(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0018607
(43) 공개일자 2016년02월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 3/00 (2006.01) *F03D 1/06* (2006.01)
G01M 99/00 (2011.01) *G01N 3/02* (2006.01)
G01N 3/08 (2006.01) *G01N 3/32* (2006.01)
(52) CPC특허분류(Coo. Cl.)
G01N 3/00 (2013.01)
F03D 1/0633 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0007071(분할)
(22) 출원일자 2016년01월20일
심사청구일자 2016년01월20일
(62) 원출원 특허 10-2014-0020454
원출원일자 2014년02월21일
심사청구일자 2014년02월21일

(71) 출원인
한국기계연구원
대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)
(72) 발명자
김진봉
경남 김해시 대청로210번길 13, 904동 1803호 (삼문동, 젤미마을부영그린타운5차)
문진범
경남 창원시 성산구 비음로27번길 16-28, 201호 (사파동)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
이원희

전체 청구항 수 : 총 1 항

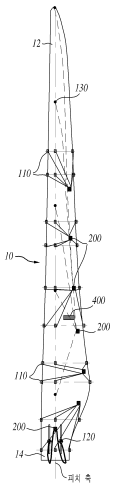
(54) 발명의 명칭 **풍력터빈 블레이드의 시험을 위한 데이터 수집 시스템 및 데이터 수집 방법**

(57) 요 약

본 발명은 대형 블레이드에 부착된 센서들의 신호 선의 길이를 짧게 하여 수집된 데이터에 노이즈가 개입되는 것을 억제할 수 있으며, 검출 데이터들의 시간 동기화가 부여된 분산형 데이터 수집 시스템 및 데이터를 안전하게 수집 및 저장할 수 있는 데이터 수집 방법에 관한 것이다.

본 발명에 따른 분산형 데이터 수집 시스템은 블레이드의 표면 또는 내부에 분산 배치되어 시험하중이 가해짐에 따라 발생하는 물리량을 검출하는 다수의 센서; 인접하여 배치된 상기 센서들의 신호 선의 길이가 짧아지도록 배치된 2개 이상의 분산형 데이터 수집장치; 및 상기 분산형 데이터 수집장치에서 수집된 검출 데이터를 저장하는 데이터 저장장치를 포함하여 이루어진다.

대 표 도 - 도5



(52) CPC특허분류(Coo. Cl.)
G01M 99/007 (2013.01)
G01N 3/02 (2013.01)
G01N 3/08 (2013.01)
G01N 3/32 (2013.01)
G01N 2203/0003 (2013.01)
G01N 2203/0005 (2013.01)
G01N 2203/06 (2013.01)

(72) 발명자
박지상
경남 창원시 성산구 원이대로 774, 304동 2403호 (상남동, 성원아파트)
이학구
경남 창원시 성산구 가음정로11번길 5-20, 407호 (가음동, 재료연구소아파트)
윤순호
인천광역시 남구 주안동 호현빌딩 401호
황병선
경남 창원시 성산구 원이대로 774, 512동 602호 (상남동, 성원아파트)
김지훈
경남 창원시 의창구 원이대로 663, 212동 205호 (신월동, 은아아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 SUBJID_0000000014911
부처명 지식경제부
연구관리전문기관 한국에너지기술평가원
연구사업명 신재생에너지기술개발사업
연구과제명 대형 풍력 블레이드 피로시험기술 개발(2/3)
기 여 율 1/1
주관기관 한국기계연구원 부설 재료연구소
연구기간 2013.11.01 ~ 2014.10.31

특허청구의 범위

청구항 1

정적하중 시험 및 피로하중 시험을 포함한 풍력터빈 블레이드의 시험을 위한 데이터 수집 시스템에 있어서,

블레이드의 표면 또는 내부에 분산 배치되어 시험하중이 가해짐에 따라 발생하는 물리량을 검출하는 다수의 센서;

인접하여 배치된 상기 센서들의 신호 선(cable)의 길이가 짧아지도록 배치된 2개 이상의 분산형 데이터 수집장치;

상기 분산형 데이터 수집장치에서 수집된 검출 데이터를 저장하는 데이터 저장장치; 및

상기 분산형 데이터 수집장치와 유선 또는 무선 통신망으로 연결되어 상기 데이터 저장장치로의 데이터 전송을 중계하는 데이터 허브;를 포함하고,

상기 분산형 데이터 수집장치들과 상기 데이터 저장장치는 데이터 전송을 위해 유선 또는 무선 통신망으로 연결되는 것을 특징으로 하는 풍력터빈 블레이드의 시험을 위한 데이터 수집 시스템.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 풍력터빈 블레이드의 성능 평가를 위한 시험에 관한 것으로, 보다 상세하게는 대형 블레이드에 부착된 센서들의 신호 선(cable)의 길이를 짧게 하여 수집된 데이터에 노이즈가 개입되는 것을 억제할 수 있으며, 검출 데이터들의 시간 동기화가 부여된 분산형 데이터 수집 시스템 및 데이터를 안전하게 수집 및 저장할 수 있는 데이터 수집 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 풍력터빈 시스템에 있어서 로터 블레이드는 바람 에너지를 기계적 에너지로 바꾸는 가장 핵심적인 부품으로서, 해상 풍력이 확대됨과 아울러 발전효율을 향상시키기 위해 수 MW급으로 대형화되고 있는 추세이다.

[0004] 도 1은 풍력터빈 블레이드의 일반적인 단면 구조를 나타내는 도면이다. 로터 블레이드를 구성하는 블레이드(10)는 리딩 엣지(Leading edge)(10a)와 트레일링 엣지(Trailing edge)(10b)를 가진 에어포일 형상을 가지며, 높은 굽힘 하중과 원심력을 견딜 수 있도록 표피(Skin)(6) 내부에 거더(Gerder)(2)와 전단 웹(Shear web)(4)으로 이루어진 박스 빔(box beam) 형태의 지지 구조를 가지고 있다.

[0005] 블레이드는 구동하는 동안 받게 되는 다양한 하중 조건을 고려하여 설계해야 함은 물론 실제 성능이 요구 규격을 만족하고 있음을 보장해야 한다. 특히, 20년 이상의 설계 수명 동안 블레이드가 극한하중과 피로하중을 모두 견딜 수 있음을 입증해야 하는데, 이를 위해 국제 인증기관에 의해 수행되는 시험을 통과해야 한다.

[0007] 도 2는 정적하중 시험의 일례를 나타내는 개략도이고, 도 3은 피로하중 시험의 일례를 나타내는 개략도이다. 블레이드의 시험은 정적하중 시험(static test)과 피로하중 시험(fatigue test)으로 구분할 수 있다.

[0008] 정적하중 시험은 블레이드의 강도와 강성이 요구되는 설계하중을 충분히 견딜 수 있다는 것을 입증하기 위한 시험이다. 정적하중 시험은 도 2에 도시된 바와 같이 블레이드(10)의 루트부(14)를 고정치구(20)에 고정하고, 블레이드(10)에 새들(30)을 장착하게 된다. 그리고, 로드셀(40)에 의해 측정되는 정하중을 블레이드(10)에 가함으로써 최대 변위와 극한하중을 측정하게 된다. 이때, 블레이드(10)의 주요 하중 경로에 부착 설치된 다수의 변형률 게이지(미도시)에서 수집된 데이터를 이용하여 블레이드(10)의 변형률 및 응력 상태를 파악함으로써 블레이드의 구조 설계 및 해석의 결과를 검증하게 된다.

