



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년10월11일  
(11) 등록번호 10-2031121  
(24) 등록일자 2019년10월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
F03D 17/00 (2016.01) G01S 13/88 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
F03D 17/00 (2016.05)  
G01S 13/88 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2018-0064850  
(22) 출원일자 2018년06월05일  
심사청구일자 2018년06월05일  
(56) 선행기술조사문헌  
KR2020100004219 U\*  
US20090202347 A1\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
한남대학교 산학협력단  
대전광역시 유성구 유성대로 1646 (전민동)  
(72) 발명자  
최인식  
대전광역시 유성구 은구비남로 55 열매마을7단지  
703-1602  
(74) 대리인  
박노춘

전체 청구항 수 : 총 1 항

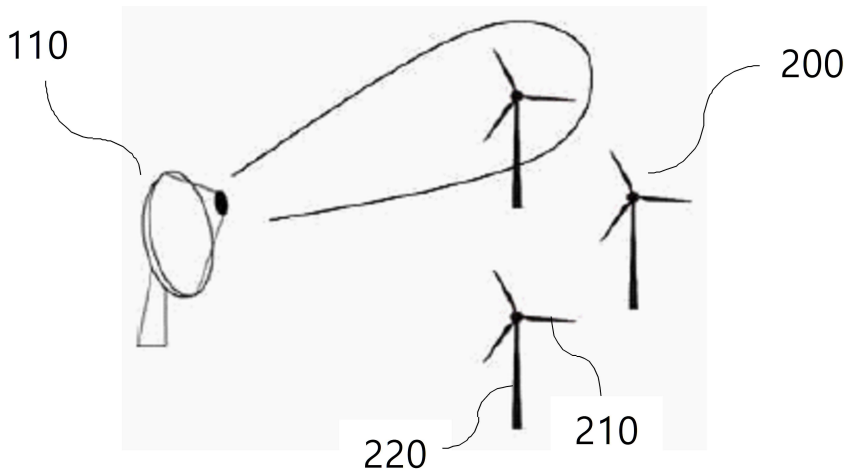
심사관 : 박종오

(54) 발명의 명칭 레이더를 이용한 풍력발전기 모니터링 시스템

(57) 요약

본 발명은 레이더를 이용한 풍력발전기 모니터링 시스템에 관한 것으로서, 야간, 안개, 폭우, 악천후 등의 기상 상태에서도 풍력발전기의 작동 상태를 레이더 센서를 통하여 실시간으로 확인할 수 있으며, 풍력발전기의 블레이드의 회전속도를 측정하여 풍력발전기의 동작 상태와 발전량을 예측할 수 있고, 레이더를 통해 획득된 동적 RCS(Radar Cross Section) 정보를 이용하여 합성곱 신경망을 학습시켜 풍력발전기의 오작동 및 이상 유무를 자동으로 식별할 수 있을 뿐 아니라 유지보수 및 발전효율 관리를 효과적으로 수행할 수 있는 풍력발전기 모니터링 시스템에 관한 것이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

**G01S 7/4008** (2013.01)

**F05B 2270/327** (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2018R1D1A1B07041496

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 2018년도 이공학개인기초연구과제(한국연구재단)

연구과제명 2차원 레이더 영상을 이용한 풍력 발전단지의 원격 모니터링 시스템 연구

기 여 율 1/1

주관기관 한남대학교

연구기간 2018.06.01 ~ 2021.05.31

---

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

블레이드(210) 및 상기 블레이드를 지지하는 지지부(220)로 구성되는 풍력발전기(200);

상기 블레이드(210)에 전파를 발신하고 반사되는 전파를 수신하는 레이더(111)를 포함하는 레이더부(110); 및

상기 레이더부(110)에서 획득된 동적 RCS 정보를 처리하는 레이더정보처리수단(121)을 포함하는 레이더정보처리부(120);를 포함하는 풍력발전기 모니터링 시스템에 있어서,

