



(51) 국제특허분류:

F03D 17/00 (2016.01)

G05B 23/02 (2006.01)

F03D 7/02 (2006.01)

(21) 국제출원번호:

PCT/KR2017/006490

(22) 국제출원일:

2017년 6월 20일 (20.06.2017)

(25) 출원언어:

한국어

(26) 공개언어:

한국어

(30) 우선권정보:

10-2016-0077112 2016년 6월 21일 (21.06.2016) KR

(71) 출원인: 두산중공업 주식회사 (DOOSAN HEAVY INDUSTRIES & CONSTRUCTION CO., LTD) [KR/KR]; 51711 경상남도 창원시 성산구 두산블로로 22, Gyeongsangnam-do (KR).

(72) 발명자: 손종덕 (SON, Jong Duk); 16226 경기도 수원시 영통구 대학1로8번길 70-6, 301호, Gyeonggi-do (KR). 이정훈 (LEE, Jeong Hoon); 34022 대전시 유성구 배울1로 13, 212동 801호, Daejeon (KR). 이기학 (LEE, Ki Hak); 16909 경기도 용인시 기흥구 용구대로2394번길 27, 103동 1202호, Gyeonggi-do (KR). 엄승만 (EOM, Se-

ung Man); 16845 경기도 용인시 수지구 신봉1로 28, 404동 702호, Gyeonggi-do (KR).

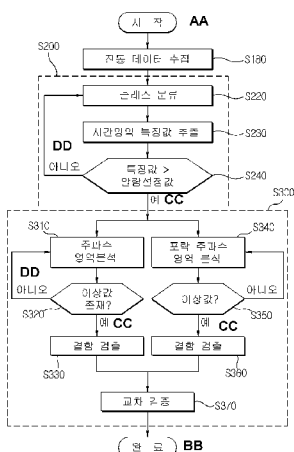
(74) 대리인: 특허법인 정안 (HONESTY & JR PARTNERS INTELLECTUAL PROPERTY LAW GROUP); 06103 서울시 강남구 선릉로 615, 5층, Seoul (KR).

(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI,

(54) Title: WIND POWER GENERATOR VIBRATION STATE MONITORING AND DIAGNOSING SYSTEM

(54) 발명의 명칭: 풍력발전기 진동 상태감시 및 진단 시스템



S180 ... Collect vibration data

S220 ... Classify classes

S230 ... Extract time domain characteristic value

S240 ... Is characteristic value greater than alarm setting value?

S310 ... Analyze frequency domain

S320 ... Does abnormal value exist?

S330, S360 ... Detect defect

S340 ... Analyze envelope frequency domain

S350 ... Is it abnormal value?

S370 ... Perform cross validation

AA ... Start

BB ... End

CC ... Yes

DD ... No

(57) Abstract: The present invention relates to a wind power generator vibration state monitoring and diagnosing system for attaching an acceleration sensor to a wind power generator, monitoring the state of the wind power generator by using a vibration characteristic acquired from the acceleration sensor, and diagnosing a broken part. The disclosed vibration-based defect detection method comprises the steps of: collecting vibration data of a wind power generator by a plurality of sensors; extracting a first characteristic value of a time domain on the basis of the vibration data; and extracting characteristic values for one or more frequency bands per location of each sensor in a frequency domain or an envelope frequency domain, if the first characteristic value is larger than a preset alarm setting value, wherein if at least one characteristic value among the characteristic values is greater than or equal to a preset normal value, it can be determined that there is a defect.

(57) 요약서: 본 발명은 풍력발전기에 가속도센서를 부착하고, 가속도센서로부터 획득한 진동 특성을 이용하여 풍력발전기의 상태를 감시하고 고장부위를 진단하는 풍력발전기 진동 상태감시 및 진단시스템에 관한 것이다. 개시된 진동기반 결함 검출 방법은 복수의 센서로 풍력발전기의 진동 데이터를 수집하는 단계, 상기 진동 데이터를 기초로 시간영역의 제 1 특징값을 추출하는 단계, 상기 제 1 특징값이 미리 설정된 알람설정값보다 크면, 주파수영역 또는 포락(envelope) 주파수영역에서 각 센서의 위치별 하나 이상의 주파수 대역별 특징값들을 추출하는 단계, 및 상기 특징값들 중 적어도 하나의 특징값이 미리 설정된 정상값 이상인 경우에 결함으로 판단할 수 있다.



FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK,
MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI
(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

명세서

발명의 명칭: 풍력발전기 진동 상태감시 및 진단 시스템 기술분야

- [1] 본 발명은 풍력발전기의 상태감시 및 진단 시스템에 관한 것으로서, 더욱 자세하게는 풍력발전기에 센서를 부착하고, 센서로부터 획득한 진동 특성을 이용하여 풍력발전기의 상태를 감시하고 고장부위를 진단하는 풍력발전기 진동 상태감시 및 진단시스템에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 최근 화석 에너지의 고갈과 기후 변화 및 온실가스 감축 등 환경문제로 인해 신재생 에너지에 대한 투자가 늘고 있고, 풍력발전기에 대한 수요도 전 세계적으로 늘고 있다.
- [3] 이와 같이 에너지의 보급 확산에 따라 2014년 세계 전력 소비량의 3.4%가 풍력발전기에 의해 생산되었으며, 2019년에는 5.3%에 이를 것으로 예상된다.
- [4] 그런데 풍력발전기는 다른 화력이나 원자력 발전 설비와는 달리 발전용량 대비 다수의 설비가 널리 분포되어 있고, 유지보수를 위한 작업 수행 시 기상 상태에 따른 접근성, 부품 및 장비 수급, 작업인원 등에 영향을 받기 때문에 관리가 쉽지 않은 설비이다.
- [5] 특히, 해상 풍력발전은 고장 발생 시 풍속과 파고에 따른 풍력발전기 접근에 제약이 있어 조기에 부품 고장을 감지하고, 중대사고를 예방하기 위한 정비 계획을 수립하는 것이 유지보수 비용 절감을 위해 필수적이다. 이를 위하여 다수의 풍력발전기 상태감시 시스템이 제시되고 있는데, 풍력발전기 상태감시 시스템은 예지정비, 상태기반정비 측면에서 조기에 부품고장을 감지하고 적시에 정비 시기를 결정하도록 할 수 있는 중요한 도구로 볼 수 있다.
- [6] 특히 풍력발전기의 진동 상태를 획득하고 이를 기반으로 한 상태감시시스템은 풍력발전기의 회전기계 부품 상태감시 및 진단에 적합하다고 알려져 있고 국내에서도 상태감시 및 진단 기법에 대한 연구가 수행 중에 있다.
- [7] 문제는 얼마나 효과적이고 신뢰성 있는 상태감시와 고장 진단이 이루어질 수 있는 시스템을 제시하느냐 하는 것이다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [8] 본 발명의 목적은, 효과적이고 신뢰성 있는 상태감시와 고장 진단을 위하여 회전기계를 구성하는 주베어링, 증속기, 발전기에서의 진동데이터를 이용하여 상태감시 및 고장진단을 할 수 있는 풍력발전기 진동 상태감시 및 진단시스템을 제공함에 있다.

과제 해결 수단

- [9] 전술한 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 복수의 센서에서 수집한

진동데이터를 이용하여 풍력발전기의 결함을 검출하는 진동기반 결함 검출 방법은 상기 복수의 센서로 풍력발전기의 진동 데이터를 수집하는 단계, 상기 진동 데이터를 기초로 시간영역의 제 1 특징값을 추출하는 단계, 상기 제 1 특징값이 미리 설정된 알람설정값보다 크면, 상기 복수의 센서의 각 위치별 진동 데이터를 기초로 주파수영역에서 각 센서의 위치별 하나 이상의 주파수 대역별 제 2 특징값들을 추출하는 단계, 상기 제 1 특징값이 미리 설정된 알람설정값보다 크면, 상기 복수의 센서의 각 위치별 진동 데이터를 기초로 포락(envelope) 주파수영역에서 각 센서의 위치별 상기 하나 이상의 주파수 대역별 제 3 특징값들을 추출하는 단계, 및 상기 제 2 특징값들 또는 상기 제 3 특징값들 중 적어도 하나의 특징값이 미리 설정된 정상값 이상인 경우에 결함으로 판단하는 단계를 포함할 수 있고, 이에 더하여 상기 제 2 특징값들 또는 상기 제 3 특징값들 중 적어도 하나의 특징값이 미리 설정된 정상값 이상인 경우에, 상기 적어도 하나의 특징값이 구해진 센서의 위치 및 주파수 대역을 기초로 결함 위치와 결함 종류를 검출하는 단계를 더 포함할 수 있다.

- [10] 여기서 상기 제 1 특징값은 실효값, 첨도 및 파고율 중의 적어도 하나를 포함하고, 상기 실효값(x_{rms})은

$$x_{rms} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n}}$$

$$x_k = \frac{E(y_i)^4}{\sigma^4} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{\left(\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \right)^4} \quad \text{에 의해 계산되고, 상기 파고율}(x_c) \text{은 } x_c = \frac{|x_{peak}|}{x_{rms}} \text{에}$$

의해 계산되는데, x_i 는 수집된 진동데이터를 나타내고, $\bar{x}$ 는 진동데이터의 평균을 나타내고, $|x_{peak}|$ 는 진동데이터 절대치의 최고값을 나타낼 수 있다.

- [11] 그리고 상기 복수의 센서의 각 위치별 진동 데이터를 기초로 주파수영역에서 각 센서의 위치별 하나 이상의 주파수 대역별 제 2 특징값들을 추출하는 단계는 상기 각 위치별 진동 데이터를 기초로 FFT(fast Fourier Transform)을 수행하는 단계 및 상기 FFT 수행 결과를 기초로 상기 각 위치별 상기 하나 이상의 특정 주파수대역내의 최대값을 제 2 특징값으로 추출하는 단계를 포함할 수 있고, 상기 복수의 센서의 각 위치별 진동 데이터를 기초로 포락 주파수영역에서 각 센서의 위치별 상기 하나 이상의 주파수 대역별 제 3 특징값들을 추출하는 단계는 상기 각 위치별 진동 데이터로부터 포락선(envelope)을 추출하는 단계, 상기 포락선을 기초로 FFT(fast Fourier Transform)를 수행하는 단계, 및 상기 FFT 수행 결과를 기초로 상기 각 위치별 상기 하나 이상의 특정 주파수대역내의 최대값을 제3 특징값으로 추출하는 단계를 포함할 수 있다. 여기서 상기 진동 데이터로부터 포락선(envelope)을 추출하는 단계는 상기 진동데이터를 대역통과필터를 통과시키는 단계, 상기 대역통과필터의 출력의 절대값을

획득하는 단계, 및 획득된 상기 절대값을 저역통과필터를 통과시키는 단계를 포함할 수 있고, 상기 하나 이상의 특정 주파수대역은 하기 식(1) 내지 식(6)에 의해서 계산된 주파수(f_r , f_c , f_s , f_o , f_i , 및 GMF)를 중심주파수로 하고 양쪽으로 1Hz만큼의 대역인 6개의 주파수 대역 중 적어도 하나의 주파수 대역을 포함할 수 있다.

$$[12] \quad \text{식(1)} \quad f_r = \frac{rpm}{60} = rps$$

$$[13] \quad \text{식(2)} \quad f_c = \frac{f_r}{2} \left[1 - \frac{B_d}{P_d} \cos \phi \right]$$

$$[14] \quad \text{식(3)} \quad f_s = \frac{P_d}{2B_d} f_r \left[1 - \left(\frac{B_d}{P_d} \cos \phi \right)^2 \right]$$

$$[15] \quad \text{식(4)} \quad f_o = N(FTF) = \frac{f_r}{2} N \left[1 - \frac{B_d}{P_d} \cos \phi \right]$$

$$[16] \quad \text{식(5)} \quad f_i = N(f_r - FTF) = \frac{f_r}{2} N \left[1 + \frac{B_d}{P_d} \cos \phi \right]$$

$$[17] \quad \text{식(6)} \quad \text{GMF} = (T_R + T_S) \times N_O = (T_R \times N_R) + (N_S \times T_S)$$

[18] 그리고 진동기반 결함 검출 방법은 상기 복수의 센서의 각 위치와 상기 하나 이상의 주파수 대역을 행과 열로 하고 상기 제 2 특징값들을 행렬의 값으로 하는 주파수 행렬 및 상기 복수의 센서의 각 위치와 상기 하나 이상의 주파수 대역을 행과 열로 하고 상기 제 3 특징값들을 행렬의 값으로 하는 포락 주파수 행렬을 구성하는 단계 및 상기 주파수 행렬과 상기 포락 주파수 행렬을 화면에 표시하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[19] 이에 더하여, 진동기반 결함 검출 방법은 상기 진동 데이터를 운전조건에 따라 복수의 클래스로 분류하고 상기 각 단계는 상기 복수의 클래스 각각에 대하여 수행할 수 있다.

