



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0029931
(43) 공개일자 2020년03월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

F03D 17/00 (2016.01)

(52) CPC특허분류

F03D 17/00 (2016.05)

F05B 2270/327 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-0108540

(22) 출원일자 2018년09월11일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

한국전력공사

전라남도 나주시 전력로 55(빛가람동)

한국기계연구원

대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)

(72) 발명자

김지영

대전광역시 유성구 전민로6번길 105

강금석

대전광역시 유성구 전민로6번길 105

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

박장원

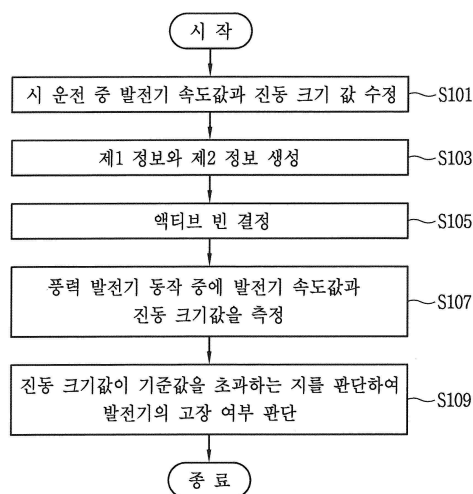
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 **풍력 발전기의 고장 진단 방법**

(57) 요약

본 발명은 풍력 발전기의 고장 진단시에 운전변수로서 발전기 속도 값과 진동 크기 값을 사용함으로써, 액티브 빈을 간소화하여 풍력 발전기의 고장에 대한 신뢰성을 향상시키는 효과가 있다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

박준영

대전광역시 유성구 전민로6번길 105

유무성

대전광역시 유성구 전민로6번길 105

이재경

대전광역시 유성구 전민로6번길 105

이준신

대전광역시 유성구 전민로6번길 105

김봉기

대전광역시 유성구 가정북로 156(장동)

김상렬

대전광역시 유성구 가정북로 156(장동)

마평식

대전광역시 유성구 가정북로 156(장동)

서윤호

대전광역시 유성구 가정북로 156(장동)

이성현

대전광역시 유성구 가정북로 156(장동)

김재승

대전광역시 유성구 가정북로 156(장동)

김현실

대전광역시 유성구 가정북로 156(장동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 20113020020030

부처명 지식경제부

연구관리전문기관 한국에너지기술평가원

연구사업명 신재생에너지융합원천기술개발사업/신재생에너지기술개발사업

연구과제명 국산풍력 상용화단지 운영 및 신뢰도 향상기술 개발

기 여 율 84/100

주관기관 한국남동발전(주)

연구기간 2012.01.01 ~ 2013.11.30

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 NK206B

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 국가과학기술연구회

연구사업명 주요사업

연구과제명 풍력발전시스템의 고장진단 및 예지보전 기술 개발

기 여 율 16/100

주관기관 한국기계연구원

연구기간 2017.01.01 ~ 2017.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

시운전중에 기 결정된 시간간격 내에서 일정시간 동안 발전기 속도 값과 진동 크기 값을 수집하는 시운전 데이터 수집 단계;

상기 시운전 데이터 수집 단계에서 수집된 발전기 속도 값과, 발전기 속도 값이 측정될 때 발생하는 진동 크기 값이 매칭되어 테이블화된 제1 정보와, 기 결정된 발전기 속도 값의 구간별로 각 구간에 해당되는 발전기 속도 값의 횟수에 해당되는 제2 정보를 생성하는 시운전 데이터 생성 단계;

상기 제1 정보와 상기 제2 정보를 이용하여 적어도 하나 이상의 액티브 빈 및 액티브 빈 대표값을 결정하는 액티브 빈 결정단계;

풍력 발전기가 동작하는 동안의 발전기 속도 값과 진동 크기 값을 측정하는 동작 데이터 측정단계; 및

상기 동작 데이터 측정 단계에서 측정된 발전기 속도 값을 이용하여 기준값을 산출하고, 진동 크기 값이 기준값을 초과하는 지를 판단하여 상기 풍력 발전기의 고장여부를 판단하는 고장 판단 단계;

를 포함하는 풍력 발전기의 고장 진단 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 정보는 매칭 그래프로 제공되고,

상기 제2 정보는 히스토그램으로 제공되는 것을 특징으로 하는 풍력 발전기의 고장 진단 방법.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 액티브 빈은, 발전기 속도 값이 발전기 정격 속도 값의 90% 이상 97% 이하인 영역에서 선택되는 것을 특징으로 하는 풍력 발전기의 고장 진단 방법.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 액티브 빈 결정단계는,

상기 히스토그램 중 컷인(Cut-In) 구간을 제1 액티브 빈으로 결정하고, 발전기 속도의 최대값이 나타난 구간을 제2 액티브 빈으로 결정하며, 상기 제1 액티브 빈 구간과, 상기 제2 액티브 빈 구간에서 발전기 속도 값의 횟수가 최대로 나타내는 구간을 제3 액티브 빈 구간으로 결정하는 것을 특징으로 하는 풍력 발전기의 고장 진단 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 액티브 빈 결정단계는,

상기 히스토그램 중 컷인(Cut-In) 구간보다 작은 값으로 결정된 발전기 속도 값과 컷인 구간 사이에서, 발전기 속도 값의 횟수가 최대인 구간을 제1 보조 액티브 빈으로 결정하고, 상기 컷인 구간 이상에서 상기 제1 액티브 빈 구간과 상기 제3 액티브 빈 구간을 제외한 나머지 구간에서 발전기 속도 값의 횟수가 최대인 구간을 제2 보조 액티브 빈으로 결정하는 것을 특징으로 하는 풍력 발전기의 고장 진단 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 액티브 빈 대표값은,

액티브 빈 구간에서의 진동 크기 값의 평균값 및 표준편차값과, 액티브 빈 구간에서의 진동 크기값에서 노이즈를 제거한 값의 평균값과 표준편차값 및 액티브 빈 구간에서의 진동 크기 값의 최대값 중에서 선택된 적어도 어느 하나인 것을 특징으로 하는 풍력 발전기의 고장 진단 방법.