상기 레이더(111)는

측정대상이 되는 상기 블레이드(210)와 미리 정해진 각도를 이룬 위치에서 전파를 발신하고,

상기 레이더부(110)는

상기 레이더(111) 하단에 위치하여 상기 레이더(111)의 전파 방사방향을 조절하는 레이더위치이동수단(112)을 더 포함하며,

상기 레이더정보처리부(120)는

상기 레이더부(110)를 통하여 수집된 동적 RCS 정보, 상기 레이더정보처리수단(121)을 통하여 처리된 레이더 영상 및 블레이드 회전속도를 실시간으로 누적 저장하는 RCS정보저장수단(122)을 더 포함하고,

상기 레이더정보처리부(120)는

상기 RCS정보저장수단(122)에 저장된 동적 RCS 정보, 레이더 영상 및 블레이드 회전속도로부터 풍력발전기의 발전량을 예측하고, 풍력발전기의 오동작 유무와 장비의 작동상태를 판별하는 상태확인수단(123)을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 풍력발전기 모니터링 시스템.

**청구항 2**

삭제

**청구항 3**

삭제

**청구항 4**

삭제

**청구항 5**

삭제

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 레이더를 이용한 풍력발전기 모니터링 시스템에 관한 것으로서, 야간, 안개, 폭우, 악천후 등의 기상 상태에서도 풍력발전기의 작동 상태를 레이더 센서를 통하여 실시간으로 확인할 수 있으며, 풍력발전기의 블레이드의 회전속도를 측정하여 풍력발전기의 동작 상태와 발전량을 예측할 수 있고, 레이더를 통해 획득된 동적 RCS(Radar Cross Section) 정보를 이용하여 풍력발전기의 오작동 및 이상 유무를 자동으로 식별할 수 있을 뿐 아니라 유지보수 및 발전효율 관리를 효과적으로 수행할 수 있는 풍력발전기 모니터링 시스템에 관한 것이다.

**배경 기술**

- [0003] 최근 화석에너지의 고갈과 기후 변화 및 온실가스 감축 등 환경문제로 인하여 신재생에너지의 투자가 급격히 증가하고 있으며, 특히 신재생에너지 중에서도 풍력발전기에 대한 수요가 급증하고 있다. 2005년 기준으로 풍력발전이 차지하는 에너지 비중은 전체 에너지의 1%에도 미치지 못하였으나, 2020년에는 이 수치가 16.5%까지 오를 것으로 전망되며, 2050년에는 총 에너지 생산량 중 34%를 담당할 것으로 예측된다.
- [0004] 풍력발전의 경우 일정 세기의 바람이 일정 시간동안 불게 되는 최적의 지점을 탐색해야 하고, 이를 통해 풍력발전기는 바다, 도서지역, 해안 등 풍력발전의 조건을 충족하는 지점에 넓게 흩어져 위치하게 되는 문제점이 있다.
- [0005] 따라서 풍력발전단지를 구성하는 풍력발전기의 경우, 위치가 넓게 분포하고 있는 특성상 풍력발전기 각각의 유지보수 및 관리가 용이하지 못하며, 고장발생시 풍력발전기에 신속하게 접근하여 조치를 취할 수 없는 문제점이 발생하게 된다.
- [0006] 이러한 문제점을 해결하기 위하여 안출된 종래의 기술이 한국공개특허 제10-2015-0068600호로 개시된 바 있다. 종래의 기술은 풍력발전 시스템의 기계적 구성품에 대한 영상을 획득하는 카메라부, 풍력발전 시스템의 전력변환부의 각 소자에 대한 감시정보를 검출하는 센서부 및 카메라부로부터 수신한 영상이 정상상태의 영상과 대비하여 변화가 있는 경우, 변화가 발생한 시점의 영상 데이터를 저장하고, 센서부로부터 수신한 감시 데이터에 변화가 있는 경우, 변화가 발생하는 시점의 감시 데이터를 저장하는 제어부로 구성되어 있다.
- [0007] 즉, 카메라부를 통하여 영상을 획득하고 센서부를 통하여 감시 데이터를 획득함으로써, 하나의 데이터가 아닌 두 개의 데이터를 통하여 풍력발전기의 상태를 확인할 수 있다.
- [0008] 그러나 이러한 종래의 기술은 영상획득이 어려운 야간 또는 풍력발전기가 주로 설치되는 해상 또는 산악지역에 자주 발생하는 악천후 시 영상데이터를 얻는 것이 사실상 불가능하여 카메라부에서 영상정보를 획득하지 못하는 때가 많다는 단점을 가지고 있다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