[20] 전술한 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 복수의 센서에서 수집한 진동데이터를 이용하여 주베어링, 증속기, 및 발전기를 포함하는 풍력발전기의 결함을 검출하는 진동기반 결함 검출 시스템은 상기 풍력발전기에 부착되어 진동데이터를 수집하는 복수의 센서들을 포함하는 센서부, 상기 센서부에서 수집한 상기 진동데이터를 기초로 상기 풍력발전기의 이상상태를 검지하는 이상상태검지부, 및 상기 이상상태검지부에서 이상상태 검지신호를 받고, 상기 센서부에서 수집한 상기 진동데이터를 기초로 결함 위치 및 결함 종류를

판단하는 정밀진단부를 포함할 수 있다.

- [21] 여기서 상기 복수의 센서들은 1개의 타코미터(tachometer)와 15개의 가속도센서로 구성될 수 있고, 상기 타코미터는 상기 증속기에서 나와 발전기와 연결되는 종동축에 부착되어 종동축의 회전수를 측정할 수 있으며, 상기 가속도센서는 상기 주베어링에서의 진동을 수집하기 위한 2개의 가속도센서, 상기 증속기에서의 진동을 수집하기 위한 7개의 가속도 센서, 상기 발전기의 진동을 수집하기 위한 4개의 가속도 센서 및 상기 풍력발전기의 앞/뒤로의 진동 및 좌/우로의 진동을 수집하기 위한 2개의 가속도센서를 포함할 수 있다.

- [22] 그리고 상기 이상상태검지부는 상기 진동데이터를 기초로 실효값, 첨도 및 파고율 중의 적어도 하나를 포함하는 제 1 특징값을 계산하고, 상기 제 1 특징값이 미리 설정된 알람설정값 이상이면 이상상태로 검지하되, 상기 실효값(x_{rms})은

$$x_{rms} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n}}$$

에 의해 계산되고, 상기 첨도(x_k)는

$$x_k = \frac{E(y_i)^4}{\sigma^4} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{\left(\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \right)^4}$$

에 의해 계산되고, 상기 파고율(x_c)은 $x_c = \frac{|x_{peak}|}{x_{rms}}$ 에

의해 계산되는데, x_i 는 수집된 진동데이터를 나타내고, $\bar{x}$ 는 진동데이터의 평균을 나타내고, $|x_{peak}|$ 는 진동데이터 절대치의 최고값을 나타낼 수 있다.

- [23] 상기 정밀진단부는 상기 복수의 센서의 각 위치별 진동 데이터를 주파수 변환하고, 상기 주파수 변환에 의한 결과를 기초로 각 위치별 하나 이상의 특정 주파수대역내에서 최고값인 제 2 특징값들을 구하고, 상기 제 2 특징값들 중 적어도 하나의 제 2 특징값이 기 설정된 정상값보다 크면 결함으로 판단하고, 상기 적어도 하나의 제 2 특징값을 획득한 상기 위치 및 상기 특정 주파수대역을 기초로 결함 위치 및 결함 종류를 판단할 수 있고, 상기 위치 및 상기 하나 이상의 특정 주파수대역을 행과 열로 하고 상기 제 2특징값을 값으로 하는 주파수 행렬을 구성하고, 상기 주파수 행렬을 상기 진동기반 결함 검출 시스템이 더 포함하는 화면부에 표시할 수 있다.

- [24] 그리고 상기 정밀진단부는 상기 복수의 센서의 각 위치별 진동 데이터의 포락선(envelope)을 구하고, 상기 포락선을 주파수 변환하고, 상기 주파수 변환에 의한 결과를 기초로 각 위치별 하나 이상의 특정 주파수대역내에서 최고값인 제 3 특징값들을 구하고, 상기 제 3 특징값들중 적어도 하나의 제 3 특징값이 기 설정된 정상값보다 크면 결함으로 판단하고, 상기 적어도 하나의 제 3 특징값을 획득한 상기 위치 및 상기 특정 주파수대역을 기초로 결함 위치 및 결함 종류를 판단할 수 있고, 이에 더하여 상기 위치 및 상기 하나 이상의 특정 주파수대역을 행과 열로 하고 상기 제 3 특징값을 값으로 하는 포락주파수 행렬을 구성하고,

상기 포락주파수 행렬을 상기 진동기반 결합 검출 시스템이 더 포함하는 화면부에 표시할 수 있으며, 이때 상기 정밀진단부는 상기 진동데이터를 대역통과필터를 통과시키고, 상기 대역통과필터 출력의 절대값을 획득하고, 획득된 상기 절대값을 저역통과필터를 통과시켜 포락선(envelope)을 추출하도록 구성될 수 있다.

- [25] 여기서, 상기 하나 이상의 특정 주파수대역은 하기 식(1) 내지 식(6)에 의해서 계산된 주파수(f_r , f_c , f_s , f_o , f_i , 및 GMF)를 중심주파수로 하고 양쪽으로 1Hz만큼의 대역인 6개의 주파수 대역 중 적어도 하나의 주파수 대역을 포함할 수 있다.

[26] 식(1)
$$f_r = \frac{rpm}{60} = rps$$

[27] 식(2)
$$f_c = \frac{f_r}{2} \left[1 - \frac{B_d}{P_d} \cos \phi \right]$$

[28] 식(3)
$$f_s = \frac{P_d}{2B_d} f_r \left[1 - \left(\frac{B_d}{P_d} \cos \phi \right)^2 \right]$$

[29] 식(4)
$$f_o = N(FTF) = \frac{f_r}{2} N \left[1 - \frac{B_d}{P_d} \cos \phi \right]$$

[30] 식(5)
$$f_i = N(f_r - FTF) = \frac{f_r}{2} N \left[1 + \frac{B_d}{P_d} \cos \phi \right]$$

[31] 식(6)
$$GMF = (T_R + T_S) \times N_O = (T_R \times N_R) + (N_S \times T_S)$$

발명의 효과

- [32] 본 발명에 의하면, 풍력발전기의 진동 특성을 기반으로 한 효과적이고 신뢰성 있는 상태감시와 고장 진단 시스템을 제공하여 조기에 부품 고장을 감지하고, 중대사고를 예방하기 위한 정비 계획을 수립하도록 할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [33] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 풍력발전기의 진동 상태를 감시하기 위한 센서들의 위치를 도시한 도면이다.
- [34] 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 풍력발전기 진동 상태감시 및 진단 시스템의 감시 및 진단 방법을 도시한 도면이다.
- [35] 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 주파수 영역 분석 흐름을 도시한 흐름도이다.
- [36] 도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 진동데이터를 FFT 수행하여 취한 주파수

특성과 협대역 피크 추출방법을 설명하는 도면이다.

[37] 도 5은 베어링의 결합 주파수를 계산하기 위한 파라미터들을 도시한 도면이다.

[38] 도 6은 증속기(120)의 유성기어에서의 GMF를 계산하기 위한 파라미터들을 도시한 도면이다.

[39] 도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따른 포락 주파수 영역 분석 흐름을 도시한 흐름도이다.

[40] 도 8은 본 발명에 따른 주파수 행렬과 포락주파수 행렬을 화면에 표시한 일 실시 예를 도시한 도면이다.

[41] 도 9는 본 발명의 일 실시 예에 따른 진동기반 풍력발전기 결합 검출 시스템의 개략적인 블록도이다.

[42] 도 10은 본 발명에 따른 화면부(940)에 분석 결과를 표시하는 일 실시 예를 도시한 것이다.

[43] 도 11은 본 발명에 따른 화면부(940)에 분석 결과를 표시하는 또 다른 일 실시 예를 도시한 것이다.

발명의 실시를 위한 형태

[44] 이하, 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시 예에 한정되지 않는다.

[45] 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 동일 또는 유사한 구성요소에 대해서는 동일한 참조 부호를 붙이도록 한다.

[46] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우 뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다. 또한 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[47] 어느 부분이 다른 부분의 "위에" 있다고 언급하는 경우, 이는 바로 다른 부분의 위에 있을 수 있거나 그 사이에 다른 부분이 수반될 수 있다. 대조적으로 어느 부분이 다른 부분의 "바로 위에" 있다고 언급하는 경우, 그 사이에 다른 부분이 수반되지 않는다.

[48] 제1, 제2 및 제3 등의 용어들은 다양한 부분, 성분, 영역, 층 및/또는 섹션들을 설명하기 위해 사용되나 이들에 한정되지 않는다. 이들 용어들은 어느 부분, 성분, 영역, 층 또는 섹션을 다른 부분, 성분, 영역, 층 또는 섹션과 구별하기 위해서만 사용된다. 따라서, 이하에서 서술하는 제1 부분, 성분, 영역, 층 또는 섹션은 본 발명의 범위를 벗어나지 않는 범위 내에서 제2 부분, 성분, 영역, 층

또는 섹션으로 언급될 수 있다.

- [49] 여기서 사용되는 전문 용어는 단지 특정 실시예를 언급하기 위한 것이며, 본 발명을 한정하는 것을 의도하지 않는다. 여기서 사용되는 단수 형태들은 문구들이 이와 명백히 반대의 의미를 나타내지 않는 한 복수 형태들도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함하는"의 의미는 특정 특성, 영역, 정수, 단계, 동작, 요소 및/또는 성분을 구체화하며, 다른 특성, 영역, 정수, 단계, 동작, 요소 및/또는 성분의 존재나 부가를 제외시키는 것은 아니다.
- [50] "아래", "위" 등의 상대적인 공간을 나타내는 용어는 도면에서 도시된 한 부분의 다른 부분에 대한 관계를 보다 쉽게 설명하기 위해 사용될 수 있다. 이러한 용어들은 도면에서 의도한 의미와 함께 사용 중인 장치의 다른 의미나 동작을 포함하도록 의도된다. 예를 들면, 도면 중의 장치를 뒤집으면, 다른 부분들의 "아래"에 있는 것으로 설명된 어느 부분들은 다른 부분들의 "위"에 있는 것으로 설명된다. 따라서 "아래"라는 예시적인 용어는 위와 아래 방향을 전부 포함한다. 장치는 90° 회전 또는 다른 각도로 회전할 수 있고, 상대적인 공간을 나타내는 용어도 이에 따라서 해석된다.
- [51] 다르게 정의하지는 않았지만, 여기에 사용되는 기술용어 및 과학용어를 포함하는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 일반적으로 이해하는 의미와 동일한 의미를 가진다. 보통 사용되는 사전에 정의된 용어들은 관련 기술문헌과 현재 개시된 내용에 부합하는 의미를 가지는 것으로 추가 해석되고, 정의되지 않는 한 이상적이거나 매우 공식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [52] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시 예에 한정되지 않는다.
- [53] 풍력발전기는 풍속과 풍향의 변화에 대해 최적의 출력을 생산하도록 설계하고 제작된 설비이다. 최적의 제어를 위해 풍력발전기는 PLC(Programmable logic controller)를 이용하여 토크(torque) 제어뿐 아니라 피치(pitch) 및 요(yaw) 제어를 수행할 수 있다. 일반적으로 풍력발전기에는 회전자(rotor) 및 증속기(gearbox) 축의 회전속도가 시동풍속 3m/s부터 중단풍속 25m/s까지의 가변구간과 정속 구간이 존재할 수 있다.
- [54] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 풍력발전기의 진동 상태를 감시하기 위한 센서들의 위치를 도시한 도면이다.
- [55] 도 1을 참조하면 풍력발전기의 진동 상태를 감시하기 위하여 단위시간당 속도의 변화를 검출할 수 있는 복수 개의 가속도센서와 물체의 회전수를 측정할 수 있는 레이저 타코미터(laser tachometer)를 설치할 수 있다. 이러한 센서들은 풍력발전기의 주베어링(main bearing; 110), 증속기(gearbox; 120), 및 발전기(generator; 130)근처의 하우징에 설치될 수 있다. 주베어링(110)은 주

샤프트(main shaft)의 회전 운동을 통해 발전을 하는 구조물인 풍력발전기에서 구조물의 하중을 지지하면서 주 샤프트의 회전을 가능하게 하는 부품으로 회전 설비의 동작 성능뿐만 아니라 유지 보수에 있어서도 주요한 요소이다.