[0009] 피로하중 시험은 설계수명 동안 블레이드가 반복 하중에 대해서 강도와 강성을 유지할 수 있음을 입증하기 위한 시험이다. 피로하중 시험은 도 3에 도시된 바와 같이 블레이드(10)에 연속적인 작동하중을 가하기 위하여 유압 액추에이터(50)를 이용하여 중량물(52)을 상하로 구동시키는 구조를 가질 수 있다. 피로하중 시험에서도 블레이드(10)에 부착 설치된 다수의 변형률 게이지(미도시)에서 수집된 데이터를 이용하여 블레이드(10)의 변형률 및 응력 상태를 파악하게 된다.

[0011] 도 4는 종래기술에 따른 풍력터빈 블레이드의 시험을 위한 데이터 수집 시스템의 문제점을 설명하기 위한 개략도이다. 기존 데이터 수집 시스템은 도 4에 도시된 바와 같이 블레이드(10)에 작용하는 변형률 및 응력을 측정하기 위해 다수의 변형률 게이지(110)를 블레이드(10)의 표면에 부착 설치한다. 그리고, 변형률 게이지(100)의 신호 선인 케이블(C)들을 블레이드(10)의 한쪽 방향으로 인출하여 다수의 채널을 가진 데이터 수집장치(DAQ; Data Acquisition device)(200)에 연결하게 된다. 이때, 테이프 등을 이용하여 케이블(C)을 블레이드 표면에 고정함으로써 블레이드의 진폭에 따라 케이블(C)이 흔들리게 되어 시험을 방해하는 것을 방지하고 있다.

[0012] 종래기술에 따른 데이터 수집 시스템은 도 4에서와 같이 다수의 변형률 게이지(110)에서 측정된 데이터가 하나의 데이터 수집장치(200)에 집중식으로 모이는 구조를 가지고 있다. 즉, 기존 시험 시스템은 변형률 게이지(110)의 신호 선인 케이블(C)의 길이가 길어지게 된다. 특히, 블레이드의 길이가 약 60m 이상 대형화됨에 따라 케이블의 길이가 더욱 길어지고 있다. 이때, 블레이드(10)의 팁부 근처에 배치된 변형률 게이지의 케이블은 블레이드의 길이보다 더 길어지게 된다. 즉, 종래기술에 따른 데이터 수집 시스템은 센서들의 케이블 길이가 약 10 ~ 100m 이상 길어지는 구조를 가지고 있다.

[0013] 한편, 변형률 게이지(110)에서 출력되는 신호는 mV 단위의 미세한 아날로그 신호이다. 이때, 변형률 게이지를 연결하는 케이블의 길이가 길어지는 경우 아날로그 신호에 노이즈가 개입되기 쉬운 문제점이 있다. 즉, 데이터 수집장치(200)에서 수집된 데이터는 낮은 신호대잡음비(signal-to-noise ratio)를 가지게 되어 시험의 신뢰도가 크게 저하되는 문제점이 있다. 심한 경우 디스플레이를 통해 출력되는 데이터 값이 신호인지 노이즈인지 구별할 수 없을 정도에 이르게 된다.

[0014] 또한, 대형 블레이드의 경우 변형률 게이지(110)가 약 100개 이상까지 설치되는데, 블레이드(10)의 표면에 복잡하게 배치되는 다수의 케이블(C)에 의해 신호 간섭이 발생하게 되어 수집된 데이터의 신호대잡음비가 더욱 낮아지는 문제점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0016] (특허문헌 0001) 한국공개특허 제2011-0078999호

(특허문헌 0002) 한국공개특허 제2013-0087920호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0017] 본 발명은 상술한 종래기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 본 발명의 목적은 센서들로부터 수집된 데이터에 노이즈가 개입되는 것을 억제함으로써 시험 결과의 신뢰성을 향상시킬 수 있는 풍력터빈 블레이드의 시험을 위한 데이터 수집 시스템 및 데이터 수집 방법을 제공하는 것이다.

[0018] 본 발명의 다른 목적은 데이터 수집장치를 분산 배치함에 따라 검출 데이터의 시간 정보가 불일치해져서 데이터들을 비교할 수 없게 되는 문제점을 해결할 수 있는 데이터 수집 시스템 및 데이터 수집 방법을 제공하는 것이다.

[0019] 본 발명의 또 다른 목적은 시험시 블레이드가 파손되어 저장된 검출 데이터가 유실되는 것을 방지할 수 있는 데이터 수집 시스템 및 데이터 수집 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0021] 상기와 같은 본 발명의 목적을 달성하기 위한 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 데이터 수집 시스템은 블레이드의 표면 또는 내부에 분산 배치되어 시험하중이 가해짐에 따라 발생하는 물리량을 검출하는 다수의 센서; 인접하여 배치된 상기 센서들의 신호 선(cable)의 길이가 짧아지도록 배치된 2개 이상의 분산형 데이터 수집장치; 및 상기 분산형 데이터 수집장치에서 수집된 검출 데이터를 저장하는 데이터 저장장치를 포함하여 이루어진다.

[0022] 또한, 상기 다수의 센서는 변형률 게이지, 변위 게이지 및 가속도계 중 어느 하나로 구성되거나, 이들의 조합으로 구성된 것이 바람직하다.

[0023] 또한, 상기 센서들의 신호 선의 길이는 10m 이하인 것이 바람직하다.

[0024] 또한, 상기 분산형 데이터 수집장치는 상기 검출 데이터를 디지털 신호로 변환하는 것이 바람직하다.

[0025] 그리고, 상기 분산형 데이터 수집장치는 상기 블레이드의 일면에 부착 고정되는 것이 바람직하다.

[0026] 그리고, 상기 분산형 데이터 수집장치는 상기 센서와 각각 연결되는 채널의 개수가 2개 내지 20개인 것이 바람직하다.

[0027] 그리고, 상기 분산형 데이터 수집장치들은 유선 또는 무선 통신망으로 연결되어 시간 동기화가 이루어지는 것이 바람직하다.

[0028] 또한, 상기 데이터 저장장치는 상기 블레이드의 외부에 이격 배치되는 것이 바람직하다.

[0029] 또한, 상기 분산형 데이터 수집장치들과 상기 데이터 저장장치는 데이터 전송을 위해 유선 또는 무선 통신망으로 연결될 수 있다.

[0030] 이때, 상기 분산형 데이터 수집장치들과 유선 또는 무선 통신망으로 연결되어 상기 데이터 저장장치로의 데이터 전송을 중계하는 데이터 허브를 더 포함할 수 있다.

[0031] 또한, 상기 데이터 허브는 상기 블레이드의 일면에 부착 고정되어 상기 분산형 데이터 수집장치들과 병렬 연결될 수 있다. 이때, 상기 센서에서 검출된 데이터들이 시간 동기화되어 수집되도록 상기 분산형 데이터 수집장치들을 별도 연결하는 고속 직렬 인터페이스를 더 포함할 수 있다.

[0032] 그리고, 상기 데이터 허브는 상기 블레이드의 일면에 부착 고정되거나, 상기 블레이드의 외부에 배치되어 상기 분산형 데이터 수집장치들과 직렬 연결될 수도 있다.

[0033] 그리고, 상기 데이터 허브는 상기 블레이드의 일면에 부착 고정되어 상기 분산형 데이터 수집장치들이 직렬 연결되어 이루어진 집합들과 병렬 연결될 수도 있다.