- [0010] (특허문헌 0001) 한국공개특허 제10-2015-0068600호(2015.06.22)

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0011] 이와 같은 문제를 해결하기 위하여 안출된 본 발명은 레이더를 이용한 풍력발전기 모니터링 시스템에 관한 것으로서, 야간, 안개, 폭우, 악천후 등의 기상상태에서도 풍력발전기의 작동 상태를 레이더 센서를 통하여 실시간으로 확인할 수 있으며, 풍력발전기의 블레이드의 회전속도를 측정하여 풍력발전기의 동작 상태와 발전량을 예측할 수 있고, 레이더를 통해 획득된 동적 RCS(Radar Cross Section) 정보를 이용하여 합성곱 신경망을 학습시켜 풍력발전기의 오작동 및 이상 유무를 자동으로 식별할 수 있을 뿐 아니라 유지보수 및 발전효율 관리를 효과적으로 수행할 수 있는 풍력발전기 모니터링 시스템에 관한 것이다.

**과제의 해결 수단**

- [0013] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 블레이드(210) 및 상기 블레이드를 지지하는 지지부(220)로 구성되는 풍력발전기(200); 상기 블레이드(210)에 전파를 발신하고 반사되는 전파를 수신하는 레이더(111)를 포함하는 레이더부(110); 및 상기 레이더부(110)에서 획득된 동적 RCS(Radar Cross Section) 정보를 처리하는 레이더정보처리수단(121)을 포함하는 레이더정보처리부(120);를 포함하는 풍력발전기 모니터링 시스템을 제공한다.
- [0014] 본 발명의 일실시예에 있어서, 상기 레이더(111)는 측정대상이 되는 상기 블레이드(210)와 미리 정해진 각도를 이룬 위치에서 전파를 발신하는 것을 특징으로 한다.

- [0015] 본 발명의 일실시예에 있어서, 상기 레이더부(110)는 상기 레이더(111) 하단에 위치하여 상기 레이더(111)의 전파 방사방향을 조절하는 레이더위치이동수단(112)을 더 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0016] 본 발명의 일실시예에 있어서, 상기 레이더정보처리부(120)는 상기 레이더부(110)를 통하여 수집된 동적 RCS 정보, 상기 레이더정보처리수단(121)을 통하여 처리된 레이더 영상 및 블레이드 회전속도를 실시간으로 누적 저장하는 RCS정보저장수단(122)을 더 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0017] 본 발명의 일실시예에 있어서, 상기 레이더정보처리부(120)는 상기 RCS정보저장수단(122)에 저장된 동적 RCS 정보, 레이더 영상 및 블레이드 회전속도로부터 풍력발전기의 발전량을 예측하고, 풍력발전기의 오동작 유무와 장비의 작동상태를 판별하는 상태확인수단(123)을 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