증속기(120)는 기어를 이용해 풍력발전기의 날개에서 들어오는 에너지의 회전속도를 높여줘 발전에 적합한 회전속도를 맞추기 위해 사용하는 장치로 본 발명에서 제시하는 일 실시 예는 3단으로 구성되어 있으며 1단과 2단은 유성기어 형태이고 3단을 헬리컬 기어로서 구동축은 유성기어의 2단과 연결되고, 종동축은 발전기(130)와 연결되어 발전기(130)로 입력되는 에너지의 회전속도를 높여준다. 발전기(130)는 입력되는 회전에너지를 이용하여 전력을 생산하는 장치로 풍력 발전기에 있어서 상기 주베어링(110), 증속기(120), 및 발전기(130)는 핵심 부품이라 할 수 있다.

- [56] 도 1을 참조하여 좀 더 자세히 설명하면 본 발명의 일 실시 예에 따른 풍력발전기의 진동 상태를 감시하기 위하여 15개의 가속도센서와 1개의 타코미터를 풍력발전기에 부착할 수 있다. 타코미터는 헬리컬기어의 종동축에 부착되어 종동축의 회전수를 측정할 수 있다. 이는 발전기에 입력되는 에너지의 회전수와 동일할 수 있다. 그리고 15개의 가속도센서는 9개의 수직방향의 가속도를 측정하는 가속도센서와 6개의 수평방향의 가속도를 측정하는 가속도센서로 나눌 수 있고, 각 가속도센서에 의한 수평 방향의 진동과 수직 방향의 진동을 감시할 수 있다. 이러한 가속도센서는 각 주요 부품의 하우징(housing)에 부착될 수 있다. 주베어링(110)에는 수직방향과 수평방향의 진동을 각각 측정할 수 있도록 2개의 가속도 센서가 수평방향과 수직방향으로 부착될 수 있고, 증속기(120)에는 7개의 가속도 센서가 부착될 수 있으며 주 샤프트와 연결되는 증속기(120)의 토크 암(torque arm)의 왼쪽 끝과 오른쪽 끝에 각각 1개씩 부착될 수 있고, 기계식 펌프 베어링(mechanical pump bearing)에 1개, 증속기 3단의 휠 베어링(wheel bearing)에 1개, 증속기 3단의 구동축에 1개, 증속기 3단의 종동축에 2개 부착될 수 있다. 발전기(130)에는 4개의 가속도 센서가 수평방향과 수직방향으로 부착될 수 있는데 2개는 증속기(120)와 연결되는 쪽의 수평방향과 수직방향에 부착되고, 2개는 반대쪽의 수평방향과 수직방향에 부착될 수 있다. 그리고 마지막 2개는 풍력발전기 타워의 앞/뒤 방향의 진동과 좌/우 방향의 진동을 측정하기 위하여 하우징에 부착될 수 있다.

- [57] 이렇게 부착된 15개의 가속도센서와 1개의 타코미터를 이용하여 풍력발전기의 각 부분에 대한 진동데이터를 획득할 수 있다.

- [58] 획득된 진동데이터는 다음 [표 1]과 같이 풍력발전기의 터빈 운전영역에 따라 복수 개의 클래스(class)로 분류하여 저장될 수 있다. 여기서 클래스 1은 가변구간일 수 있고, 클래스 2 내지 5는 정속구간일 수 있다. 그리고 증속기 3단은 전술한 바와 같이 발전기(130)로 입력되는 증속기 3단의 종동축의 회전속력을 의미할 수 있다.

[59] [표1]

클래스	증속기 3단 회전속력[rpm]	회전속력변 화[rpm]	시간지연[s]	생산전력(P) [MW]	피치(Pitch)/요(Yaw) 활동
1	700~900	15	20	-	- / -
2	1400~1550	50	15	$1.6 < P < 2.0$	- / -
3	1400~1550	50	15	$2.0 < P < 3.0$	- / -
4	1400~1550	50	15	$P \geq 3.0$	Off/Off
5	1400~1550	50	15	$P \geq 3.0$	- / -

[60]

[61] 풍력발전기의 성능저하를 나타내는 결합데이터를 수집하기 위해서는 전술한 가변구간과 증속구간에서 따로 결합의 특징을 나타내는 유효한 특징을 추출할 필요가 있다. 이렇게 결합을 나타내는 유효한 특징은 결합주파수로 나타낼 수 있는데, 각 결합주파수의 특징들은 시간영역(time domain)에서 통계적인 계산을 수행하고, 주파수영역(spectrum domain)에서 베어링에서 발생할 수 있는 주파수와 기어가 맞물리면서 생기는 주파수인 GMF(Gear Mesh Frequency; 기어 맞물림 주파수) 등 결합주파수를 수학적으로 계산하고, 계산된 주파수에서의 크기를 측정함으로써 결합 부위를 검출할 수 있다.

[62] 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 다른 풍력발전기 진동 상태감시 및 진단 시스템의 감시 및 진단 방법을 도시한 도면이다.

[63] 도 2를 참조하면 전체 감시 및 진단 방법은 지속이상검출(Continuous health detection; S200) 단계와 이벤트이상검출(Event health detection; S300) 단계로 나눌 수 있다. 지속이상검출단계는 진동데이터를 시간영역에서 분석하여 통계적 특징값을 추출하여 풍력발전기의 결합상태를 파악하고, 이벤트이상검출단계(S300)는 지속이상검출단계(S200)에서 결합으로 판단한 경우, 주파수영역 및 포락주파수 영역에서의 분석을 통하여 결합이 발생한 위치와 결합 종류를 판단하는 정밀진단을 할 수 있다.

[64] 지속이상검출단계(S200)는 센서들로부터 진동데이터를 수집(S180)하고, 수집된 진동데이터를 상기 [표1]에 나타난 운전조건에 따라 클래스를 분류(S220)하고 각 클래스별 각 진동위치별 진동데이터로부터 시간영역의 특징값을 추출(S230)할 수 있다. 클래스별로 분류함으로써 가변구간과 증속구간에서 따로 결합의 특징을 파악하여 추출할 수 있다. 그리고 추출된 특징값이 알람설정값보다 크면 결합이 있을 것으로 판단(S240)하여 이벤트이상검출단계(S300)로 진입하고, 추출된 특징값이 알람설정값 이하이면 정상상태로 판단하여 계속 지속이상검출단계(S200)를 수행한다.

[65] 지속이상검출단계(S200)에서 추출하는 특징값들은 실효값, 첨도, 파고율일 수 있다. 실효값은 [수학식 1]에 따라, 첨도는 [수학식 2]에 따라, 그리고 파고율은

[수학식 3]에 따라 계산될 수 있다.

[66] [수식1]

$$x_{rms} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n}}$$

[67] [수식2]

$$x_k = \frac{E(y_i)^4}{\sigma^4} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{\left(\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \right)^4}$$

[68] [수식3]

$$x_c = \frac{|x_{peak}|}{x_{rms}}$$

[69]

[70] 여기서

x_i

는 수집된 진동데이터를 나타내고,

$\bar{x}$

는 진동데이터의 평균을 나타내고,

$|x_{peak}|$

는 진동데이터 절대치의 최고값을 나타낸다. 그리고 알람설정값은 ISO 10816-3 규격 또는 VDI3834-1 규격을 참고자료로 하여 설정할 수 있다.

[71] 이벤트이상검출단계(S300)는 주파수(frequency)영역 분석(S310)과 포락 주파수(envelope frequency)영역 분석(S340)을 수행하여 다음 [수학식 4] 내지 [수학식 9]로 계산되는 결함주파수에서 진동이 정상값보다 큰 값을 가지는 지를 검토하여 결함부위를 찾을 수 있는 정밀진단이 가능하다.

[72] 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 주파수 영역 분석 흐름을 도시한 흐름도이다.

[73] 도 3을 참조하면, 주파수영역 분석(S310)은 CHD에서 분류된 클래스별로 따로 수행될 수 있다. 주파수영역 분석(S310)을 위하여 각 클래스별 진동데이터를 이용하여 FFT(Fast Fourier Transform)를 수행(S311)한다. 그리고 협대역 피크(peak) 추출방법을 적용하여 각 협대역에서의 최대값을 추출(S313)하고 이를 기초로 하여 주파수 행렬을 구성(S315)할 수 있다. 여기서 결함의 판단을 상기 추출된 최대값을 이용하여 하고, 주파수 행렬은 추후 화면에 결함이 발생한 영역을 쉽게 보여주기 위하여 사용될 수 있다.

[74] 도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 진동데이터를 FFT 수행하여 취한 주파수

특성과 헵대역 피크 추출방법을 설명하는 도면이다.

- [75] 도 4를 참고하며 헵대역 피크 추출방법을 좀 더 상세히 설명하면, 헵대역 피크 추출방법은 하기 [수학식 4] 내지 [수학식 9]에서 계산된 주파수를 중심 주파수로 하여 양쪽으로 1Hz 만큼을 대역으로 정하고 그 대역내에서 최고값을 추출하는 방법이다.

- [76] [수식4]

$$f_r = \frac{rpm}{60} = rps$$

- [77] [수식5]

$$FTF = f_c = \frac{f_r}{2} \left[1 - \frac{B_d}{P_d} \cos \phi \right]$$

- [78] [수식6]

$$BSF = f_s = \frac{P_d}{2B_d} f_r \left[1 - \left(\frac{B_d}{P_d} \cos \phi \right)^2 \right]$$

- [79] [수식7]

$$BPFO = f_o = N(FTF) = \frac{f_r}{2} N \left[1 - \frac{B_d}{P_d} \cos \phi \right]$$

- [80] [수식8]

$$BPFI = f_i = N(f_r - FTF) = \frac{f_r}{2} N \left[1 + \frac{B_d}{P_d} \cos \phi \right]$$

- [81] [수식9]

$$GMF = (T_R + T_S) \times N_O = (T_R \times N_R) + (N_S \times T_S)$$

- [82] 여기서 [수학식 4] 내지 [수학식 8]은 베어링의 결함주파수를 계산하기 위한 것으로

$$f_r$$

는 축의 회전속도,

$$f_c$$

는 기본주파수(Fundamental Train Frequency; FTF),

$$f_s$$

는 볼회전주파수(Ball Spin Frequency; BSF),

$$f_o$$

는 외륜주파수(Ball Pass Frequency of Outer ring; BPFO),

f_i

는 내륜주파수(Ball Pass Frequency of Inner ring; BPFI)이다. 여기서 사용된 파라미터들을 도 5를 참조하여 설명하면

B_d

는 베어링 볼의 지름,

P_d

는 피치 지름,

N

은 볼의 수,

ϕ

는 접촉각이다. 그리고 [수학식 9]는 증속기(120)의 유성기어에서의 GMF를 계산하는 식으로 여기서 사용되는 파라미터들을 도 6을 참조하여 설명하면

T_R

은 링(ring) 기어(510)의 잇수이고,

T_s

는 선(sun)기어(520)의 잇수,

N_o

는 캐리어(Carrier; 530)의 회전속도, N_R 은 링기어(510)의 회전속도,

N_s

는 선기어(520)의 회전속도를 나타낸다.

[83] 도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따른 포락 주파수 영역 분석 흐름을 도시한 흐름도이다.

[84] 도 7을 참조하면 포락주파수영역 분석(S340)을 위하여 각 클래스별 진동데이터를 이용하여 포락선을 추출(S341)할 수 있다. 진동데이터를 대역통과필터를 통과시킨 후 절대값을 추출한 뒤 저역통과 필터 처리를 통해 포락선을 추출할 수 있다. 추출된 포락선에 대하여 FFT를 수행(S343)하고 협대역 피크 추출방법으로 각 협대역별 최대값을 추출(S345)하고, 이를 기초로 하여 포락주파수 행렬을 구성(S347)할 수 있다. 여기서 결함의 판단을 상기 추출된 최대값을 이용하여 하고, 포락주파수 행렬은 추후 화면에 결함이 발생한 영역을 쉽게 보여주기 위하여 사용될 수 있다.

[85] 도 8은 본 발명에 따른 주파수 행렬과 포락주파수 행렬을 화면에 표시한 일 실시 예를 도시한 도면이다.