[0035] 한편, 상기와 같은 본 발명의 목적은 를 포함하는 블레이드의 표면 또는 내부에 다수의 센서를 분산 배치하는 단계(S100); 상기 블레이드에 2개 이상의 분산형 데이터 수집장치(DAQ)를 배치하고, 배치된 영역 내의 센서들과 유선 연결하는 단계(S200); 상기 블레이드에 미리 정해진 시험하중을 가하는 단계(S500); 및 상기 분산형 데이터 수집장치들이 상기 센서에서 검출된 데이터들을 수집하는 단계(S600)풍력터빈 블레이드의 시험을 위한 데이터 수집 방법에 의해서도 달성될 수 있다.

[0036] 또한, 본 발명의 데이터 수집 방법은 상기 분산형 데이터 수집장치를 배치하는 단계(S200) 이후에 데이터 허브(Hub)를 배치하고, 상기 분산형 데이터 수집장치들과 병렬 또는 직렬로 연결하거나 병렬 및 직렬이 혼합된 형태로 연결하는 단계(S300)를 더 포함할 수 있다.

[0037] 그리고, 상기 데이터 허브와 상기 분산형 데이터 수집장치들을 연결하는 단계(S300) 이후에 상기 센서에서 검출된 데이터들이 시간 동기화되어 수집되도록 상기 분산형 데이터 수집장치들을 셋팅하는 단계(S400)를 더 포함할 수 있다.

[0038] 또한, 상기 분산형 데이터 수집장치들이 데이터들을 수집하는 단계(S600)는 상기 분산형 데이터 수집장치가 상기 검출 데이터를 디지털 신호로 변환하는 것이 바람직하다.

발명의 효과

[0040] 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 데이터 수집 시스템은 분산형 데이터 수집장치가 블레이드의 일정 영역에 배치된 센서들과 연결되어 검출 데이터를 분산 수집한다. 즉, 다수의 분산형 데이터 수집장치를 블레이드의 표면에 분산 배치함으로써 센서들의 신호 선(케이블)의 길이를 짧게 구성할 수 있고, 이로 인해 센서에서 출력되는 아날로그 신호에 노이즈가 개입되는 것을 억제할 수 있다. 따라서, 분산형 데이터 수집장치에서 수집된 데이터는 높은 신호대잡음비를 가지게 되어 시험 결과의 신뢰도가 크게 향상되는 효과가 있다. 그리고, 본 발명의 시험 시스템은 케이블의 배치 구조를 단순화하여 신호 간섭에 의한 노이즈 발생을 더욱 줄일 수 있다.

[0041] 또한, 본 발명에 따른 데이터 수집 시스템은 각각의 분산형 데이터 수집장치에서 수집된 검출 데이터를 시간 동기화하여 외부의 데이터 저장장치에 전송할 수 있다. 이로 인해 데이터 수집장치를 분산 배치함에 따른 검출 데이터의 시간 정보 불일치 문제를 해결할 수 있다. 그리고, 본 발명에 따른 데이터 수집 시스템은 다수의 분산형 데이터 수집장치와 병렬 또는 직렬 연결되는 데이터 허브를 구비함으로써 효율적인 데이터 전송이 가능하다.

[0042] 또한, 본 발명에 따른 데이터 수집 시스템은 데이터 저장장치가 블레이드의 외부에 이격 배치됨으로써 시험시 블레이드의 파손에 따른 데이터 유실 또는 손실을 방지할 수 있다.

[0044] 본 발명의 그 밖의 목적, 특정한 장점들 및 신규한 특징들은 첨부된 도면들과 이하의 상세한 설명과 바람직한 실시예들로부터 더욱 분명해질 것이다.

도면의 간단한 설명

[0046] 도 1은 풍력터빈 블레이드의 일반적인 단면 구조를 나타내는 도면이고,

도 2는 정적하중 시험의 일례를 나타내는 개략도이고,

도 3은 피로하중 시험의 일례를 나타내는 개략도이고,

도 4는 종래기술에 따른 풍력터빈 블레이드의 시험을 위한 데이터 수집 시스템의 문제점을 설명하기 위한 개략도이고,

도 5는 본 발명에 따른 데이터 수집 시스템의 일례를 나타내는 구성 배치도이고,

도 6은 센서의 배치 위치를 설명하기 위한 블레이드의 단면도이고,

도 7은 본 발명의 제1 실시예에 따른 데이터 수집 시스템을 개략적으로 도시한 구성도이고,

도 8은 제1 실시예에 따른 시험 시스템에 있어서 검출 데이터의 시간 동기화를 위한 데이터 수집장치와 데이터 허브의 연결 상태를 나타내는 배치도이고,

도 9는 본 발명의 제2 실시예에 따른 데이터 수집 시스템을 개략적으로 도시한 구성도이고,

도 10은 제2 실시예에 따른 시험 시스템에 있어서 검출 데이터의 시간 동기화를 위한 구성의 일례를 나타내는 배치도이고,

도 11은 제2 실시예의 변형예로써 검출 데이터의 시간 동기화를 위한 구성을 나타내는 배치도이고,

도 12는 본 발명에 따른 풍력터빈 블레이드의 시험을 위한 데이터 수집 방법을 나타내는 흐름도이고,

도 13은 종래기술에 따른 집중형 데이터 수집장치를 통해 얻어진 검출 데이터를 나타내는 그래프이고,

도 13은 본 발명에 따른 분산형 데이터 수집장치를 통해 얻어진 검출 데이터를 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0047] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다.

[0048] 본 발명을 설명함에 있어 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐

릴 수 있는 경우에는 그에 대한 설명을 생략하기로 한다. 그리고, 도면부호를 부가함에 있어 동일한 구성요소에 대해서는 비록 다른 도면에 표시되었다 하더라도 동일한 도면부호를 사용하기로 한다.

[0050] **(풍력터빈 블레이드의 시험을 위한 데이터 수집 시스템)**

[0051] 먼저, 도 5 내지 도 12를 참조하여 본 발명에 따른 데이터 수집 시스템에 대하여 설명한다.

[0052] 도 5는 본 발명에 따른 데이터 수집 시스템의 일례를 나타내는 구성 배치도이고, 도 6은 센서의 배치 위치를 설명하기 위한 블레이드의 단면도이다. 본 발명에 따른 데이터 수집 시스템은 풍력터빈 블레이드의 성능 평가를 위해 수행하는 정적하중 시험(Static test) 및 피로하중 시험(Fatigue test)을 위한 것이다. 그리고, 데이터 수집 시스템은 수 MW급 대형 블레이드의 시험에 유용하게 적용될 수 있지만, MW급 이하의 중소형 블레이드의 시험에도 적용될 수 있음을 밝혀둔다.

[0054] 본 발명의 일 실시예에 따른 데이터 수집 시스템은 도 5에 도시된 바와 같이 블레이드(10), 센서(110, 120, 130), 분산형 데이터 수집장치(200) 및 데이터 허브(400)를 포함하여 구성된다.

[0055] 블레이드(10)는 시험을 위해 루트부(14)가 고정치구(미도시)에 고정되어 설치된다.

[0057] 센서(110, 120, 130)는 블레이드(10)의 표면 또는 내부에 분산 배치되어 시험하중이 블레이드(10)에 가해짐에 따라 발생하는 변형량(Strain), 가속도, 변위(Displacement) 등의 물리량을 전기 신호로 변환하여 출력하는 역할을 한다. 도 5에 도시된 실시예는 변형률 게이지(110, 120) 및 가속도계(130)가 설치된 경우를 나타내고 있으며, 변위 게이지(미도시) 등과 같은 다양한 센서가 설치될 수도 있다.

