(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2014 년 3 월 27 일 (27.03.2014)

WIPO | PCT

(10) 국제공개번호
WO 2014/046355 A1

(51) 국제특허분류:
G06F 19/00 (2011.01) *G06Q 50/10* (2012.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2013/001874

(22) 국제출원일: 2013 년 3 월 8 일 (08.03.2013)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:
10-2012-0103396 2012 년 9 월 18 일 (18.09.2012) KR

(71) 출원인: **한국전력공사 (KOREA ELECTRIC POWER CORPORATION)** [KR/KR]; 135-791 서울시 강남구 영동대로 512, Seoul (KR).

(72) 발명자: **박준영 (PARK, Joon Young)**; 305-760 대전시 유성구 문지동 한국전력연구원 사업화기술개발실, Daejeon (KR). **이준신 (LEE, Jun Shin)**; 305-760 대전시 유성구 문지동 한국전력연구원 사업화기술개발실, Daejeon (KR). **이재경 (LEE, Jae Kyung)**; 305-760 대전시 유성구 문지동 한국전력연구원 사업화기술개발실, Daejeon (KR). **오기용 (OH, Ki Yong)**; 305-760 대전시 유성구 문지동 한국전력연구원 사업화기술개발실, Daejeon (KR). **박병목 (PARK, Byoung Mok)**; 305-760 대전시 유성구 문지동 한국전력연구원 사업화기술개발실, Daejeon (KR). **강금석 (KANG, Keum Seok)**; 305-760 대전시 유성구 문지동 한국전력연구원 사업화기술개발실, Daejeon (KR). **유무성 (RYU, Moo Sung)**; 305-760 대전시 유성구 문지동 한국전력연구원 사업화기술개발실, Daejeon (KR). **김석태 (KIM, Seok Tae)**; 305-760 대전시 유성구 문지동 한국전력연구원 사업화기술개발실, Daejeon (KR). **김지영 (KIM, Ji Young)**; 305-760 대전시 유성구 문지동 한국전력연구원 사업화기술개발실, Daejeon (KR).

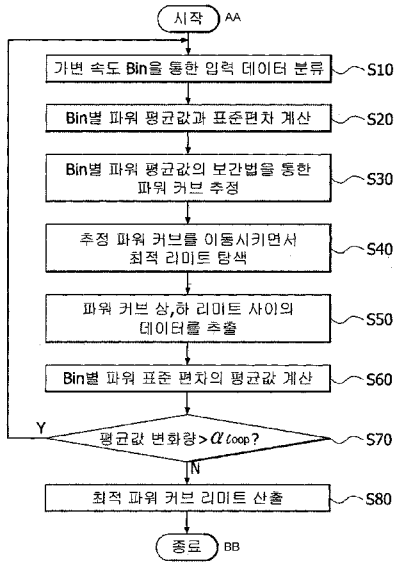
(74) 대리인: **특허법인아주양헌 (AJU KIM CHANG & LEE)**; 137-860 서울시 서초구 사임당로 174, 세인트하이얀 빌딩 12-13 층, Seoul (KR).

(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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,

[다음 쪽 계속]

(54) **Title**: METHOD OF AUTOMATICALLY CALCULATING POWER CURVE LIMIT FOR POWER CURVE MONITORING OF WIND TURBINE

(54) **발명의 명칭** : 풍력터빈의 파워커브 모니터링을 위한 파워커브 리미트 자동 산출 방법



AA ... Start
BB ... End
S10 ... Classify input data through a variable speed bin
S20 ... Calculate a power average value and a standard deviation for each bin
S30 ... Estimate a power curve through interpolation of the power average value for each bin
S40 ... Search for an optimal limit while moving an estimated power curve
S50 ... Extract data between upper and lower limits of a power curve
S60 ... Calculate an average value of a power standard deviation for each bin
S70 ... Variation in average value > α loop?
S80 ... Calculate an optimal power curve limit

(57) **Abstract**: The present invention provides a method of automatically calculating a power curve limit for the power curve monitoring of a wind turbine that may set an optimal power curve limit by automatically calculating a power curve limit for power curve monitoring even if wind speed-power data measured at a wind turbine includes a large amount of abnormal data in addition to normal data. To this end, the present invention includes: classifying, by an input data classifying unit, the input data on wind power generation through a variable speed bin; calculating, by a power calculating unit, a power average value and standard deviation for each bin for the classified input data; estimating, by a power curve estimating unit, a power curve for the calculated power average value for each bin; searching for, by a limit searching unit, an accurate power curve limit while moving the estimated power curve; and setting, by a data extracting unit, the data included in the accurate power curve limit as new input data.

(57) **요약서**: 본 발명은 풍력터빈에서 측정된 풍속-파워 데이터에 정상 데이터 외에 이상 데이터가 다수 포함되어 있더라도 파워커브 모니터링을 위한 파워커브 리미트를 자동으로 산출할 수 있도록 하여, 최적의 파워커브 리미트를 설정할 수 있도록 하는 풍력터빈의 파워커브 모니터링을 위한 파워커브 리미트 자동 산출 방법을 제공한다. 이를 위해 본 발명은 입력 데이터 분류부가 가변 속도 빈(Variable Speed Bin)을 통해 풍력발전의 입력 데이터를 분류하는 단계, 파워 계산부가 상기 분류된 입력 데이터에 대해 빈 별로 파워 평균값과 표준편차를 계산하는 단계, 파워커브 추정부가 상기 계산된 빈 별 파워 평균값에 대한 파워 커브를 추정하는 단계, 리미트 탐색부가 상기 추정된 파워 커브를 이동시키면서 정확한 파워 커브 리미트를 탐색하는 단계 및, 데이터 추출부가 상기 정확한 파워커브 리미트 내에 포함된 데이터를 신규의 입력 데이터로 설정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

WO 2014/046355 A1

HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, 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, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

명세서

발명의 명칭: 풍력터빈의 파워커브 모니터링을 위한 파워커브 리미트 자동 산출 방법

기술분야

[1] 본 발명은 풍력터빈의 파워커브 모니터링을 위한 파워커브 리미트 자동 산출 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 풍력터빈에서 측정된 풍속(Wind Speed)-파워(Power) 데이터에 다수 포함된 이상(Fault) 데이터를 배제시키고 파워커브(Power Curve) 모니터링을 위한 최적의 파워커브 리미트(Limit)를 자동으로 산출할 수 있도록 하는 풍력터빈의 파워커브 모니터링을 위한 파워커브 리미트 자동 산출 방법에 관한 것이다.

[2]

배경기술

[3] 일반적으로, 풍력발전단지의 경우 단지의 효율적이고 안정적인 운영이 매우 중요하며, 이를 위한 대표적인 핵심 운영 기술로는 SCADA(Supervisory Control and Data Acquisition) 시스템과 상태 감시 시스템(CMS : Condition Monitoring System)이 있다.

[4] 풍력발전단지 운영을 위한 SCADA 시스템은 풍력터빈의 제어기(Controller)와 연계하여 원격으로 풍력터빈 제어 기능을 수행하고 풍력터빈 운영 성능을 분석 및 보고하기 위한 데이터 수집을 수행하는 컴퓨터 기반 시스템으로서, 크게 제어(Control), 모니터링(Monitoring), 분석(Analysis) 및 보고(Reporting) 기능을 수행한다.

[5] SCADA 시스템은 풍력단지의 전반적인 운영에 초점을 맞추어 개발되었기 때문에, 개별 터빈의 현재 운전 상태를 감시하는 데에 주안점을 두고 있다. 즉, SCADA 시스템은 각 풍력터빈 감시를 위하여 터빈의 운전 관련 정보 외에 각 구성요소의 대표 특성치, 특히 온도와 압력 값을 수집하여 분석하는데 주력하고 있다.

[6] 이와 같이 SCADA 시스템은 터빈의 현재 운전 상태의 감시에 중점을 둔 반면, 상태 감시 시스템(CMS)은 풍력터빈 구성요소의 상태를 보다 면밀히 감시, 분석 및 예측함으로써, 풍력터빈의 이상 발생을 조기(早期)에 진단하여 고장을 사전에 예방하는데 목적을 두고 개발된 시스템으로서 풍력터빈의 신뢰성 및 경제성의 향상을 도모할 수 있다.

[7] 상태 감시 시스템은 그 감시 영역에 따라 크게 블레이드 상태 감시, 구성요소 진동 상태 감시 및 오일 상태 감시 기반 시스템으로 구분되며, 보다 다양하고 진보된 분석 기법을 활용하여 이상 여부를 사전에 진단한다.

[8] 한편, 상태 감시 시스템도 SCADA 시스템과 마찬가지로 모니터링, 분석 및 보고 기능으로 나누어지나, 감시 대상 영역과 분석 및 예측 기법 차원에서

SCADA 시스템과 차별화된다.

[9] 현재의 SCADA 시스템과 상태 감시 시스템은 전술한 바와 같이, 블레이드, 기어박스, 발전기 등과 같은 터빈 개별 구성요소의 이상 발생 여부를 감시하고, 이상 발생 영향의 예측 정도에 따라 알람 레벨(예컨대, Caution, Warning, Alarm)을 구분하여 알람 메시지를 발생시키고 있다.

[10] 하지만, 개별 구성요소 측면이 아니라 풍력터빈의 전체 시스템 측면에서 이상 여부를 판단하는 기법은 실제 SCADA 시스템이나 상태 감시 시스템에 아직 적용되고 있지 않다.

[11] 풍속 입력에 대한 풍력터빈의 출력을 그래프로 나타낸 파워커브는 터빈 제작사에 의해 보증되어야 하는 풍력터빈의 공식적인 성능 보증 지표로서, 풍력터빈의 전체 시스템 측면에서 터빈 성능을 나타내는 대표적인 지표이다.

[12] 도 1은 일반적인 풍력발전의 파워터빈에서 나타나는 다양한 이상 발생 사례에 따른 파워커브의 유형을 각각 나타낸 도면이다.

[13] 도 1에 도시된 바에 따르면, 다양한 이상 발생 사례에서 보이는 파워커브의 유형으로서, 이상 발생 시에는 정상적인 파워커브로부터 벗어나는 출력의 움직임이 나타나는 것을 알 수 있다.

[14] 이러한 관찰 결과로부터 풍력터빈의 상태감시에 있어서 파워 커브를 기반으로 하는 모니터링 기법이 상태 감시 시스템과 동등하게 주목받고 있지만, 이와 같은 중요성에도 불구하고 파워커브 모니터링 기법에 관한 연구는 아직 활발하게 진행되고 있지 않다.

[15] 도 2는 종래의 파워커브 모니터링 기법에 따라 ISET에서 측정된 파워커브 리미트의 설정 사례를 나타낸 도면이다.

[16] 도 2에 도시된 바와 같이, 독일의 ISET(Institute for Solar Energy Supply Technology)에서는 5분동안 측정된 출력의 평균값 데이터를 풍속 0.5m/s의 빈(Bin)으로 분류하고, 각 빈 별로 평균값과 표준편차를 구하여 알람 리미트를 설정하는 연구 사례가 있었다.

[17] 하지만, 상기 ISET에서 제안된 방법은 적용 대상으로 선정한 실속 제어(Stall-Control) 터빈에 적합하도록 정격 풍속(Rated Wind Speed) 이상에서 풍속이 높아질수록 상/하 리미트 간의 거리가 커지도록 설계되어 있어서, 현재 대형 풍력터빈의 주류를 이루고 있는 피치 제어(Pitch Control) 방식에는 적용이 어렵다.

[18] 다음에, 도 3a 및 도 3b는 종래의 파워커브 모니터링 기법에 따라 인텔리전트 시스템 연구소에서 측정된 파워커브 리미트의 설정 사례를 나타낸 도면이다.

[19] 도 3a 및 도 3b에 도시된 바와 같이, 대표적인 파워커브 모니터링 기법으로는 미국 아이오와 대학교(University of Iowa)의 인텔리전트 시스템 연구소(Intelligent Systems Lab(Andrew Kusiak 교수))에서 데이터 마이닝 알고리즘(Data Mining Algorithm)을 이용한 Non-Parametric 모델 기법으로 개발한 사례가 있다.

[20] 인텔리전트 시스템 연구소에서는 파워커브 추정에 다양한 데이터 마이닝

알고리즘을 시험하였으며, 이 중에서 k-NN 모델이 가장 우수한 성능을 보여주었다. 또한, 파워커브 리미트를 설정하기 위한 오차 제어 차트(Residual Control Chart) 기법을 제시하였다.

[21] 하지만, 인텔리젼트 시스템 연구소에서 제시된 데이터 마이닝 기법의 k-NN 모델에 대한 정확성은, 이상 데이터에 의해 크게 저하될 수 있으며, 새로운 데이터가 주어질 때마다 학습 데이터 집합 전체와의 거리 계산을 통해 k개의 이웃 데이터를 선정해 주어야 하기 때문에, 학습 데이터의 양이 많아질수록 계산 시간이 오래 걸리는 단점이 있다.

[22] 관련 기술로는 국내공개특허 제2010-0031897호(풍력발전기의 모니터링 장치)(2010.03.25)가 있다.

[23]

발명의 상세한 설명

기술적 과제

[24] 상기한 파워커브 모니터링 기법들을 적용하는데 있어서 공통적으로 발생하는 문제점은, 이상 데이터가 배제된 정상 데이터만을 파워커브 리미트 설정 알고리즘의 입력으로 사용해야 한다는 것인데, 풍력과 같이 불규칙한 에너지원의 경우, 특히 설치 후 시운전 또는 1년간 풍속 전 구간에 대하여 정상 데이터만 나온다는 보장이 없기 때문에, 파워커브 리미트 설정 알고리즘을 실제로 적용하기 위해서는 측정 데이터로부터 이상 데이터들을 배제시키는 작업을 필수적으로 수행해야 한다.

[25] 그러나, 종래에는 파워커브 리미트 설정 알고리즘의 적용을 위해 이상 데이터들을 배제시키는 작업을 수행하기에는, 많은 노력과 시간이 소요된다는 점에서 파워커브 모니터링 기법들을 실제 현장에 적용하기가 쉽지 않다는 문제점이 발생한다.

[26] 따라서, 본 발명은 상기한 종래의 문제점을 개선하기 위해 이루어진 것으로서, 풍력터빈에서 측정된 풍속-파워 데이터에 정상 데이터 외에 이상 데이터가 다수 포함되어 있더라도 파워커브 모니터링을 위한 파워커브 리미트를 자동으로 산출할 수 있도록 하여, 최적의 파워커브 리미트를 설정할 수 있도록 하는 풍력터빈의 파워커브 모니터링을 위한 파워커브 리미트 자동 산출 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

[27]

과제 해결 수단

[28] 본 발명의 일측면에 따른 풍력터빈의 파워커브 모니터링을 위한 파워커브 리미트 자동 산출 방법은, 입력 데이터 분류부가 가변 속도 빈(Variable Speed Bin)을 통해 풍력발전의 입력 데이터를 분류하는 제1단계, 파워 계산부가 상기 분류된 입력 데이터에 대해 빈 별로 파워 평균값과 표준편차를 계산하는 제2단계, 파워커브 추정부가 상기 계산된 빈 별 파워 평균값에 대한 파워 커브를

추정하는 제3단계, 리미트 탐색부가 상기 추정된 파워 커브를 이동시키면서 정확한 파워 커브 리미트를 탐색하는 제4단계 및, 데이터 추출부가 상기 정확한 파워커브 리미트 내에 포함된 데이터를 신규의 입력 데이터로 설정하는 제5단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[29] 상기 제1단계에서, 상기 입력 데이터 분류부는 상기 입력 데이터의 속도-파워 데이터를 속도 빈을 기준으로,

[30] 빈 폭(Bin Width) = 1 / 전체 알고리즘 루프 반복 횟수 (단위 : m/sec)

[31] 와 같이 속도 빈의 폭에 따라 결정하는 것을 특징으로 한다.

[32] 상기 제3단계에서, 상기 파워커브 추정부는 상기 계산된 빈 별 파워의 평균값을 보간법의 입력으로 사용하고, 상기 보간법을 이용하여 파워커브를 추정하되, 상기 보간법은 3차 B-스플라인(Cubic B-Spline) 보간법인 것을 특징으로 한다.

[33] 상기 제4단계에서, 상기 리미트 탐색부는 상기 파워커브를 좌/우 및 상/하로 이동시키면서 정확한 파워커브 리미트를 탐색하는 것을 특징으로 한다.

[34] 상기 제4단계에서, 상기 리미트 탐색부는 상기 파워 커브를,

[35] $$PDL_i - PDL_{i-1} < \beta_{shift} (i > 1)$$

[36] 의 부등식이 만족할때까지 반복적으로 ΔV만큼 좌/우로 이동시키는 것을 특징으로 한다.

[37] 상기 제4단계에서, 상기 리미트 탐색부는 상기 파워 커브를,

[38] $$PDL_i - PDL_{i-1} < \gamma_{offset} (i > 1)$$

[39] 의 부등식이 만족할때까지 반복적으로 ΔP만큼 상/하로 이동시키는 것을 특징으로 한다.

[40] 상기 제4단계에서, 상기 "PDL"은,

[41] $$PDL_i = [\frac{\text{상,하 파워커브 리미트 사이에 존재하는 데이터개수}}{\text{입력데이터 전체 개수}} \times 100]_i$$

[42] 와 같이 정의되는 것을 특징으로 한다.