[86] 도 8을 참조하면, 주파수 행렬과 포락주파수 행렬의 열(810)은 각각의 진동 측정위치로 나타내고, 행(820)은 상기 [수학식4] 내지 [수학식9]에 의해 계산된 주파수대역으로 나타내고 전술한 협대역 피크 추출방법에 의하여 추출된

최대값을 그 행렬의 값으로 할 수 있다.

- [87] 다시 도 2를 참조하면 전술한 방식으로 주파수 영역과 포락 주파수 영역을 분석하여 각 센서 위치별 상기 [수학식 4] 내지 [수학식 9]에 의해 계산되는 특정 주파수 대역들에서 구해진 최대값을 미리 설정된 정상값과 비교하여 결함이 존재(S320, S350)하는 지를 찾는다. 결함이 존재하면 최대값이 구해진 센서 위치와 주파수 대역을 기초로 결함 위치와 결함 종류를 검출(S330, S360)할 수 있다. 이는 주파수 행렬이나 포락주파수 행렬에서 결함이 존재하지 아니하는 부분과 색깔을 달리하여 표시한다면 관리자에서 훨씬 쉽게 결함의 존재 여부 및 결함위치와 결함 종류를 인식시킬 수 있을 것이다. 도 8의 예를 참조하면, 구해진 진동 최대값(830)이 미리 설정된 정상값보다 크면 결함이 있는 것으로 판단하여 붉은색으로 그 최대값을 표시할 수 있다. 그리고 이 최대값을 얻은 위치가 증속기이고, 결함 주파수대역은 베어링의 외륜임을 바로 인식할 수 있다.
- [88] 이후 주파수 영역에서 검출된 결함과, 포락 주파수 영역에서 검출된 결함을 중복체크하여 양 영역에서 검출된 결함의 경우는 결함이 실제 존재할 가능성이 훨씬 높아지는 것으로 판단할 수 있다.
- [89] 도 9는 본 발명의 일 실시 예에 따른 진동기반 풍력발전기 결함 검출 시스템의 개략적인 블록도이다.
- [90] 도 9를 참조하면, 진동기반 풍력발전기 결함 검출 시스템은 센서부(910), 이상상태감지부(920), 정밀진단부(930), 및 화면부(940)를 포함할 수 있다.
- [91] 센서부(910)는 도 1에 도시한 바와 같이 풍력발전기의 주요 부위에 부착된 가속도센서 및 타코미터를 포함할 수 있다. 가속도센서 및 타코미터는 풍력발전기 주요 부위의 진동 데이터를 수집하여 풍력발전기 결함 검출 장치에 저장할 수 있다.
- [92] 좀 더 상세히 살펴보면, 타코미터는 헬리컬기어의 종동축에 부착되어 종동축의 회전수를 측정할 수 있다. 이는 발전기에 입력되는 에너지의 회전수와 동일할 수 있다. 그리고 15개의 가속도센서는 9개의 수직방향의 가속도를 측정하는 가속도센서와 6개의 수평방향의 가속도를 측정하는 가속도센서로 나눌 수 있고, 각 가속도센서에 의한 수평 방향의 진동과 수직 방향의 진동을 감시할 수 있다. 이러한 가속도센서는 각 주요 부품의 하우징(housing)에 부착될 수 있다. 주베어링(110)에는 수직방향과 수평방향의 진동을 각각 측정할 수 있도록 2개의 가속도 센서가 수평방향과 수직방향으로 부착될 수 있고, 증속기(120)에는 7개의 가속도 센서가 부착될 수 있으며 주 샤프트와 연결되는 증속기(120)의 토크 암(torque arm)의 왼쪽 끝과 오른쪽 끝에 각각 1개씩 부착될 수 있고, 기계식 펌프 베어링(mechanical pump bearing)에 1개, 증속기 3단의 휠 베어링(wheel bearing)에 1개, 증속기 3단의 구동축에 1개, 증속기 3단의 종동축에 2개 부착될 수 있다. 발전기(130)에는 4개의 가속도 센서가 수평방향과 수직방향으로 부착될 수 있는데 2개는 증속기(120)와 연결되는 쪽의 수평방향과 수직방향에 부착되고, 2개는 반대쪽의 수평방향과 수직방향에 부착될 수 있다. 그리고 마지막 2개는

풍력발전기 타워의 앞/뒤 방향의 진동과 좌/우 방향의 진동을 측정하기 위하여 하우징에 부착될 수 있다.

- [93] 이상상태감지부(920)는 센서부(910)에서 수집한 진동데이터로부터 통계적으로 상기 [수학식 1] 내지 [수학식 3]에 의해 구해지는 시간영역에서의 실효값, 첨도, 파고율 등의 특징값을 추출하고 이러한 특징값이 알람설정값 이상인지를 확인하여 풍력발전기에 이상상태에 있는 지를 감지한다. 만약 이상상태가 감지되면 정밀진단부(930)로 신호를 주어 정밀진단부(930)가 이후 작업을 진행하도록 할 수 있다.
- [94] 정밀진단부(930)는 이상상태감지부(920)로부터 이상 상태가 감지되었다는 신호를 받으면 주파수 영역 분석 또는 포락 주파수 영역 분석을 통하여 이상이 발생한 위치 및 결함 종류를 추출하는 정밀진단을 수행할 수 있다. 상기 이상상태 감지부에서 구한 특징값과 상기 정밀진단부에서 획득한 주파수 영역과 포락 주파수 영역의 분석 결과인 주파수 행렬 및 포락 주파수 행렬은 화면부(940)에 표시될 수 있다.
- [95] 도 10은 본 발명에 따른 화면부(940)에 분석 결과를 표시하는 일 실시 예를 도시한 것이다.
- [96] 도 10을 참조하면, 화면의 X축으로는 센서부(910)에 포함되는 센서들의 부착 위치를 나타내고, Y축으로는 이상상태감지부(920)와 정밀진단부(930)에서 획득한 시간, 주파수 영역에서의 특징값을 나타낼 수 있다. 또한, 운전 영역에 따라 상기 [표 1]처럼 클래스를 나눌 수 있는데 각 클래스는 Z축을 따라 배치될 수 있다. 또한 센서부(910)의 센서들에 의해 수집된 원 진동 데이터도 화면부(940)에 같이 표시될 수 있다. 즉, 시간영역(1010)에서는 각 센서의 위치와 각 센서에서 수집된 데이터를 기초로 각 센서별 실효값, 첨도, 및 파고율이 표시될 수 있다. 주파수 및 포락주파수 영역(1020)에서는 정밀진단부(930)에서 전술한 이벤트이상검출단계(S300)의 주파수영역 분석(S310)과 포락 주파수 영역 분석(S320)에 따라 구해진 주파수 행렬과 포락 주파수 행렬이 표시될 수 있다. 그리고 진동데이터영역(1030)은 센서에서 실제 획득한 진동데이터를 그대로 표시할 수 있다. 특히 이상상태가 발견된 경우에는 값의 색깔을 다른 것과 달리하여 사용자가 쉽게 이상상태를 감지하도록 할 수도 있다.
- [97] 도 11은 본 발명에 따른 화면부(940)에 분석 결과를 표시하는 또 다른 일 실시 예를 도시한 것이다.
- [98] 도 11을 참조하면, 화면부(940)는 기본정보부(1110), 기어부(1120), 및 베어링부(1130)를 포함할 수 있다.
- [99] 기본정보부(1110)는 풍력 발전기 관련 기본 정보를 표시할 수 있는데 풍력발전기가 설치된 사이트 정보, 진동 데이터를 수집한 시간정보를 포함하는 요약정보(Summary), 현재 운용중인 풍력발전기의 바람 속도, 발전기 속도, 발전기 생산 전력 등을 포함하는 동작 데이터 및 필터 정보(Operation Data & Filter), 그리고 설정된 필터 범위를 바탕으로 필터 범위내에 해당하는 진동을

겪는 센서의 수를 표시하는 충격 파인더(Shock Finder)를 포함할 수 있다.

- [100] 기어부(1120) 및 베어링부(1130)는 진동센서의 설치 위치를 나타내는 열(1121, 1131)과 각 진동센서별 진동 데이터 특징값을 나타내는 부분(1123, 1133), 및 필터값을 설정하는 부분(1125, 1135)을 포함할 수 있다. 기어부(1120) 및 베어링부(1130)는 진동데이터가 서로 상이할 수 있기 때문에 화면부(940)의 서로 다른 영역에서 각자의 진동데이터 특성값을 표시하도록 할 필요가 있다. 특히 진동센서별 진동 데이터 특징값 중에서 설정된 필터값에 해당하는 특징값은 다른 것들과 구별될 수 있는 색깔을 사용하여 표시(1127, 1137)함으로써 사용자가 결함이 있는 위치 및 중심주파수에 대응되는 결함 종류를 바로 인식할 수 있도록 하여 줄 수 있다.

[101]

- [102] 전술한 바와 같이 본원 발명은 풍력 발전기의 주요 영역에서의 진동을 측정하여 분석함으로써 결함에 대한 정밀진단이 가능하도록 하여 조기에 부품 고장을 감지하고, 중대사고를 예방하도록 할 수 있다.

[103]

- [104] 본 발명이 속하는 기술 분야의 당업자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있으므로, 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적인 것이 아닌 것으로서 이해해야만 한다. 본 발명의 범위는 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 등가개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

청구범위

[청구항 1] 복수의 센서에서 수집한 진동데이터를 이용하여 풍력발전기의 결함을 검출하는 진동기반 결함 검출 방법에 있어서,
 상기 복수의 센서로 풍력발전기의 진동 데이터를 수집하는 단계;
 상기 진동 데이터를 기초로 시간영역의 제 1 특징값을 추출하는 단계; 및
 상기 제 1 특징값이 미리 설정된 알람설정값보다 큰지 판단하고, 크다고 판단되면 상기 진동 데이터에 대하여 푸리에 변화(Fourier Transform)을 수행하여 획득한 주파수 영역의 특징값을 추출하여 결함을 검출하는 단계;를 포함하되,
 상기 주파수 영역의 특징값을 추출하여 결함을 검출하는 단계는,
 상기 복수의 센서 각각이 수집한 각 진동 데이터를 기초로
 주파수영역에서 센서 별 하나 이상의 미리 설정된 주파수 대역에 대한 제 2 특징값들을 추출하는 단계;
 상기 복수의 센서 각각이 수집한 각 진동 데이터를 기초로 포락(envelope) 주파수영역에서 센서 별 상기 하나 이상의 미리 설정된 주파수 대역에 대한 제 3 특징값들을 추출하는 단계; 및
 상기 제 2 특징값들 또는 상기 제 3 특징값들 중 적어도 하나의 특징값이 미리 설정된 정상값 이상인 경우에 결함으로 판단하는 단계;를 포함하는, 진동기반 결함 검출 방법.

[청구항 2] 제1항에 있어서,
 상기 제 2 특징값들 또는 상기 제 3 특징값들 중 적어도 하나의 특징값이 미리 설정된 정상값 이상인 경우에, 상기 적어도 하나의 특징값이 추출된 센서의 위치 및 주파수 대역을 기초로 결함 위치와 결함 종류를 검출하는 단계;를 더 포함하는,
 진동기반 결함 검출 방법.

[청구항 3] 제1항에 있어서,
 상기 제 1 특징값은 실효값, 첨도 및 파고율 중의 적어도 하나를 포함하고,
 상기 실효값(x_{rms})은

$$x_{rms} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n}}$$

상기 첨도(x_k)는

$$x_k = \frac{E(y_i)^4}{\sigma^4} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{\left(\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \right)^4}$$

상기 파고율(x_c)은

$$x_c = \frac{|x_{peak}|}{x_{rms}}$$

x_i 는 수집된 진동데이터를 나타내고, $\bar{x}$ 는 진동데이터의 평균을

나타내고, $|x_{peak}|$ 는 진동데이터 절대치의 최고값을 나타내는,

진동기반 결합 검출 방법.

[청구항 4]

제1항에 있어서,

상기 복수의 센서 각각이 수집한 각 진동 데이터를 기초로

주파수영역에서 센서 별 하나 이상의 미리 설정된 주파수 대역에 대한 제 2 특징값들을 추출하는 단계는,

상기 각 센서 별 진동 데이터를 기초로 FFT(Fast Fourier Transform)을 수행하는 단계; 및

상기 FFT 수행 결과를 기초로 상기 각 센서 별 상기 하나 이상의 미리 설정된 중심주파수를 중심으로 양쪽으로 1Hz 만큼의 주파수 대역내의 최대값을 제 2 특징값으로 추출하는 단계; 를 포함하는,

진동기반 결합 검출 방법.