**발명의 효과**

- [0019] 본 발명은 야간, 안개, 폭우, 악천후 등의 기상상태에서도 풍력발전기의 작동 상태를 레이더 센서를 통하여 실시간으로 안정적으로 확인할 수 있어 풍력발전기의 모니터링 효율을 높일 수 있다.
- [0020] 또한 본 발명은 디지털 빔 조향 또는 기계적 회전을 통하여 레이더의 방사각도를 조절할 수 있어 넓은 범위의 감시가 가능하며, 하나의 레이더로 다수개의 풍력발전기를 실시간으로 감시할 수 있다.
- [0021] 아울러 본 발명은 블레이드의 회전에 의한 도플러 주파수를 측정하여 풍력발전기의 블레이드의 회전속도를 산출함으로써, 풍력발전기의 동작 상태와 발전량을 예측할 수 있다.
- [0022] 또한 본 발명은 레이더를 통해 획득된 동적 RCS 정보를 이용하여 합성곱 신경망을 학습시켜 풍력발전기의 오작동 및 이상 유무를 자동으로 식별할 수 있어 풍력발전기의 유지보수 및 발전효율 관리를 효과적으로 수행할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0024] 도 1은 본 발명의 풍력발전기 모니터링 시스템을 나타낸다.
- 도 2는 본 발명의 풍력발전기 모니터링 시스템의 일실시예를 나타낸다.
- 도 3은 본 발명의 레이더부를 나타낸다.
- 도 4는 본 발명의 레이더정보처리부를 나타낸다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0025] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명을 더욱 상세하게 설명한다. 이에 앞서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정하여 해석되어서는 아니 되며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여, 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다. 또한, 사용되는 기술 용어 및 과학 용어에 있어서 다른 정의가 없다면, 이 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 통상적으로 이해하고 있는 의미를 가지며, 하기의 설명 및 첨부 도면에서 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지 기능 및 구성에 대한 설명은 생략한다. 다음에 소개되는 도면들은 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 예로서 제공되는 것이다. 따라서, 본 발명은 이하 제시되는 도면들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 또한, 명세서 전반에 걸쳐서 동일한 참조번호들은 동일한 구성요소들을 나타낸다. 도면들 중 동일한 구성요소들은 가능한 한 어느 곳에서든지 동일한 부호들로 나타내고 있음에 유의해야 한다.
- [0027] 본 발명의 풍력발전기 모니터링 시스템은, 도 1 내지 4에서 도시하고 있는 바와 같이,
- [0028] 블레이드(210) 및 상기 블레이드를 지지하는 지지부(220)로 구성되는 풍력발전기(200);
- [0029] 상기 블레이드(210)에 전파를 발신하고 반사되는 전파를 수신하는 레이더(111)를 포함하는 레이더부(110); 및
- [0030] 상기 레이더부(110)에서 획득된 동적 RCS 정보를 처리하는 레이더정보처리수단(121)을 포함하는 레이더정보처리부(120);를 포함한다.
- [0032] 상기 풍력발전기(200)는 블레이드(210) 및 상기 블레이드를 지지하는 지지부(220)로 구성된다.
- [0033] 통상적으로 풍력발전단지에는 다수개의 풍력발전기(200)를 구비하고 있는데, 본 발명의 풍력발전기 모니터링 시스

템은 하나의 풍력발전기(200)를 포함하거나 또는 다수개의 풍력발전기(200)를 포함할 수 있다.