[43] 상기 제5단계 이후에, 데이터 판정부가 상기 파워 계산부에서 계산된 빈 별 파워의 표준편차 값을 입력받아 평균값을 계산하는 단계, 상기 데이터 판정부가 상기 계산된 표준편차의 평균값과 이전 알고리즘 루프에서 계산된 이전 표준편차의 평균값을 비교하여, 상기 평균값의 변화량이 파워 커브 리미트 산출 알고리즘의 종료 판단 상수보다 작은 지를 판단하는 단계 및, 상기 평균값의 변화량이 파워 커브 리미트 산출 알고리즘의 종료 판단 상수보다 작으면, 정확한 파워 커브 리미트를 산출한 것으로 판단하여 전체 알고리즘 루프의 실행을 종료하고, 상기 평균값의 변화량이 파워 커브 산출 알고리즘의 종료 판단 상수보다 크면, 상기 제 5단계에서 설정된 신규의 입력 데이터를 이용하여 상기 제1단계로부터 상기 제5단계의 전체 알고리즘 루프를 반복하는 단계를 더

포함하는 것을 특징으로 한다.

[44]

발명의 효과

[45] 상기한 바와 같이 이루어진 본 발명에 따르면, 풍력터빈에서 측정된 풍속-파워 데이터에 정상 데이터 외에 이상 데이터가 다수 포함되어 있더라도, 입력된 빈 별 파워 데이터의 평균값 및 표준편차 계산과, 보간법을 이용한 파워커브 추정, 파워커브의 이동을 통한 최적 리미트 탐색 기능을 이용하여 파워커브 리미트를 자동으로 산출할 수 있도록 함에 따라, 파워커브 모니터링 기법이 현장에 쉽게 적용될 수 있게 해주므로, 풍력터빈의 전체 시스템 측면에서 이상 발생시 이를 신속하게 인지하여 대처가 이루어질 수 있어서 풍력단지의 운영상 효율성, 신뢰성 및 경제성 향상을 극대화할 수 있다.

[46] 또한, 본 발명에 따른 파워커브 리미트 자동 산출 알고리즘은 풍력발전 단지 운영 및 유지보수를 위한 SCADA 시스템 또는 상태 감시 시스템(CMS)의 핵심적인 모니터링 알고리즘으로서 활용이 가능하다.

[47]

도면의 간단한 설명

[48] 도 1은 일반적인 풍력터빈에서 나타나는 다양한 이상 발생 사례에 따른 파워커브의 유형을 각각 나타낸 도면이다.

[49] 도 2는 종래의 파워커브 모니터링 기법에 따라 ISET에서 측정된 파워커브 리미트의 설정 사례를 나타낸 도면이다.

[50] 도 3a 및 도 3b는 종래의 파워커브 모니터링 기법에 따라 인텔리전트 시스템 연구소에서 측정된 파워커브 리미트의 설정 사례를 나타낸 도면이다.

[51] 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 풍력터빈의 파워커브 모니터링을 위한 파워커브 리미트 자동 산출 방법을 구현하기 위한 장치 구성을 나타낸 도면이다.

[52] 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 풍력터빈의 파워커브 모니터링을 위한 파워커브 리미트 자동 산출 방법에 대한 동작을 설명하는 플로우차트이다.

[53] 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 풍력터빈의 파워커브 모니터링을 위한 파워커브 리미트 자동 산출 방법에서 풍력발전의 입력 데이터로서 풍속에 따른 풍력터빈의 출력 특성을 나타낸 그래프 도면이다.

[54] 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 풍력터빈의 파워커브 모니터링을 위한 파워커브 리미트 자동 산출 방법에서 입력 데이터에 대해 분류된 빈 별 파워의 평균값 계산치를 나타낸 그래프 도면이다.

[55] 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 풍력터빈의 파워커브 모니터링을 위한 파워커브 리미트 자동 산출 방법에서 보간법을 이용하여 파워커브를 추정한 상태를 나타낸 그래프 도면이다.

[56] 도 9a 및 도 9b는 본 발명의 일실시예에 따른 풍력터빈의 파워커브 모니터링을 위한 파워커브 리미트 자동 산출 방법에서 좌/우 이동 거리 별로 상/하 파워커브

리미트 내에 존재하는 데이터의 백분율 및 변화량을 각각 나타낸 그래프 도면이다.

[57] 도 10은 본 발명의 일실시예에 따른 풍력터빈의 파워커브 모니터링을 위한 파워커브 리미트 자동 산출 방법에서 파워커브의 좌/우 이동 탐색을 통해 구한 최적의 상/하 파워커브 리미트를 나타낸 그래프 도면이다.

[58] 도 11a 및 도 11b는 본 발명의 일실시예에 따른 풍력터빈의 파워커브 모니터링을 위한 파워커브 리미트 자동 산출 방법에서 상/하 이동 거리별로 상/하 파워커브 리미트 내에 존재하는 데이터의 백분율 및 변화량을 각각 나타낸 그래프 도면이다.

[59] 도 12는 본 발명의 일실시예에 따른 풍력터빈의 파워커브 모니터링을 위한 파워커브 리미트 자동 산출 방법에서 파워커브 리므트의 상/하 이동 탐색을 통해 구한 최적의 상/하 파워커브 리미트를 나타낸 그래프 도면이다.

[60] 도 13은 본 발명의 일실시예에 따른 풍력터빈의 파워커브 모니터링을 위한 파워커브 리미트 자동 산출 방법에서 파워커브 리미트의 자동 산출 알고리즘에 따라 신규하게 선정된 입력 데이터를 나타낸 그래프 도면이다.

[61] 본 14a 내지 도 14d는 본 발명의 일실시예에 따른 풍력터빈의 파워커브 모니터링을 위한 파워커브 리미트 자동 산출 방법에서 파워커브 리미트의 자동 산출 알고리즘의 루프 횟수에 따른 실시 사례를 각각 나타낸 그래프 도면이다.

[62] 도 15는 본 발명의 일실시예에 따른 풍력터빈의 파워커브 모니터링을 위한 파워커브 리미트 자동 산출 방법에서 이상 데이터가 다수 포함되어 있는 입력 데이터의 상태를 나타낸 그래프 도면이다.

[63] 도 16a 내지 도 16e는 본 발명의 일실시예에 따른 풍력터빈의 파워커브 모니터링을 위한 파워커브 리미트 자동 산출 방법에서 도 15의 입력 데이터를 적용하여 파워커브 리미트의 자동 산출 알고리즘의 루프 횟수에 따라 산출되는 실시 사례를 각각 나타낸 그래프 도면이다.

[64]

발명의 실시를 위한 최선의 형태

[65] 이하, 상기한 바와 같이 구성된 본 발명에 대해 첨부도면을 참조하여 상세히 설명한다.

[66] 이 과정에서 도면에 도시된 선들의 두께나 구성요소의 크기 등은 설명의 명료성과 편의상 과장되게 도시되어 있을 수 있다. 또한, 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례에 따라 달라질 수 있다. 그러므로, 이러한 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

[67] 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 풍력터빈의 파워커브 모니터링을 위한 파워커브 리미트 자동 산출 방법을 구현하기 위한 장치 구성을 나타낸 도면이다.

[68] 도 4에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 풍력터빈의 파워커브 모니터링을

위한 파워커브 리미트 자동 산출 방법을 구현하기 위한 장치는, 입력 데이터 분류부(10)와, 파워 계산부(20), 파워커브 추정부(30), 리미트 탐색부(40), 데이터 추출부(50), 데이터 판정부(60)를 포함한다.

[69]

발명의 실시를 위한 형태

[70] 상기 입력 데이터 분류부(10)는 가변 속도 빈(Variable Speed Bin)을 이용하여 풍력발전에 따라 입력되는 각 입력 데이터를 분류하는 작업을 수행하는데, 이는 각 빈 별 파워의 평균값과 표준편차를 계산하기 위하여 특정의 측정 수단들을 이용하여 측정된 속도-파워 데이터를 분류하기 위한 것이다.

[71] 상기 파워 계산부(20)는 상기 입력 데이터 분류부(10)를 통해 분류된 각 빈 별 파워의 입력 데이터에 대한 평균값과 표준편차를 계산하여 구하는 것으로서, 상기 평균값은 이후 보간법을 통한 파워 커브의 추정을 위한 입력값으로 활용되고, 상기 표준편차값은 이후 전체 알고리즘 루프의 종료 여부를 결정하기 위해 활용된다.

[72] 상기 파워커브 추정부(30)는 상기 파워 계산부(20)를 통해서 계산된 각 빈 별 입력 데이터에 대한 평균값을 입력받아 보간법을 이용하여 파워 커브를 추정하기 위한 것이다.

[73] 상기 리미트 탐색부(40)는 상기 파워커브 추정부(30)를 통해서 추정된 파워 커브를 좌/우 및 상/하로 각각 이동시키면서, 입력 데이터에 포함되어 있는 이상(Fault) 데이터를 배제시키기 위한 것이다.

[74] 상기 데이터 추출부(50)는 상기 리미트 탐색부(40)의 파워커브 좌/우 및 상/하 이동 탐색을 통해 이상 데이터가 배제된 파워커브 리미트 내의 데이터를 신규의 입력 데이터로서 추출하기 위한 것이다.

[75] 상기 데이터 판정부(60)는 상기 데이터 추출부(50)를 통해 추출된 신규의 입력 데이터를 대상으로 하여, 상기 파워 계산부(20)에서 계산된 빈 별 파워의 표준편차 값들의 평균값을 구하고, 이전 알고리즘 루프에서 계산된 표준편차의 평균값과 비교하여 전체 알고리즘 루프를 종료할지, 또는 전체 알고리즘 루프를 반복할지의 여부를 판정하기 위한 것이다.

[76] 이어, 상기한 바와 같이 이루어진 본 발명에 따른 풍력터빈의 파워커브 모니터링을 위한 파워커브 리미트 자동 산출 방법에 대한 동작을 도 5의 플로우차트와, 도 6 내지 도 16a ~ 도 16e의 도면을 각각 참조하여 상세히 설명한다.

[77] 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 풍력터빈의 파워커브 모니터링을 위한 파워커브 리미트 자동 산출 방법에 대한 동작을 설명하는 플로우차트이다.

[78] 먼저, 입력 데이터 분류부(10)는 첫 번째 과정으로서 가변 속도 빈을 통하여 풍력발전에 따라 특정 측정 수단들을 통해 측정된 입력 데이터를 각각 분류하게 된다(S10).

[79] 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 풍력터빈의 파워커브 모니터링을 위한 파워커브 리미트 자동 산출 방법에서 풍력발전의 입력 데이터로서 풍속에 따른 풍력터빈의 출력 특성을 나타낸 그래프 도면이다.

[80] 도 6에 도시된 바와 같이, 상기 입력 데이터 분류부(10)는 입력 데이터의 분류 작업이 빈 별 파워의 평균값과 표준편차에 대한 계산을 준비하기 위한 것으로서, 측정된 속도-파워 데이터에 대해 속도 빈을 기준으로 분류하게 되는데, 그 분류 과정에서 속도 빈의 폭을 하기한 수학식 1에 따라 결정한다.

[81] 수학식 1

$$\text{빈폭}(BinWidth) = 1/\text{전체알고리즘루프반복횟수}(\text{단위}:m/\sec)$$

[82] 상기 수학식 1에 따라 빈의 폭을 결정하는 경우에는, 처음의 폭이 1 m/sec에서 시작해서 전체 알고리즘의 루프가 반복됨에 따라 1/2 m/sec, 1/3 m/sec ... 와 같이 점차 빈의 폭이 좁아진다.

[83] 이와 같이 가변(Variable) 속도 빈을 사용하는 이유는, 첫번째로 처음에는 입력 데이터에 이상 데이터가 많이 포함되어 있을 수 있으므로, 이상 데이터의 영향을 가급적 줄이기 위하여 넓은 폭의 빈을 사용하고, 두번째로 도 6에 도시된 바와 같이, 저풍속에서는 발전기의 특성이 전체 시스템의 특성을 지배하여 완만하게 출력이 증가하지만, 정격 풍속 인근부터는 피치 제어에 의한 풍력터빈 특성이 전체 시스템 특성을 지배하여 급격하게 출력이 조절된다. 따라서 이와 같은 풍력터빈 제어의 특성을 반영하기 위해서는 보다 좁은 폭의 빈을 사용할 필요가 있다.

[84] 그 다음에, 파워 계산부(20)는 두 번째 과정으로서 상기 분류된 빈 별 파워의 입력 데이터에 대한 평균값과 표준편차를 각각 계산하게 되는데(S20), 이는 빈 별 파워의 평균값들이 이후 파워 커브 추정부(30)에서 보간법을 통한 파워 커브 추정의 입력값으로 사용되고, 빈 별 파워의 표준편차 값들이 이후 데이터 판정부(60)에서 전체 알고리즘 루프를 종료할지 여부를 판단하는데 사용하기 위한 것이다.

[85] 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 풍력터빈의 파워커브 모니터링을 위한 파워커브 리미트 자동 산출 방법에서 입력 데이터에 대해 분류된 빈 별 파워의 평균값 계산치를 나타낸 그래프 도면이다.

[86] 도 7에 도시된 바와 같이, 상기 파워 계산부(20)는 상기 입력 데이터 분류부(10)를 통해 분류된 빈 별 파워의 입력 데이터에 대한 평균값을 계산함에 따라, 평균값이 빈의 중심에 표시되는 것을 알 수 있다.

[87] 다음에, 상기 파워커브 추정부(30)는 세 번째 과정으로서 상기 파워 계산부(20)에서 계산된 빈 별 파워의 평균값을 입력하고 보간법을 이용하여 파워커브를 추정하게 된다(S30).

[88] 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 풍력터빈의 파워커브 모니터링을 위한 파워커브 리미트 자동 산출 방법에서 보간법을 이용하여 파워커브를 추정한

상태를 나타낸 그래프 도면이다.

[89] 도 8에 도시된 바와 같이, 상기 파워커브 추정부(30)는 보간법 중에서 우수한 성능을 보이는 3차 B-스플라인(Cubic B-Spline) 보간법을 사용하여 파워커브를 추정하는 상태를 보여주고 있는데, 본 발명에서는 파워커브의 추정을 위한 보간법으로서 3차 B-스플라인 보간법을 적용하고 있지만, 이에 한정되지는 않는 것으로서 현재 개시되어 있는 다양한 보간법을 얼마든지 적용하는 것이 가능하다.

[90] 파워커브의 추정이 이루어진 이후에, 리미트 탐색부(40)는 네 번째 과정으로서 상기 추정된 파워커브를 좌/우 및 상/하로 각각 이동시키면서 최대한 이상 데이터를 배제시킴으로써 가능한 한 정상 데이터만을 포함시키는 최적의 파워커브 리미트를 탐색하게 된다(S40). 즉, 기존의 입력 데이터로부터 최대한 이상 데이터를 배제시킴으로써 가급적 정상 데이터만을 이후 알고리즘 루프의 새로운 입력 데이터로 선정하게 되는 것이다.

[91] 도 9a 및 도 9b는 본 발명의 일실시예에 따른 풍력터빈의 파워커브 모니터링을 위한 파워커브 리미트 자동 산출 방법에서 좌/우 이동 거리별로 상/하 파워커브 리미트 내에 존재하는 데이터의 백분율 및 변화량을 각각 나타낸 그래프 도면이고, 도 10은 본 발명의 일실시예에 따른 풍력터빈의 파워커브 모니터링을 위한 파워커브 리미트 자동 산출 방법에서 파워커브의 좌/우 이동 탐색을 통해 구한 최적의 상/하 파워커브 리미트를 나타낸 그래프 도면이다.

[92] 우선, 도 10에 도시된 바와 같이, 상기 리미트 탐색부(40)는 상기 추정 기능을 통해 구해진 파워커브를 각각 좌/우로 이동시키면서 가능한 한 정상 데이터만을 포함시키는 최적의 상(上), 하(下) 파워커브 리미트를 탐색하게 되는데, 결과적으로 상, 하 파워커브 리미트는 추정된 파워커브를 기준으로 각각 위쪽과 아래쪽에 위치하게 될 파워커브 리미트를 가리킨다.

[93] 이 때, 상기 리미트 탐색부(40)는 최적의 상, 하 파워커브 리미트를 구했는지의 여부를 하기한 수학식 2와 같은 부등식을 만족하는지의 여부로 판단하며, 수학식 2의 부등식을 만족할 때까지 반복적으로 파워커브를 ΔV 만큼 좌/우로 각각 이동시킨다. 한편, 도 10에서는 ΔV로 0.1m/sec를 사용하였다.

[94] 수학식 2

$$PDL_i - PDL_{i-1} < \beta_{shift} (i > 1)$$

[95] 여기서, 상기 "i"는 리미트 탐색 알고리즘의 반복 횟수를 나타내고, 상기 "β_{shift}"는 현 단계에서 최적의 상, 하 파워커브 리미트를 결정했는지 여부를 판단하는 상수로, 도 9a 및 도 9b와 도 10에서는 1%를 사용하였다. 또한, 상기 "PDL"의 단위는 %로 하기한 수학식 3과 같이 정의된다.

[96] 수학식 3

$$PDL_i = [\frac{\text{상,하 파워커브 리미트 사이에 존재하는 데이터개수}}{\text{입력데이터 전체 개수}} \times 100]_i$$

[97] 또한, 도 11a 및 도 11b는 본 발명의 일실시예에 따른 풍력터빈의 파워커브 모니터링을 위한 파워커브 리미트 자동 산출 방법에서 상/하 이동 거리별로 상/하 파워커브 리미트 내에 존재하는 데이터의 백분율 및 변화량을 각각 나타낸 그래프 도면이고, 도 12는 본 발명의 일실시예에 따른 풍력터빈의 파워커브 모니터링을 위한 파워커브 리미트 자동 산출 방법에서 파워커브 리므트의 상/하 이동 탐색을 통해 구한 최적의 상/하 파워커브 리미트를 나타낸 그래프 도면이다.