[청구항 5]

제 4항에 있어서,

상기 하나 이상의 미리 설정된 중심주파수는 하기 식(1) 내지 식(6)에 의해서 계산된 주파수(f_r , f_c , f_s , f_o , f_i , 및 GMF)를 포함하는,

진동기반 결합 검출 방법.

$$\text{식(1)} \quad f_r = \frac{rpm}{60} = rps$$

$$\text{식(2)} \quad f_c = \frac{f_r}{2} \left[1 - \frac{B_d}{P_d} \cos \phi \right]$$

$$\text{식(3)} \quad f_s = \frac{P_d}{2B_d} f_r \left[1 - \left(\frac{B_d}{P_d} \cos \phi \right)^2 \right]$$

$$\text{식(4)} \quad f_o = N(FTF) = \frac{f_r}{2} N \left[1 - \frac{B_d}{P_d} \cos \phi \right]$$

$$\text{식(5)} \quad f_i = N(f_r - FTF) = \frac{f_r}{2} N \left[1 + \frac{B_d}{P_d} \cos \phi \right]$$

$$\text{식(6)} \quad \text{GMF} = (T_R + T_S) \times N_O = (T_R \times N_R) + (N_S \times T_S)$$

여기서 f_r 는 축의 회전속도, f_c 는 기본주파수(Fundamental Train

Frequency; FTF), f_s 는 볼회전주파수(Ball Spin Frequency; BSF), f_o 는

외륜주파수(Ball Pass Frequency of Outer ring; BPFO), f_i 는

내륜주파수(Ball Pass Frequency of Inner ring; BPFI)이고, B_d 는 베어링

볼의 지름, P_d 는 피치 지름, N 은 볼의 수, ϕ 는 접촉각, T_r 은 링(ring) 기어(510)의 잇수, T_s 는 선(sun)기어(520)의 잇수, N_o 는 캐리어(Carrier; 530)의 회전속도, N_R 은 링기어(510)의 회전속도, N_s 는 선기어(520)의 회전속도를 나타냄.

[청구항 6] 제1항에 있어서,
상기 복수의 센서 각각이 수집한 각 진동 데이터를 기초로 포락(envelope) 주파수영역에서 센서 별 상기 하나 이상의 미리 설정된 주파수 대역에 대한 제 3 특징값들을 추출하는 단계는,
상기 각 센서 별 진동 데이터로부터 포락선(envelope)을 추출하는 단계;
상기 포락선을 기초로 FFT(Fast Fourier Transform)를 수행하는 단계; 및
상기 FFT 수행 결과를 기초로 상기 각 센서 별 상기 하나 이상의 미리 설정된 중심주파수를 중심으로 양쪽으로 1Hz 만큼의 주파수 대역내의 최대값을 제3 특징값으로 추출하는 단계;를 포함하는,
진동기반 결함 검출 방법.

[청구항 7] 제6항에 있어서,
상기 진동 데이터로부터 포락선(envelope)을 추출하는 단계는,
상기 진동데이터를 대역통과필터를 통과시키는 단계;
상기 대역통과필터의 출력의 절대값을 획득하는 단계; 및
획득된 상기 절대값을 저역통과필터를 통과시키는 단계;를 포함하는
진동기반 결함 검출 방법.

[청구항 8] 제 6항에 있어서,
상기 하나 이상의 미리 설정된 중심주파수는 하기 식(1) 내지 식(6)에 의해서 계산된 주파수(f_r , f_c , f_s , f_o , f_i , 및 GMF)를 포함하는,
진동기반 결함 검출 방법.

$$\text{식(1)} \quad f_r = \frac{rpm}{60} = rps$$

$$\text{식(2)} \quad f_c = \frac{f_r}{2} \left[1 - \frac{B_d}{P_d} \cos \phi \right]$$

$$\text{식(3)} \quad f_s = \frac{P_d}{2B_d} f_r \left[1 - \left(\frac{B_d}{P_d} \cos \phi \right)^2 \right]$$

$$\text{식(4)} \quad f_o = N(FTF) = \frac{f_r}{2} N \left[1 - \frac{B_d}{P_d} \cos \phi \right]$$

$$f_i = N(f_r - FTF) = \frac{f_r}{2} N \left[1 + \frac{B_d}{P_d} \cos \phi \right]$$

$$\text{식(6) } \text{GMF} = (T_R + T_S) \times N_O = (T_R \times N_R) + (N_S \times T_S)$$

여기서 f_r 는 축의 회전속도, f_s 는 기본주파수(Fundamental Train Frequency; FTF), f_s 는 볼 회전주파수(Ball Spin Frequency; BSF), f_o 는 외륜주파수(Ball Pass Frequency of Outer ring; BPFO), f_i 는 내륜주파수(Ball Pass Frequency of Inner ring; BPFI)이고, B_d 는 베어링 볼의 지름, P_d 는 피치 지름, N 은 볼의 수, ϕ 는 접촉각, T_r 은 링(ring) 기어(510)의 잇수, T_s 는 선(sun)기어(520)의 잇수, N_o 는 캐리어(Carrier; 530)의 회전속도, N_R 은 링기어(510)의 회전속도, N_s 는 선기어(520)의 회전속도를 나타냄.

[청구항 9]

제1항에 있어서,
상기 복수의 센서의 각 위치와 상기 하나 이상의 주파수 대역을 행과 열로 하고 상기 제 2 특징값들을 행렬의 값으로 하는 주파수 행렬 및 상기 복수의 센서의 각 위치와 상기 하나 이상의 주파수 대역을 행과 열로 하고 상기 제 3 특징값들을 행렬의 값으로 하는 포락 주파수 행렬을 구성하는 단계; 및
상기 주파수 행렬과 상기 포락 주파수 행렬을 화면에 표시하는 단계; 를 더 포함하는,
진동기반 결합 검출 방법.

[청구항 10]

제1항에 있어서,
상기 진동 데이터는 운전조건에 따라 복수의 클래스로 분류하고,
상기 각 단계는 상기 복수의 클래스 각각에 대하여 수행하는,
진동기반 결합 검출 방법.

[청구항 11]

복수의 센서에서 수집한 진동데이터를 이용하여 주베어링, 증속기, 및 발전기를 포함하는 풍력발전기의 결합을 검출하는 진동기반 결합 검출 시스템에 있어서,
상기 풍력발전기에 부착되어 진동데이터를 수집하는 복수의 센서들을 포함하는 센서부;
상기 센서부에서 수집한 상기 진동데이터를 기초로 시간영역의 제1 특징값을 추출하여 상기 풍력발전기의 이상상태를 검지하는 이상상태검지부; 및
상기 이상상태검지부에서 이상상태 검지신호를 받으면, 상기 센서부에서 수집한 상기 진동데이터에 대하여 푸리에 변환(Fourier Transform)을 수행하여 획득한 주파수 영역의 특징값을 추출하여 결합 위치 및 결합

종류를 판단하는 정밀진단부;를 포함하는,
진동기반 결함 검출 시스템.

- [청구항 12] 제11항에 있어서, 상기 이상상태검지부는,
상기 진동데이터를 기초로 실효값, 첨도 및 파고율 중의 적어도 하나를
포함하는 제 1 특징값을 계산하고, 상기 제 1 특징값이 미리 설정된
알람설정값 이상이면 이상상태로 검지하되,
상기 실효값(x_{rms})은

$$x_{rms} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n}}$$

에 의해 계산되고,

상기 첨도(x_k)는

$$x_k = \frac{E(y_i)^4}{\sigma^4} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{\left(\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \right)^4}$$

에 의해 계산되고,

상기 파고율(x_c)은

$$x_c = \frac{|x_{peak}|}{x_{rms}}$$

에 의해 계산되는데,

x_i 는 수집된 진동데이터를 나타내고, $\bar{x}$ 는 진동데이터의 평균을
나타내고, $|x_{peak}|$ 는 진동데이터 절대치의 최고값을 나타내는,

진동기반 결함 검출 시스템.

- [청구항 13] 제11항에 있어서, 상기 정밀진단부는,
상기 복수의 센서 각각이 수집한 센서 별 진동 데이터를 기초로 FFT(Fast
Fourier Transform)를 수행하고,
상기 FFT 결과를 기초로 각 센서 별 하나 이상의 미리 설정된
중심주파수를 중심으로 양쪽으로 1Hz 만큼의 주파수 대역내의 최고값인
제 2 특징값들을 구하고,
상기 제 2 특징값들 중 적어도 하나의 제 2 특징값이 기 설정된
정상값보다 크면 결함으로 판단하고, 상기 적어도 하나의 제 2 특징값을
획득한 센서의 위치 및 상기 하나 이상의 미리 설정된 중심주파수를
기초로 결함 위치 및 결함 종류를 판단하는,
진동기반 결함 검출 시스템.

- [청구항 14] 제13항에 있어서,
상기 하나 이상의 미리 설정된 중심주파수는 하기 식(1) 내지 식(6)에
의해서 계산된 주파수(f_r , f_c , f_s , f_o , f_i , 및 GMF)를 포함하는,
진동기반 결함 검출 시스템.

$$\text{식(1)} \quad f_r = \frac{rpm}{60} = rps$$

$$f_c = \frac{f_r}{2} \left[1 - \frac{B_d}{P_d} \cos \phi \right]$$

$$\text{식(3)} \quad f_s = \frac{P_d}{2B_d} f_r \left[1 - \left(\frac{B_d}{P_d} \cos \phi \right)^2 \right]$$

$$\text{식(4)} \quad f_o = N(FTF) = \frac{f_r}{2} N \left[1 - \frac{B_d}{P_d} \cos \phi \right]$$

$$\text{식(5)} \quad f_i = N(f_r - FTF) = \frac{f_r}{2} N \left[1 + \frac{B_d}{P_d} \cos \phi \right]$$

$$\text{식(6)} \quad \text{GMF} = (T_R + T_S) \times N_O = (T_R \times N_R) + (N_S \times T_S)$$

여기서 f_r 는 축의 회전속도, f_c 는 기본주파수(Fundamental Train Frequency; FTF), f_s 는 볼회전주파수(Ball Spin Frequency; BSF), f_o 는 외륜주파수(Ball Pass Frequency of Outer ring; BPFO), f_i 는 내륜주파수(Ball Pass Frequency of Inner ring; BPFI)이고, B_d 는 베어링 볼의 지름, P_d 는 피치 지름, N 은 볼의 수, ϕ 는 접촉각, T_R 은 링(ring) 기어(510)의 잇수, T_S 는 선(sun)기어(520)의 잇수, N_O 는 캐리어(Carrier; 530)의 회전속도, N_R 은 링기어(510)의 회전속도, N_S 는 선기어(520)의 회전속도를 나타냄.

[청구항 15] 제13항에 있어서, 상기 정밀진단부는, 상기 복수의 센서의 각 센서 별 진동 데이터의 포락선(envelope)을 추출하고, 상기 포락선을 기초로 FFT(Fast Fourier Transform)를 수행하고, 상기 FFT 수행 결과를 기초로 각 센서 별 하나 이상의 미리 설정된 중심주파수를 중심으로 양쪽으로 1Hz 만큼의 주파수대역내의 최고값인 제 3 특징값들을 구하고, 상기 제 3 특징값들중 적어도 하나의 제 3 특징값이 기 설정된 정상값보다 크면 결함으로 판단하고, 상기 적어도 하나의 제 3 특징값을 획득한 상기 센서의 위치 및 상기 미리 설정된 중심주파수를 기초로 결함 위치 및 결함 종류를 판단하는, 진동기반 결함 검출 시스템.