[0058] 변형률 게이지(Strain gauge)(110)는 블레이드(10)의 루트부(14) 끝단을 기준으로 팁부(12)를 향하여 블레이드(10)의 표면에 다수의 열을 이루어 배치될 수 있다. 본 실시예에 의하면 변형률 게이지(110)가 총 10개의 열로 배치되어 있다. 이때, 각 열에 배치된 변형률 게이지(110)는 블레이드(10)의 코드방향으로 나란하게 배치되어 루트부(14)의 끝단으로부터 일정 거리를 가지게 된다.

[0059] 이때, 각 열에 배치되는 변형률 게이지(110)는 도 6에 도시된 바와 같이 4개가 블레이드(10)의 리딩 엣지(10a), 트레일링 엣지(10b), 상면, 하면에 각각 부착될 수 있다. 따라서, 본 실시예에서는 총 80개의 변형률 게이지(110)가 블레이드(10)의 표면에 부착된 경우를 나타내고 있다. 이때, 블레이드(10)의 크기 및 구조 등에 따라 변형률 게이지(110)의 개수 및 배치 위치가 달라질 수 있음은 물론이다.

[0060] 상술한 바와 같은 변형률 게이지(110)는 단축(Single axis) 변형률 게이지로서, 블레이드(10)의 길이방향으로 배열된다. 단축 변형률 게이지(110)는 블레이드의 표면에서 생기는 인장 또는 압축의 미세한 변형을 감지하여 아날로그 형태의 전기신호로 출력하게 된다. 그리고, 검출 데이터를 해석함으로써 블레이드(10) 표면의 응력 상태를 파악할 수 있다.

[0062] 한편, 본 실시예에 의하면 블레이드(10) 루트부(14)의 전단 웹(Shear web)에 2개의 다축 변형률 게이지(120)가 설치되어 있다. 즉, 정적하중 시험 또는 피로하중 시험시 필요한 경우에는 블레이드(10)의 특정 위치에 2축 비틀림 게이지(Shear gauge) 또는 3축 로젯 게이지(Rosette gauge)를 설치하여 블레이드(10)에 복합적으로 작용하는 응력 상태를 파악하는 것도 가능하다.

[0064] 가속도계(Accelerometer)(130)는 도 5에 도시된 바와 같이 블레이드(10)의 피치 축(Pitch axis)을 따라 일렬로 배치될 수 있다. 본 실시예에 의하면 총 5개의 가속도계(130)가 블레이드(10)의 내부 또는 표면에 부착된다. 이를 통해 시험하중이 가해지는 경우 블레이드(10)의 길이방향 위치에 따른 가속도 데이터를 검출할 수 있다.

[0066] 분산형 데이터 수집장치(Distribution type DAQ)(200)는 적어도 2개 이상 구비되어 블레이드(10)에 분산 배치되고, 인접하여 배치된 센서(110, 120, 130)들로부터 검출 데이터를 수집하는 역할을 한다. 이때, 분산형 데이터

수집장치(200)는 AD컨버터가 구비되어 수집된 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하는 것이 바람직하다. 그리고, 분산형 데이터 수집장치(200)는 미약한 아날로그 신호를 증폭하기 위한 앰프(Amp)와, 일정 대역의 신호만을 통과시키기 위한 필터(Filter)가 구비될 수 있다.

[0067] 본 실시예에 의하면 분산형 데이터 수집장치(200)는 박스 형태의 모듈로서, 도 5에 도시된 바와 같이 총 7개가 블레이드(10)의 일면에 부착 고정된다. 이때, 양면 테이프, 접착제, 벨크로 테이프 등을 이용하여 데이터 수집장치(200)를 단단하게 고정하게 되는데, 이는 시험시 블레이드(10)의 진폭에 따라 데이터 수집장치(200)가 이탈하는 것을 방지하기 위함이다. 그리고, 시험이 완료되면 데이터 수집장치(200)를 블레이드(10)로부터 떼어서 수거하게 된다.

[0068] 본 실시예에서 5개의 분산형 데이터 수집장치(200)는 각각 8개의 채널을 구비하여 블레이드(10)의 표면에 2열로 배열된 단축 변형률 게이지(110)들과 연결된다. 그리고, 1개의 분산형 데이터 수집장치(200)는 2개의 채널을 구비하여 루트부(14)에 배치된 다축 변형률 게이지(120)들과 연결된다. 그리고, 나머지 1개의 분산형 데이터 수집장치(200)는 5개의 채널을 구비하여 블레이드(10)의 피치 축을 따라 배치된 가속도계(130)들과 연결된다.

[0069] 분산형 데이터 수집장치(200)는 블레이드(10)에 배치된 다수의 센서들(110, 120, 130)로부터 검출 데이터를 분산 수집한다. 이때, 데이터 수집장치(200)는 블레이드(10)의 일정 영역에 배치된 센서들과 인접하여 설치되기 때문에 센서들(110, 120, 130)의 신호 선인 케이블의 길이를 짧게 구성할 수 있다. 예를 들면 60m 이상의 길이를 가지는 대형 블레이드의 경우 케이블의 길이를 약 1 ~ 10m로 할 수 있다.

[0070] 한편, 분산형 데이터 수집장치(200) 각각은 블레이드(10)의 크기 및 부착되는 센서의 개수 등에 따라 2개 내지 20개의 채널을 가질 수 있으며, 데이터 수집장치(200)의 설치 개수는 2개 내지 100개로 할 수 있다.

[0072] 도 7은 본 발명의 제1 실시예에 따른 데이터 수집 시스템을 개략적으로 도시한 구성도이다. 본 발명에 따른 데이터 수집 시스템은 도 7에 도시된 바와 같이 데이터 저장장치(300)와 데이터 허브(400)를 더 포함할 수 있다.

[0073] 데이터 저장장치(300)는 분산형 데이터 수집장치(200)로부터 검출 데이터를 전송받아 저장하는 기능을 가진다. 이때, 데이터 저장장치(300)는 블레이드(10)와 일정 거리 이격되어 배치되는 것이 바람직하다. 이는 데이터 저장장치(300)가 블레이드(10)의 표면에 배치되면 시험시 블레이드(10)가 파손되어 낙하하는 경우 충격에 의하여 저장된 데이터들이 유실되거나 손실될 위험이 있기 때문이다.

[0075] 데이터 허브(Hub)(400)는 분산형 수집장치(200)들과 유선 또는 무선으로 연결되어 데이터 저장장치(300)로의 데이터 전송을 중계하는 역할을 한다. 본 실시예에 의하면 데이터 허브(400)는 도 7에 도시된 바와 같이 블레이드(10) 표면의 일 위치에 부착 설치되고, 분산형 데이터 수집장치(200)들과 병렬 연결되어 각각의 데이터 수집장치(200)로부터 검출 데이터를 전송받게 된다.

[0076] 본 실시예에서는 데이터 저장장치(300)와 데이터 허브(400)를 LAN 케이블로 연결하여 이더넷(Ethernet) 통신을 수행하도록 구성하였다. 그러나, 다른 방식의 유선 통신 또는 무선 통신이 적용될 수도 있다.