[98] 그 다음에, 도 12에 도시된 바와 같이, 상기 리미트 탐색부(40)는 도 10에서 구해진 상, 하 파워커브 리미트를 상/하로 각각 이동시키면서 가능한 한 정상 데이터만을 포함시키는 최적의 상(上), 하(下) 파워커브 리미트를 탐색한다.

[99] 마찬가지로, 상기 리미트 탐색부(40)는 현 단계에서 최적의 상, 하 파워커브 리미트를 구했는지의 여부에 대해, 하기한 수학식 4의 부등식을 만족하는지의 여부로 판단하며, 하기의 수학식 4의 부등식을 만족할 때까지 반복적으로 파워커브를 ΔP만큼 상/하로 각각 이동시킨다. 한편, 도 12에서는 ΔP로 5kW를 사용하였다.

[100] 수학식 4

$$PDL_i - PDL_{i-1} < \gamma_{offset} (i > 1)$$

[101] 여기서, 상기 "i"는 리미트 탐색 알고리즘의 반복 횟수를 나타내고, 상기 "PDL"은 수학식 3과 동일하게 정의되며, 상기 "γ_{offset}"은 현 단계에서 최적의 상, 하 파워커브 리미트를 결정했는지의 여부를 판단하는 상수로서, 아래의 도 11a 및 도 11b과 도 12에서는 0.05%를 사용하였다.

[102] 한편, 상기한 본 발명의 리미트 탐색 기능에서는, 파워커브 리미트에 대해 좌/우 이동 탐색을 먼저 수행한 후 상/하 이동 탐색을 후속적으로 수행하였지만, 그 순서가 한정되지는 않는 것으로서 역순으로 최적의 상, 하 파워커브 리미트를 탐색하는 것도 얼마든지 가능하다.

[103] 그 다음에, 데이터 추출부(50)는 다섯 번째 과정으로서 입력 데이터로부터 이상 데이터를 배제시키기 위하여 설정된 상, 하 파워커브 리미트를 대상으로 해당 상, 하 파워커브 리미트 내에 존재하는 데이터만을 새로운 입력 데이터로 추출해내게 된다(S50).

[104] 도 13은 본 발명의 일실시예에 따른 풍력터빈의 파워커브 모니터링을 위한 파워커브 리미트 자동 산출 방법에서 파워커브 리미트의 자동 산출 알고리즘에 따라 신규하게 선정된 입력 데이터를 나타낸 그래프 도면이다.

[105] 도 13에 도시된 바에 따르면, 기존의 입력 데이터에 대해 탐색된 상, 하

파워커브 리미트 내에서 존재하는 데이터만을 신규하게 선정된 새로운 입력 데이터로 추출하게 된다.

[106] 이후, 데이터 판정부(60)는 상기 데이터 추출부(50)로부터 새롭게 추출된 입력 데이터를 대상으로 하여 전체 알고리즘 루프의 종료를 판정하기 위한 과정으로서, 상기 파워 계산부(20)에서 계산된 빈 별 파워의 표준편차 값을 입력받아 해당 표준편차의 평균값을 계산하게 된다(S60).

[107] 상기 표준편차의 평균값을 계산한 이후에, 상기 데이터 판정부(60)는 현재 계산된 상기 표준편차의 평균값과 이전 알고리즘 루프에서 계산된 이전 표준편차의 평균값을 비교하여, 상기 평균값의 변화량이 파워 커브 산출 알고리즘의 종료 판단 상수인 "a_{loop}"보다 큰지의 여부를 판단한다(S80).

[108] 한편, 상기 판단 단계에서의 평균값 비교 및 상수 판단에 대한 계산은 하기한 수학식 5의 부등식과 같이 이루어지게 된다.

[109] 수학식 5

$$(\text{빈별파워표준편차의평균값})_k - (\text{빈별파워표준편차의평균값})_{k-1} < a_{loop}$$

[110] 여기서, 상기 "k (k > 1)"는 전체 알고리즘 루프의 반복 횟수를 나타내고, 상기 "a_{loop}"는 파워커브 리미트의 자동 산출을 위한 전체 알고리즘 루프의 종료 여부를 판단하는 상수로서, 도 13에서는 1을 사용하였다.

[111] 상기 판단 결과, 상기 데이터 판정부(60)는 상기 수학식 5의 부등식과 같이 표준편차에 따른 평균값의 변화량이 설정 상수 "a_{loop}"보다 작은 것으로 판단하게 하면 상기 리미트 탐색부(40)에서 탐색을 통해 구한 상, 하 파워커브 리미트를 최적의(즉, 정확한) 파워 커브 리미트로서 산출하면서 전체 알고리즘 루프를 종료하게 되고(S80), 상기 수학식 5의 부등식을 만족하지 않는 경우에는 상기 데이터 추출부(50)에서 추출된 신규의 입력데이터를 이용하여 상기 S10의 단계인 가변 속도 빈을 통한 입력 데이터의 분류 과정부터 다시 시작하여 전체 알고리즘 루프를 재차 수행하게 된다.

[112] 다음으로, 본 14a 내지 도 14d는 본 발명의 일실시예에 따른 풍력터빈의 파워커브 모니터링을 위한 파워커브 리미트 자동 산출 방법에서 파워커브 리미트의 자동 산출 알고리즘의 루프 횟수에 따른 실시 사례를 각각 나타낸 그래프 도면이다.

[113] 도 14a 내지 도 14d에 도시된 바에 따르면, 본 발명의 파워커브 리미트 자동 계산 알고리즘을 적용하였을 때 전체 알고리즘 루프의 반복 횟수에 따른 결과를 보여주는데, 전체 알고리즘 루프가 4번 반복되었을 때 종료되었으며, 성공적으로 파워커브 리미트를 산출해주는 것을 알 수 있다.

[114] 도 15는 본 발명의 일실시예에 따른 풍력터빈의 파워커브 모니터링을 위한 파워커브 리미트 자동 산출 방법에서 이상 데이터가 다수 포함되어 있는 입력 데이터의 상태를 나타낸 그래프 도면이고, 도 16a 내지 도 16e는 본 발명의 일실시예에 따른 풍력터빈의 파워커브 모니터링을 위한 파워커브 리미트 자동

산출 방법에서 도 15의 입력 데이터를 적용하여 파워커브 리미트의 자동 산출 알고리즘의 루프 횟수에 따라 산출되는 실시 사례를 각각 나타낸 그래프 도면이다.

[115] 도 15에 나타낸 데이터는 또 다른 MW급 풍력터빈의 입력 데이터를 예시한 것으로서, 도 6에 나타난 입력 데이터에 비해 이상 데이터가 다수 포함되어 있는 것을 관찰할 수 있다.

[116] 이에, 도 16a 내지 도 16e에 도시된 바에 따르면, 도 15의 입력 데이터에 본 발명에 따른 알고리즘의 적용 결과로 전체 알고리즘 루프가 5번 반복되었을 때 종료되었으며, 이상 데이터가 많이 포함되어 있음에도 불구하고 성공적으로 파워커브 리미트를 산출해주는 것을 확인할 수 있다.

[117] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 하여 설명되었으나, 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 기술이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 기술적 보호범위는 아래의 특허청구범위에 의해서 정하여져야 할 것이다.

[118]

청구범위

[청구항 1] 입력 데이터 분류부가 가변 속도 빈(Variable Speed Bin)을 통해 풍력발전의 입력 데이터를 분류하는 제1단계;
파워 계산부가 상기 분류된 입력 데이터에 대해 빈 별로 파워 평균값과 표준편차를 계산하는 제2단계;
파워커브 추정부가 상기 계산된 빈 별 파워 평균값에 대한 파워 커브를 추정하는 제3단계;
리미트 탐색부가 상기 추정된 파워 커브를 이동시키면서 정확한 파워 커브 리미트를 탐색하는 제4단계; 및
데이터 추출부가 상기 정확한 파워커브 리미트 내에 포함된 데이터를 신규의 입력 데이터로 설정하는 제5단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 풍력터빈의 파워커브 모니터링을 위한 파워커브 리미트 자동 산출 방법.

[청구항 2] 제 1 항에 있어서,
상기 제1단계에서, 상기 입력 데이터 분류부는 상기 입력 데이터의 속도-파워 데이터를 속도 빈을 기준으로,
빈 폭(Bin Width) = 1 / 전체 알고리즘 루프 반복 횟수 (단위 : m/sec)
(단, 상기 "전체 알고리즘 반복 횟수"는 상기 제1단계로부터 제5단계의 알고리즘 루프에 대한 수행 횟수에 해당됨)
와 같이 속도 빈의 폭에 따라 결정하는 것을 특징으로 하는 풍력터빈의 파워커브 모니터링을 위한 파워커브 리미트 자동 산출 방법.

[청구항 3] 제 1 항에 있어서,
상기 제3단계에서, 상기 파워커브 추정부는 상기 계산된 빈 별 파워의 평균값을 보간법의 입력으로 사용하고, 상기 보간법을 이용하여 파워커브를 추정하는 것을 특징으로 하는 풍력터빈의 파워커브 모니터링을 위한 파워커브 리미트 자동 산출 방법.

[청구항 4] 제 3 항에 있어서,
상기 제3단계에서, 상기 보간법은 3차 B-스플라인(Cubic B-Spline) 보간법인 것을 특징으로 하는 풍력터빈의 파워커브 모니터링을 위한 파워커브 리미트 자동 산출 방법.

[청구항 5] 제 1 항에 있어서,
상기 제4단계에서, 상기 리미트 탐색부는 상기 파워커브를 좌/우 및 상/하로 이동시키면서 정확한 파워커브 리미트를 탐색하는 것을 특징으로 하는 풍력터빈의 파워커브 모니터링을 위한 파워커브 리미트 자동 산출 방법.

[청구항 6] 제 5 항에 있어서,

상기 제4단계에서, 상기 리미트 탐색부는 상기 파워 커브를,

$$PDL_i - PDL_{i-1} < \beta_{shift} (i > 1)$$

(단, 상기 "i"는 리미트 탐색 알고리즘의 반복 횟수이고, 상기 "β_{shift}"는 현 단계에서 최적의 상, 하 파워커브 리미트를 결정했는지 여부를 판단하는 상수이며, 상기 "PDL"의 단위는 %로 정의됨)

의 부등식이 만족할때까지 반복적으로 ΔV만큼 좌/우로 이동시키는 것을 특징으로 하는 풍력터빈의 파워커브 모니터링을 위한 파워커브 리미트 자동 산출 방법.

[청구항 7] 제 5 항에 있어서,

상기 제4단계에서, 상기 리미트 탐색부는 상기 파워 커브를,

$$PDL_i - PDL_{i-1} < \gamma_{offset} (i > 1)$$

(단, 상기 "i"는 리미트 탐색 알고리즘의 반복 횟수이고, 상기 "PDL"의 단위는 %로 정의되며, 상기 "γ_{offset}"은 정확한 상, 하 파워커브 리미트를 결정했는지의 여부를 판단하는 상수에 해당됨)

의 부등식이 만족할때까지 반복적으로 ΔP만큼 상/하로 이동시키는 것을 특징으로 하는 풍력터빈의 파워커브 모니터링을 위한 파워커브 리미트 자동 산출 방법.

[청구항 8] 제 6 항 또는 제 7 항에 있어서,

상기 제4단계에서, 상기 "PDL"은,

$$PDL_i = \left[\frac{\text{상,하 파워커브 리미트 사이에 존재하는 데이터개수}}{\text{입력데이터 전체 개수}} \times 100 \right]_i$$

와 같이 정의되는 것을 특징으로 하는 풍력터빈의 파워커브 모니터링을 위한 파워커브 리미트 자동 산출 방법.

[청구항 9] 제 1 항에 있어서,

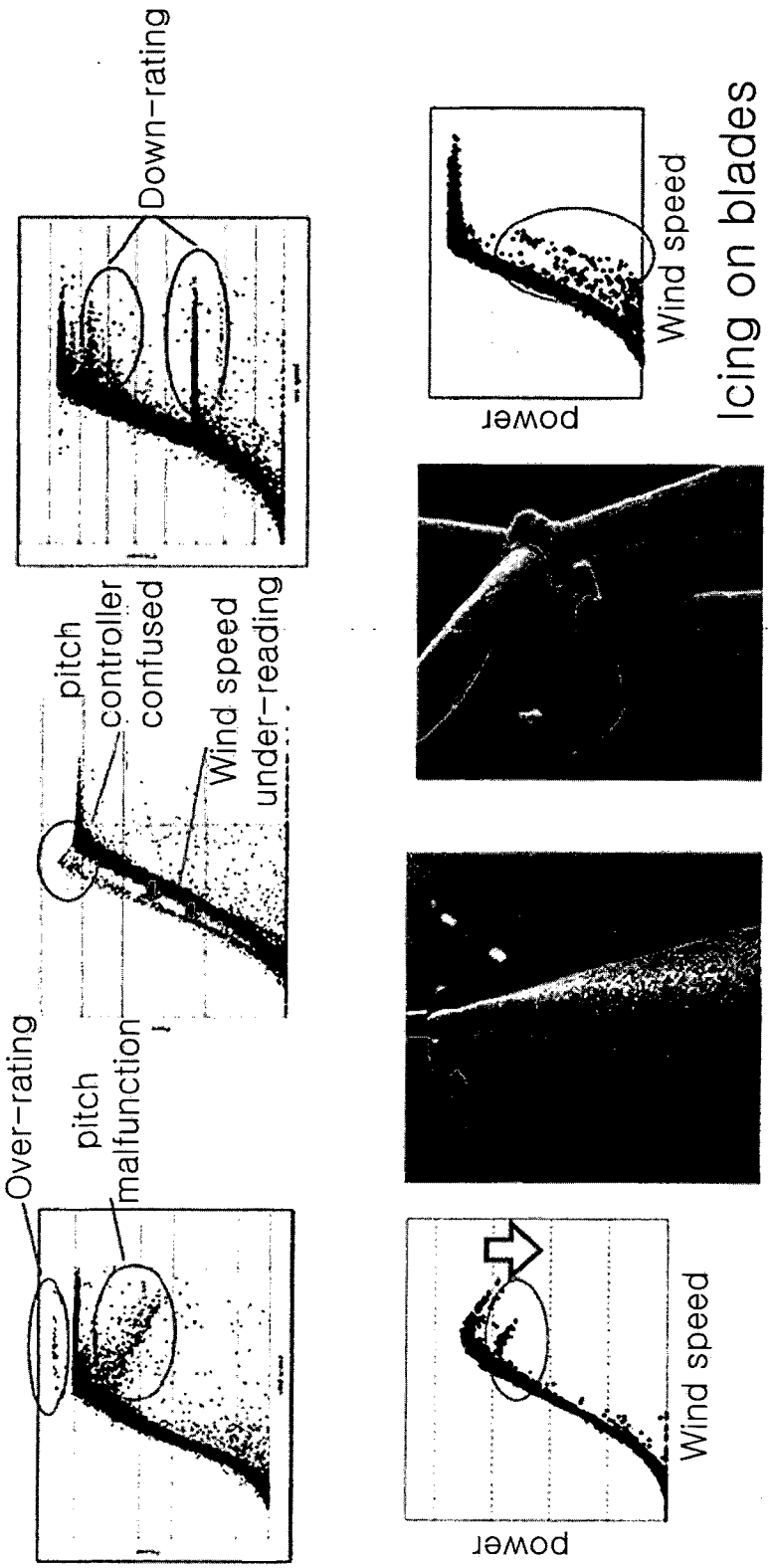
상기 제5단계 이후에, 데이터 판정부가 상기 파워 계산부에서 계산된 빈 별 파워의 표준편차 값을 입력받아 평균값을 계산하는 단계,

상기 데이터 판정부가 상기 계산된 표준편차의 평균값과 이전 알고리즘 루프에서 계산된 이전 표준편차의 평균값을 비교하여, 상기 평균값의 변화량이 파워 커브 산출 알고리즘의 종료 판단 상수보다 작은 지를 판단하는 단계 및,

