



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년04월26일
(11) 등록번호 10-1137027
(24) 등록일자 2012년04월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
GOIL 5/00 (2006.01) GOIL 1/22 (2006.01)
GOIL 25/00 (2006.01) GOIM 9/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-0135944
(22) 출원일자 2009년12월31일
심사청구일자 2009년12월31일
(65) 공개번호 10-2011-0078999
(43) 공개일자 2011년07월07일
(56) 선행기술조사문헌
US20060133933 A
US20090263246 A

(73) 특허권자
한국항공우주연구원
대전광역시 유성구 과학로 169-84 (어은동)
(72) 발명자
기영중
대전광역시 서구 만년로 45, 110동 1003호 (만년동, 초원아파트)
이상원
전라북도 익산시 배산로14길 9, 모현현대2차아파트 209동 803호 (모현동1가)
(74) 대리인
김종관, 박창희, 권오식

전체 청구항 수 : 총 7 항

심사관 : 이현길

(54) 발명의 명칭 로터 블레이드 공력하중 측정장치 및 측정장치 보정방법

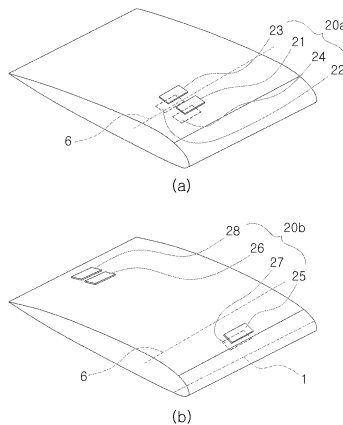
(57) 요약

본 발명은 풍력발전 또는 회전익 항공기에 장착되는 로터 블레이드의 공력 하중 측정을 위한 측정장치와 이를 보정할 수 있는 보정 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 스트레인 게이지를 센서로 사용하고 스트레인 게이지를 통해 폴브릿지 회로를 구성하여 로터 블레이드 회전 또는 구동시험 진행시 블레이드에 작용하는 굽힘하중과 비틀림하중을 측정하게 되는 로터 블레이드 공력하중 측정장치 및 측정장치 보정방법에 관한 것이다.

상기와 같은 구성의 본 발명의 로터 블레이드 공력하중 측정장치 및 측정장치 보정방법을 통해 풍력발전 또는 회전익 항공기에 사용되는 블레이드의 공력하중 측정값의 정확도를 보다 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

또한 굽힘하중이 작용하는 일반적인 구조물의 하중 측정에도 충분히 적용할 수 있을 것으로 기대된다.

대표도 - 도2



특허청구의 범위

청구항 1

플랩발전기 또는 회전익 항공기에 사용되는 로터 블레이드의 공력하중을 측정하기 위한 로터 블레이드 공력하중 측정장치에 있어서,

플랩모멘트(Flap Moment)의 측정을 위해 상기 블레이드(10)의 윗면(4)에 부착되는 제 1 및 제 3센서(21, 23)와, 상기 블레이드(10)의 아랫면(5)에 부착되는 제 2 및 제 4센서(22, 24)로 이루어지는 제 1측정부(20a); 및

래그모멘트(Lag Moment)의 측정을 위해 상기 블레이드(10) 윗면(4)상의 앞전(Leading Edge)(1)에 부착되는 제 5센서(25)와, 블레이드(10) 아랫면(5)상의 앞전(1)에 부착되는 제 7센서(27)와, 상기 블레이드(10) 윗면(4)상의 뒷전(Leading Edge)(2)에 부착되는 제 6 및 제 8센서(26, 28)로 이루어지는 제 2측정부(20b); 를 포함하며,

상기 제 6 및 제 8센서(26, 28)는 블레이드(10) 단면의 탄성축(Elastic Axis)을 중심으로 주입사각(Principal Angle) 만큼 회전한 축과 블레이드(10)의 윗면(4)이 만나는 지점에 부착되는 것을 특징으로 하는 로터 블레이드 공력하중 측정장치.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 제 1 및 제 3센서(21, 23)는 앞전(Leading Edge)(1)으로부터 코드선의 25% 선상인 쿼터코드라인(Quarter Chord Line)(6)의 윗면(4)에 부착되고,

상기 제 2 및 제 4센서(22, 24)는 앞전(Leading Edge)(1)으로부터 상기 쿼터코드라인(Quarter Chord Line)(6)의 아랫면(5)에 부착되는 것을 특징으로 하는 로터 블레이드 공력하중 측정장치.