청구항 7

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 기준값은,

상기 각 액티브 빈에 대해 시운전 기간 중 측정된 진동 크기 값의 최대값인 것을 특징으로 하는 풍력 발전기의 고장 진단 방법.

청구항 8

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 기준값은, 하기 수학적 식 1에 의거하여 연산되는 것을 특징으로 하는 풍력 발전기의 고장 진단 방법.

수학적 식 1

$$F = M + a \times S$$

상기 수학적 식 1에서, F는 기준값이고, M은 동작 데이터 측정단계에서 측정된 발전기 속도가 포함된 액티브 빈 구간에서의 진동 크기의 평균값이며, S는 동작 데이터 측정단계에서 측정된 발전기 속도가 포함된 액티브 빈 구간에서의 진동 크기의 표준 편차값이며 a는 상수이다.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 a는 양수인 것을 특징으로 하는 풍력 발전기의 고장 진단 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 풍력 발전기의 고장 진단 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 풍력 발전기의 고장 진단에 대한 신뢰성이 향상되게 하는 풍력 발전기의 고장 진단 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로, 바람을 이용하여 전력을 생산하는 풍력 발전시스템은 풍력 발전기와 이를 제어하는 중앙 제어장치로 이루어진다.

[0003] 또한, 풍력 발전기는 바람에 의해 회전하는 블레이드와, 블레이드의 회전 에너지를 전기 에너지로 변환하는 장치로 구성된 나셀(Nacelle)과, 블레이드와 나셀을 연결하는 허브(Hub)와, 나셀을 지지하는 타워 등으로 이루어진다.

[0004] 이때, 풍력 발전기와 중앙 제어장치는 유선 또는 무선으로 중앙 제어장치와 연결되며, 고가인 풍력 발전기를 장시간 정상 상태로 유지하기 위해서 치명적인 고장이나 손상이 발생하기 전에 이를 미리 탐지하여 수리하거나 다른 조치를 취하는 것이 필요하다.

[0005] 하지만, 풍력 발전기를 감시자가 실시간으로 상시 감시하는 것은 어렵기 때문에, 풍력 발전기 각 요소별로 검출되는 특정한 신호를 모니터링 하는 상태 감시가 필요하고, 특히 육지로부터 멀리 떨어진 해상 풍력 발전기 등의 경우에는, 이러한 감시를 통한 사전경고 신호에 대한 신뢰도의 향상이 요구되고 있는 실정이다.

- [0006] 풍력 발전기는 바람의 불규칙한 변동성 때문에 회전속도 및 블레이드 각도(피치)를 변화시킴으로써, 연속적으로 변화하는 바람에 효율적으로 대응하며 발전을 진행한다. 이에 따라 화력, 원자력 및 수력 발전기와는 달리 풍력 발전기는 수시로 회전속도 및 하중 등의 운전 조건 변화를 수반하는 변동 발전기기이다.
- [0007] 한편, IEC(International Electrotechnical Commission) 61400-25-6(Communications for monitoring and control of wind power plants, TC 88)에서는 '빈(bin)'이라는 개념의 기준을 제시하고 있다. 빈이란 어떤 파라미터가 어느 한 값으로 수렴 또는 정상 상태(steady state)를 유지하는 것이 아니라 끊임없이 무작위적으로 변화하는 양상을 가지는 경우에 있어서, 이러한 데이터를 다루는 기법에서 사용되는 용어이다. 이러한 빈은 제어나 분석 등에 사용될 때 액티브 빈(active bin)이라 칭하며, 풍력 발전기의 고장 진단을 위해서는 액티브 빈을 사용하는 것이 바람직하다.
- [0008] 한편, 종래의 풍력 발전기와 같이 넓은 지역에 분산 배치된 발전기의 고장 진단을 위하여 모니터링하는 방법과 관련하여, 대한민국 등록특허 10- 1152647호에는 센서 등을 통해 고장 발생이 감지되면 관리자에게 SMS로 통지하는 기술이 개시되어 있을 뿐, 실제로 어떤 상태를 고장 발생으로 정의할 것이냐에 대해 결정하는 방법에 대해서는 기재되어 있지 않다.
- [0009] 따라서, 종래의 경우 액티브 빈을 적절하게 설정할 수 있는 방법이 제시되지 못하는 문제점이 있었다.
- [0010] 또한, 액티브 빈이 제시된다하더라도 액티브 빈의 결정과정이 간소화되지 못하는 문제점이 있었고, 고장 진단시 사용되는 변수들에 오차가 발생하는 것을 방지하지 못하는 문제점도 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0011] 본 발명은 상술한 바와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로, 풍력 발전기의 고장 진단에 대한 신뢰성이 향상되게 하는 풍력 발전기의 고장 진단 방법을 제공함에 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0012] 전술한 본 발명의 목적은, 시운전중에 기 결정된 시간간격 내에서 일정시간 동안 발전기 속도 값과 진동 크기 값을 수집하는 시운전 데이터 수집 단계; 상기 시운전 데이터 수집 단계에서 수집된 발전기 속도 값과, 발전기 속도 값이 측정될 때 발생하는 진동 크기 값이 매칭되어 테이블화된 제1 정보와, 기 결정된 발전기 속도 값의 구간별로 각 구간에 해당되는 발전기 속도 값의 횟수에 해당되는 제2 정보를 생성하는 시운전 데이터 생성 단계; 상기 제1 정보와 상기 제2 정보를 이용하여 적어도 하나 이상의 액티브 빈 및 액티브 빈 대표값을 결정하는 액티브 빈 결정단계; 풍력 발전기가 동작하는 동안의 발전기 속도 값과 진동 크기 값을 측정하는 동작 데이터 측정단계; 및 상기 동작 데이터 측정 단계에서 측정된 발전기 속도 값을 이용하여 기준값을 산출하고, 진동 크기 값이 기준값을 초과하는 지를 판단하여 상기 풍력 발전기의 고장여부를 판단하는 고장 판단 단계;를 포함하는 풍력 발전기의 고장 진단 방법을 제공함으로써 달성된다.
- [0013] 또한, 상기 제1 정보는 매칭 그래프로 제공되고, 상기 제2 정보는 히스토그램으로 제공되는 것을 특징으로 한다.
- [0014] 또한, 상기 액티브 빈은, 발전기 속도 값이 발전기 정격 속도 값의 90% 이상 97% 이하인 영역에서 선택되는 것을 특징으로 한다.
- [0015] 또한, 상기 액티브 빈 결정단계는, 상기 히스토그램 중 컷인(Cut-In) 구간을 제1 액티브 빈으로 결정하고, 발전기 속도의 최대값이 나타난 구간을 제2 액티브 빈으로 결정하며, 상기 제1 액티브 빈 구간과, 상기 제2 액티브 빈 구간에서 발전기 속도 값의 횟수가 최대로 나타내는 구간을 제3 액티브 빈 구간으로 결정하는 것을 특징으로 한다.
- [0016] 또한, 상기 액티브 빈 결정단계는, 상기 히스토그램 중 컷인(Cut-In) 구간보다 작은 값으로 결정된 발전기 속도 값과 컷인 구간 사이에서, 발전기 속도 값의 횟수가 최대인 구간을 제1 보조 액티브 빈으로 결정하고, 상기 컷인 구간 이상에서 상기 제1 액티브 빈 구간과 상기 제3 액티브 빈 구간을 제외한 나머지 구간에서 발전기 속도 값의 횟수가 최대인 구간을 제2 보조 액티브 빈으로 결정하는 것을 특징으로 한다.
- [0017] 또한, 상기 액티브 빈 대표값은, 액티브 빈 구간에서의 진동 크기 값의 평균값 및 표준편차값과, 액티브 빈 구간에서의 진동 크기값에서 노이즈를 제거한 값의 평균값과 표준편차값 및 액티브 빈 구간에서의 진동 크기 값의