[0077] 그리고, 데이터 허브(400)를 블레이드(10)에 중심부에 배치하여 분산형 데이터 수집장치(200)들과 연결하였지만, 데이터 허브(400)를 블레이드(10) 외부에 배치하는 것도 가능하다. 이는 분산형 데이터 수집장치(200)에서 출력되는 데이터는 디지털 신호이기 때문에 분산형 데이터 수집장치(200)와 데이터 허브(400)를 연결하는 케이블의 길이를 연장하더라도 검출 데이터에 노이즈가 개입될 염려가 없기 때문이다.

[0079] 도 8은 상술한 제1 실시예에 따른 시험 시스템에 있어서 검출 데이터의 시간 동기화를 위한 데이터 수집장치와 데이터 허브의 연결 상태를 나타내는 배치도이다. 도 8에 의하면 다수의 데이터 수집장치(200)가 데이터 허브(400)와 병렬 연결되어 있다. 이때, 데이터 수집장치(200)들로부터 전송된 검출 데이터들은 시간 정보가 각기 다르기 때문에 이를 해석하기 위해서는 검출 데이터들을 시간 동기화(time synchronizing)할 필요가 있다.

[0080] 이를 위해, 본 발명의 제1 실시예는 도 8에서와 같이 분산형 데이터 수집장치(200)들을 별도 연결하는 파이어와이어(Firewire)와 같은 고속 직렬 인터페이스(High-speed serial interface)를 구비할 수 있다. 즉, 분산형 데이터 수집장치(200)를 블레이드에 설치한 이후에, 검출 데이터들이 시간 동기화되어 수집되도록 고속 직렬 인터페이스에 의해 연결된 데이터 수집장치(200)들을 셋팅하게 된다. 이에 따라 고속 직렬 인터페이스를 통해 센서

들(110, 120, 130)에서 검출된 데이터들은 시간 동기화되어 데이터 수집장치들(200)에 수집되고, 데이터 허브(400)에 모이게 된다.

[0081] 이때, 다른 실시예로 분산형 데이터 수집장치(200)들을 별도 연결하지 않고, 병렬 연결 라인(PL)을 통해 데이터 전송과 함께 시간 동기화가 이루어질 수 있도록 구성할 수도 있다. 예를 들면, 병렬 연결 라인(PL)에서 LAN 또는 CAN 통신(Controller Area Network)이 수행될 수 있도록 하거나, 고속 직렬 인터페이스를 구비시킬 수 있다.

[0083] 도 9는 본 발명의 제2 실시예에 따른 데이터 수집 시스템을 개략적으로 도시한 구성도이다. 본 발명에 따른 데이터 수집 시스템은 도 8에 도시된 바와 같이 분산형 데이터 수집장치(200)들이 직렬로 연결될 수 있다.

[0084] 본 실시예에 의하면 분산형 데이터 수집장치(200)들이 직렬 연결됨에 따라 각각의 데이터 수집장치(200)에서 수집된 검출 데이터가 일방향으로 전달되고, 데이터 허브(400)를 거쳐 데이터 저장장치(300)에 저장된다.

[0085] 이때, 데이터 허브(400)는 도 9에서와 같이 블레이드(10)의 가장자리에 배치될 수 있으며, 이와 달리 블레이드의 외부에 배치되는 것도 가능하다.

[0087] 도 10은 상술한 제2 실시예에 따른 시험 시스템에 있어서 검출 데이터의 시간 동기화를 위한 데이터 수집장치와 데이터 허브의 연결 상태를 나타내는 배치도이다. 본 실시예예 의하면 데이터 허브(400)는 다수의 데이터 수집장치(200)들과 직렬 연결된다.

[0088] 이때, 직렬 연결 라인(SL)은 CAN 통신이 수행되도록 구성하거나, 파이어와이어와 같은 고속 직렬 인터페이스를 구비할 수 있다. 즉, 하나의 직렬 연결 라인을 통해 데이터 전송과 시간 동기화가 이루어질 수 있다.

[0090] 도 11은 본 발명의 제3 실시예에 따른 시험 시스템에 있어서 검출 데이터의 시간 동기화를 위한 데이터 수집장치와 데이터 허브의 연결 상태를 나타내는 배치도이다. 본 실시예에 의하면 데이터 허브(400)는 데이터 수집장치(DAQ)들이 직렬 연결되어 이루어진 집합(200a, 200b, 200c)들과 병렬 연결되는 구조를 가지고 있다. 즉, 다수의 직렬 연결 라인(SL1, SL2, SL3)이 병렬 연결되는 혼합형 구조이다.

[0091] 직렬 연결 라인(SL1, SL2, SL3)들은 각각 CAN 통신이 수행되도록 구성되거나 고속 직렬 인터페이스를 구비할 수 있고, 이로 인해 센서(미도시)에서 검출된 데이터들이 시간 동기화되어 분산형 데이터 수집장치(DAQ)에서 수집될 수 있다.

[0093] **(풍력터빈 블레이드의 시험을 위한 데이터 수집 방법)**

[0094] 이하, 도 12를 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 풍력터빈 블레이드의 시험을 위한 데이터 수집 방법에 대해서 설명한다. 이때, 도 5 내지 도 11을 같이 참조하기로 한다.

[0095] 도 12는 본 발명에 따른 풍력터빈 블레이드의 시험을 위한 데이터 수집 방법을 나타내는 흐름도이다. 본 발명에 따른 데이터 수집 방법은 먼저, 수행하고자하는 정적하중 시험 또는 피로하중 시험에 따라 블레이드(10)에 작용하는 주요 하중 경로에 다수의 센서(110, 120, 130)를 분산 배치하게 된다(S100). 이때, 센서는 변형률 게이지(110, 120), 가속도계(130), 변위 게이지 등일 수 있으며, 블레이드(10)의 표면 또는 내부에 부착 설치된다.

[0098] *다음으로, 블레이드(10)의 표면에 2개 이상의 분산형 데이터 수집장치(200)를 배치하고, 배치된 영역 내의 센서들(110, 120, 130)의 신호 선(케이블)을 데이터 수집장치(200)에 접속하게 된다(S200). 이때, 각 영역에 배치된 센서(110, 120, 130)의 개수는 2개 내지 20개일 수 있으며, 데이터 수집장치(200)는 2개 내지 100개가 배치될 수 있다.

[0099] 그리고, 분산형 데이터 수집장치(200)는 영역 내의 센서들과 인접하도록 블레이드(10)의 일면에 부착 고정하는 것이 바람직하다. 이에 따라 본 발명은 신호 선(케이블)들의 길이를 10m 이하로 짧게 구성할 수 있다.

[0101] 다음으로, 데이터 허브(400)를 블레이드(10)의 일면 또는 외부에 배치하고, 분산형 데이터 수집장치(200)들과 유선 또는 무선 통신망으로 연결한다(S300). 이때, 연결 방식은 병렬 또는 직렬 연결이 가능하며, 병렬 및 직렬이 혼합된 형태도 가능하다.

[0102] 그리고, 블레이드(10)의 외부에 데이터 허브(400)와 유선 또는 무선 통신하는 데이터 저장장치(300)를 배치할 수 있다.

[0104] 다음으로, 센서(110, 120, 130)에서 검출된 데이터들이 시간 동기화되어 수집될 수 있도록 분산형 데이터 수집장치(200)들을 셋팅한다(S400). 이때, 데이터 수집장치(200)들을 연결하는 라인(PL, SL)은 CAN 통신이 수행되거나 파이어와이어(firewire)와 같은 고속 직렬 인터페이스를 구비함으로써 데이터 전송과 함께 시간 동기화가 이루어질 수 있다.