- [0034] 즉, 본 발명의 풍력발전기 모니터링 시스템은 하나의 레이더부(110)부와 하나의 풍력발전기(200)를 포함하거나 또는 하나의 레이더부(110)와 다수개의 풍력발전기(200)를 포함하거나 또는 다수개의 레이더부(110)와 다수개의 풍력발전기(200)를 포함할 수 있다.
- [0035] 본 발명은 디지털 빔 조향 또는 기계적 회전을 통하여 레이더(111)의 방사각도를 조절할 수 있어 넓은 범위의 감시가 가능하므로, 하나의 레이더(111)로 다수개의 풍력발전기(200)를 실시간으로 감시할 수 있다.
- [0036] 이때 각각의 풍력발전기(200)에 대해 전파를 발신하는 레이더(111)의 방사각도를 미리 설정하고, 일정시간마다 레이더(111)의 방사각도를 미리 설정된 수치로 변화시켜 전파를 발신하고 반사되는 전파를 수신함으로써, 모든 풍력발전기(200)의 작동상태를 실시간으로 모니터링 할 수 있다.
- [0038] 상기 레이더부(110)는 블레이드(210)에 전파를 발신하고 반사되는 전파를 수신하는 레이더(111)를 포함한다.
- [0039] 상기 레이더(111)는 측정대상이 되는 상기 블레이드(210)와 미리 정해진 각도를 이룬 위치에서 전파를 발신하는 것을 특징으로 한다.
- [0040] 상기 레이더(111)는 상기 블레이드(210)를 정면이 아닌 측면 또는 비스듬하게 바라볼 수 있도록 배치되어야 하는데, 이렇게 배치해야만 블레이드의 회전에 의한 도플러 주파수를 정확하게 관찰할 수 있기 때문이다.
- [0041] 상기 블레이드의 회전에 의한 도플러 주파수를 측정하여 풍력발전기의 블레이드의 회전속도를 산출할 수 있고, 이를 통해 풍력발전기의 동작 상태와 발전량을 예측할 수 있다.
- [0042] 상기 레이더부(110)는 상기 레이더(111) 하단에 위치하여 상기 레이더(111)의 전파 방사방향을 조절하는 레이더 위치이동수단(112)을 추가로 포함할 수 있다.
- [0043] 상기 레이더위치이동수단(112)은 전파를 발신하는 빔부의 조향각도를 조절하거나 또는 레이더(111)를 기계적으로 회전하여 레이더(111)의 방사각도를 조절할 수 있다.
- [0044] 상기 레이더(111)가 전파를 발신한 후 반사되는 전파를 수신하여 상기 블레이드(210)의 위치를 미리 확인함으로써, 상기 레이더(111)와 상기 블레이드(210)가 이루는 각도를 설정할 수 있다. 이때 확인된 각도가 미리 설정된 최적의 측정각이 아닐 경우 상기 레이더위치이동수단(112)을 통하여 상기 레이더(111)의 위치를 이동하여 각도를 조정하게 된다.
- [0045] 즉, 상기 레이더(111)에서 상기 블레이드(210)에 미리 전파를 방사하여 반사된 전파를 상기 레이더(111)에서 수신하여 상기 레이더(111)와 상기 블레이드(210)가 이루는 각도를 계산할 수 있다.
- [0046] 이때 상기 레이더(111)가 미리 정해진 각도의 범위에서 벗어난 각도에 위치하는 경우, 상기 레이더위치이동수단(112)을 통하여 상기 레이더(111)의 각도를 조정하여 레이더를 미리 정해진 각도로 배치할 수 있다.
- [0047] 상기 레이더위치이동수단(112)은 상기 레이더(111)의 수직방향의 중심축을 기준으로 회전시킬 수 있으며, 상기 레이더(111)의 수평방향과 상기 레이더(111)가 이루는 각을 조절할 수도 있다.
- [0048] 상기 레이더위치이동수단(112)을 통하여 상기 레이더(111)의 전파 방사방향을 조절함으로써 블레이드의 작동상태를 실시간으로 정확하게 모니터링 할 수 있다.
- [0049] 또한 하나의 레이더로 다수개의 풍력발전기를 감시하는 경우, 각각의 풍력발전기(200)에 대해 전파를 발신하는 레이더(111)의 방사각도를 미리 설정하고, 일정시간마다 레이더(111)의 방사각도를 상기 레이더위치이동수단(112)을 통하여 미리 설정된 수치로 변화시켜 전파를 발신하고 반사되는 전파를 수신함으로써, 모든 풍력발전기(200)의 작동상태를 실시간으로 모니터링 할 수 있다.
- [0050] 상기 레이더위치이동수단(112)은 상기 레이더(111)의 수직방향의 높이를 조절하는 레이더승강장치를 더 포함할 수 있다.
- [0051] 즉, 레이더승강장치를 통하여 상기 레이더(111)의 높이를 조절할 수 있어, 상기 레이더(111)는 2차원적인 각도 조절뿐만 아니라 높이 조절까지 가능하여 3차원적인 상기 레이더(111)의 각도 조절이 가능하다.
- [0052] 따라서 상기 레이더(111)와 상기 블레이드(210)가 이루는 각도 조절을 보다 세밀하게 조절하여 최적의 각도를 이룰 수 있게 할 수 있어 상기 블레이드(210)의 동적 RCS 정보 및 2차원 레이더 영상을 보다 정확하게 획득할 수 있다.