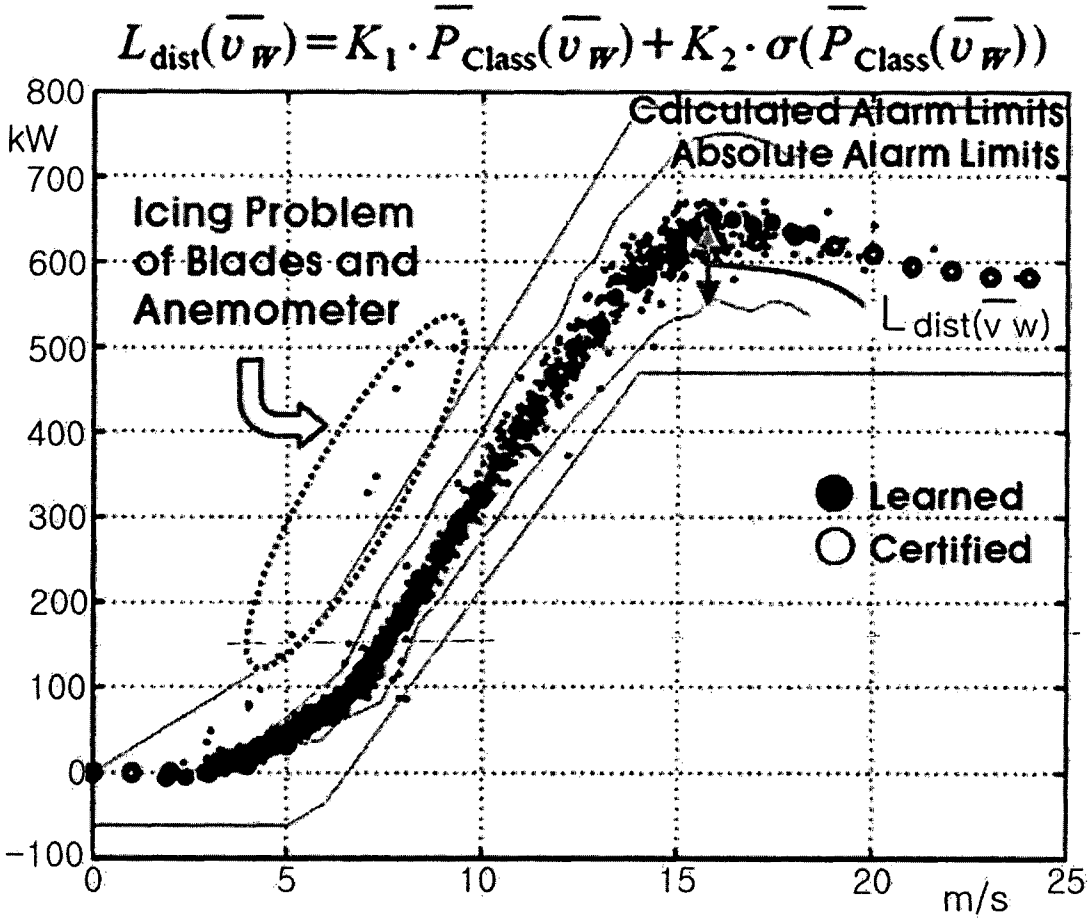
상기 평균값의 변화량이 파워 커브 산출 알고리즘의 종료 판단 상수보다 작으면, 정확한 파워커브 리미트를 산출한 것으로 판단하여 전체 알고리즘 루프의 실행을 종료하고, 상기 평균값의

변화량이 파워 커브 산출 알고리즘의 종료 판단 상수보다 크면, 상기 제 5단계에서 설정된 신규의 입력 데이터를 이용하여 상기 제1단계로부터 상기 제5단계의 전체 알고리즘 루프를 반복하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 풍력터빈의 파워커브 모니터링을 위한 파워커브 리미트 자동 산출 방법.

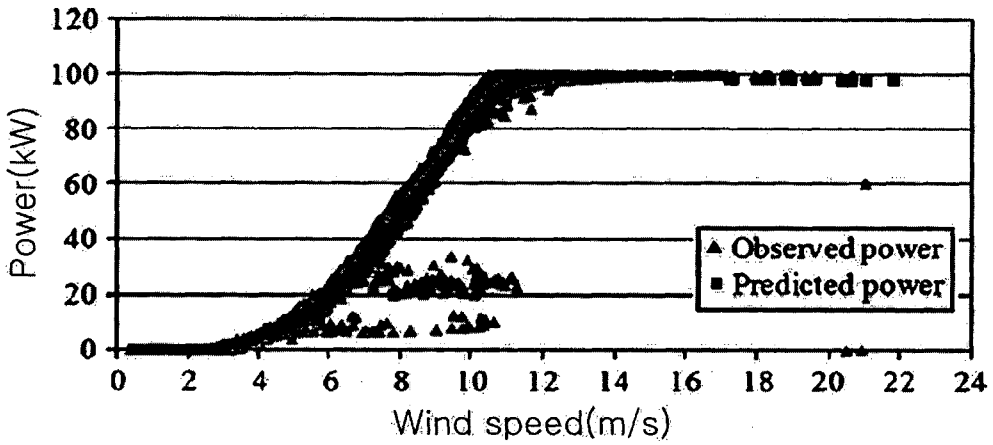
[Fig. 1]


Down-rating
pitch controller confused
Wind speed under-reading
Over-rating
pitch malfunction
power
Wind speed
Icing on blades
power
Wind speed

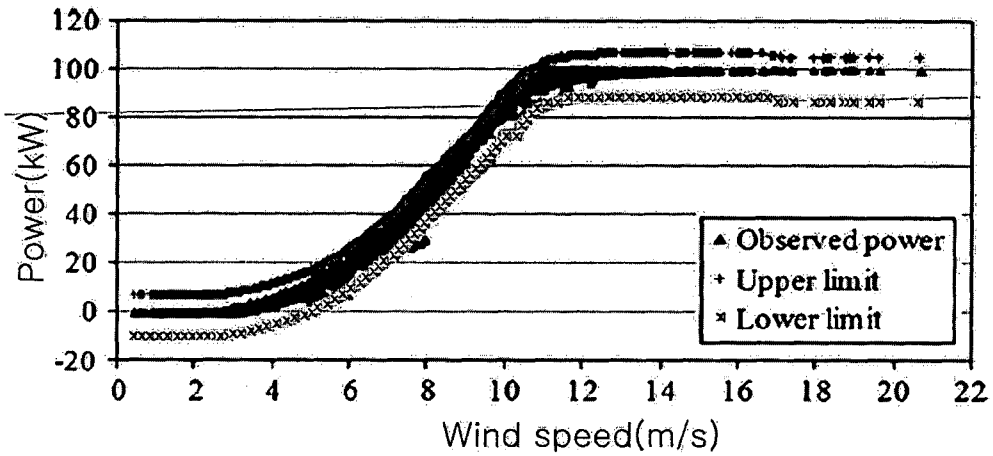
[Fig. 2]


$L_{dist}(\overline{v_w}) = K_1 \cdot \overline{P}_{Class}(\overline{v_w}) + K_2 \cdot \sigma(\overline{P}_{Class}(\overline{v_w}))$
800
kW
700
600
500
400
300
200
100
0
-100
0
5
10
15
20
25
m/s
Calculated Alarm Limits
Absolute Alarm Limits
Icing Problem of Blades and Anemometer
L dist(v w)
Learned
Certified

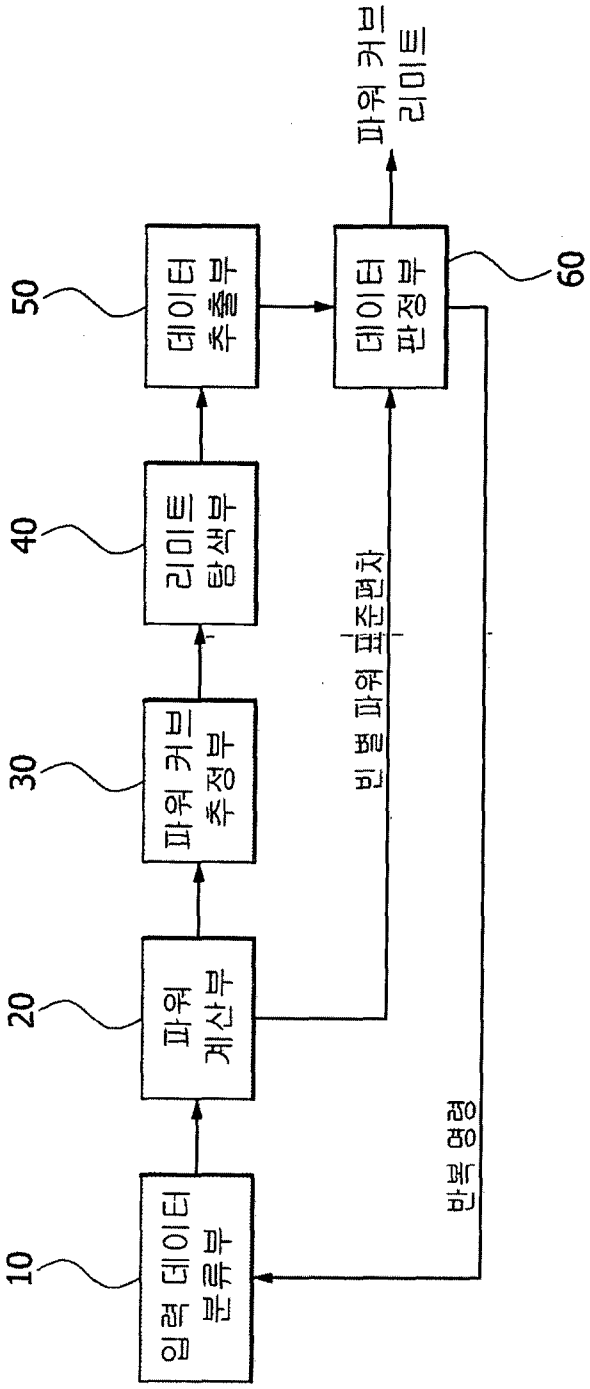
[Fig. 3a]


120
100
80
60
40
20
0
Power(kW)
0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24
Wind speed(m/s)
Observed power
Predicted power

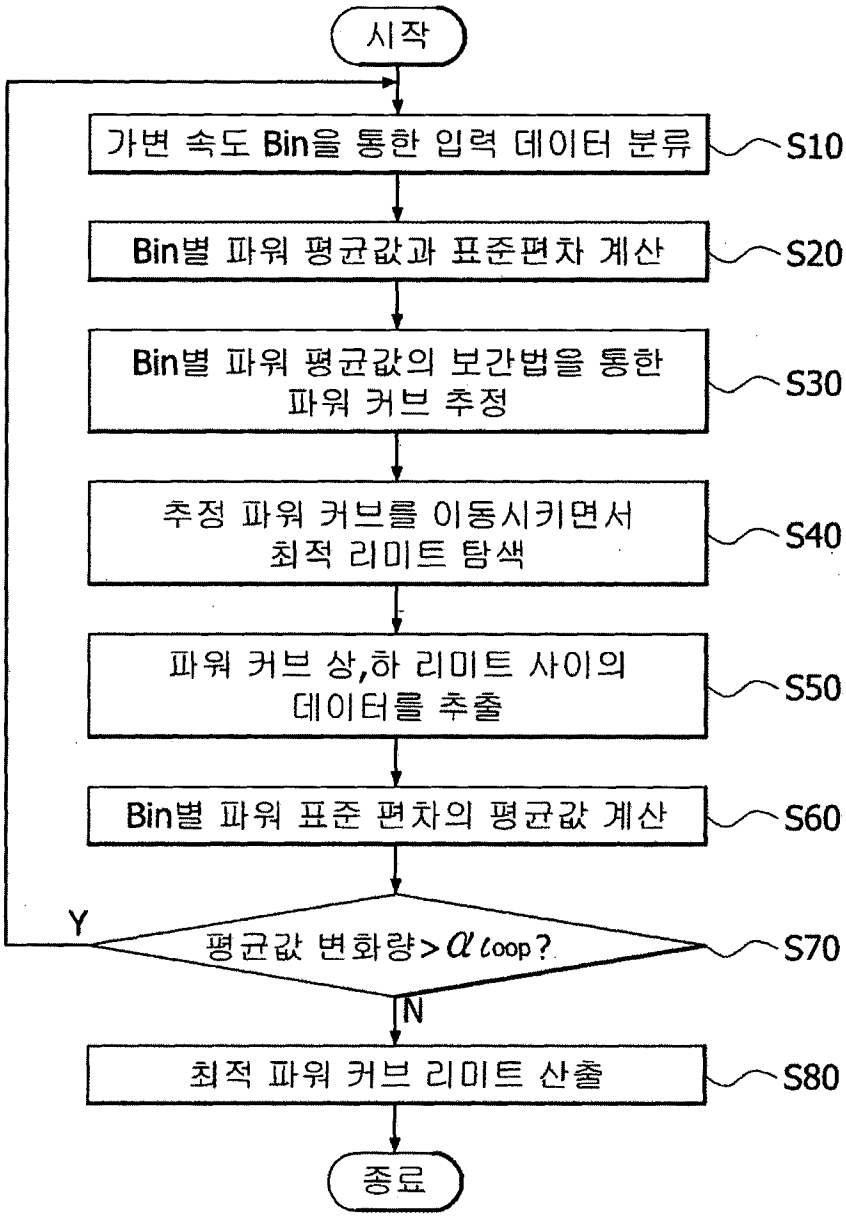
[Fig. 3b]


120
100
80
60
40
20
0
-20
Power(kW)
0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22
Wind speed(m/s)
Observed power
Upper limit
Lower limit

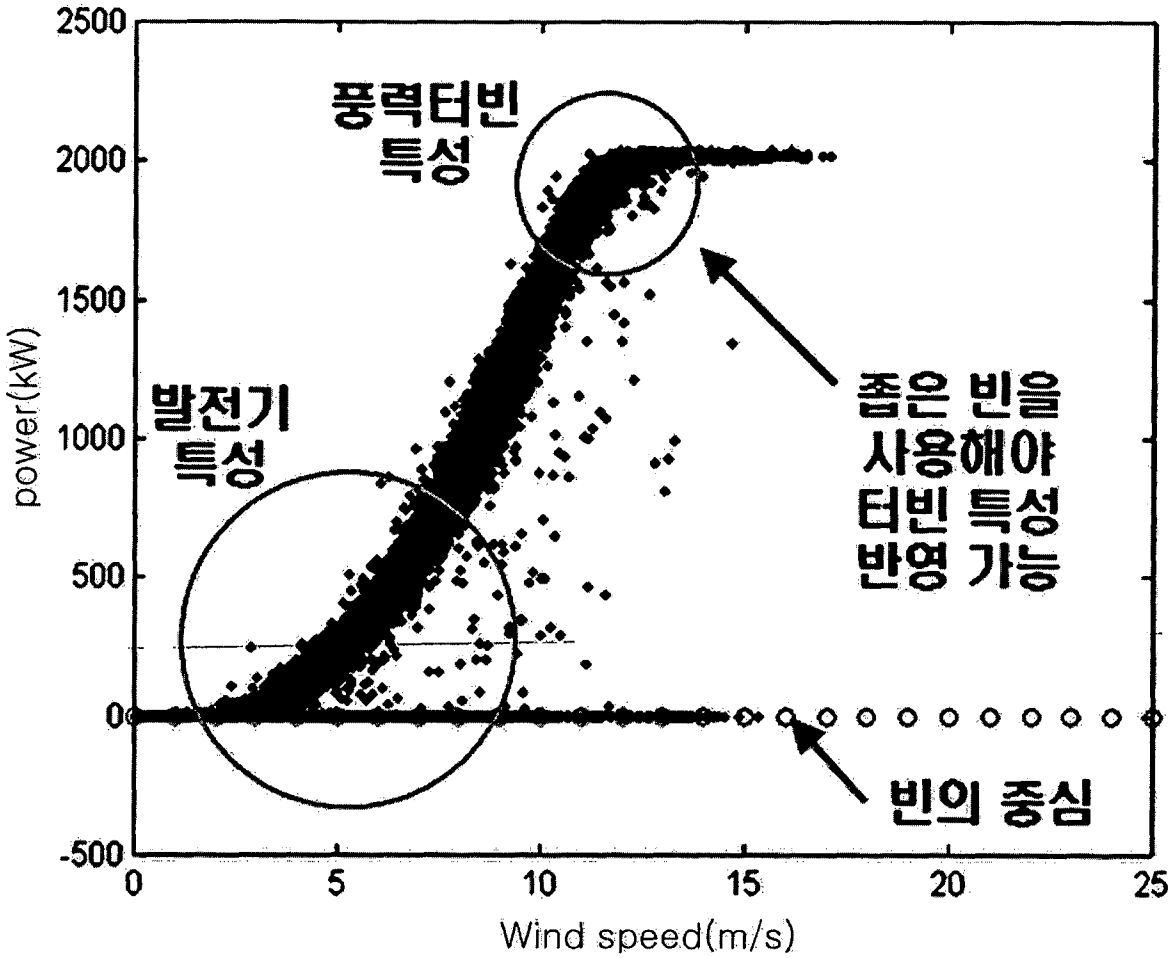
[Fig. 4]


입력 데이터 분류부
10
파워 계산부
20
파워 커브 추정부
30
리미트 탐색부
40
데이터 추출부
50
데이터 판정부
60
파워 커브 리미트
빈별 파워 표준편차
반복 명령