[0106] 다음으로, 정적하중 시험 또는 피로하중 시험에 따라 규정된 시험하중을 블레이드(10)에 가하게 된다(S500). 이때, 시험하중은 별도 설치된 로드셀(미도시)에서 측정된다.

[0108] 마지막으로, 블레이드(10)에 배치된 센서(110, 120, 130)들이 변형량, 가속도, 변위 등의 물리량을 전기 신호로 변환하여 출력하고, 출력된 데이터는 분산형 데이터 수집장치(200)에서 수집된다(S600). 이때, 데이터 수집장치(200)에 수집된 데이터들은 시간 동기화되어 있으며, 내장된 AD컨버터에서 디지털 신호로 변환된다. 그리고, 수집된 데이터들은 데이터 허브(400)를 거쳐 데이터 저장장치(300)에 저장된다.

[0109] 한편, 데이터 저장장치(300)에 저장된 시간 동기화가 이루어진 검출 데이터를 이용하여 블레이드(10)의 성능 평가가 수행된다. 예를 들면, 검출 데이터를 소정의 시험 프로그램이 내장된 PC에 전송하고, 검출 데이터를 해석함으로써 정적하중 시험 또는 피로하중 시험에 따른 블레이드의 성능 평가가 이루어질 수 있다.

[0111] **(비교예)**

[0112] 도 13은 종래기술에 따른 집중형 데이터 수집장치를 통해 얻어진 검출 데이터를 나타내는 그래프이고, 도 14는 본 발명에 따른 분산형 데이터 수집장치를 통해 얻어진 검출 데이터를 나타내는 그래프이다.

[0113] 도 13의 (a)는 배경기술에서 설명한 집중형 데이터 수집장치에서 수집된 검출 데이터를 출력한 것으로서, 시간(s)에 따른 변형률(μm/m)의 변화를 나타내고 있다. 이때, 검출 데이터는 블레이드의 루트부 끝단으로부터 21m 만큼 떨어져 있고, 블레이드의 상면에 부착된 변형률 게이지(Pressure)와 하면에 부착된 변형률 게이지(Suction)에서 각각 측정한 것이다.

[0115] 도 14의 (a)는 본 발명에 따른 분산형 데이터 수집장치에서 수집된 검출 데이터를 출력한 것이다. 이때, 검출 데이터는 루트부의 끝단으로부터 22.8m만큼 떨어져 있는 변형률 게이지(SS, PS)에서 측정한 것이다.

[0117] 도 13의 (b)를 살펴보면, 집중형 데이터 수집장치는 검출 데이터의 변형률 오차가 10μm/m 이상 크게 발생한다는 것을 알 수 있다. 이는 변형률 게이지와 데이터 수집장치를 연결하는 케이블의 길이가 길고, 이로 인해 검출된 아날로그 신호에 노이즈가 개입되기 때문이다.

[0118] 도 14의 (b)를 살펴보면, 분산형 데이터 수집장치는 검출 데이터의 변형률 오차가 1μm/m 보다도 작다는 것을 알 수 있다. 이는 다수의 데이터 수집장치가 블레이드에 분산 배치됨에 따라 센서들과 연결되는 케이블의 길이가 짧아져서 노이즈가 개입되는 것을 억제할 수 있기 때문이다. 즉, 본 발명의 분산형 데이터 수집장치에서 수집된 데이터는 높은 신호대잡음비를 가지게 되어 시험 결과의 신뢰도를 크게 향상시킬 수 있다.

[0120] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 이것에 의해 한정되지 않으며 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 본 발명의 기술사상과 아래에 기재될 특허청구범위의 균등범위 내에서 다양한 수정 및 변형 가능함은 물론이다.