[청구항 16] 제15항에 있어서, 상기 하나 이상의 미리 설정된 중심주파수는 하기 식(1) 내지 식(6)에 의해서 계산된 주파수(f_r , f_c , f_s , f_o , f_i , 및 GMF)를 포함하는,

진동기반 결함 검출 시스템.

$$\text{식(1)} \quad f_r = \frac{rpm}{60} = rps$$

$$\text{식(2)} \quad f_c = \frac{f_r}{2} \left[1 - \frac{B_d}{P_d} \cos \phi \right]$$

$$\text{식(3)} \quad f_s = \frac{P_d}{2B_d} f_r \left[1 - \left(\frac{B_d}{P_d} \cos \phi \right)^2 \right]$$

$$\text{식(4)} \quad f_o = N(FTF) = \frac{f_r}{2} N \left[1 - \frac{B_d}{P_d} \cos \phi \right]$$

$$\text{식(5)} \quad f_i = N(f_r - FTF) = \frac{f_r}{2} N \left[1 + \frac{B_d}{P_d} \cos \phi \right]$$

$$\text{식(6)} \quad \text{GMF} = (T_R + T_S) \times N_O = (T_R \times N_R) + (N_S \times T_S)$$

여기서 f_r 는 축의 회전속도, f_c 는 기본주파수(Fundamental Train Frequency; FTF), f_s 는 볼회전주파수(Ball Spin Frequency; BSF), f_o 는 외륜주파수(Ball Pass Frequency of Outer ring; BPFO), f_i 는 내륜주파수(Ball Pass Frequency of Inner ring; BPFI)이고, B_d 는 베어링 볼의 지름, P_d 는 피치 지름, N 은 볼의 수, ϕ 는 접촉각, T_R 은 링(ring) 기어(510)의 잇수, T_s 는 선(sun)기어(520)의 잇수, N_o 는 캐리어(Carrier; 530)의 회전속도, N_R 은 링기어(510)의 회전속도, N_s 는 선기어(520)의 회전속도를 나타냄.

[청구항 17]

제11항에 있어서,

상기 복수의 센서들은 1개의 타코미터(tachometer)와 15개의 가속도센서를 포함하고,

상기 타코미터는 상기 증속기에서 나와 발전기와 연결되는 종동축에 부착되어 종동축의 회전수를 측정하고,

상기 15개의 가속도센서는 상기 주베어링에서의 수직 방향과 수평방향의 진동을 측정하기 위한 2개의 가속도센서, 주 샤프트와 연결되는 증속기의 토크 암(torque arm)의 왼쪽 끝과 오른쪽 끝에 각각 1개의 가속도 센서, 기계식 펌프 베어링(mechanical pump bearing)의 진동을 측정하기 위한 1개의 가속도 센서, 증속기 3단의 휠 베어링(wheel bearing)의 진동을 측정하기 위한 1개의 가속도 센서, 증속기 3단의 구동축의 진동을

측정하기 위한 1개의 가속도 센서, 증속기 3단의 종동축의 진동을
 측정하기 위한 2개의 가속도 센서, 발전기의 진동을 측정하기 위하여
 상기 발전기의 증속기와 연결되는 쪽에서 수평방향과 수직방향의 진동을
 측정하기 위한 2개의 가속도 센서, 발전기의 증속기와 연결되는 쪽의
 반대쪽에서 수평방향과 수직방향의 진동을 측정하기 위한 2개의 가속도
 센서 및 상기 풍력발전기의 앞/뒤로의 진동 및 좌/우로의 진동을 수집하기
 위한 2개의 가속도센서를 포함하는,
 진동기반 결함 검출 시스템.

[청구항 18]

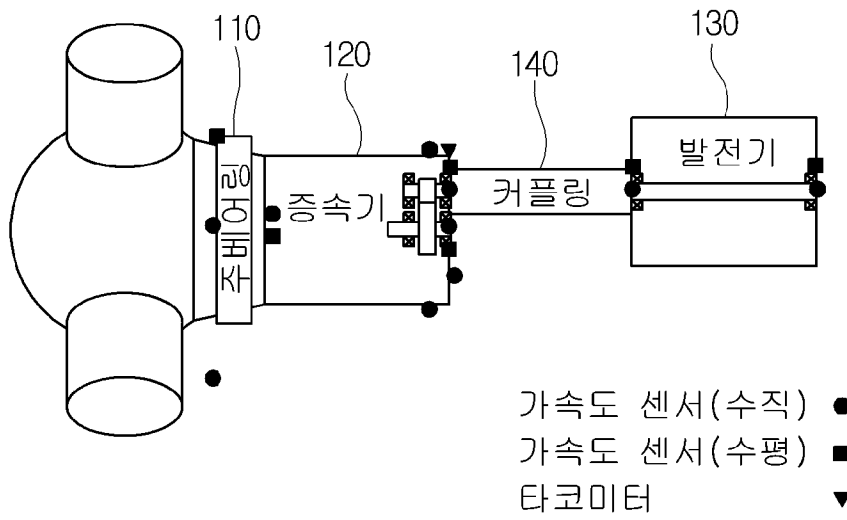
제15항에 있어서,
 상기 제1 특징값, 상기 제2 특징값, 상기 제3 특징값 및 상기 진동데이터를
 표시하기 위한 화면부를 더 포함하고,
 상기 화면부는,
 상기 센서의 위치 및 상기 하나 이상의 미리 설정된 중심주파수를 행과
 열로 하고 상기 제1 특징값을 값으로 하는 시간 행렬, 상기 센서의 위치 및
 상기 하나 이상의 미리 설정된 중심주파수를 행과 열로 하고 상기 제2
 특징값을 값으로 하는 주파수 행렬, 상기 센서의 위치 및 상기 하나
 이상의 미리 설정된 중심주파수를 행과 열로 하고 상기 제3 특징값을
 값으로 하는 포락 주파수 행렬, 및 상기 센서의 위치 및 상기 하나 이상의
 미리 설정된 중심주파수를 행과 열로 하고 수집한 상기 진동데이터를
 값으로 한 진동 데이터 행렬을 구성하고,
 화면 위로부터 상기 시간 행렬, 상기 주파수 행렬, 상기 포락 주파수 행렬,
 및 상기 진동 데이터 행렬을 표시하는,
 진동기반 결함 검출 시스템.

[청구항 19]

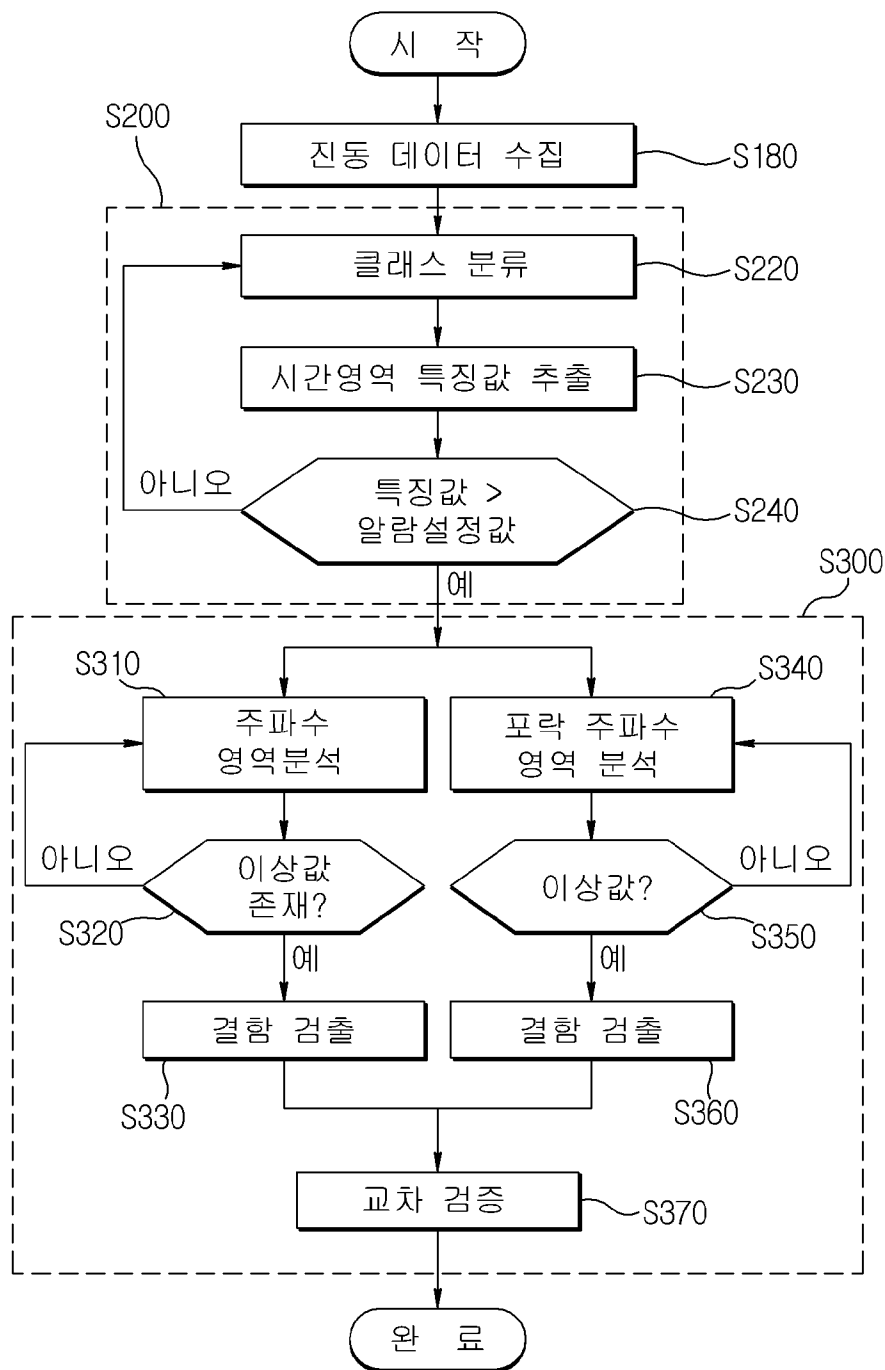
제15항에 있어서,
 상기 제1 특징값, 상기 제2 특징값, 및 상기 제3 특징값을 표시하기 위한
 화면부를 더 포함하고,
 상기 화면부는,
 상기 풍력발전기가 설치된 사이트 정보 및 진동 데이터를 수집한
 시간정보를 포함하는 요약정보, 바람 속도, 상기 풍력발전기 속도, 상기
 풍력발전기의 생산 전력을 포함하는 동작 데이터 및 필터 정보, 그리고
 설정된 필터 범위를 바탕으로 필터 범위 내에 해당하는 진동을 겪는
 센서의 수를 표시하는 충격 파인더(Shock Finder)를 표시하는 기본정보부;
 기어에 설치된 진동센서의 설치 위치를 나타내는 열과 각 진동센서별
 상기 제1 특징값, 상기 제2 특징값, 및 상기 제3특징값 중 적어도 하나의
 특징값을 표시하는 부분 및 필터값을 설정하는 부분을 포함하는 기어부;
 및
 베어링에 설치된 진동센서의 설치 위치를 나타내는 열과 각 진동센서별
 상기 제1 특징값, 상기 제2 특징값, 및 상기 제3특징값 중 적어도 하나의

특징값을 표시하는 부분 및 필터값을 설정하는 부분을 포함하는
베어링부;를 포함하고,
상기 화면부는
설정된 상기 필터값에 해당하는 특징값을 다른 특징값과 구별하기
위하여 다른 색깔로 표시하여 사용자가 결함이 있는 위치 및 결함 종류를
바로 인식할 수 있도록 하는,
진동기반 결함 검출 시스템.