최대값 중에서 선택된 적어도 어느 하나인 것을 특징으로 한다.

[0018] 또한, 상기 기준값은, 상기 각 액티브 빈에 대해 시운전 기간 중 측정된 진동 크기 값의 최대값인 것을 특징으로 한다.

[0019] 또한, 상기 기준값은, 하기 수학식 1에 의거하여 연산되고,

[0020] 수학식 1은,

[0021]
$$F = M + a \times S$$

[0022] 상기 수학식 1에서, F는 기준값이고, M은 동작 데이터 측정단계에서 측정된 발전기 속도가 포함된 액티브 빈 구간에서의 진동 크기의 평균값이며, S는 동작 데이터 측정단계에서 측정된 발전기 속도가 포함된 액티브 빈 구간에서의 진동 크기의 표준 편차값이며 a는 상수인 것을 특징으로 한다.

[0023] 또한, 상기 a는 양수인 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0024] 상술한 바와 같이 본 발명인 풍력 발전기의 고장 진단 방법은, 풍력 발전기의 고장 진단시에 운전변수로서 발전기 속도 값을 사용함으로써, 액티브 빈을 간소화하여 풍력 발전기의 고장에 대한 신뢰성을 향상시키는 효과가 있다.

[0025] 또한, 발전기 속도 값이 발전기 정격 속도 값의 90% 이상 97% 이하에서 액티브 빈 구간이 설정되도록 하기 때문에, 외부 영향을 최소화시킨 상태에서 풍력 발전기의 진동 크기 값을 측정할 수 있어, 풍력 발전기의 고장에 대한 진단의 정확성을 향상시키는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은 본 발명에 따른 풍력 발전기의 고장 진단 방법을 나타내는 흐름도.

도 2는 본 발명에 따른 풍력 발전기의 고장 진단 방법에서 액티브 빈이 결정된 예시도.

도 3은 본 발명에 따른 풍력 발전기의 고장 진단 방법에서 액티브 빈이 결정된 다른 예시도.

도 4는 본 발명에 따른 풍력 발전기의 고장 진단 방법에서 발전기 속도 값에 따른 액티브 빈 구간이 설정되는 영역을 나타내는 예시도.

도 5는 본 발명에 따른 풍력 발전기의 고장 진단 방법에서 발전기 속도 값에 따른 진동 크기 값의 편차를 나타내는 그래프.

도 6은 본 발명에 따른 풍력 발전기의 고장 진단 방법에서 발전기 속도 값에 따른 진동 크기 값의 편차를 나타내는 다른 그래프.

도 7은 본 발명에 따른 풍력 발전기의 고장 진단 방법에서 발전기의 Drive end에서의 발전기 속도 값에 따른 진동 크기 값의 변화를 나타내는 그래프.

도 8은 본 발명에 따른 풍력 발전기의 고장 진단 방법에서, 발전기의 Non drive end에서의 발전기 속도 값에 따른 진동 크기 값의 변화를 나타내는 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 풍력 발전기의 고장 진단 방법을 상세히 설명한다.

[0028] 도 1은 본 발명에 따른 풍력 발전기의 고장 진단 방법을 나타내는 흐름도이고, 도 2는 본 발명에 따른 풍력 발전기의 고장 진단 방법에서 액티브 빈이 결정된 예시도이며, 도 3은 본 발명에 따른 풍력 발전기의 고장 진단 방법에서 액티브 빈이 결정된 다른 예시도이다.