부호의 설명

[0122] 10 : 블레이드

12 : 팁부

14 : 루트부

110 : 단축 변형률 게이지

120 : 다축 변형률 게이지

130 : 가속도계

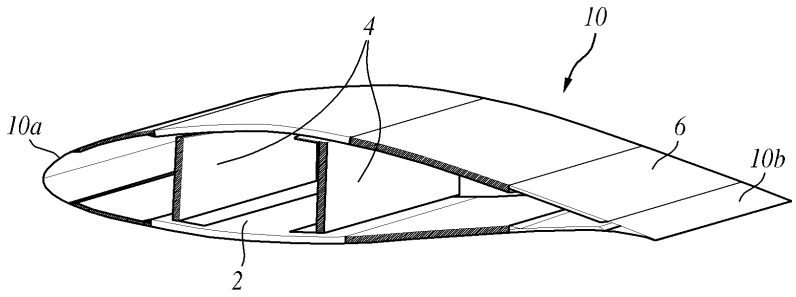
200 : 분산형 데이터 수집장치

300 : 데이터 저장장치

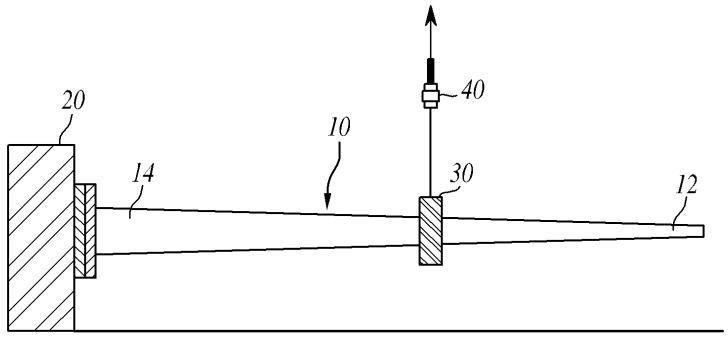
400 : 데이터 허브

도면

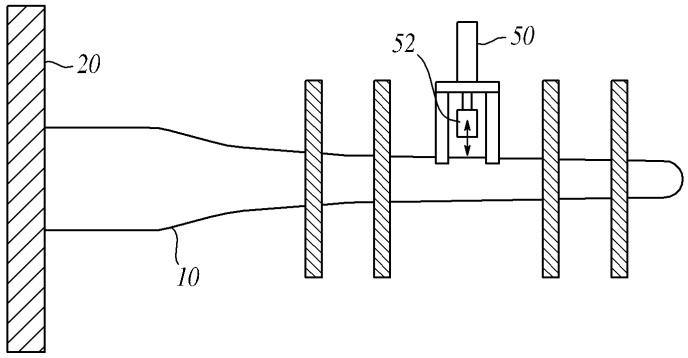
도면1



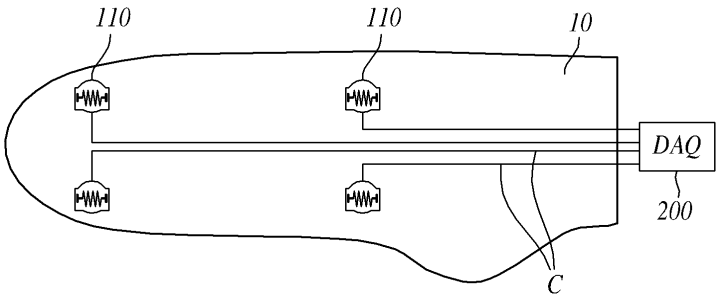
도면2



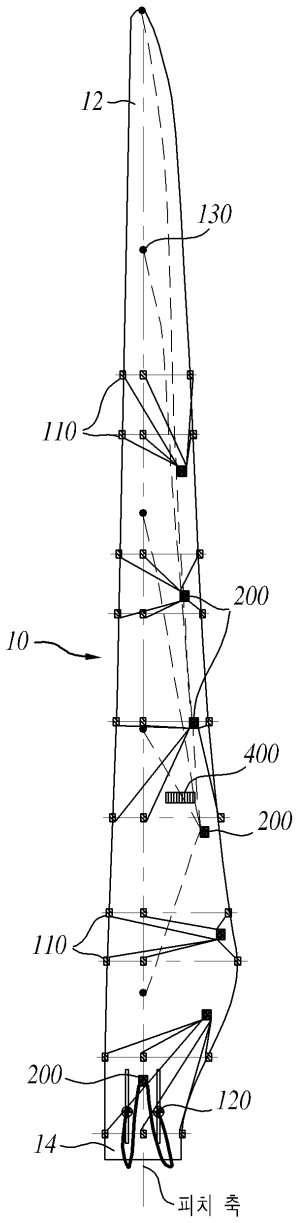
도면3



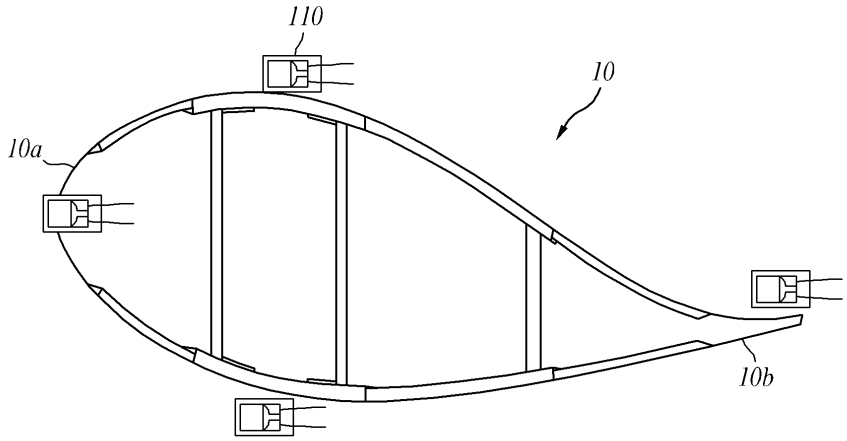
도면4



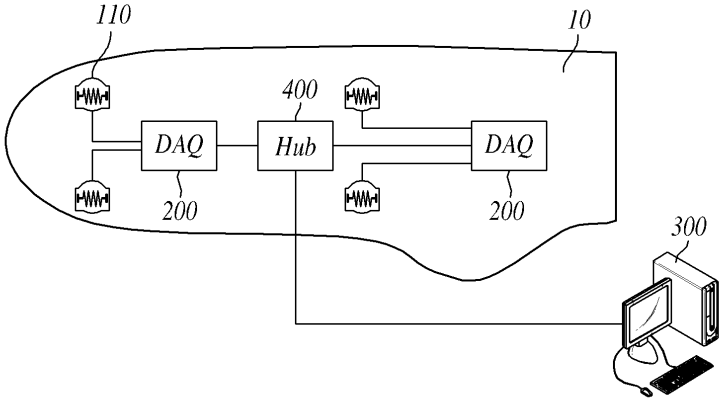
도면5



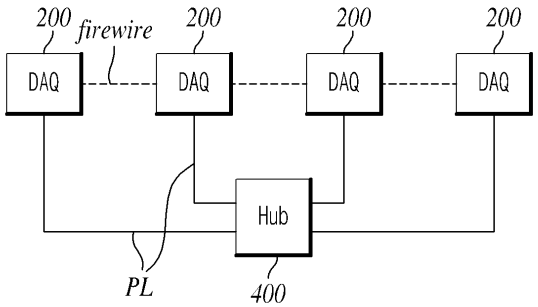
도면6


110
10
10a
10b

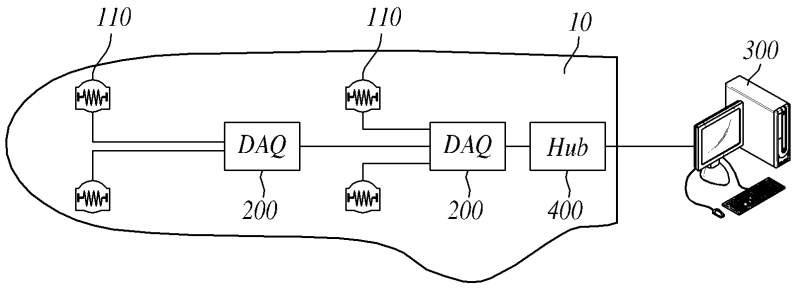
도면7


110
10
400
DAQ
Hub
DAQ
200
200
300

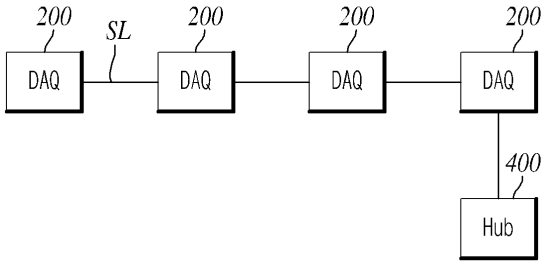
도면8


200
firewire
200
200
200
DAQ
DAQ
DAQ
DAQ
Hub
PL
400

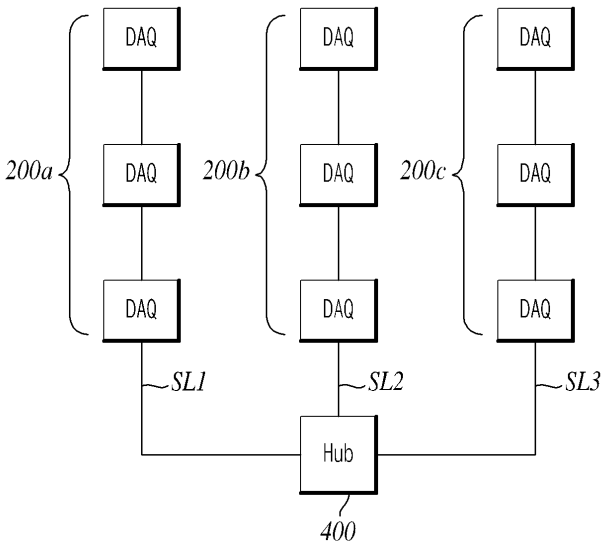
도면9



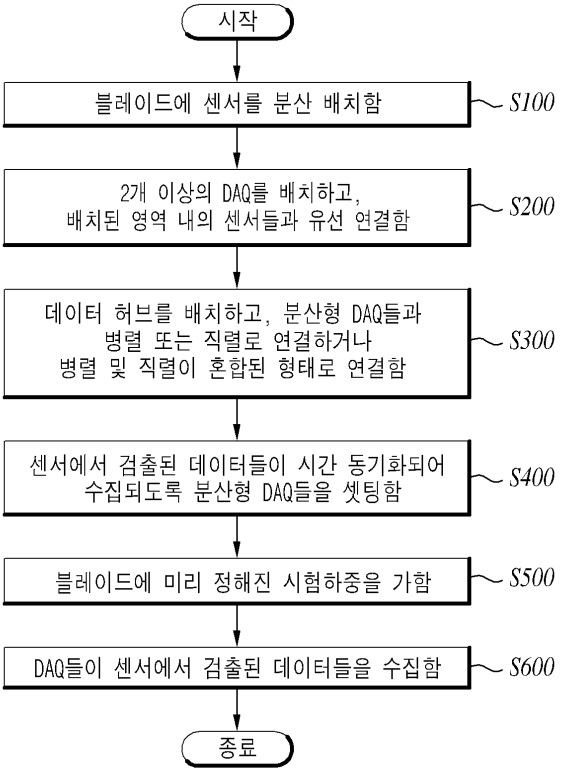
도면10



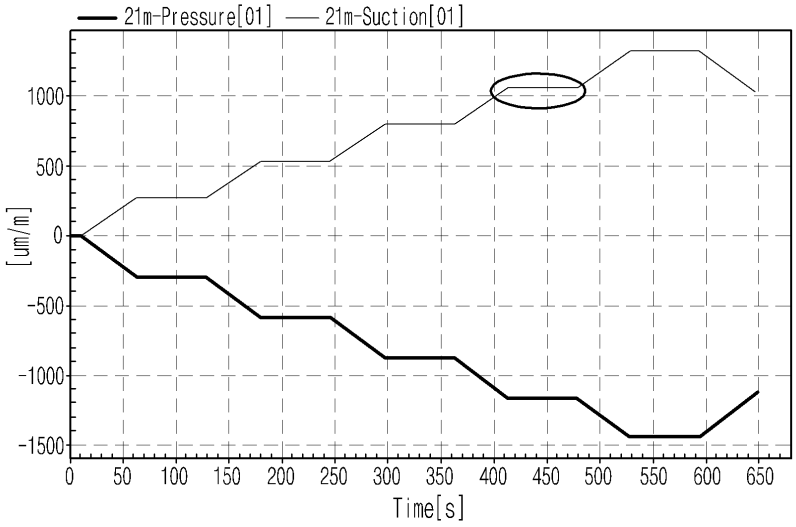
도면11



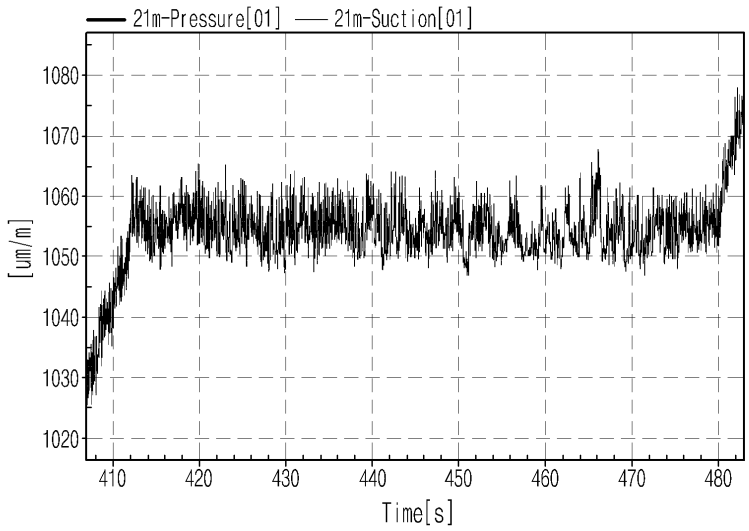