- [0053] 또한 상기 레이더부(110)는 상기 레이더(111)의 선택되는 위치에 상기 레이더(111)와 상기 블레이드(210)의 거리 및 각도 측정을 보조하기 위한 레이더위치측정수단(113)이 더 포함할 수 있다.
  - [0054] 상기 레이더위치측정수단(113)에서 레이저 센서를 이용하여 상기 블레이드(210)와 상기 레이더(111)와의 거리 및 각도를 측정하고, 상기 레이더(111)의 각도 조정에 필요한 정보를 제공할 수 있다.
  - [0055] 또한 다수의 풍력발전기가 군집을 이루는 것이 일반적인 풍력발전의 특징에 따라, 하나의 풍력발전기(200)에 하나의 상기 레이더부(110)가 매칭되는 것이 아니라 하나의 레이더부(110)가 다수의 풍력발전기(200)의 상태를 확인할 수 있어 적은 비용으로 풍력발전기를 감시할 수 있으며, 유지관리 비용을 절감할 수 있다.
  - [0057] 상기 레이더정보처리부(120)는 상기 레이더부(110)에서 획득된 동적 RCS 정보를 처리하는 레이더정보처리수단(121)을 포함한다.
  - [0058] 상기 레이더(111)에서 수신되는 신호는 상기 블레이드(210)의 움직임에 의해 실시간으로 변화하게 되는데, 이렇게 획득된 레이더 신호를 동적 RCS(Radar Cross Section)라 한다. 블레이드의 운동에 따라 획득된 동적 RCS 정보는 상기 레이더정보처리수단(121)을 통하여 2차원 레이더 영상으로 변환되며, 상기 상태확인수단(123)을 통하여 풍력발전기의 오동작 유무와 장비의 작동상태를 자동으로 판별하게 된다.
  - [0059] 상기 레이더정보처리수단(121)은 레이더부에서 획득된 동적 RCS 정보를 처리하여 2차원 레이더 영상을 형성하는 영상 처리부; 및 상기 블레이드의 회전에 의한 도플러 주파수를 측정하여 풍력발전기의 블레이드의 회전속도를 산출하는 회전속도 산출부를 포함한다. 즉, 레이더정보처리수단(121)을 통하여 풍력발전기의 레이더 영상과 블레이드 회전속도가 실시간으로 제공될 수 있다.
  - [0060] 상기 영상 처리부의 레이더 영상 및 상기 회전속도 산출부의 블레이드 회전속도를 실시간으로 모니터링 하여, 상기 레이더 영상 또는 회전속도에 변화가 있는 경우 풍력발전기가 오동작하거나 작동상태에 문제가 있는 것으로 판단한다.
  - [0062] 상기 레이더부에서 획득된 동적 RCS 정보를 처리하여 2차원 레이더 영상을 형성하는 일실시예는 다음과 같다.
  - [0063] 상기 레이더(111)는 역합성개구레이더(ISAR: Inverse Synthetic Aperture Radar)를 사용할 수 있다. 풍력 발전기의 블레이드가 일정한 각속도로 회전을 한다고 가정하였을 때 획득한 RCS 데이터를 아래 식에 대입함으로써 풍력 발전기 블레이드의 ISAR 영상을 얻을 수 있다.
- $$ISAR(x,y) = \int_{\theta_1}^{\theta_2} \int_{k_1}^{k_2} E(k,\theta) e^{j2(xk\cos\theta + yk\sin\theta)} dk d\theta$$
- [0064] 여기서  $k = \frac{2\pi f}{c}$  이고  $\theta$  는 RCS 데이터가 샘플링 되었을 때의 표적의 회전각이며  $E(k,\theta)$  는 특정 주파수와 회전각에서 샘플링 된 2차원 RCS 데이터이다.
  - [0067] 상기 레이더정보처리부(120)는 상기 레이더(111)를 통하여 수집되는 동적 RCS 정보를 누적 저장하는 RCS정보저장수단(122); 및 풍력발전기의 발전량을 예측하고, 풍력발전기의 오동작 유무와 장비의 작동상태를 자동으로 판별하는 상태확인수단(123)을 더 포함하여 구성될 수 있다.
  - [0068] 상기 RCS정보저장수단(122)은 상기 레이더(111)를 통하여 수집된 동적 RCS 정보, 상기 레이더정보처리수단(121)을 통하여 처리된 레이더 영상 및 블레이드 회전속도를 실시간으로 누적 저장할 수 있다.
  - [0069] 상기 RCS정보저장수단(122)에 저장된 동적 RCS 정보, 레이더 영상 및 블레이드 회전속도는 상태확인수단(123)에 제공되며, 상기 상태확인수단(123)에서 상기 제공된 정보를 바탕으로 상기 레이더 영상 또는 회전속도에 변화가 있는 경우 풍력발전기가 오동작하거나 작동상태에 문제가 있는 것으로 판단한다.
  - [0070] 이때 상기 상태확인수단(123)은 합성곱 신경망을 사용하여 풍력발전기의 오동작 또는 작동상태의 이상 유무를 효율적으로 제공할 수 있으며, 관리자는 이러한 정보를 바탕으로 풍력발전기를 체계적으로 관리할 수 있다.
  - [0071] 또한 상기 상태확인수단(123)은 상기 RCS정보저장수단(122)에 저장된 누적 블레이드 회전속도로부터 일정기간 동안 생산된 풍력발전기의 발전량을 산출할 수 있으며, 이를 통해 특정기간 동안 생산되는 발전량을 예측할 수 있어 에너지 관리효율을 향상시킬 수 있다.
  - [0072] 풍력 발전기가 바람으로부터 발전을 통해 생성할 수 있는 전력은 아래 식과 같이 계산할 수 있다.