[0029] 도 1 내지 도 3에 도시된 바와 같이, 본 발명을 통해 고장이 진단되는 풍력 발전기는 복수개의 블레이드(미도시)와, 블레이드가 구비되어 회전하는 회전축(미도시), 회전축에 연결되어 회전함으로써 전력을 생산하는 발전기(미도시)를 포함할 수 있다.

[0030] 후술할 발전기 속도 값이나 진동 크기 값 등은 풍력 발전기의 원하는 위치에 다수개의 센서를 구비시키고, 각

센서를 통해 센싱된 값을 사용할 수 있다.

- [0031] 한편, 상기와 같이 구성된 풍력 발전기의 고장 진단 방법은, 시운전 데이터 수집 단계(S101), 시운전 데이터 생성 단계(S103), 액티브 빈 결정단계(S105), 동작 데이터 측정단계(S107) 및 고장 판단 단계(S109)를 포함할 수 있다.
- [0032] 시운전 데이터 수집 단계(S101)는 미리 결정된 시운전 기간 동안 기 결정된 시간간격 내에서 일정시간 동안 발전기 속도 값과 진동 크기 값을 수집한다.
- [0033] 예를 들어, 시운전 기간은 1년 사이로 결정될 수 있으며, 시간 간격은 10분에서 30분 사이, 일정시간은 30초에서 60초 사이로 결정될 수 있다.
- [0034] 이때, 발전기 속도 값은 기준 운전 변수에 해당하며, 본 발명에 따른 풍력 발전기의 고장 진단 방법은, 기준 운전 변수로, 회전속도, 발전기 속도 값을 사용할 수 있다.
- [0035] 특히, 본 발명은 기준 운전 변수로 발전기 속도 값을 사용함으로써 고장 진단의 신뢰성을 향상시키는데, 후술할 액티브 빈은, 발전기 속도 값이 발전기 정격 속도 값의 90% 이상 97% 이하인 영역에서 선택되게 할 수 있다.
- [0036] 액티브 빈이 발전기 속도 값이 발전기 정격 속도 값의 90% 이상 97% 이하인 영역에서 선택되게 되면, 액티브 빈 구간에서 선택되는 진동 크기 값의 편차가 적어 진단에 대한 신뢰성이 향상되게 된다.
- [0037] 또한, 본 발명은 발전기 속도 값을 이용하여 시운전 데이터를 수집할 수 있지만, 이러한 단계를 거치지 않고, 발전기 속도 값이 발전기 정격 속도 값의 90% 이상 97% 이하인 영역에서 액티브 빈 구간을 설정하여 풍력 발전기의 고장 여부를 진단할 수 있다.
- [0038] 시운전 데이터 생성 단계(S103)는, 시운전 데이터 수집 단계(S101)에서 수집된 발전기 속도 값과, 발전기 속도 값이 측정될 때 발생하는 진동 크기 값이 매칭되어 테이블화된 제1 정보를 생성한다.
- [0039] 또한, 기 결정된 발전기 속도 값의 구간별로 각 구간에 해당되는 발전기 속도 값의 횟수에 해당하는 제2 정보를 생성한다.
- [0040] 이때, 제1 정보는 매칭 그래프로 제공될 수 있고, 제2 정보는 히스토그램으로 제공될 수 있다.
- [0041] 액티브 빈 결정단계(S105)는, 제1 정보와, 제2 정보를 이용하여 적어도 하나 이상의 액티브 빈 및 액티브 빈 대푯값을 결정할 수 있다.
- [0042] 도 2 및 도 3에 도시된 바와 같이, 액티브 빈 결정단계(S105)에서는, 히스토그램 중 컷인(Cut-In) 구간을 제1 액티브 빈으로 결정하고, 발전기 속도의 최대값이 나타난 구간을 제2 액티브 빈으로 결정할 수 있다.
- [0043] 또한, 상기 제1 액티브 빈 구간과, 상기 제2 액티브 빈 구간에서 발전기 속도 값의 횟수가 최대로 나타내는 구간을 제3 액티브 빈 구간으로 결정할 수 있다.
- [0044] 구체적으로, 측정되는 데이터 횟수가 급격하게 많아지는 구간이 뚜렷하게 존재하는데, 이러한 구간은 풍력 발전기가 동작을 시작하는 컷인(Cut-In) 구간에 해당하며, 이러한 구간을 제1 액티브 빈 구간으로 설정할 수 있다.
- [0045] 또한, 풍력 발전기의 발전기 속도 값의 최대값이 나타나는 조건도 풍력 발전기의 운용에 있어서 중요한 요소이기 때문에, 발전기 속도 값의 최대값이 나타난 범위 구간을 제2 액티브 빈으로 결정할 수 있다.
- [0046] 또한 컷인과, 발전기 속도값이 최대가 되는 조건사이에서, 가장 많은 발전기 속도의 횟수가 나타나는 구간도 중요한 부분으로, 가장 많은 발전기 속도 값의 횟수가 나타난 것은, 풍력 발전기가 운용될 때 가장 많은 시간 동안 해당 발전기 속도 값으로 작동한다는 것을 의미하기 때문에, 발전기 속도 값의 횟수가 최대로 나타난 범위 구간을 제3 액티브 빈으로 결정할 수 있다.
- [0047] 상기와 같은 과정을 거쳐 액티브 빈을 결정할 수 있으며, 보다 정확한 진단을 위해 보조 액티브 빈 구간을 설정할 수 있다.
- [0048] 구체적으로, 히스토그램 중 컷인(Cut-In) 구간보다 작은 값으로 결정된 발전기 속도 값과 컷인 구간 사이에서, 발전기 속도 값의 횟수가 최대인 구간을 제1 보조 액티브 빈으로 결정하고, 컷인 구간 이상에서 제1 액티브 빈 구간과, 제3 액티브 빈 구간을 제외한 나머지 구간에서 발전기 속도 값의 횟수가 최대인 구간을 제2 보조 액티브 빈으로 결정할 수 있다.
- [0049] 또한, 컷인 이전에도 풍력 발전기의 움직임이 없는 것은 아니며, 미세한 움직임이 있을 수 있다.