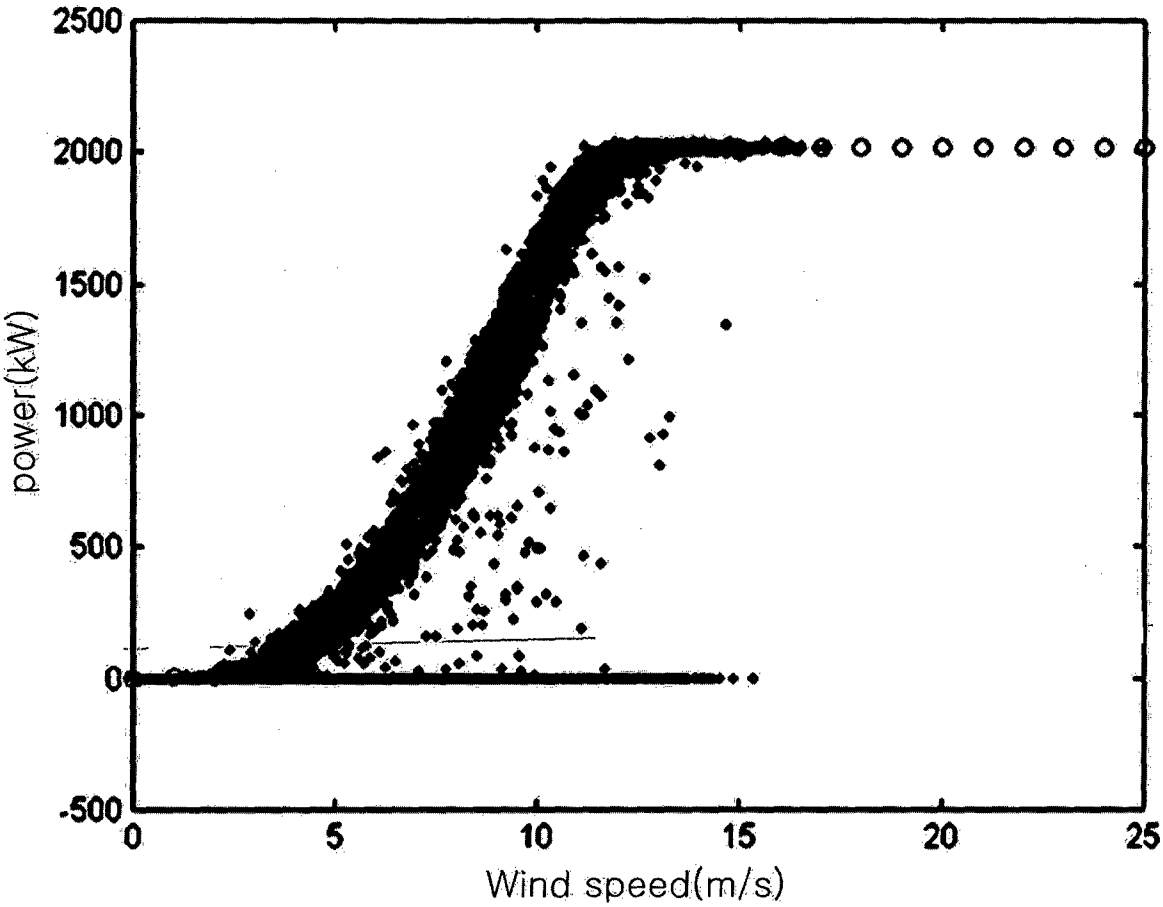
[Fig. 5]


시작
가변 속도 Bin을 통한 입력 데이터 분류
S10
Bin별 파워 평균값과 표준편차 계산
S20
Bin별 파워 평균값의 보간법을 통한 파워 커브 추정
S30
추정 파워 커브를 이동시키면서 최적 리미트 탐색
S40
파워 커브 상,하 리미트 사이의 데이터를 추출
S50
Bin별 파워 표준 편차의 평균값 계산
S60
Y
평균값 변화량 > α loop ?
S70
N
최적 파워 커브 리미트 산출
S80
종료

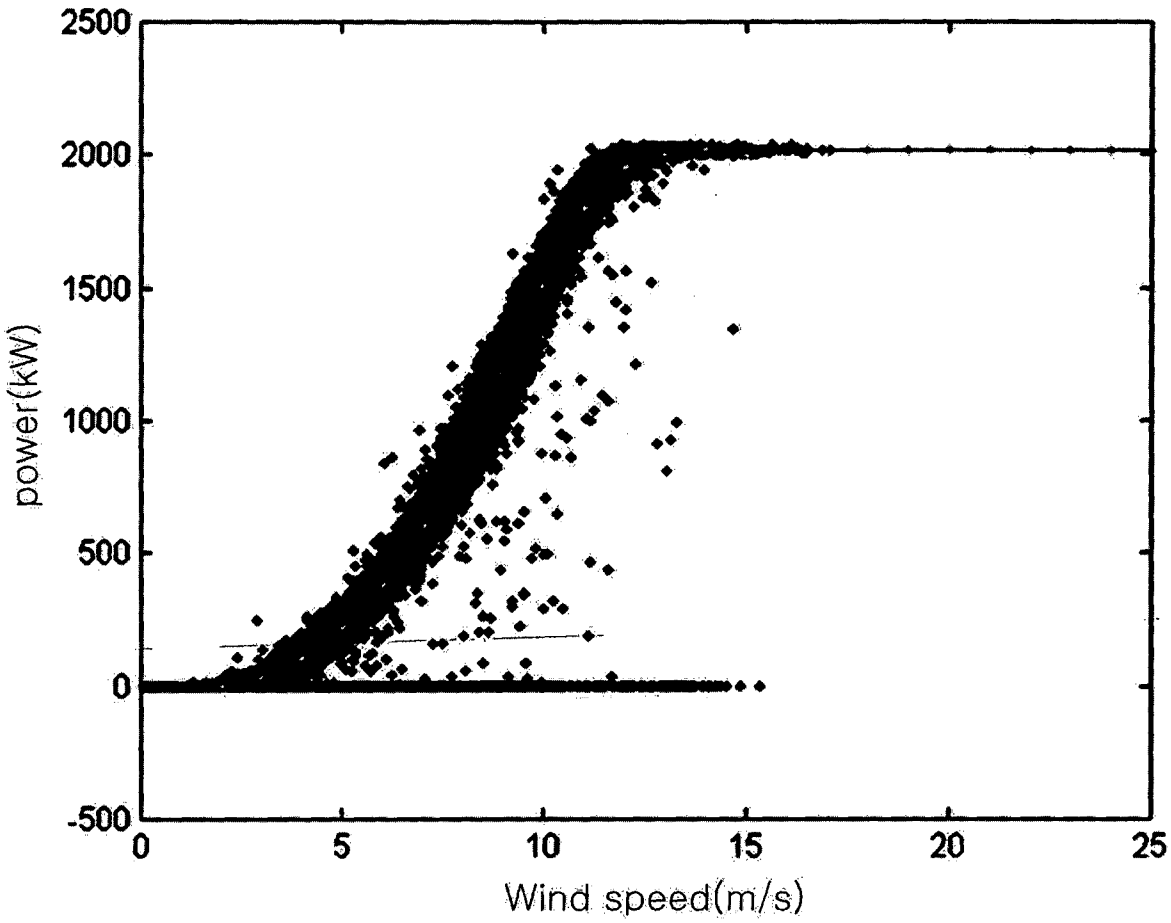
[Fig. 6]


2500
2000
1500
1000
500
0
-500
power(kW)
0
5
10
15
20
25
Wind speed(m/s)
풍력터빈
특성
발전기
특성
좁은 빈을
사용해야
터빈 특성
반영 가능
빈의 중심

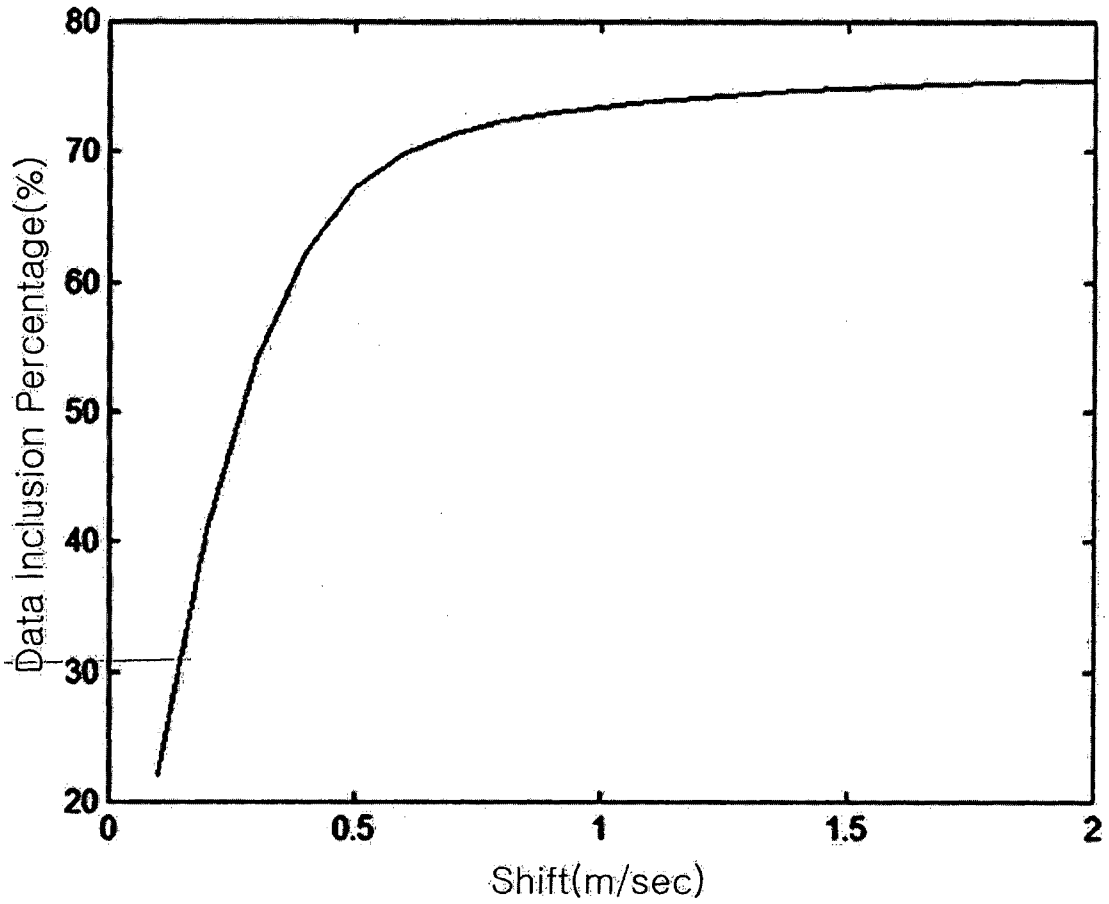
[Fig. 7]


2500
2000
1500
1000
500
0
-500
power(kW)
0
5
10
15
20
25
Wind speed(m/s)

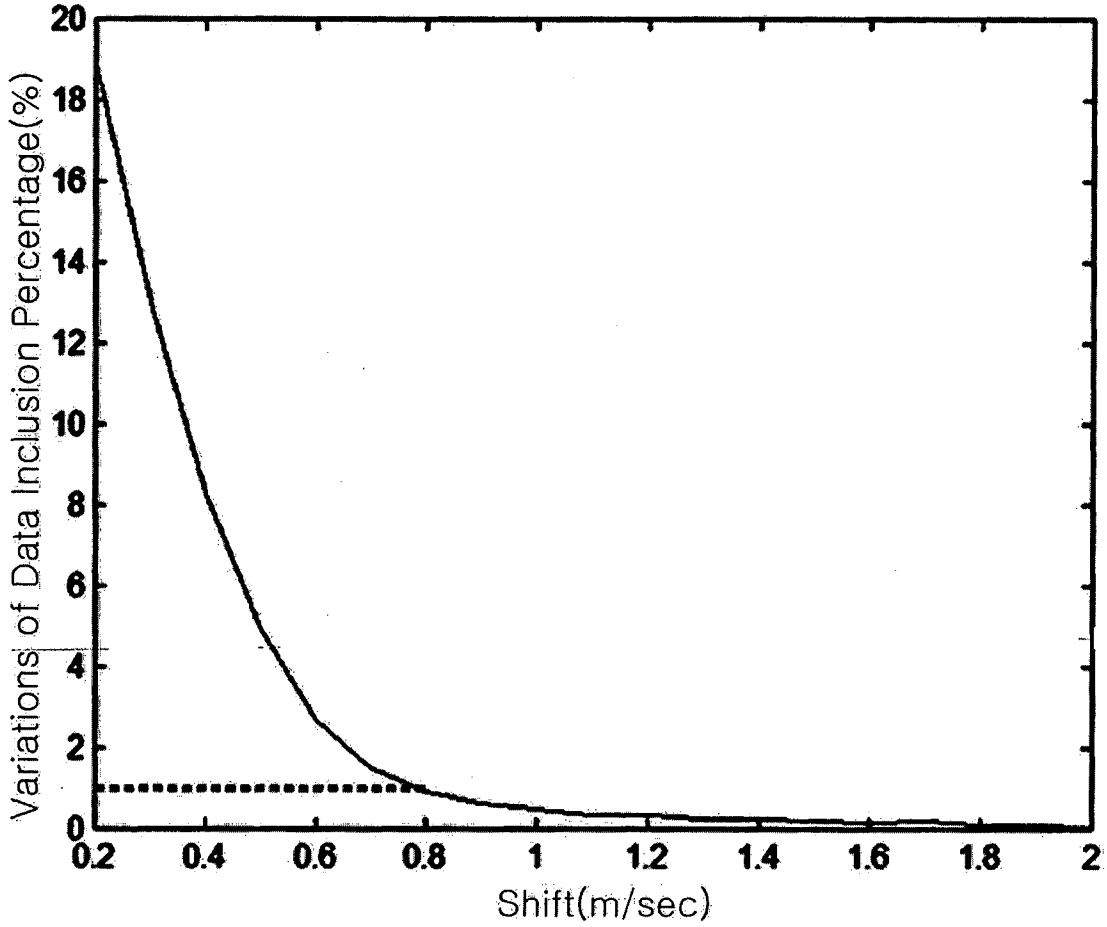
[Fig. 8]


2500
2000
1500
1000
500
0
-500
power(kW)
0
5
10
15
20
25
Wind speed(m/s)

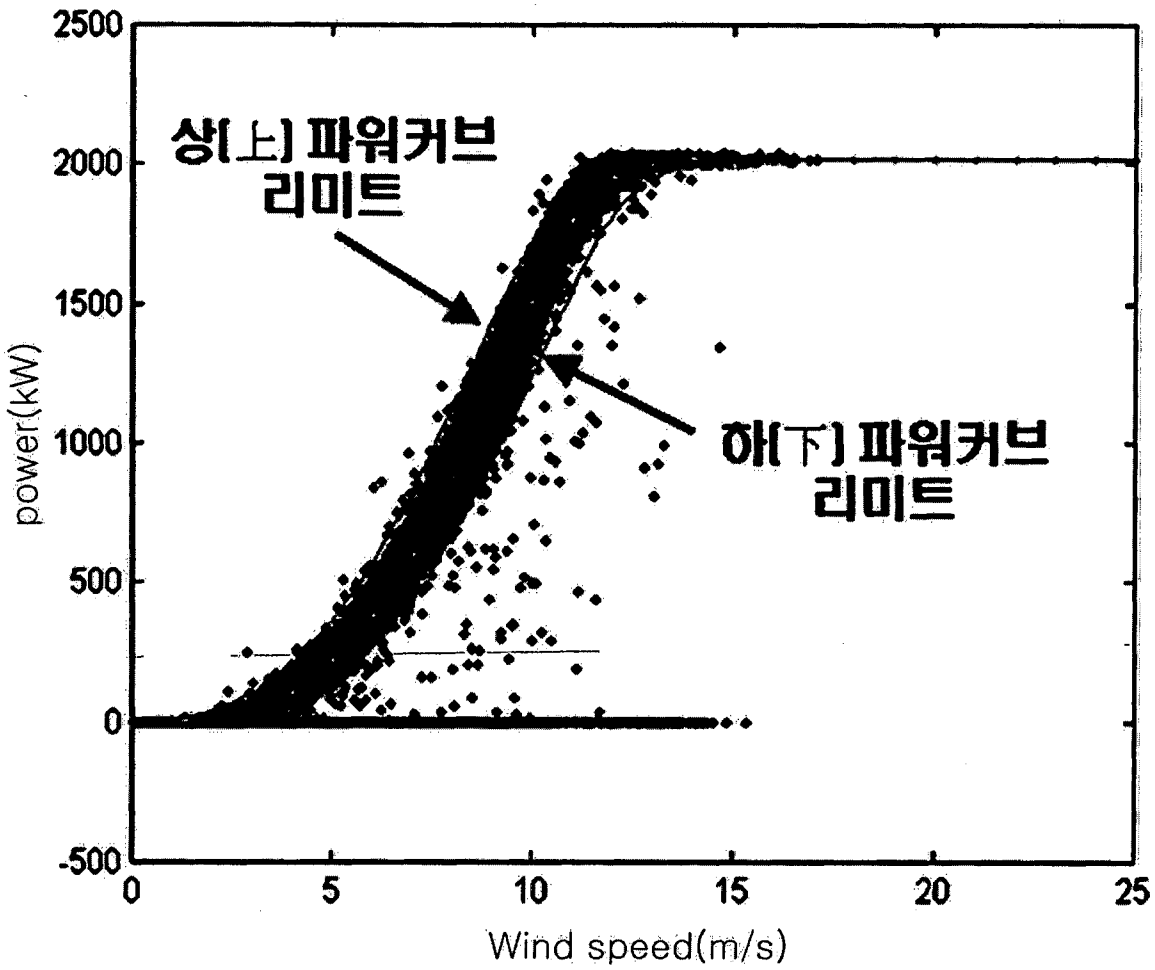
[Fig. 9a]


80
70
60
50
40
30
20
Data Inclusion Percentage(%)
0
0.5
1
1.5
2
Shift(m/sec)