청구항 3

삭제

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 제 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 및 제 8센서(21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28)는 각각이 스트레인 게이지(Strain Gage)로 구성되며, 상기 제 1측정부(20a)는 상기 제 1, 2, 3 및 제 4센서(21, 22, 23, 24)로 구성되는 풀브릿지(Full-Bridge) 회로이고, 제 2측정부(20b)는 상기 제 5, 6, 7 및 제 8센서(25, 26, 27, 28)로 구성되는 풀브릿지(Full-Bridge) 회로인 것을 특징으로 하는 로터 블레이드 공력하중 측정장치.

청구항 5

제 1항의 로터 블레이드 공력하중 측정장치를 보정하는 보정방법에 있어서,

교정무게(Calibration Weight)(30);

상기 교정무게(30)가 부착되도록, 후측에 제 1고리부(41)와 전측에 제 3고리부(43)와, 하단에 제 2고리부(42)와, 상단에 제 4고리부(44)가 형성되고, 내부에 상기 블레이드(10)가 끼워질 수 있도록 공간(45)이 형성되는 교정기(40); 를 포함하며,

블레이드 장착각(θ)이 0도인 상태에서 래그 방향으로 하중이 가해지도록 상기 교정기(40)의 제 1고리부(41)에 상기 교정무게(30)를 장착하여 놓는 제 1단계(S1)와;

상기 제 1단계(S1) 수행 후 상기 블레이드(10)의 장착각(θ)을 변화시켜 상기 제 1측정부(20a)의 신호가 최소가 되도록 상기 블레이드(10)의 장착각(θ)을 결정하는 제 2단계(S2);

를 포함하는 것을 특징으로 하는 로터 블레이드 공력하중 측정장치 보정방법.

청구항 6

제 5항에 있어서,

상기 제 2단계(S2)를 통해 결정된 블레이드 장착각(θ)을 유지한 상태에서 상기 블레이드(10)의 앞전(1)이 상방을 향하도록 하고, 상기 교정기(40)의 제 1고리부(41)에 교정무게(30)를 장착하여 제 1측정부(20a) 및 제 2측정부에서 출력되는 전압을 측정하는 제 3단계(S3)와;

상기 제 2단계(S2)를 통해 결정된 블레이드 장착각(θ)을 유지한 상태에서 상기 블레이드(10)의 윗면(4)이 상방을 향하도록 하고, 상기 교정기(40)의 제 2고리부(42)에 교정무게(30)를 장착하여 제 1측정부(20a) 및 제 2측정부에서 출력되는 전압을 측정하는 제 4단계(S4)와;

상기 제 2단계(S2)를 통해 결정된 블레이드 장착각(θ)을 유지한 상태에서 상기 블레이드(10)의 뒷전(2)이 상방을 향하도록 하고, 상기 교정기(40)의 제 3고리부(43)에 교정무게(30)를 장착하여 제 1측정부(20a) 및 제 2측정부에서 출력되는 전압을 측정하는 제 5단계(S5)와;

상기 제 2단계(S2)를 통해 결정된 블레이드 장착각(θ)을 유지한 상태에서 상기 블레이드(10)의 아랫면(5)이 상방을 향하도록 하고, 상기 교정기(40)의 제 4고리부(44)에 교정무게(30)를 장착하여 제 1측정부(20a) 및 제 2측정부에서 출력되는 전압을 측정하는 제 6단계(S6);

를 포함하는 것을 특징으로 하는 로터 블레이드 공력하중 측정장치 보정방법.

청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 제 3단계, 제 4단계, 제 5단계 및 제 6단계에서 측정되는 출력 전압을 이용하여 보정 계수(Calibration Coefficient)를 산출하여 측정센서를 보정하는 제 7단계(S7);

를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 로터 블레이드 공력하중 측정장치 보정방법.