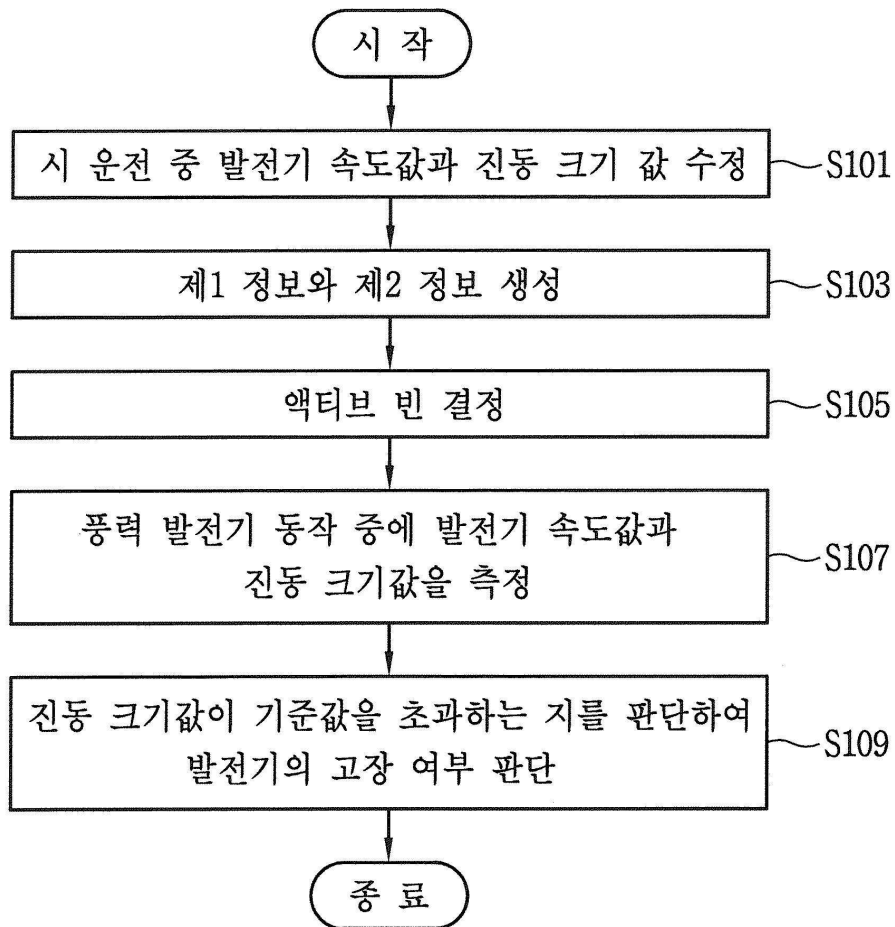
- [0050] 이러한 경우는, 실질적으로 풍력 발전기가 본격적인 작동을 하는 때가 아니기 때문에 고장 진단에 결정적으로 중요하지는 않지만, 이러한 경우에 대한 데이터를 사용해서도 고장 진단을 수행할 수 있다.
- [0051] 따라서, 컷인보다 작은 값으로 결정되는 미리 결정된 최소 발전기 속도 값 및 컷인 사이에서 발전기 속도 값의 횡수가 최대로 나타난 범위 구간을 제 1 보조 액티브 bin으로 결정할 수 있다.
- [0052] 또한, 컷인 이후 가장 빈번한 운전 조건이 나타나는 범위 구간도 고려하는 것이 바람직하다. 따라서, 컷인 이후 제1 내지 제3 액티브 bin을 제외한 나머지 범위 구간에서 발전기 속도 값의 횡수가 최대로 나타난 범위 구간을 제 2 보조 액티브 bin으로 결정할 수 있다.
- [0053] 상기와 같이 액티브 bin이 결정되고 나면, 액티브 bin의 대표값이 결정된다.
- [0054] 이러한 액티브 bin 대푯값은, 액티브 bin 구간에서의 진동 크기 값의 평균값 및 표준편차값과, 액티브 bin 구간에서의 진동 크기값에서 노이즈를 제거한 값의 평균값과 표준편차값 및 액티브 bin 구간에서의 진동 크기 값의 최대값 중에서 선택된 적어도 어느 하나 일 수 있다.
- [0055] 구체적으로, 어떤 조건에서 어느 정도의 크기의 진동이 나타나면 정상 작동 중이고, 진동이 일정크기 이상이면 고장이라고 판단하기 때문에, 액티브 bin 대표값은 진동 크기 값으로 나타날 수 있다.
- [0056] 액티브 bin 대표값은 액티브 bin 범위 구간 내 진동 크기 값의 평균값 및 표준편차값으로 결정될 수 있다.
- [0057] 하지만, 이러한 시운전 기간에도, 기후의 갑작스러운 변화에 의하여 노이즈가 발생할 수 있으며, 통계적 처리를 이용하여 노이즈를 제거한 뒤 평균값 및 표준편차값을 찾아 이를 액티브 bin 대표값으로 결정할 수 있다.
- [0058] 즉, 액티브 bin 대표값은, 액티브 bin 범위 구간 내 진동 크기 값에서 노이즈를 제거한 값의 평균값 및 표준편차값으로도 결정할 수 있다.
- [0059] 또는, 고장 진단을 위한 기준을 단순화하고자 하는 목적에서, 진동 평균값 및 표준편차값이 아니라 진동 최대값만을 기준으로 삼을 수도 있다.
- [0060] 상기와 같이 액티브 bin 및 액티브 bin 대표값이 결정되면 풍력 발전기는 실질적인 운용에 들어가며, 동작 데이터를 측정하게 된다.
- [0061] 동작 데이터 측정단계(S107)에서는, 풍력 발전기가 동작하는 동안의 발전기 속도 값과 진동 크기 값을 측정한다.
- [0062] 고장 판단 단계(S109)는, 동작 데이터 측정 단계에서 측정된 발전기 속도 값과 진동 크기 값을 이용하여 풍력 발전기의 고장유무를 판단한다.
- [0063] 구체적으로, 고장 판단 단계(S109)에서는, 발전기 속도 값을 이용하여 기준값을 산출하고, 진동 크기 값이 기준값을 초과하는 지를 판단한다.
- [0064] 이때, 기준값은 각 액티브 bin에 대해 시운전 기간 중 측정된 진동 크기값의 최대값일 수 있고, 하기 수학식 1에 의거하여 연산될 수 있다.
- [0065] 수학식 1은, $F = M + a \times S$ 이며, 수학식 1에서, F는 기준값이고, M은 동작 데이터 측정단계(S107)에서 측정된 발전기 속도가 포함된 액티브 bin 구간에서의 진동 크기의 평균값이며, S는 동작 데이터 측정단계(S107)에서 측정된 발전기 속도가 포함된 액티브 bin 구간에서의 진동 크기의 표준 편차값이며, a는 상수이고, 이때 a는 양수일 수 있다.
- [0066] 수학식 1에 의해서 기준값이 산출되면, 측정된 진동 크기값이 기준값 이하인지 기준값을 초과하는 지를 판단하고, 기준값을 초과하면, 풍력 발전기가 고장상태인 것으로 판단할 수 있다.
- [0067] 한편, 도 4에는 본 발명에 따른 풍력 발전기의 고장 진단 방법에서 발전기 속도 값에 따른 액티브 bin 구간이 설정되는 영역을 나타내는 예시도가 도시되어 있고, 도 5에는 본 발명에 따른 풍력 발전기의 고장 진단 방법에서 발전기 속도 값에 따른 진동 크기값의 편차를 나타내는 그래프가 도시되어 있으며, 도 6에는 본 발명에 따른 풍력 발전기의 고장 진단 방법에서 발전기 속도 값에 따른 진동 크기값의 편차를 나타내는 다른 그래프가 도시되어 있다.
- [0068] 도 4 내지 도 6에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 풍력 발전기의 고장 진단 방법에서는, 기준 운전변수로 발전기 속도 값을 사용하고, 발전기 속도 값이 발전기 정격 속도 값의 90%에서 97%영역일 때 액티브 bin 구간이 설

