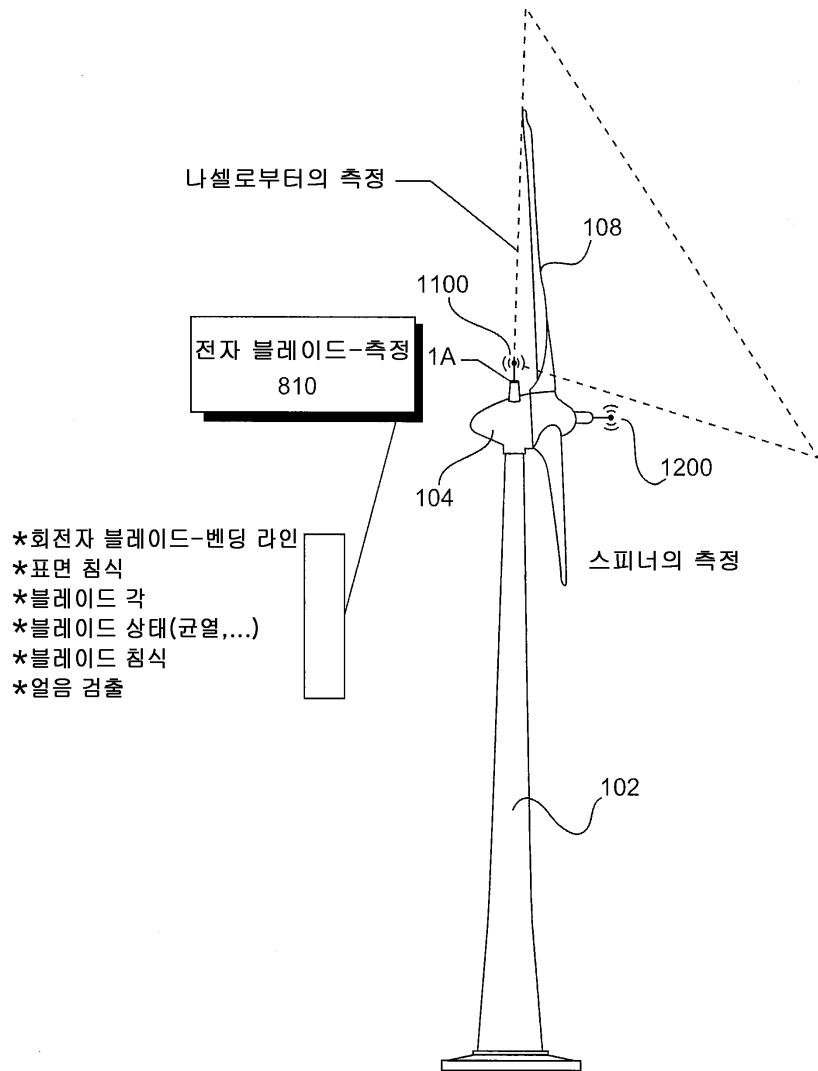
도면6



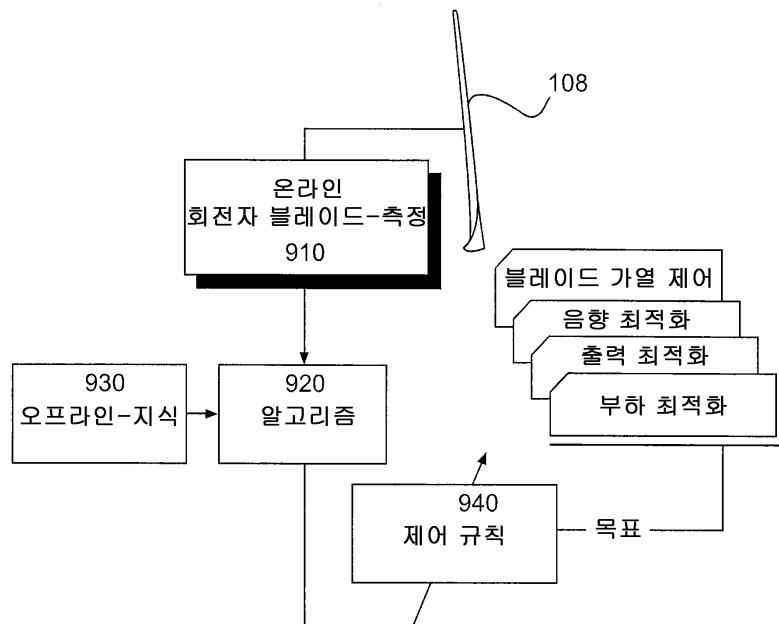
도면7



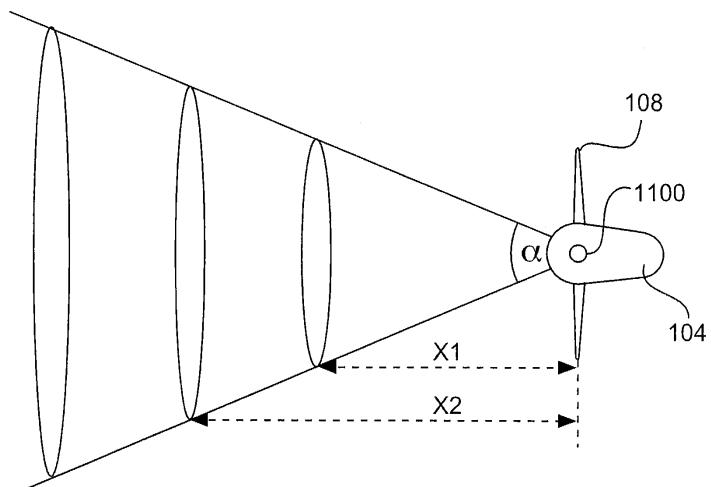