청구항 8

제 6항에 있어서,

상기 제 3단계, 제 4단계, 제 5단계 및 제 6단계는

상기 교정무게(30)를 상기 블레이드(10)의 제한하중(Design Limit Load)의 80~100%까지 순차적으로 증가시켜 적용하는 것을 특징으로 하는 로터 블레이드 공력하중 측정장치 보정방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 풍력발전 또는 회전익 항공기에 장착되는 로터 블레이드의 공력 하중 측정을 위한 측정장치와 이를 보정할 수 있는 보정 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 스트레인 게이지를 센서로 사용하고 스트레인 게이지를 통해 풀브릿지 회로를 구성하여 로터 블레이드 회전 또는 구동시험 진행시 블레이드에 작용하는 굽힘하중과 비틀림하중을 측정하게 되는 로터 블레이드 공력하중 측정장치 및 측정장치 보정방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 풍력발전에 사용되는 블레이드(Blade)는 전력을 생산하기 위한 전기모터를 회전시키기에 필요한 회전력을 얻기 위하여 사용하며, 회전익 항공기에 사용되는 블레이드는 항공기가 비행에 필요한 양력, 추력 및 조종력 등을 발생하기 위해 사용한다.

[0003] 블레이드는 회전으로 인해 블레이드 주위의 공력분포에 대한 변화가 발생하며, 이러한 현상은 블레이드 자체에

굽힘하중과 비틀림하중으로 작용하게 된다. 블레이드의 안전한 운용을 위한 공력하중 모니터링과 블레이드 반경 방향으로의 공력분포를 측정하기 위해서는 공력하중을 측정하기 위한 장치가 필요하다. 공력하중을 측정하기 위한 장치로는 통상적으로 하중을 측정하기 위한 센서가 필요하며, 센서로는 공력하중에 의한 블레이드의 변형률을 측정하기 위한 스트레인 게이지(Strain Gage)가 주로 사용 된다.

[0004] 스트레인 게이지는 전기저항의 변화를 이용하여 구조물의 변형 정도를 측정하는데 사용되는 센서로서, 구조물에 작용하는 하중을 측정하기 위해서는 반드시 보정 절차가 필요하다. 스트레인 게이지의 보정을 위해서는 도 5에 도시된 바와 같이 교정무게(Calibration Weight)를 메달아 전기저항에 의한 스트레인 게이지의 전압 출력신호를 데이터 획득 장치를 통해 저장하게 된다. 상기 저장된 신호들을 처리하여 하중 측정에 필요한 보정계수(Calibration Coefficient)들을 산출하게 된다.

[0005] 이때 스트레인 게이지의 신호는 교정무게의 증가에 따라 선형적으로 변화하는 것이 일반적이며, 선형적인 분포의 기울기 값이 하중을 측정하기 위한 보정계수로써 사용된다. 그러나 스트레인 게이지를 이용하여 변형율을 측정하는 경우, 주위의 온도, 습도 및 주변 전자기기 간섭 등에 의해 오차가 발생하게 되며, 이러한 측정오차는 측정된 하중 값의 정확도에 많은 영향을 미치게 된다.

[0006] 로터 블레이드에 작용하는 굽힘하중은 플랩모멘트(Flap Moment)와 래그모멘트(Lag Moment)로 구분할 수 있으며, 각각의 하중 성분을 측정하기 위해서는 전기적으로 구성된 센서가 필요하다. 또한 블레이드의 기하학적인 형상과 제작에 사용된 자재들의 구조역학적인 특성에 의해 플랩모멘트와 래그모멘트가 동시에 작용하는 것이 일반적 이므로 플랩모멘트와 래그모멘트를 측정하기 위한 센서가 가능한 상호간의 영향이 없도록 부착할 수 있는 방법과 플랩모멘트와 래그모멘트를 측정할 수 있는 하중측정센서가 포함되는 하중 측정장치 및 상기 측정장치를 보정하기 위한 보정방법 개발이 시급한 실정이다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0007] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서 본 발명의 목적은 스트레인 게이지를 사용하여 블레이드의 공력하중을 측정함에 있어서, 스트레인 게이지의 주위 환경으로 인한 오차를 최소화 하고, 플랩모멘트와 래그모멘트가 연성되어 측정되는 것을 최소화하게 되는 로터 블레이드 공력하중 측정장치 및 측정장치 보정방법을 제공함에 있다.