정되게 하여, 액티브 빈 구간에서의 측정된 진동 크기 값의 편차가 적도록 할 수 있다.

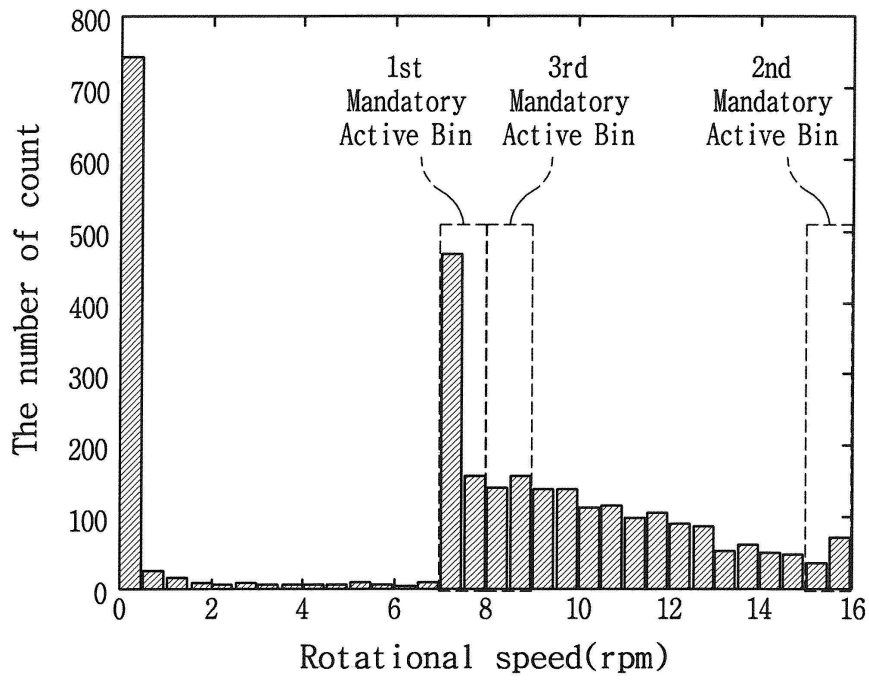
- [0069] 예를 들어, 발전기의 속도 값이 발전기 정격 속도 값의 90%이상 97%이하에 해당하면, 발전기가 외부의 영향에 대해 민감하게 반응하지 않기 때문에 측정되는 진동 크기 값의 변화가 매우 적다.
- [0070] 또한, 발전기 속도 값이 발전기 정격 속도 값의 90%이상 97%이하에 해당하게 되면, 블레이드 피치가 작동하지 않는 영역이기 때문에, 피치를 작동시키는 기기의 영향을 배제한 측정 결과를 얻을 수 있어, 측정 결과에 오류가 적어지게 되고, 변화가 적은 진동 크기 값을 측정할 수 있게 된다.
- [0071] 따라서, 고장 진단에 대한 신뢰성이 향상되게 되는데, RMS 분석이나 KURTOSIS 분석 등에서도 발전기 속도 값이 발전기 정격 속도의 90% 이상 97%이하인 구간에서 진동 크기 값의 편차가 적게 나타나는 것을 확인할 수 있다.
- [0072] 한편, 도 7에는 본 발명에 따른 풍력 발전기의 고장 진단 방법에서, 발전기의 Drive end에서의 발전기 속도 값에 따른 진동 크기값의 변화를 나타내는 그래프가 도시되어 있고, 도 8에는 본 발명에 따른 풍력 발전기의 고장 진단 방법에서, 발전기의 Non drive end에서의 발전기 속도 값에 따른 진동 크기 값의 변화를 나타내는 그래프가 도시되어 있다.
- [0073] 도 7 및 도 8에 도시된 바와 같이, 풍력 발전기의 Drive end와, Non drive end에서 발전기 속도 값이 발전기 정격 속도 값의 90%에서 97%인 경우에 진동 크기 값이 큰 변화없이 유지되는 것을 확인할 수 있다.
- [0074] 상기와 같이 동작되는 본 발명의 경우, 풍력 발전기의 고장 진단시에 운전변수로서 발전기 속도 값을 사용함으로써, 풍력 발전기의 고장에 대한 신뢰성을 크게 향상시킨다.
- [0075] 또한, 발전기 속도 값이 발전기 정격 속도 값의 90% 이상 97%이하에서 액티브 빈 구간이 설정되도록 하기 때문에, 블레이드의 피치가 작동하지 않는 영역으로, 외부의 영향이 최소화된 상태에서 풍력 발전기의 진동 크기 값을 측정할 수 있어 고장 진단의 정확성을 향상시킨다.
- [0076] 또한, 발전기 속도 값이 발전기 정격 속도 값의 90% 이상 97%이하에서 액티브 빈 구간이 설정되도록 하기 때문에, 풍력단지 터빈 통합 모니터링을 운영할 수 있다.
- [0077] 예를 들어, 노후 터빈의 경우, 터빈 보호를 위해 De-rated 운전모드(출력제한발전)로 운전하게 되는데, De-rated 터빈과 정상 터빈 간 진동 데이터 비교를 위해서는 정격출력 대비 저출력 시점에서의 데이터를 비교해야 하므로, 발전기 정격 속도의 90% 이상 97%이하에서 액티브 빈 구간에서 비교할 수 있게 된다.
- [0078] 이상에서 본 발명의 바람직한 일 실시예를 설명하였으나, 본 발명은 다양한 변화와 변경 및 균등물을 사용할 수 있고, 상기 실시예를 적절히 변형하여 동일하게 응용할 수 있음이 명확하다. 따라서 상기 기재내용은 하기 특허청구범위의 한계에 의해 정해지는 본 발명의 범위를 한정하는 것이 아니다.