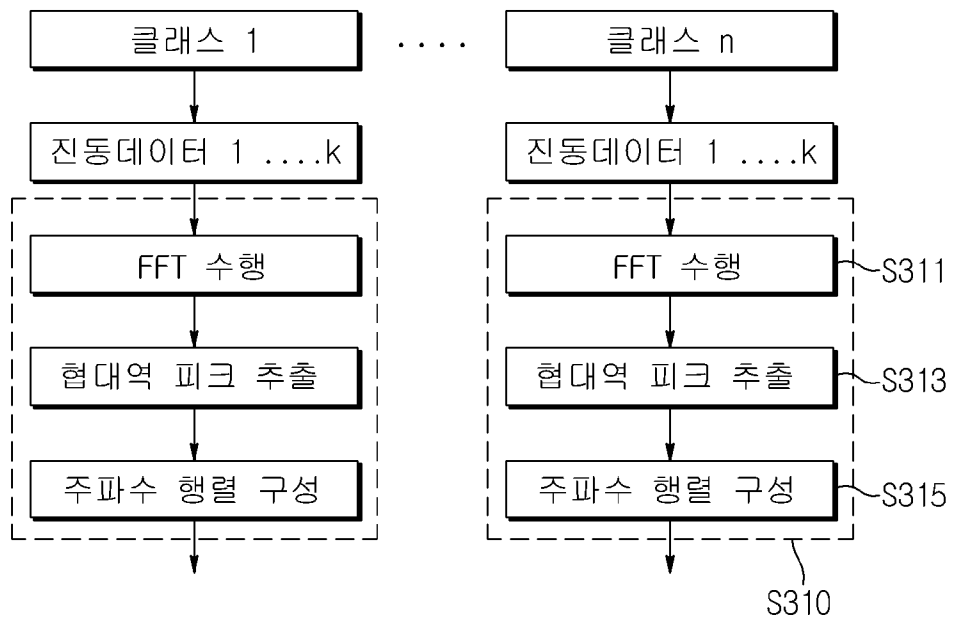
[도1]



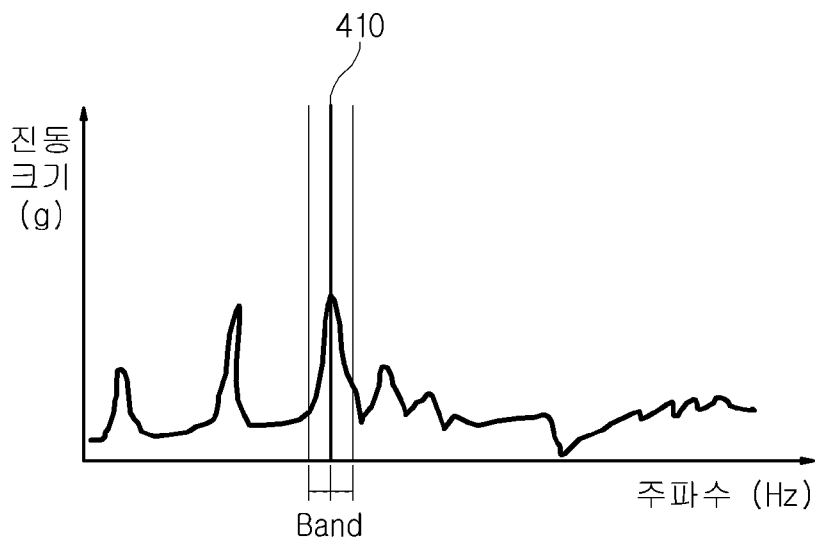
[도2]



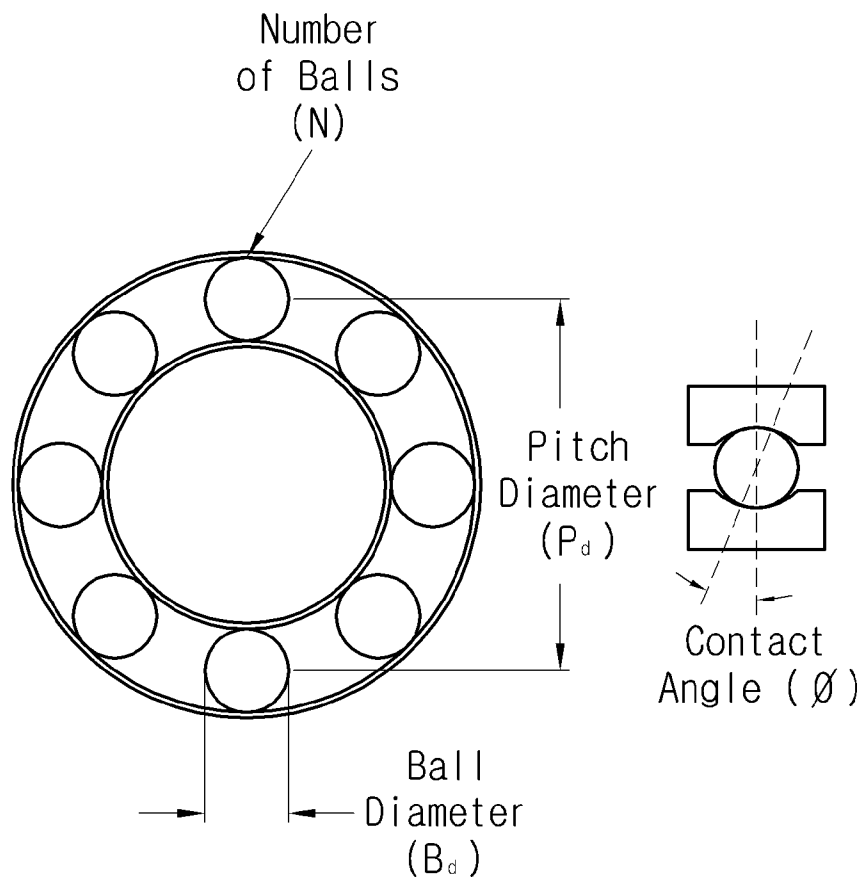
[도3]



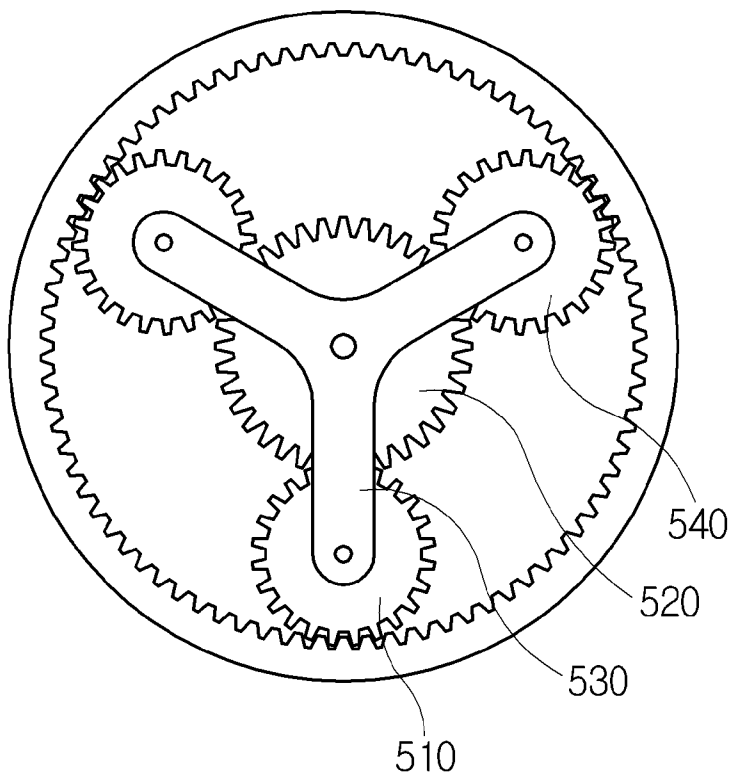
[도4]



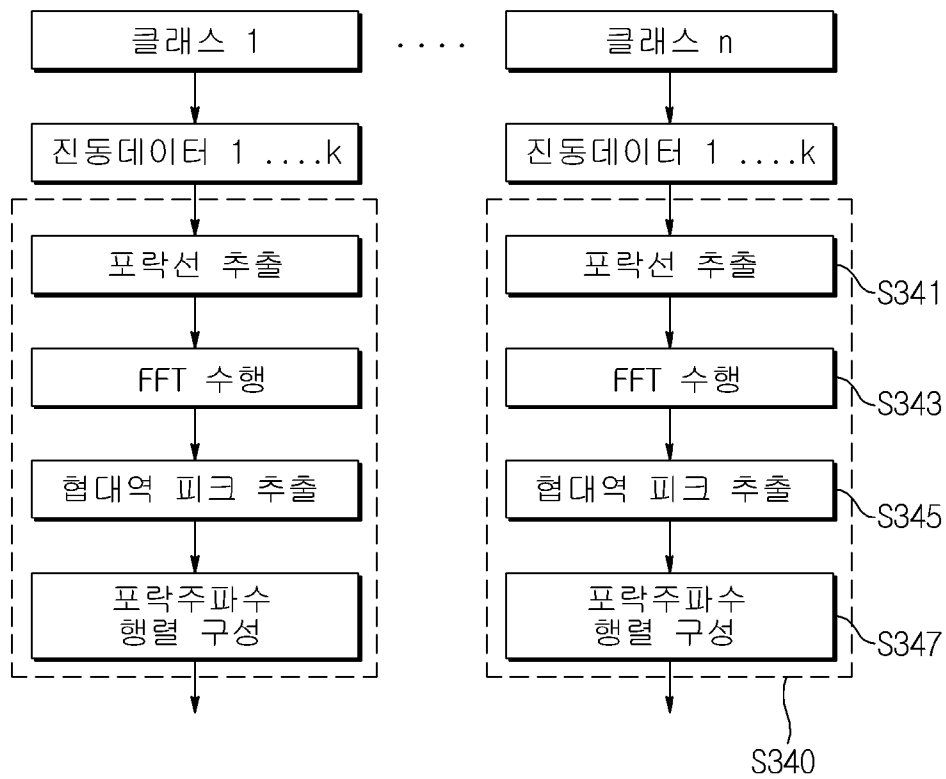
[도5]



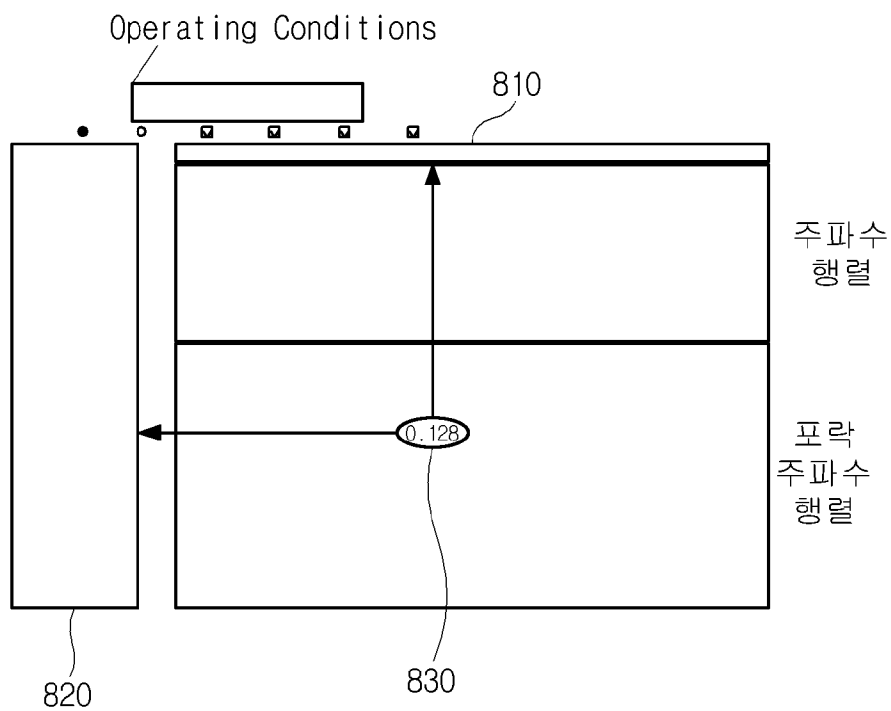
[도6]



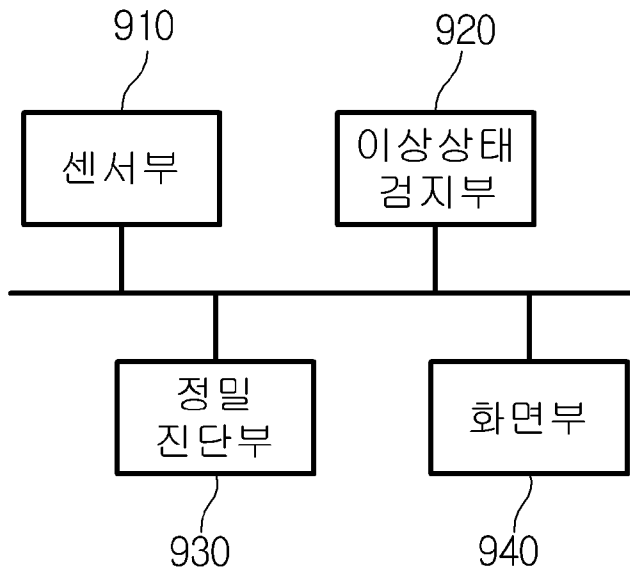
[도7]