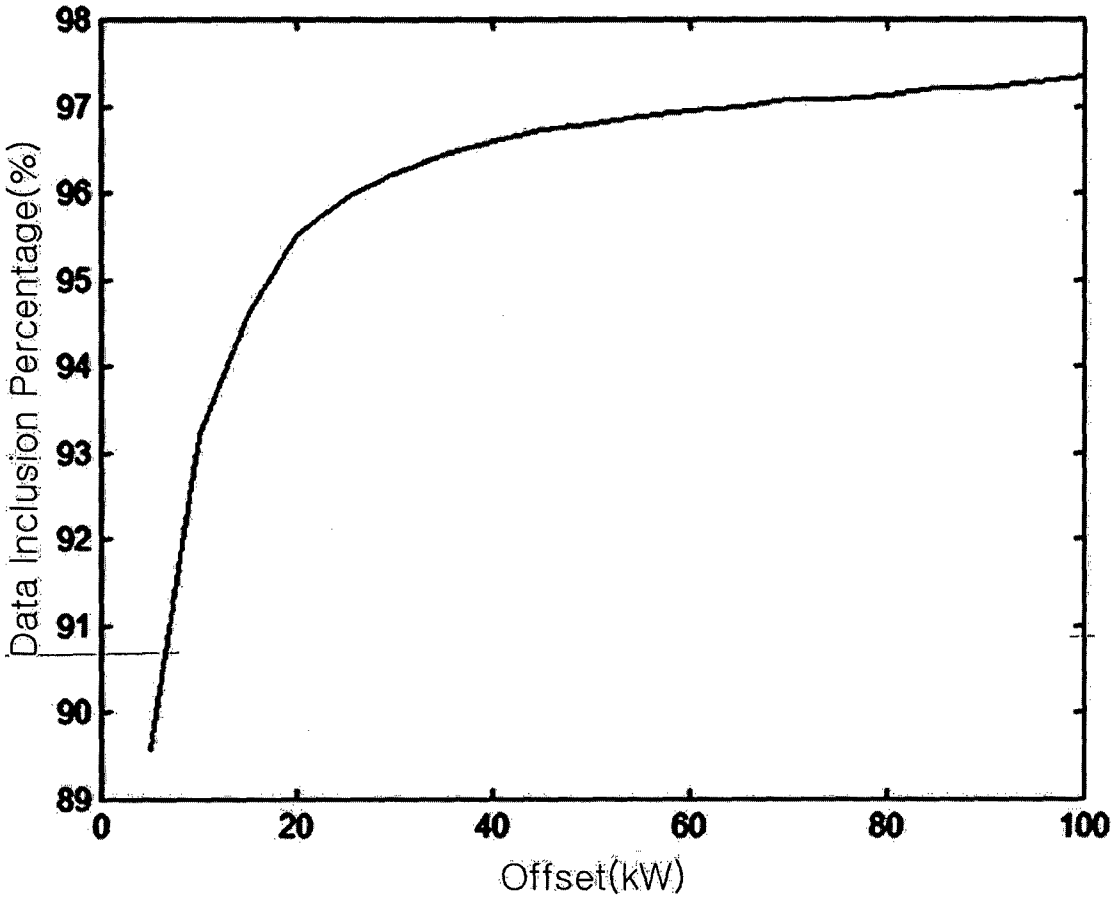
[Fig. 9b]


Variations of Data Inclusion Percentage(%)
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
1.4
1.6
1.8
2
Shift(m/sec)

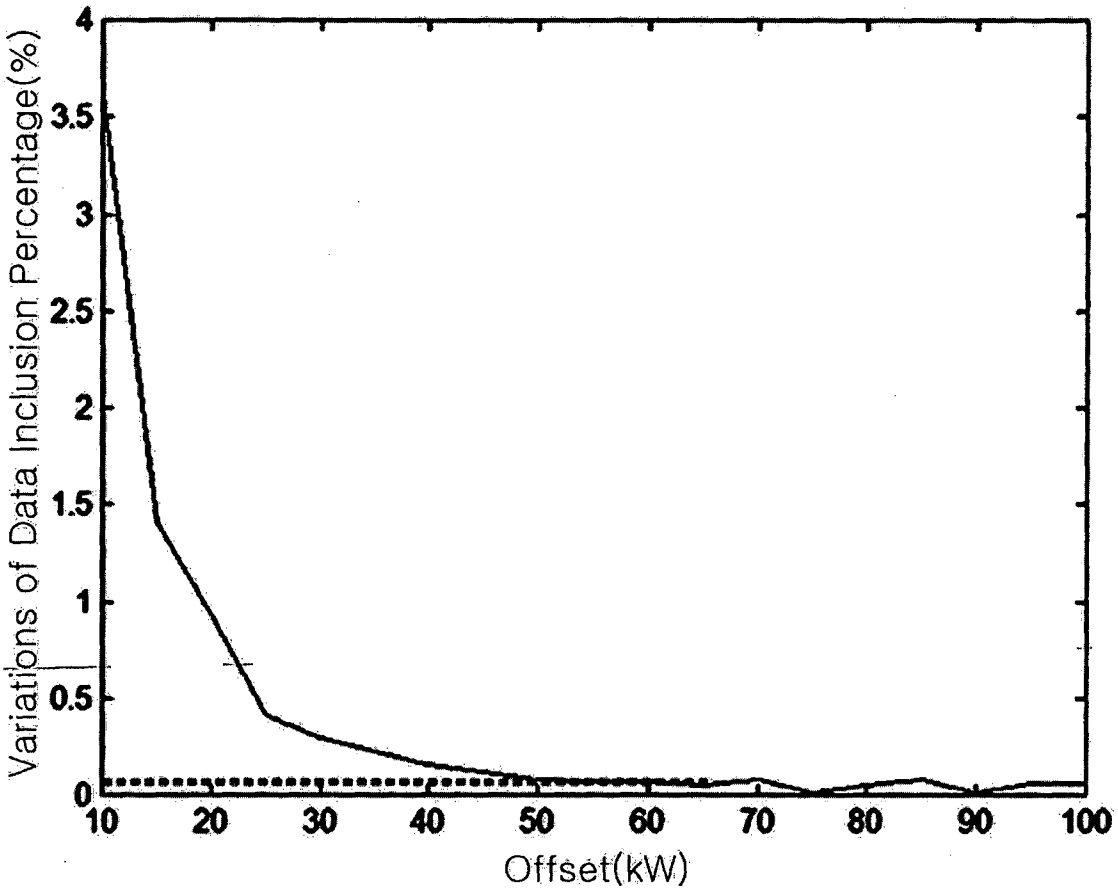
[Fig. 10]


상(上) 파워커브 리미트
하(下) 파워커브 리미트
power(kW)
Wind speed(m/s)
2500
2000
1500
1000
500
0
-500
0
5
10
15
20
25

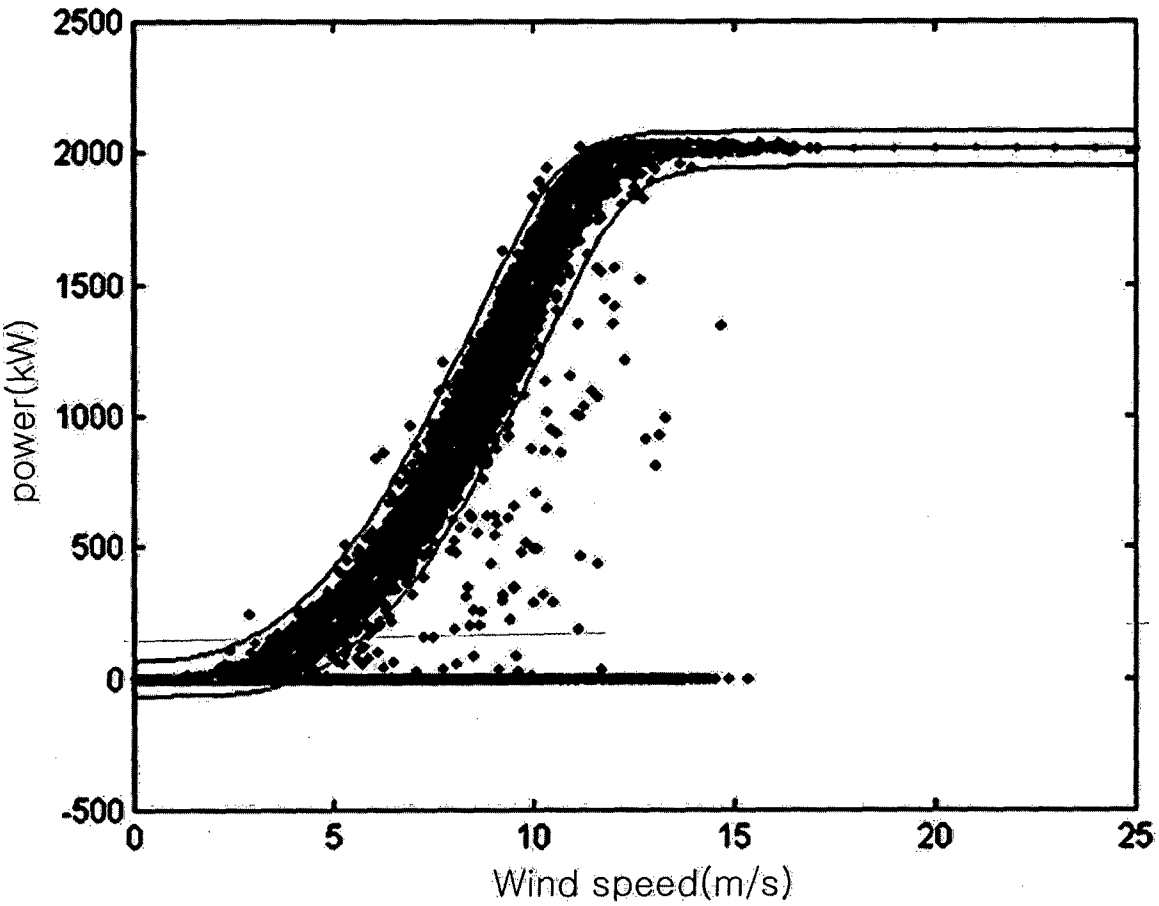
[Fig. 11a]


Data Inclusion Percentage(%)
98
97
96
95
94
93
92
91
90
89
0
20
40
60
80
100
Offset(kW)

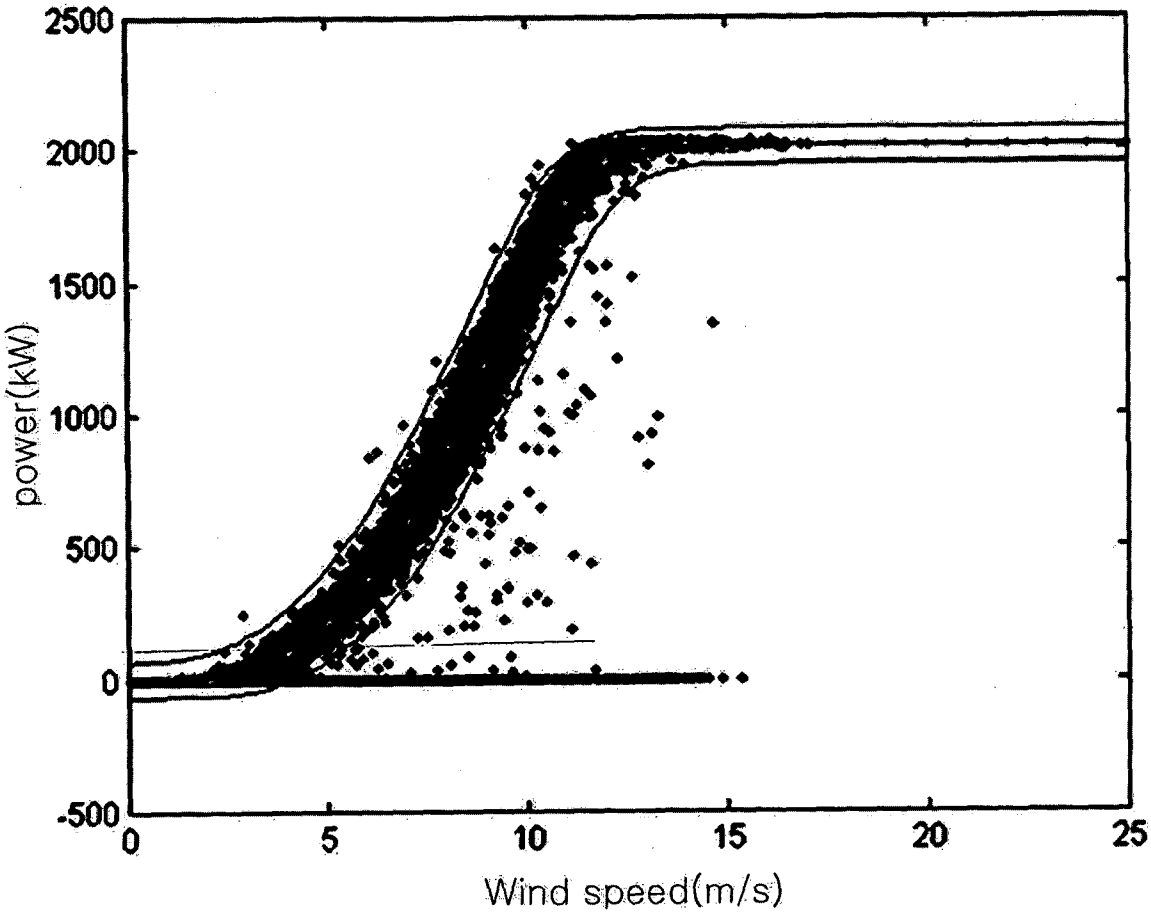
[Fig. 11b]


Variations of Data Inclusion Percentage(%)
4
3.5
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
Offset(kW)

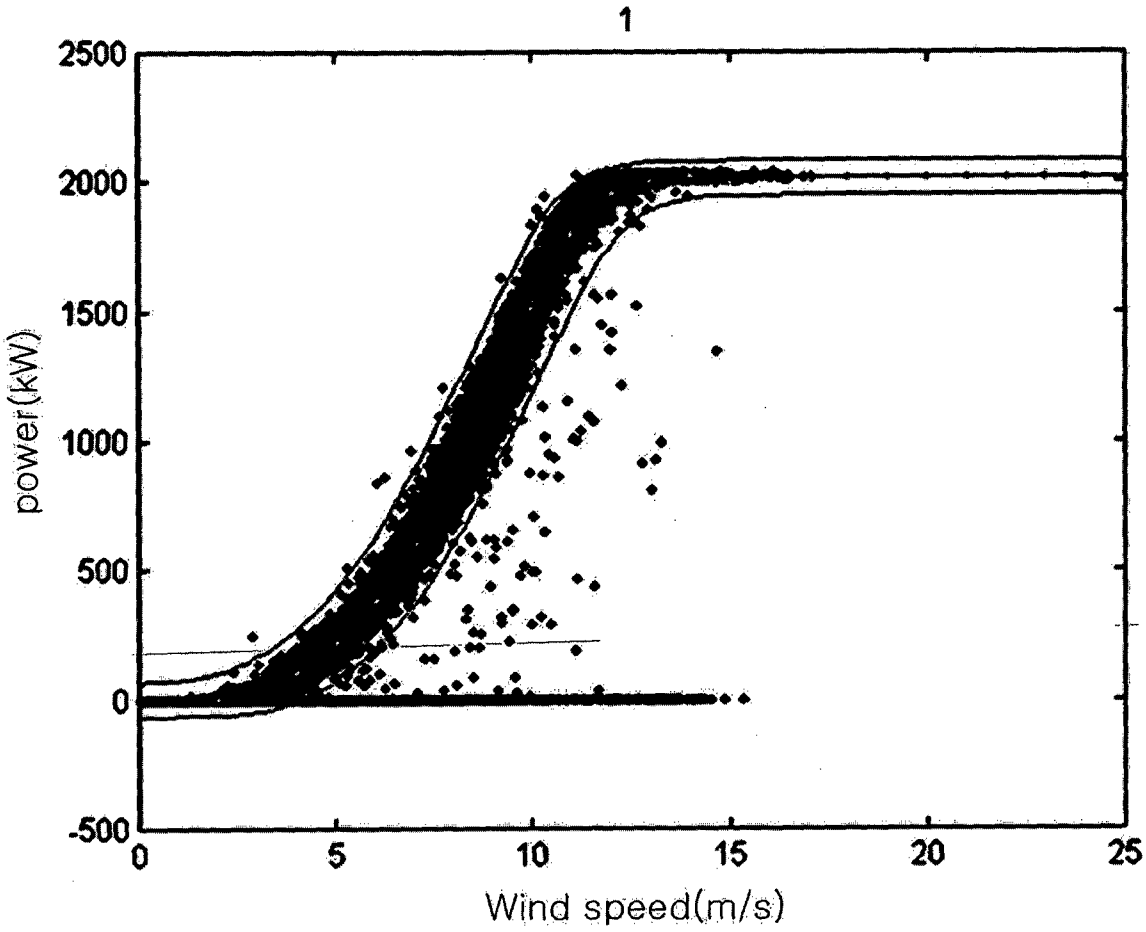
[Fig. 12]


2500
2000
1500
1000
500
0
-500
power(kW)
0
5
10
15
20
25
Wind speed(m/s)