과제 해결수단

[0008] 본 발명의 로터 블레이드 공력하중 측정장치는 풍력발전기 또는 회전익 항공기에 사용되는 로터 블레이드의 공력하중을 측정하기 위한 로터 블레이드 공력하중 측정장치에 있어서, 플랩모멘트(Flap Moment)의 측정을 위해 상기 블레이드(10)의 윗면(4)에 부착되는 제 1 및 제 3센서(21, 23)와, 상기 블레이드(10)의 아랫면(5)에 부착되는 제 2 및 제 4센서(22, 24)로 이루어지는 제 1측정부(20a); 및 래그모멘트(Lag Moment)의 측정을 위해 상기 블레이드(10) 윗면(4)상의 앞전(Leading Edge)(1)에 부착되는 제 5센서(25)와, 상기 블레이드(10) 아랫면(5)상의 앞전(1)에 부착되는 제 7센서(27)와, 상기 블레이드(10) 윗면(4)상의 뒷전(Leading Edge)(2)에 부착되는 제 6 및 제 8센서(26, 28)로 이루어지는 제 2측정부(20b); 를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0009] 또한, 상기 제 1 및 제 3센서(21, 23)는 앞전(Leading Edge)(1)으로부터 코드선의 25% 선상인 쿼터코드라인(Quarter Chord Line)(6)의 윗면(4)에 부착되고, 상기 제 2 및 제 4센서(22, 24)는 앞전(Leading Edge)(1)으로부터 상기 쿼터코드라인(Quarter Chord Line)(6)의 아랫면(5)에 부착되는 것을 특징으로 한다.

[0010] 또한, 상기 제 6 및 제 8센서(26, 28)는 블레이드(10) 단면의 탄성축(Elastic Axis)을 중심으로 주입사각(Principal Angle) 만큼 회전한 축과 블레이드(10)의 윗면(4)이 만나는 지점에 부착되는 것을 특징으로 한다.

[0011] 또한, 상기 제 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 및 제 8센서(21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28)는 각각이 스트레인 게이지(Strain Gage)로 구성되며, 상기 제 1측정부(20a)는 상기 제 1, 2, 3 및 제 4센서(21, 22, 23, 24)로 구성되는 풀브릿지(Full- Bridge) 회로이고, 제 2측정부(20b)는 상기 제 5, 6, 7 및 제 8센서(25, 26, 27, 28)로 구성되는 풀브릿지(Full- Bridge) 회로인 것을 특징으로 한다.