도면

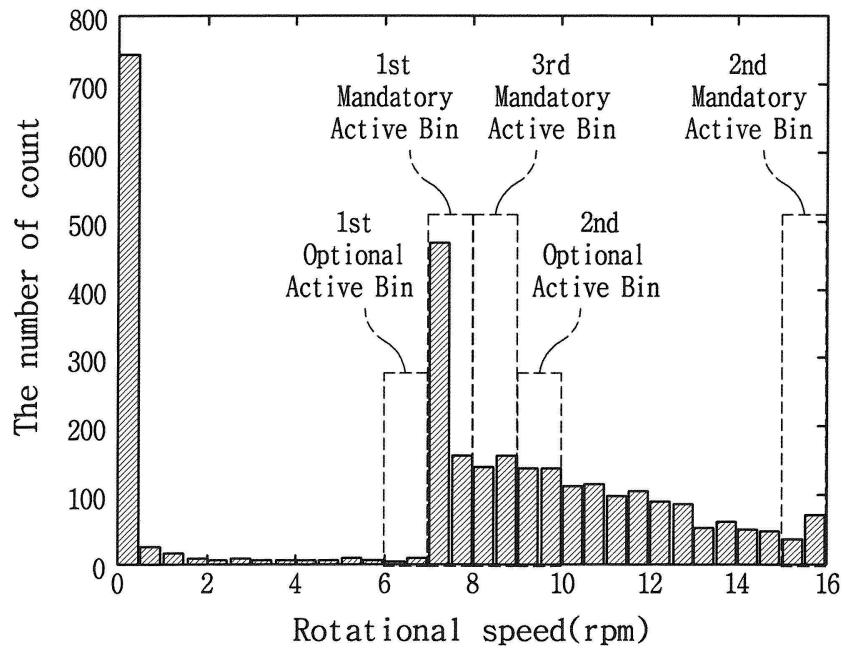
도면1



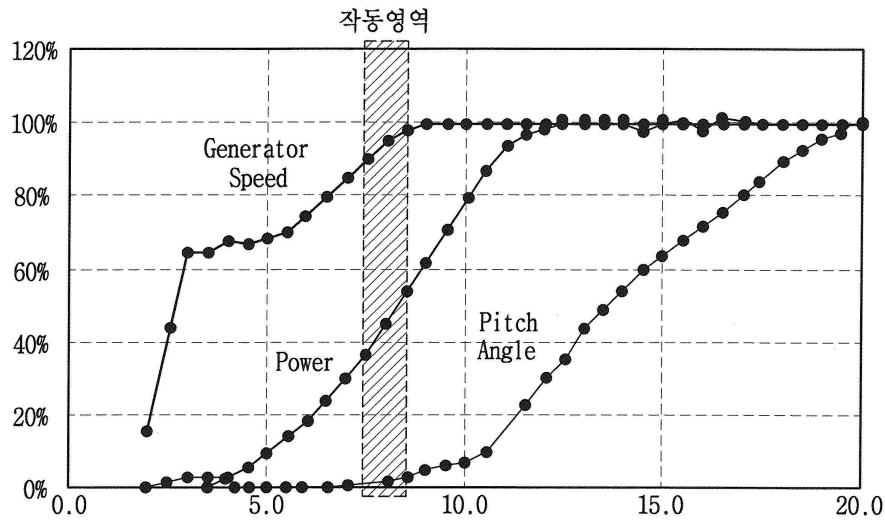
도면2



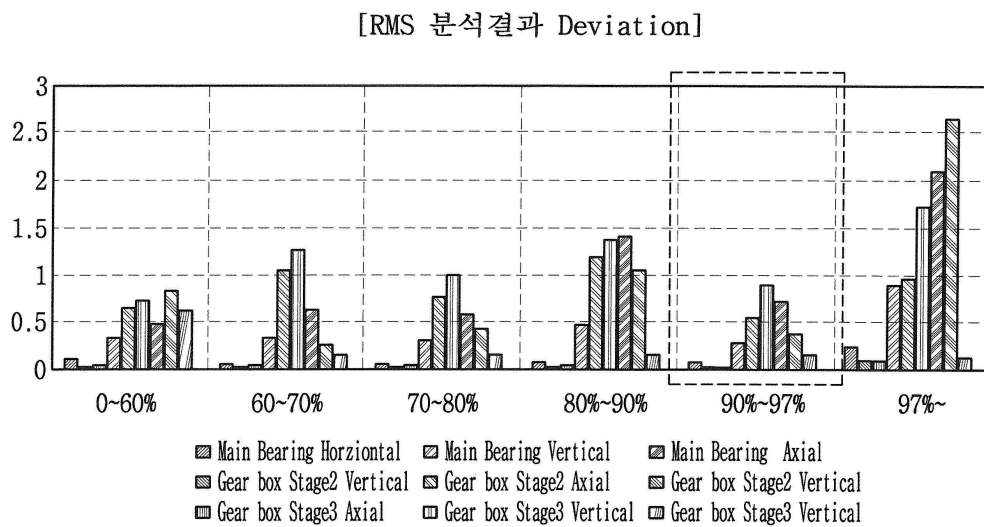