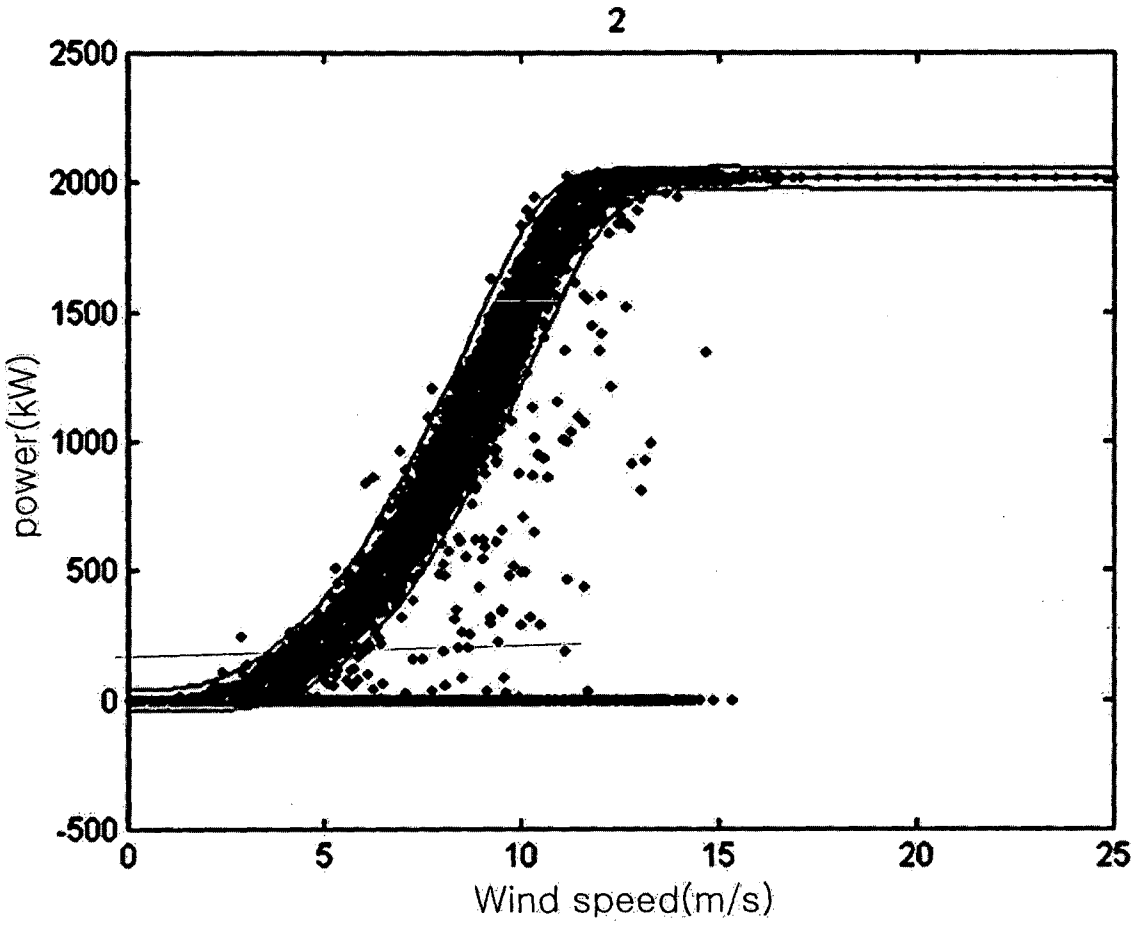
[Fig. 13]


2500
2000
1500
1000
500
0
-500
power(kW)
0
5
10
15
20
25
Wind speed(m/s)

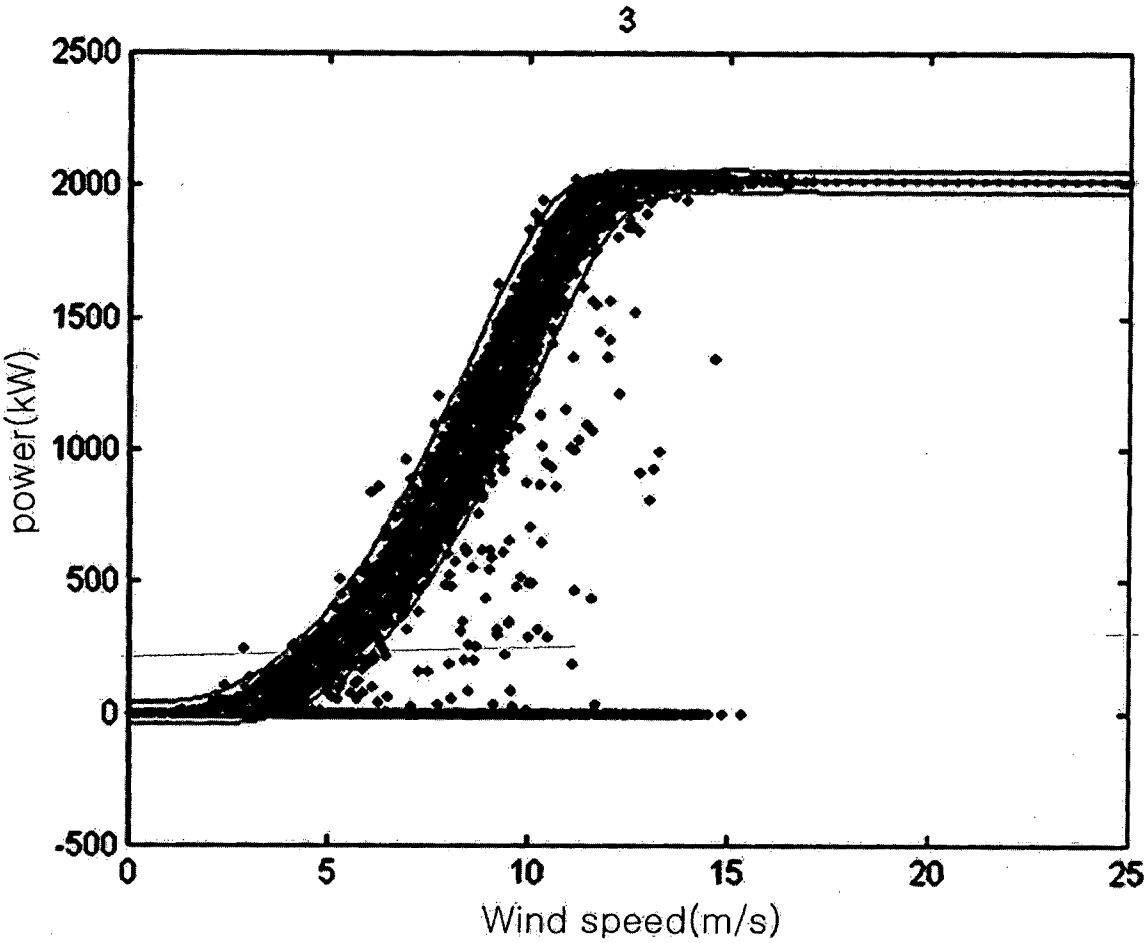
[Fig. 14a]


1
2500
2000
1500
1000
500
0
-500
power(kW)
0
5
10
15
20
25
Wind speed(m/s)

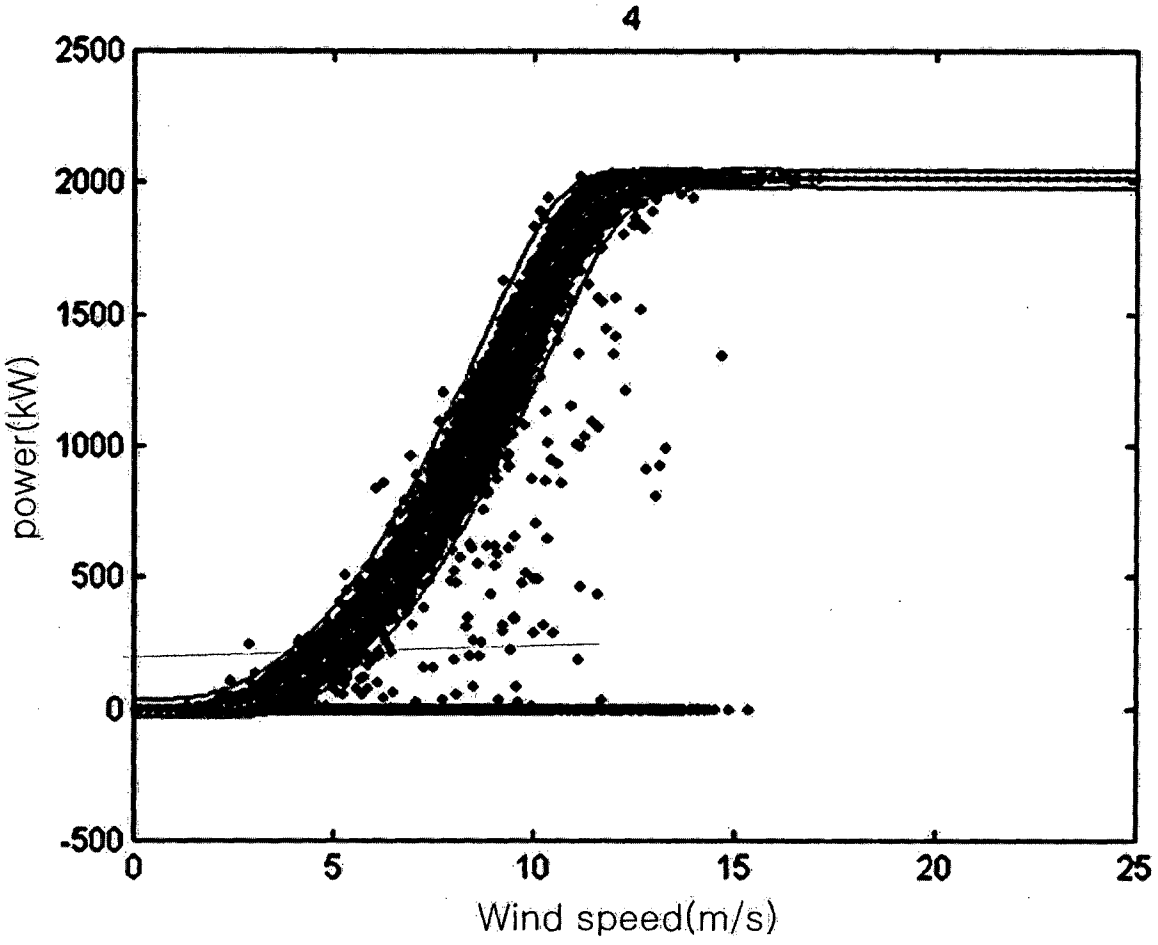
[Fig. 14b]


2
2500
2000
1500
1000
500
0
-500
power(kW)
0
5
10
15
20
25
Wind speed(m/s)

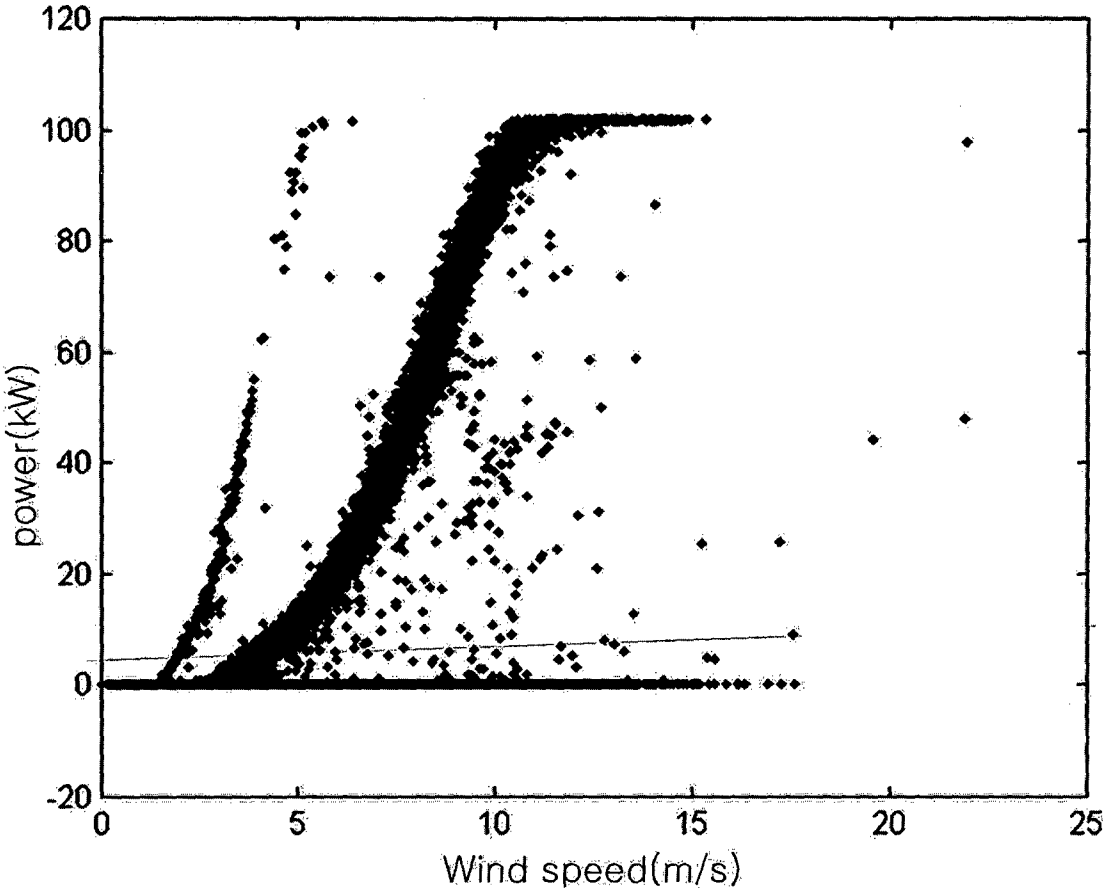
[Fig. 14c]


3
2500
2000
1500
1000
500
0
-500
power(kW)
0
5
10
15
20
25
Wind speed(m/s)

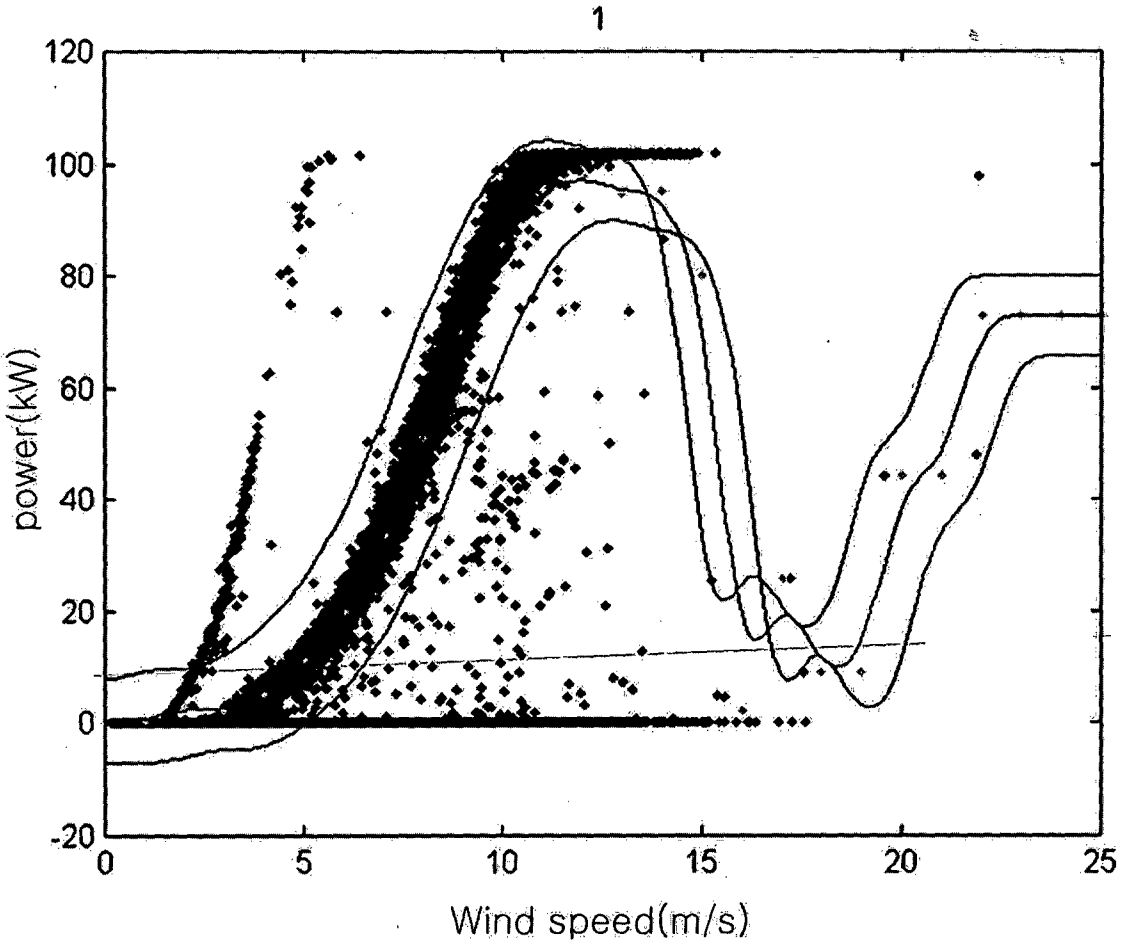
[Fig. 14d]


4
2500
2000
1500
1000
500
0
-500
power(kW)
0
5
10
15
20
25
Wind speed(m/s)