[0012] 본 발명의 로터 블레이드 공력하중 측정장치를 보정하는 방법은 교정무게(Calibration Weight)(30); 상기 교정

무게(30)가 부착되도록, 후측에 제 1고리부(41)와 전측에 제 3고리부(43)와, 하단에 제 2고리부(42)와, 상단에 제 4고리부(44)가 형성되고, 내부에 상기 블레이드(10)가 끼워질 수 있도록 공간(45)이 형성되는 교정기(40); 를 포함하며, 블레이드 장착각(θ)이 0도인 상태에서 래그 방향으로 하중이 가해지도록 상기 교정기(40)의 제 1고리부(41)에 상기 교정무게(30)를 장착하여 놓는 제 1단계(S1)와; 상기 제 1단계(S1) 수행 후 상기 블레이드(10)의 장착각(θ)을 변화시켜 상기 제 1측정부(20a)의 신호가 최소가 되도록 상기 블레이드(10)의 장착각(θ)을 결정하는 제 2단계(S2); 를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0013] 또한, 상기 제 2단계(S2)를 통해 결정된 블레이드 장착각(θ)을 유지한 상태에서 상기 블레이드(10)의 앞전(1)이 상방을 향하도록 하고, 상기 교정기(40)의 제 1고리부(41)에 교정무게(30)를 장착하여 제 1측정부(20a) 및 제 2측정부에서 출력되는 전압을 측정하는 제 3단계(S3)와; 상기 제 2단계(S2)를 통해 결정된 블레이드 장착각(θ)을 유지한 상태에서 상기 블레이드(10)의 윗면(4)이 상방을 향하도록 하고, 상기 교정기(40)의 제 2고리부(42)에 교정무게(30)를 장착하여 제 1측정부(20a) 및 제 2측정부에서 출력되는 전압을 측정하는 제 4단계(S4)와; 상기 제 2단계(S2)를 통해 결정된 블레이드 장착각(θ)을 유지한 상태에서 상기 블레이드(10)의 뒷전(2)이 상방을 향하도록 하고, 상기 교정기(40)의 제 3고리부(43)에 교정무게(30)를 장착하여 제 1측정부(20a) 및 제 2측정부에서 출력되는 전압을 측정하는 제 5단계(S5)와; 상기 제 2단계(S2)를 통해 결정된 블레이드 장착각(θ)을 유지한 상태에서 상기 블레이드(10)의 아랫면(5)이 상방을 향하도록 하고, 상기 교정기(40)의 제 4고리부(44)에 교정무게(30)를 장착하여 제 1측정부(20a) 및 제 2측정부에서 출력되는 전압을 측정하는 제 6단계(S6); 를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0014] 또한, 상기 제 3단계, 제 4단계, 제 5단계 및 제 6단계에서 측정되는 출력 전압을 이용하여 보정 계수(Calibration Coefficient)를 산출하여 측정센서를 보정하는 제 7단계(S7); 를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0015] 또한, 상기 제 3단계, 제 4단계, 제 5단계 및 제 6단계는 상기 교정무게(30)를 상기 블레이드(10)의 제한하중(Design Limit Load)의 80~100%를 까지 순차적으로 증가시켜 적용하는 것을 특징으로 한다.

효과

[0016] 상기와 같은 구성의 본 발명의 로터 블레이드 공력하중 측정장치 및 측정장치 보정방법을 통해 풍력발전 또는 회전익 항공기에 사용되는 블레이드의 공력하중 측정값의 정확도를 보다 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

[0017] 또한 굽힘하중이 작용하는 일반적인 구조물의 하중 측정에도 충분히 적용할 수 있을 것으로 기대된다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0018] 이하, 상기와 같은 본 발명의 일실시예에 대하여 도면을 참조하여 상세히 설명한다.

[0019] 도 1은 로터 블레이드 단면도이며, 도 2a는 본 발명의 플랩모멘트 측정장치 사시도이고, 도 2b는 본 발명의 래그모멘트 측정장치 사시도이다. 도 3은 본 발명의 공력하중 측정장치 단면도이고, 도 4는 본 발명의 측정장치 회로도이다. 도 5a는 본 발명의 굽힘하중 측정장치 보정방법 사시도이고, 도 5b는 본 발명의 비틀림하중 측정장치 보정방법 사시도이다. 도 6은 본 발명의 교정기 사시도이며, 도 7은 본 발명의 측정장치 보정방법 순서도이고, 도 8은 본 발명의 측정장치 보정방법 개략도이다. 도 9는 본 발명의 래그모멘트 측정센서 부착위치 개략도이다.

[0020] 우선 도 1을 참조하여 블레이드의 형상에 대해 간략하게 설명하면, 블레이드(10)는 앞전(Leading edge)(1)과, 상기 앞전(1)으로부터 공간을 가지며 형성되는 뒷전(Trailing edge)(2)과, 상기 앞전(1)과 뒷전(2) 사이에 형성되는 윗면(4) 및 아랫면(5)을 포함한다. 또한 상기 앞전(1)과 뒷전(2)을 직선으로 이은 선을 코드라인(Chord Line)(3)이라고 하며, 상기 앞전(1)으로부터 코드라인(3)의 25%지점을 쿼터코드라인(Quarter Chord Line)(6)이라고 한다.

[0021] 도 2 내지 도 4 및 도 9를 참조하면, 본 발명의 로터 블레이드 공력하중 측정장치는 제 1센서(21), 제 2센서

(22), 제 3센서(23) 및 제 4센서(24)로 이루어지는 제 1측정부(20a)와, 제 5센서(25), 제 6센서(26), 제 7센서(27) 및 제 8센서(28)로 이루어지는 제 2측정부(20b)로 이루어질 수 있다. 상기 제 1측정부(20a)와 제 2측정부(20b)가 1개의 세트르 구성되며, 상기 블레이드(10)의 길이 방향을 따라 공력하중을 측정하고자 하는 부위에 여러 세트가 부착 될 수 있다.