도면12


시작
블레이드에 센서를 분산 배치함
S100
2개 이상의 DAQ를 배치하고,
배치된 영역 내의 센서들과 유선 연결함
S200
데이터 허브를 배치하고, 분산형 DAQ들과
병렬 또는 직렬로 연결하거나
병렬 및 직렬이 혼합된 형태로 연결함
S300
센서에서 검출된 데이터들이 시간 동기화되어
수집되도록 분산형 DAQ들을 셋팅함
S400
블레이드에 미리 정해진 시험하중을 가함
S500
DAQ들이 센서에서 검출된 데이터들을 수집함
S600
종료

도면13

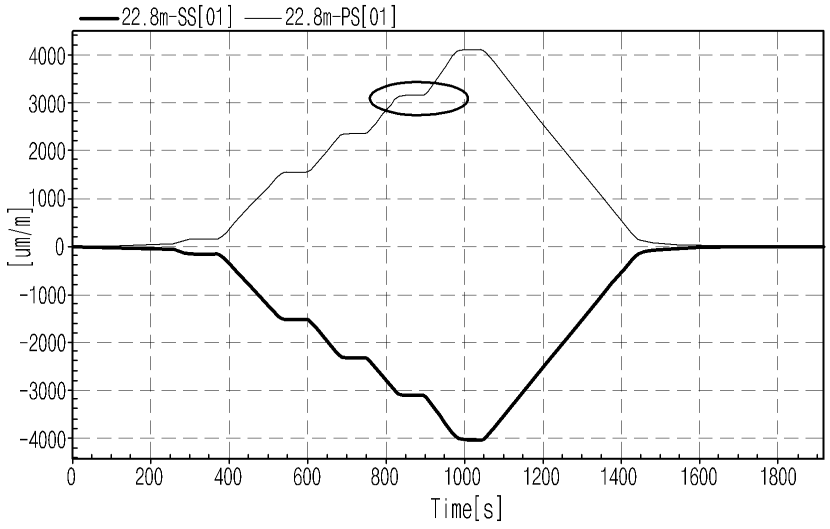

21m-Pressure[01]
21m-Suction[01]
1000
500
0
-500
-1000
-1500
[um/m]
0
50
100
150
200
250
300
350
400
450
500
550
600
650
Time[s]

(a)

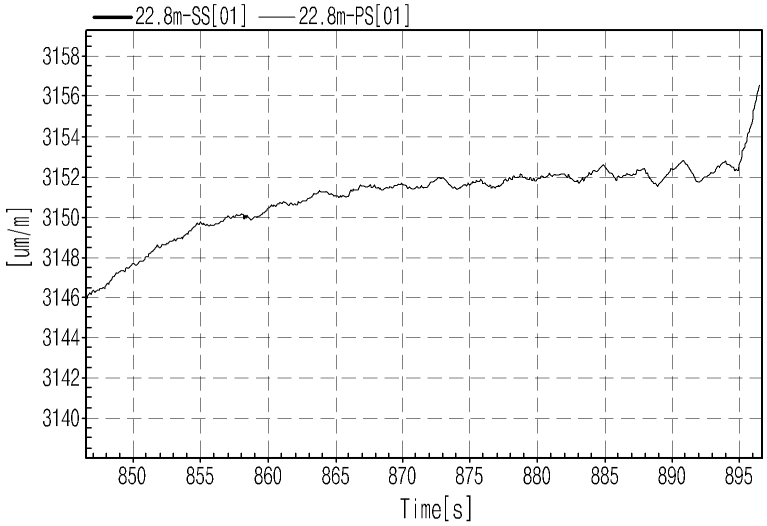

21m-Pressure[01]
21m-Suction[01]
1080
1070
1060
1050
1040
1030
1020
[um/m]
410
420
430
440
450
460
470
480
Time[s]

(b)

도면14


22.8m-SS[01]
22.8m-PS[01]
4000
3000
2000
1000
0
-1000
-2000
-3000
-4000
[um/m]
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
1600
1800
Time[s]

(a)


22.8m-SS[01]
22.8m-PS[01]
3158
3156
3154
3152
3150
3148
3146
3144
3142
3140
[um/m]
850
855
860
865
870
875
880
885
890
895
Time[s]

(b)