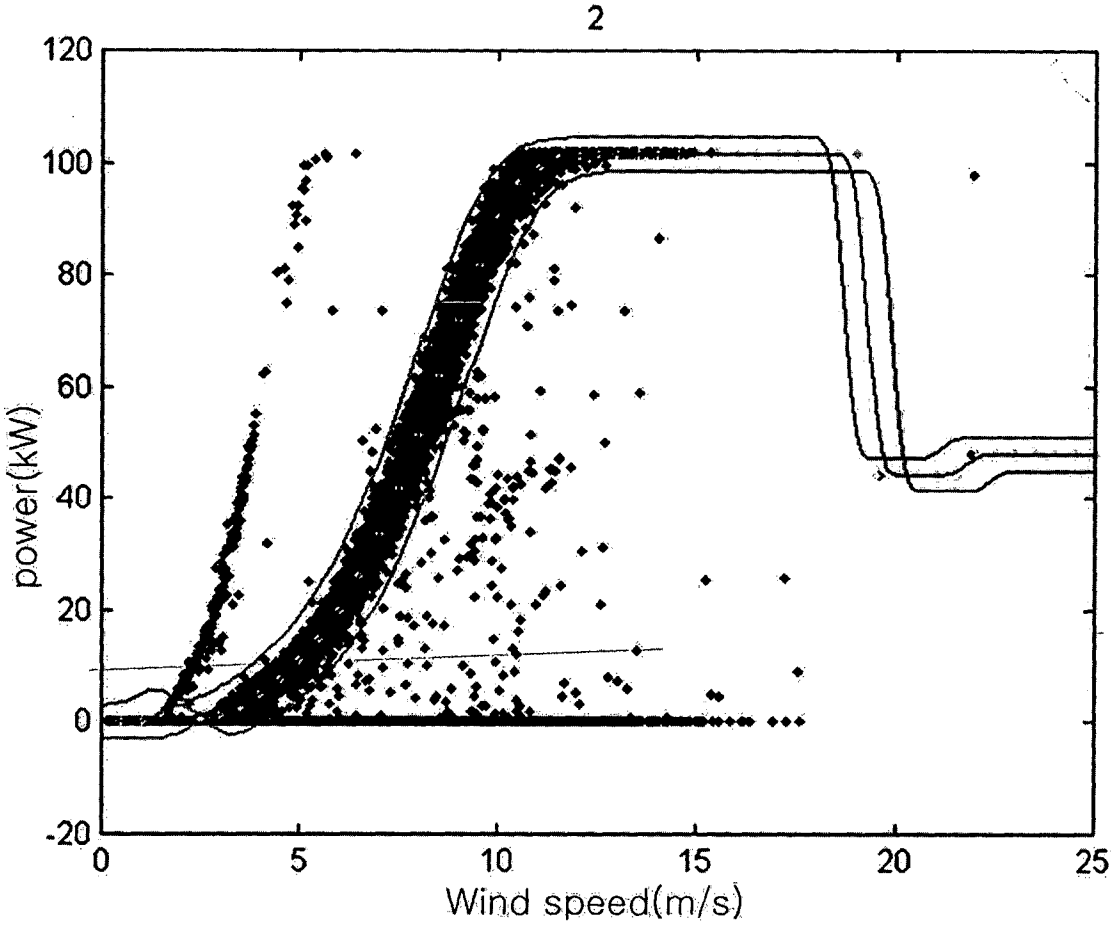
[Fig. 15]



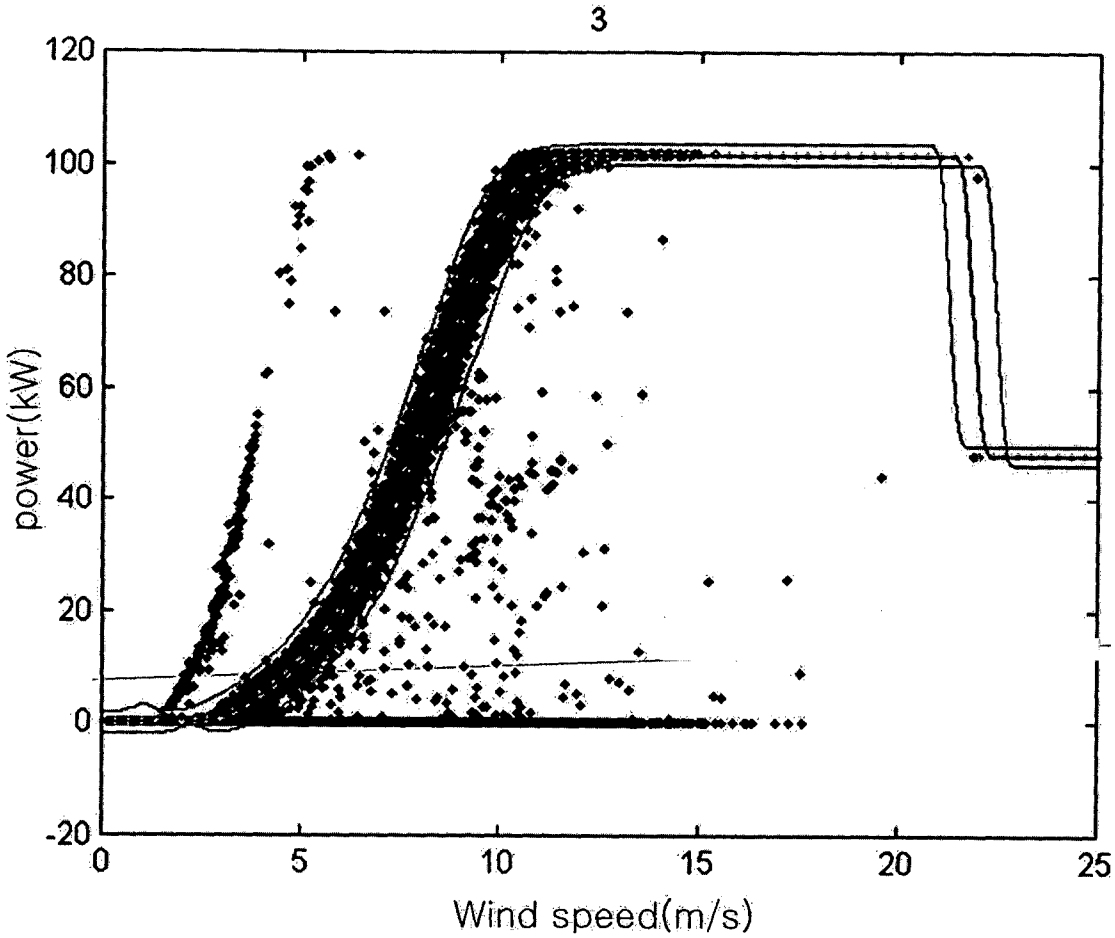
[Fig. 16a]



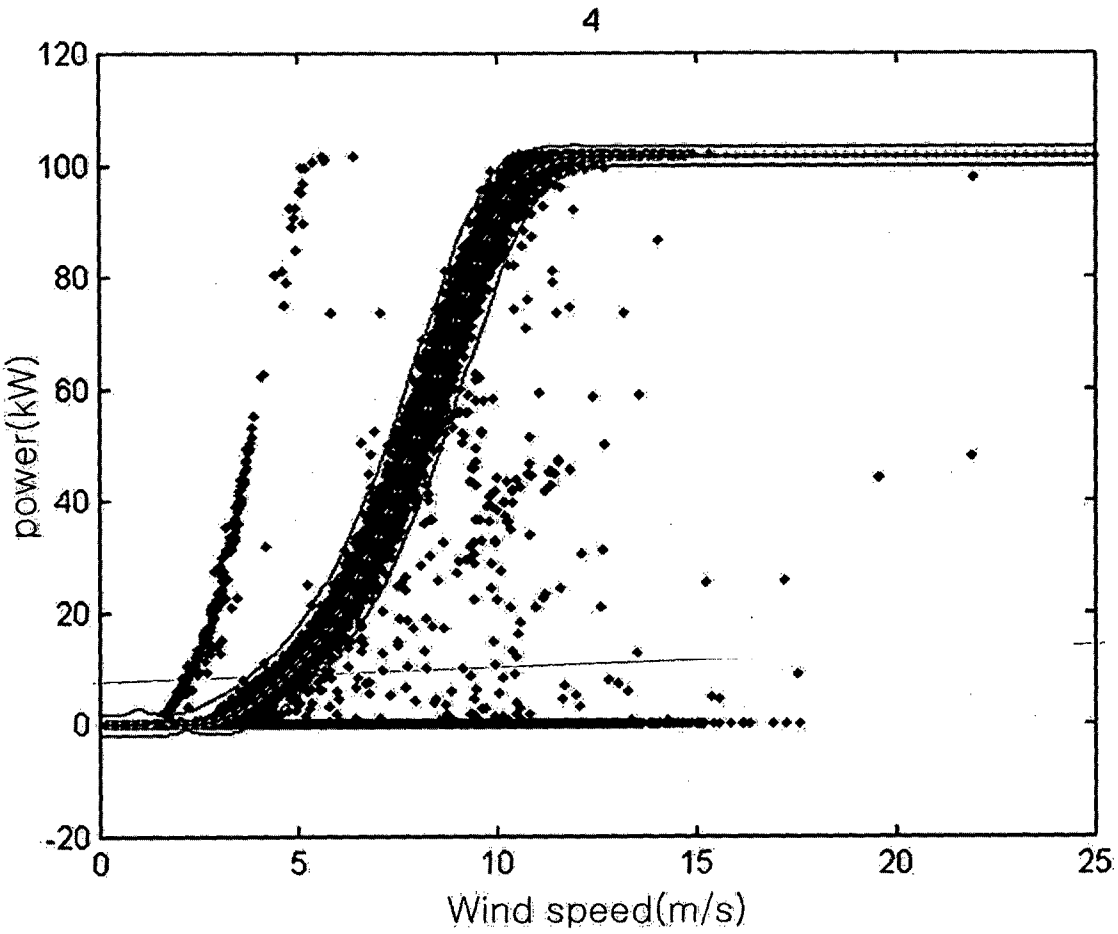
[Fig. 16b]



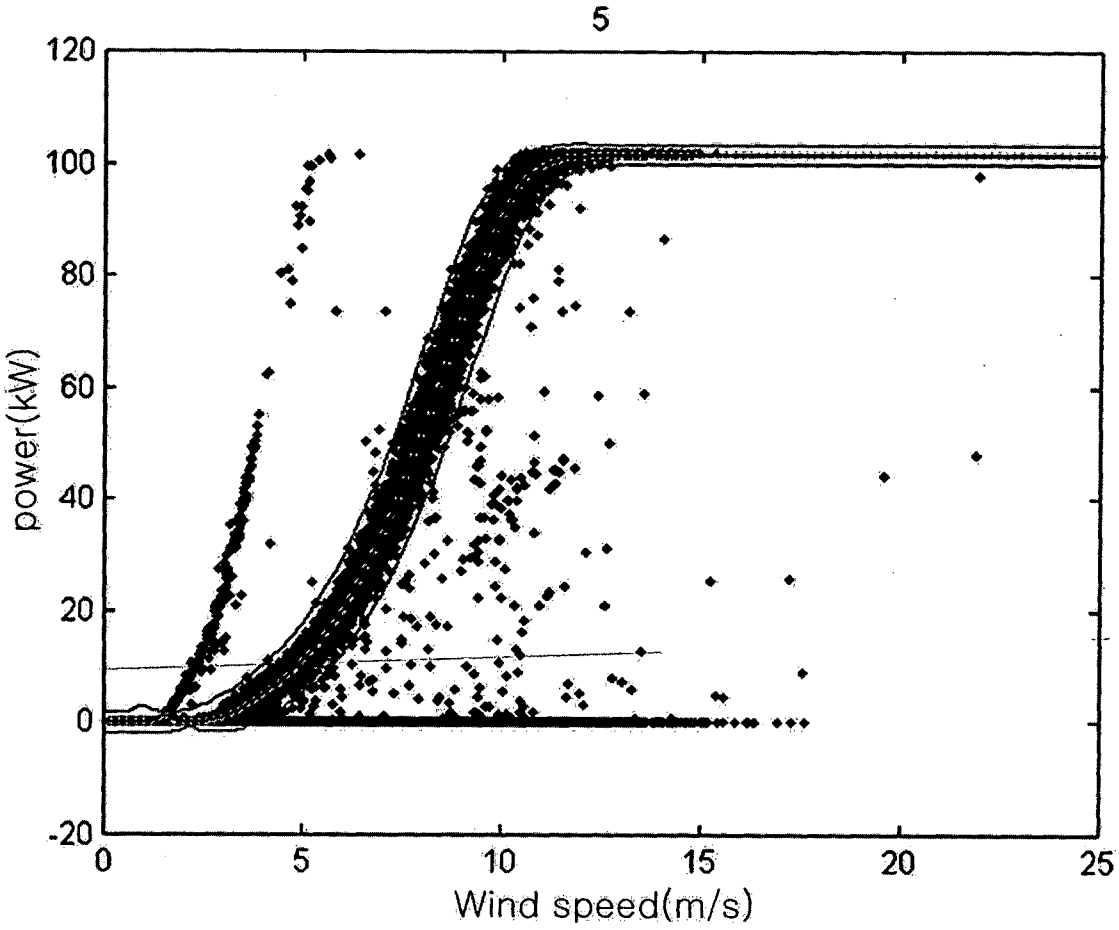
[Fig. 16c]



[Fig. 16d]



[Fig. 16e]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/KR2013/001874

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06F 19/00(2011.01)i, G06Q 50/10 (2012.01)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)

G06F 19/00; F03D 7/00; F03D 11/00; G01R 19/00; G06Q 10/00; G01R 21/00

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 force, classification, power curve, monitoring

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KUSIAK, Andrew et al., "Models for monitoring wind farm power", Renewable Energy, 2009, vol. 34, issue 3, pp. 583-590 See page 584, sections 2.1-2.3, page 587, section 4.1, pages 588-589 and figures 2, 7 and 11.	1-9
A	KR 10-2012-0095710 A (SAMSUNG HEAVY IND. CO., LTD) 29 August 2012 See claims 5-6; paragraphs [0002]-[0020], [0053]-[0054]; and figure 7.	1-9
A	US 2009-0299780 A1 (SARKAR, Abhinanda et al.) 03 December 2009 See paragraphs [0004]-[0007], [0031]-[0032] and figures 1, 7.	1-9
A	US 2009-0033313 A1 (MARK, Jurkat et al.) 05 February 2009 See paragraphs [0009]-[0029].	1-9
A	VERMA, Anoop Prakash, "Performance monitoring of wind turbines : a data-mining approach", dissertation, University of Iowa, July 2012, pp. 139-166 See pages 140-141, 152-155 and figures 7.1, 7.12.	1-9

☐ 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	Date of mailing of the international search report
19 JUNE 2013 (19.06.2013)	**19 JUNE 2013 (19.06.2013)**

Name and mailing address of the ISA/KR
Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon, 189 Seonsa-ro, Daejeon 302-701, Republic of Korea
Facsimile No. 82-42-472-7140

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/KR2013/001874

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-2012-0095710 A	29.08.2012	WO 2012-115313 A1	30.08.2012
US 2009-0299780 A1	03.12.2009	CN 101592128 A	02.12.2009
		EP 2128438 A2	02.12.2009
US 2009-0033313 A1	05.02.2009	CN 101440776 A	27.05.2009
		DE 102007036447 A1	05.02.2009
		EP 2028369 A2	25.02.2009
		EP 2028369 A3	14.09.2011
		US 7826988 B2	02.11.2010

국 제 조 사 보 고 서

국제출원번호
PCT/KR2013/001874

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

G06F 19/00(2011.01)i, G06Q 50/10(2012.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)
G06F 19/00; F03D 7/00; F03D 11/00; G01R 19/00; G06Q 10/00; G01R 21/00

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: 풍력, 분류, 파워커브, 모니터링

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
A	ANDREW KUSIAK 외 2명, `Models for monitoring wind farm power', Renewable Energy, 2009, Vol. 34, Issue 3, pp. 583-590 페이지 584, 섹션 2.1-2.3, 페이지 587, 섹션 4.1, 페이지 588-589 및 도면 2, 7, 11 참조.	1-9
A	KR 10-2012-0095710 A (삼성중공업 주식회사) 2012.08.29 청구항 5-6; 단락 [0002]-[0020], [0053]-[0054]; 및 도면 7 참조.	1-9
A	US 2009-0299780 A1 (SARKAR ABHINANDA 외 2명) 2009.12.03 단락 [0004]-[0007],[0031]-[0032] 및 도면 1, 7 참조.	1-9
A	US 2009-0033313 A1 (JURKAT MARK 외 1명) 2009.02.05 단락 [0009]-[0029] 참조.	1-9
A	VERMA, ANOOP PRAKASH, `Performance monitoring of wind turbines : a data-mining approach', dissertation, University of Iowa, July 2012, pp.139-166 페이지 140-141, 152-155 및 도면 7.1, 7.12 참조.	1-9

☐ 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 신규성 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	국제조사보고서 발송일
2013년 06월 19일 (19.06.2013)	2013년 06월 19일 (19.06.2013)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소
대한민국 특허청
(302-701) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사)
팩스 번호 82-42-472-7140

심사관
변성철
전화번호 82-42-481-8262

국제조사보고서
대응특허에 관한 정보

국제출원번호
PCT/KR2013/001874

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-2012-0095710 A	2012.08.29	WO 2012-115313 A1	2012.08.30
US 2009-0299780 A1	2009.12.03	CN 101592128 A	2009.12.02
		EP 2128438 A2	2009.12.02
US 2009-0033313 A1	2009.02.05	CN 101440776 A	2009.05.27
		DE 102007036447 A1	2009.02.05
		EP 2028369 A2	2009.02.25
		EP 2028369 A3	2011.09.14
		US 7826988 B2	2010.11.02