도면3



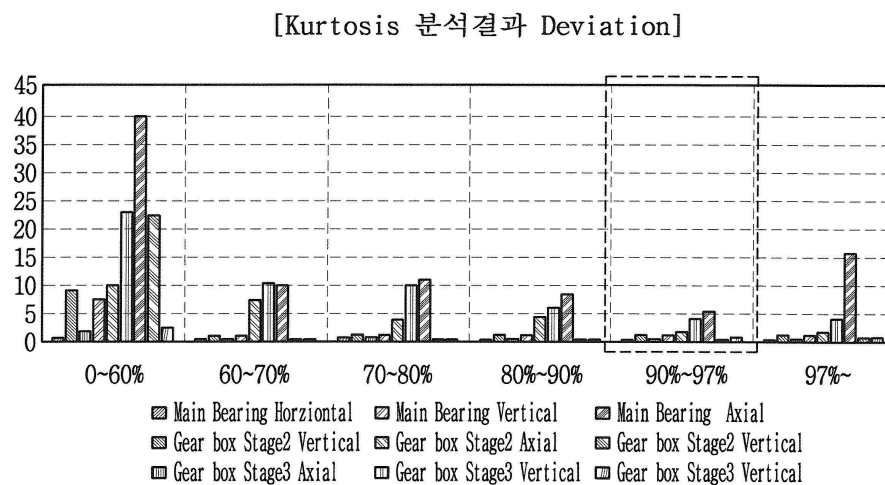
도면4



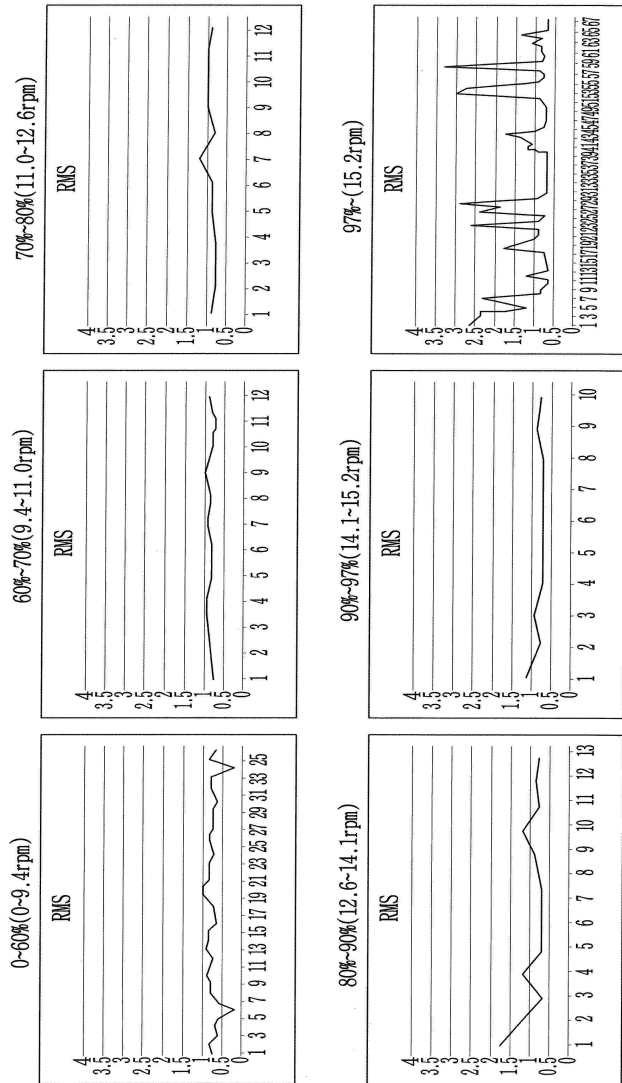
도면5



도면6



도면7



도면8