$$P_{avail} = \frac{1}{2} \rho A v^3 C_p$$

[0073]

[0074]

여기서  $A$ 는 풍력 발전기의 블레이드가 회전하면서 그리는 원의 면적이며  $v$ 는 풍속,  $\rho$ 는 공기의 밀도,  $C_p$ 는 전력 계수이다. 전력 계수는 팁 속도 계수  $\lambda = \frac{v_b}{wind\ speed}$ 에 의해 결정되는 값이며, 블레이드 끝 부분의 속도  $v_b$ 는 앞에서 언급한 도플러 신호 처리 또는 다른 신호처리 기법을 적용해서 얻을 수 있다.

[0075]

스펙트로그램에서 나타나는 도플러 주파수의 최대값  $f_d$ 와  $v_b$ 의 관계는 다음 식과 같다.

[0076]

$$f_d = -\frac{2v_b}{c} f_c$$

[0077]

여기서  $f_c$ 는 레이더 송신신호의 중심주파수이며  $c = 3 \times 10^8 m/s$ 는 진공에서의 빛의 속력을 의미한다.

[0078]

아울러 상기 상태확인수단(123)은 상기 RCS정보저장수단(122)에 누적 저장된 정보로부터 시간에 따른 정보의 변화를 모니터링 할 수 있으며, 이를 통해 풍력발전기의 유지보수가 필요한 시기 및 오작동이 발생하는 시점을 예측할 수 있다.

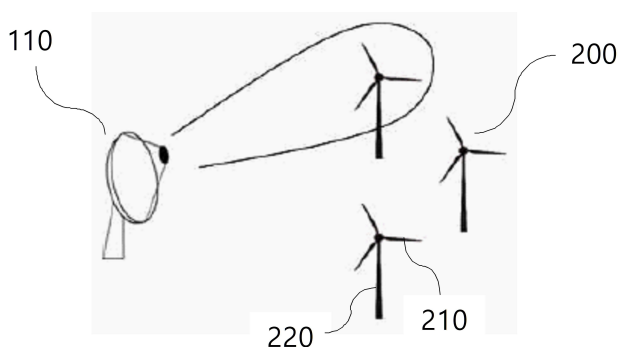
**부호의 설명**

[0080]

- 110: 레이더부
- 111: 레이더
- 112: 레이더위치이동수단
- 113: 레이더위치측정수단
- 120: 레이더정보처리부
- 121: 레이더정보처리수단
- 122: RCS정보저장수단
- 123: 상태확인수단
- 200: 풍력발전기
- 210: 블레이드
- 220: 지지부

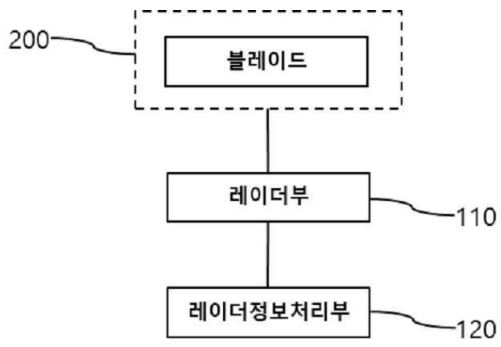
**도면**

**도면1**

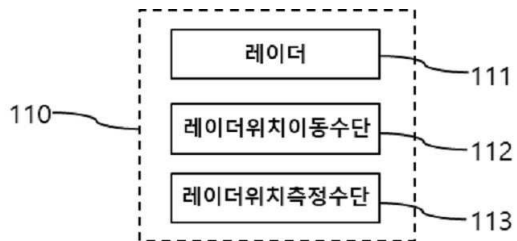




도면2



도면3



도면4