[0022] 일반적으로 블레이드의 공력하중은 굽힘하중과 비틀림하중으로 나뉠 수 있으며, 상기 하중측정 센서를 통해 블레이드에 작용하는 플랩모멘트(Flap Moment)와 래그모멘트(Lag Moment)를 측정할 수 있다. 여기서 플랩모멘트는 블레이드의 회전면을 기준으로 면외방향(Out of Plane)으로 작용하는 하중이며, 래그모멘트는 블레이드의 회전면을 기준으로 면내방향(In plane)으로 작용하는 하중이다.

[0023] 상기 제 1 내지 제 8센서(21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28)는 각각이 스트레인 게이지 일 수 있다. 상기 제 1측정부(20a) 및 제 2측정부(20b)는 4개의 스트레인 게이지를 이용하여 구성된 풀브릿지(Full-Bridge) 회로로 연결될 수 있다.

[0024] 도 4에 도시된 바와 같이 상기 제 1측정부(20a) 및 제 2측정부(20b)가 풀브릿지 회로로 구성됨으로서, 온도에 의한 영향을 최소화 시킬 수 있으며, 아래의 수식과 같이 각각의 제 1 내지 제 4센서(21, 22, 23, 24) 및 제 5 내지 제 8센서(25, 26, 27, 28)를 통해 출력되는 신호를 최대로 함으로써 하중 측정을 보다 용이하도록 하였다. 상기 제 1측정부(20a)와 제 2측정부(20b)의 하중측정 방법은 동일하기 때문에 아래 수식은 제 1측정부(20a)를 기준으로 작성하였다.

$$\frac{V_0}{V_S} = \frac{k}{4} \left(\frac{\Delta R_1}{R_0} - \frac{\Delta R_2}{R_0} + \frac{\Delta R_3}{R_0} - \frac{\Delta R_4}{R_0} \right)$$

(V_0 : 측정 전압 V_S : 공급 전압

k : 게이지 계수 R_0 : 초기 게이지 저항

ΔR : 각각의 게이지 저항 변화량)

[0025]

[0026] 상기 제 1측정부(20a)는 플랩모멘트(Flap Moment)를 측정하기 위해 형성될 수 있다. 상기 제 1 내지 제 4센서(21, 22, 23, 24)는 블레이드(10)의 쿼터코드라인(6) 선상에 부착될 수 있다. 상기 쿼터코드라인(6) 선상의 폭 방향을 기준으로 윗면(4)과 아랫면(5)에 각각 좌우로 2개씩 부착될 수 있다.

[0027] 풀브릿지 회로를 통해 출력되는 전압이 최대로 측정되도록 하기 위해서는 상술된 수식에서 보는바와 같이 제 1센서(21)와 제 3센서(23)의 출력신호가 같은 부호이어야 하고, 제 2센서(22)와 제 4센서(24)의 출력신호는 서로 같되 상기 제 1센서(21) 및 제 3센서(23)와는 반대의 부호이어야 한다. 따라서 플랩모멘트를 측정하기 위한 상기 제 1측정부(20a)는 블레이드(10) 윗면(4)에 제 1센서(21)와 제 3센서(23)가 부착되고, 아랫면에 제 2센서(22)와 제 4센서(24)가 부착될 수 있다.

[0028] 상기 제 2측정부(20b)는 래그모멘트(Lag Moment)를 측정하기 위해 형성될 수 있다. 블레이드 앞전(1)의 윗면(4) 및 아랫면(5)에 각각 제 5센서(25)와 제 7센서(27)가 부착되며, 블레이드 뒷전(2)의 윗면(4)에 제 6센서(26)와 제 8센서(28)를 나란하게 부착될 수 있다. 상기 뒷전(2)에 부착되는 제 6 및 제 8센서(26, 28)는 도 9에 나타난 바와 같이 탄성축(Elastic Axis)을 중심으로 주입사각(Principal Angle) 만큼 회전한 축이 블레이드 윗면과 만나는 지점이며, 이 지점을 중심으로 양측에 상기 제 6 및 제 8센서(26, 28)를 부착함으로써 상술된 수식에서 보는 바와 같이 브리지 회로에서 출력되는 신호가 최대이도록 하였다.