도면8



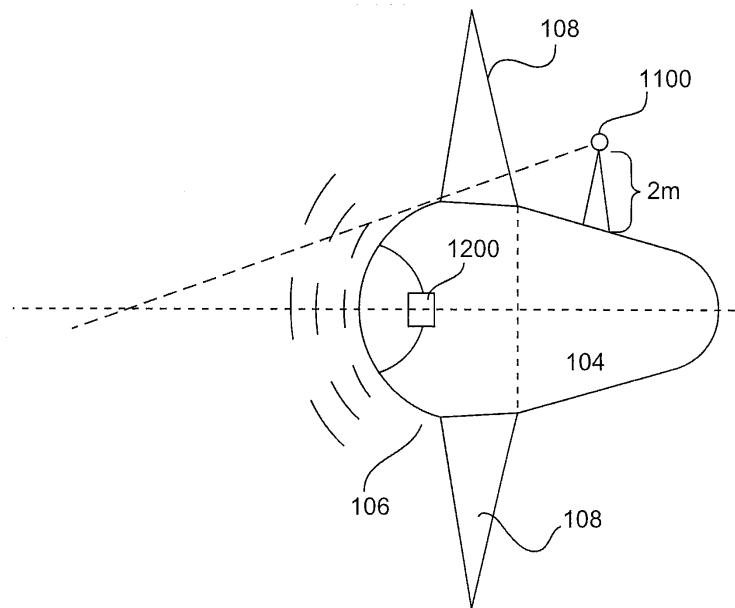
도면9



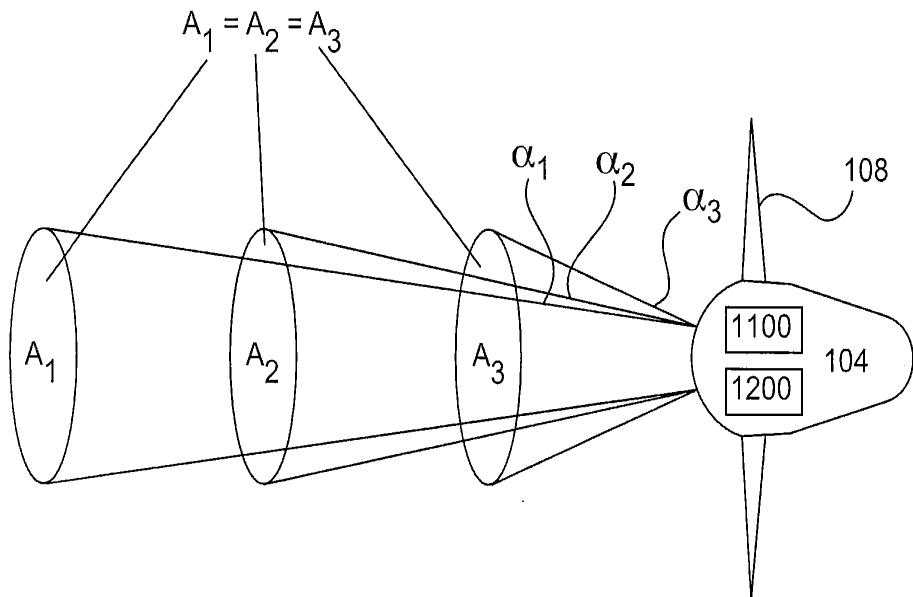
도면10



도면11



도면12



도면13