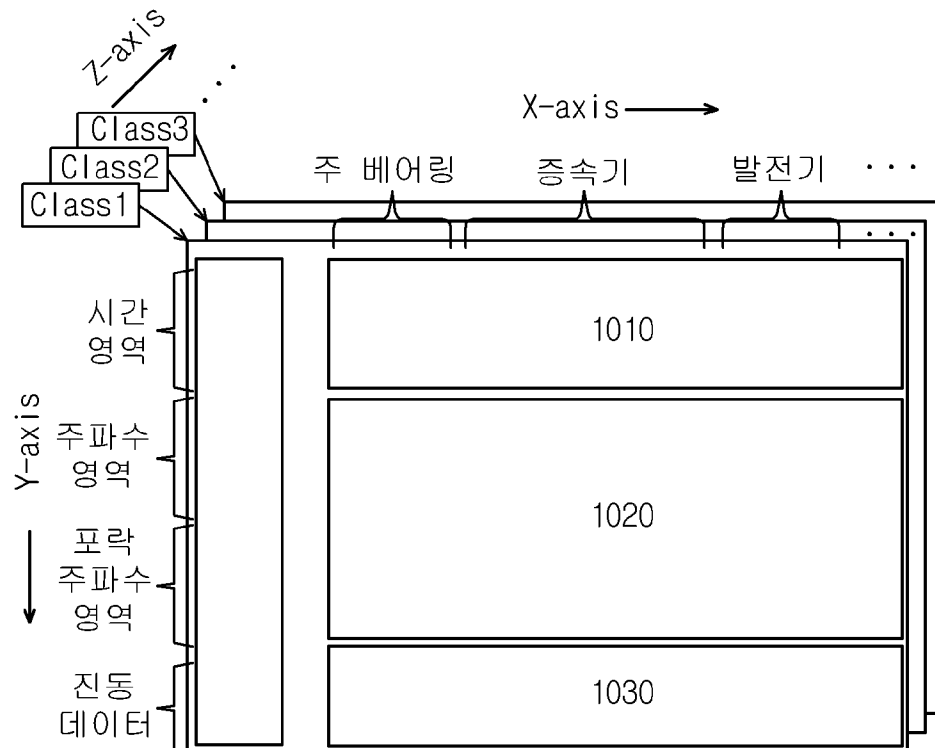
[도8]



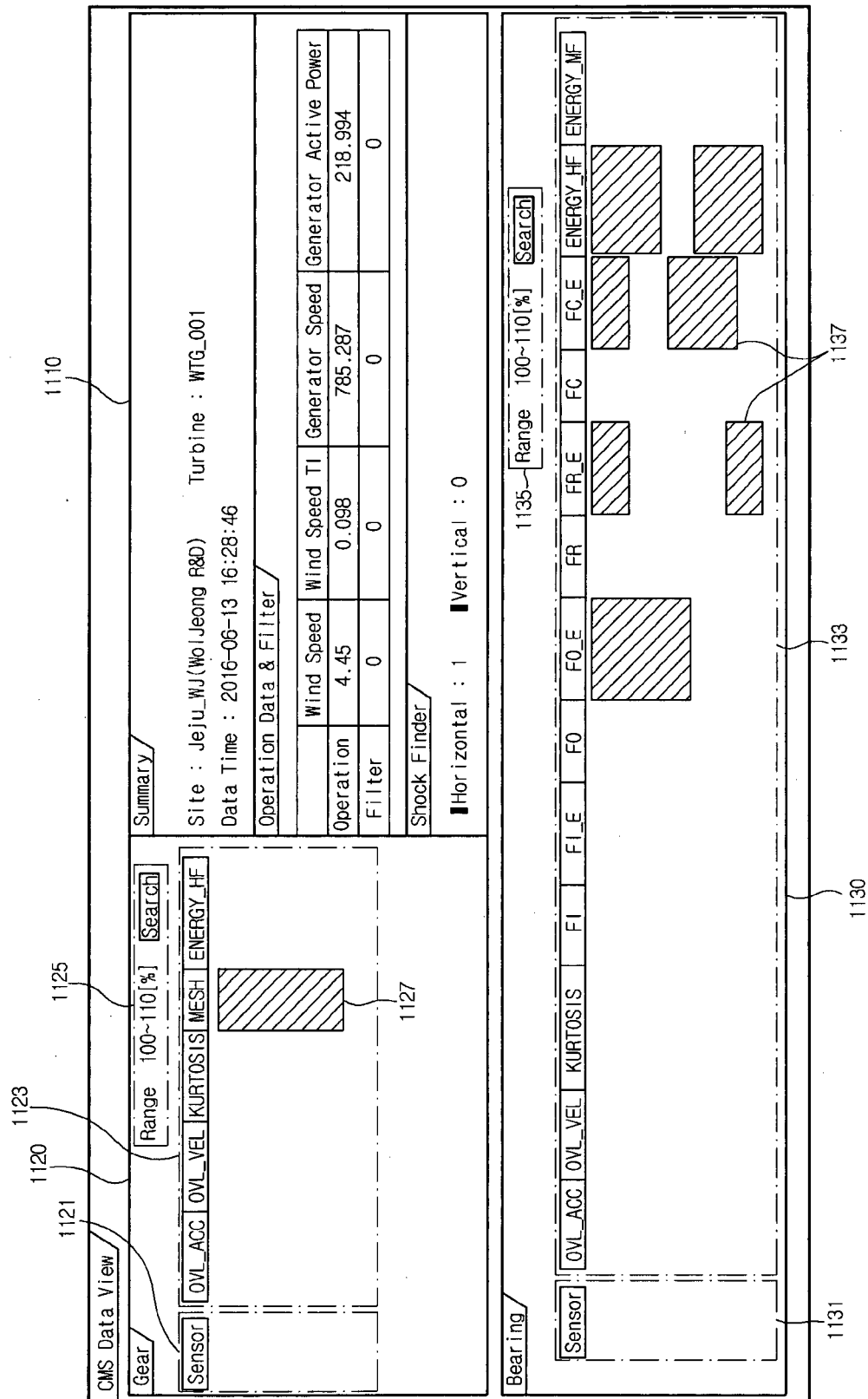
[도9]



[도10]



[도 11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2017/006490**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER*****F03D 17/00(2016.01)i, F03D 7/02(2006.01)i, G05B 23/02(2006.01)i***

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F03D 17/00; F03D 7/00; F03D 7/04; F03D 11/00; F03D 9/00; G01M 13/04; F03D 7/02; G05B 23/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Japanese Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: wind power generator, vibration, state, surveillance, diagnosis, envelope, frequency

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KR 10-0954090 B1 (WITHUS CO., LTD.) 23 April 2010 See paragraphs [0047]-[0073] and claims 1-6.	1-19
A	JP 2013-185507 A (NTN CORP.) 19 September 2013 See paragraphs [0025]-[0110] and figure 1.	1-19
A	JP 2015-175828 A (NTN CORP.) 05 October 2015 See paragraphs [0041]-[0044] and figure 3.	1-19
A	JP 2009-243428 A (MITSUBISHI HEAVY IND. LTD.) 22 October 2009 See paragraphs [0040]-[0042] and figure 7.	1-19
A	JP 2012-052445 A (MITSUBISHI HEAVY IND. LTD.) 15 March 2012 See paragraphs [0015]-[0023] and figure 2.	1-19



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 OCTOBER 2017 (11.10.2017)

Date of mailing of the international search report

12 OCTOBER 2017 (12.10.2017)

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon, 189 Sconsa-ro, Daejeon 302-701,
Republic of Korea

Facsimile No. +82-42-481-8578

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2017/006490

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-0954090 B1	23/04/2010	NONE	
JP 2013-185507 A	19/09/2013	CN 104160145 A CN 104160145 B EP 2824324 A1 EP 2824324 A4 JP 2014-020250 A JP 5917956 B2 US 2015-0116131 A1 US 9458835 B2 WO 2013-133002 A1	19/11/2014 13/06/2017 14/01/2015 21/10/2015 03/02/2014 18/05/2016 30/04/2015 04/10/2016 12/09/2013
JP 2015-175828 A	05/10/2015	NONE	
JP 2009-243428 A	22/10/2009	JP 4995134 B2	08/08/2012
JP 2012-052445 A	15/03/2012	JP 5693102 B2 US 2012-0051888 A1 US 8840368 B2	01/04/2015 01/03/2012 23/09/2014

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) F03D 17/00(2016.01)i, F03D 7/02(2006.01)i, G05B 23/02(2006.01)i																				
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) F03D 17/00; F03D 7/00; F03D 7/04; F03D 11/00; F03D 9/00; G01M 13/04; F03D 7/02; G05B 23/02 조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌 한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우)) eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 풍력발전기, 진동, 상태, 감시, 진단, 포락, 주파수																				
C. 관련 문헌 <table border="1"> <thead> <tr> <th>카테고리*</th> <th>인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재</th> <th>관련 청구항</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>KR 10-0954090 B1 (주식회사 위다스) 2010.04.23 문단번호 [0047]-[0073] 및 청구항 1-6 참조.</td> <td>1-19</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2013-185507 A (NTN CORP.) 2013.09.19 문단번호 [0025]-[0110] 및 도면 1 참조.</td> <td>1-19</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2015-175828 A (NTN CORP.) 2015.10.05 문단번호 [0041]-[0044] 및 도면 3 참조.</td> <td>1-19</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2009-243428 A (MITSUBISHI HEAVY IND. LTD.) 2009.10.22 문단번호 [0040]-[0042] 및 도면 7 참조.</td> <td>1-19</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2012-052445 A (MITSUBISHI HEAVY IND. LTD.) 2012.03.15 문단번호 [0015]-[0023] 및 도면 2 참조.</td> <td>1-19</td> </tr> </tbody> </table>			카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항	A	KR 10-0954090 B1 (주식회사 위다스) 2010.04.23 문단번호 [0047]-[0073] 및 청구항 1-6 참조.	1-19	A	JP 2013-185507 A (NTN CORP.) 2013.09.19 문단번호 [0025]-[0110] 및 도면 1 참조.	1-19	A	JP 2015-175828 A (NTN CORP.) 2015.10.05 문단번호 [0041]-[0044] 및 도면 3 참조.	1-19	A	JP 2009-243428 A (MITSUBISHI HEAVY IND. LTD.) 2009.10.22 문단번호 [0040]-[0042] 및 도면 7 참조.	1-19	A	JP 2012-052445 A (MITSUBISHI HEAVY IND. LTD.) 2012.03.15 문단번호 [0015]-[0023] 및 도면 2 참조.	1-19
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항																		
A	KR 10-0954090 B1 (주식회사 위다스) 2010.04.23 문단번호 [0047]-[0073] 및 청구항 1-6 참조.	1-19																		
A	JP 2013-185507 A (NTN CORP.) 2013.09.19 문단번호 [0025]-[0110] 및 도면 1 참조.	1-19																		
A	JP 2015-175828 A (NTN CORP.) 2015.10.05 문단번호 [0041]-[0044] 및 도면 3 참조.	1-19																		
A	JP 2009-243428 A (MITSUBISHI HEAVY IND. LTD.) 2009.10.22 문단번호 [0040]-[0042] 및 도면 7 참조.	1-19																		
A	JP 2012-052445 A (MITSUBISHI HEAVY IND. LTD.) 2012.03.15 문단번호 [0015]-[0023] 및 도면 2 참조.	1-19																		
☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다. ☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.																				
* 인용된 문헌의 특별 카테고리: “A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌 “E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌 “L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌 “O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌 “P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌 “T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌 “X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신구성 또는 진보성이 없는 것으로 본다. “Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다. “&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌																				
국제조사의 실제 완료일 2017년 10월 11일 (11.10.2017)		국제조사보고서 발송일 2017년 10월 12일 (12.10.2017)																		
ISA/KR의 명칭 및 우편주소  대한민국 특허청 (35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 +82-42-481-8578		심사관 이달경 전화번호 +82-42-481-8440 																		

국제조사보고서
대응특허에 관한 정보

국제출원번호

PCT/KR2017/006490

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-0954090 B1	2010/04/23	없음	
JP 2013-185507 A	2013/09/19	CN 104160145 A CN 104160145 B EP 2824324 A1 EP 2824324 A4 JP 2014-020250 A JP 5917956 B2 US 2015-0116131 A1 US 9458835 B2 WO 2013-133002 A1	2014/11/19 2017/06/13 2015/01/14 2015/10/21 2014/02/03 2016/05/18 2015/04/30 2016/10/04 2013/09/12
JP 2015-175828 A	2015/10/05	없음	
JP 2009-243428 A	2009/10/22	JP 4995134 B2	2012/08/08
JP 2012-052445 A	2012/03/15	JP 5693102 B2 US 2012-0051888 A1 US 8840368 B2	2015/04/01 2012/03/01 2014/09/23