[0029] 상기와 같은 구성의 로터 블레이드 공력하중 측정장치는 스트레인 게이지의 주위 환경으로 인한 오차를 최소화 하고, 플랩모멘트와 래그모멘트가 연성되어 측정되는 것을 최소화 할 수 있는 최적의 스트레인 게이지 부착 위치를 제공하여 블레이드의 공력하중 측정값의 정확도를 보다 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

- [0030] 이하에서는 상기와 같이 구성된 본 발명의 로터 블레이드 공력하중 측정장치의 보정 방법에 대하여 도면을 참조하여 설명한다.
- [0031] 도 5를 참조하면, 본 발명의 측정장치 보정방법은 교정무게(30) 및 교정기(40)를 포함할 수 있다. 상기 교정무게(30)는 상기 블레이드(10)에 하중을 가할 수 있도록 일정 무게를 가지고 형성되고, 상기 교정기(40)에 장착되도록 형성될 수 있다.
- [0032] 도 6을 참조하면, 상기 교정기(40)는 상기 교정무게(30)가 장착되도록, 후측에 제 1고리부(41)와 전측에 제 3고리부(43)와, 하단에 제 2고리부(42)와, 상단에 제 4고리부(44)가 형성되고, 내부에 상기 블레이드(10)가 끼워질 수 있도록 공간(45)이 형성될 수 있다.
- [0033] 상기 교정기(40)는 굽힘하중 및 비틀림하중 측정장치 보정 시에는 상기 블레이드(10)의 길이방향으로 중앙부위, 끝단부위 등 센서가 부착되는 부위에 끼워질 수 있다. 도 5a는 블레이드(10)의 길이방향 중심부에 부착되는 센서를 보정하기 위해 교정기(40)가 부착되는 위치를 일예로 도시하였고, 도 5b는 블레이드(10)의 길이방향 끝단부에 부착되는 센서를 보정하기 위해 교정기(40)가 부착되는 위치를 일예로 도시하였다.
- [0034] 도 7 및 도 8을 참조하면, 상기 블레이드 장착각(θ)이 0도인 상태에서 래그 방향으로 하중이 가해지도록 상기 교정기(40)의 제 1고리부(41)에 상기 교정무게(30)를 장착하여 놓는 제 1단계(S1)와 상기 제 1단계(S1) 수행 후 상기 블레이드(10)의 장착각(θ)을 변화시켜 상기 제 1측정부(20a)의 신호가 최소가 되도록 상기 블레이드(10)의 장착각(θ)을 결정하는 제 2단계(S2)를 수행할 수 있다.
- [0035] 이때 상기 블레이드 장착각(θ)은 코드라인(3)의 기울기로 정의할 수 있으며, 플랩모멘트를 측정하기 위한 제 1측정부(20a)와 래그모멘트를 측정하기 위한 제 2측정부(20b)의 연성효과를 최소화하기 위해 상기 블레이드(10)의 장착각(θ)을 변화시키는 것이다.
- [0036] 상기 제 2단계(S2)를 수행한 후, 상기 제 2단계(S2)를 통해 결정된 블레이드 장착각(θ)을 유지한 상태에서 상기 블레이드(10)의 앞전(1)이 상방을 향하도록 하고, 상기 교정기(40)의 제 1고리부(41)에 교정무게(30)를 장착하여 제 1측정부(20a)에서 출력되는 전압(A12+) 및 제 2측정부(20b)에서 출력되는 전압(A22+)을 측정하는 제 3단계(S3)와;
- [0037] 상기 제 2단계(S2)를 통해 결정된 블레이드 장착각(θ)을 유지한 상태에서 상기 블레이드(10)의 윗면(4)이 상방을 향하도록 하고, 상기 교정기(40)의 제 2고리부(42)에 교정무게(30)를 장착하여 제 1측정부(20a)에서 출력되는 전압(A11+) 제 2측정부(20b)에서 출력되는 전압(A21+) 측정하는 제 4단계(S4)와;
- [0038] 상기 제 2단계(S2)를 통해 결정된 블레이드 장착각(θ)을 유지한 상태에서 상기 블레이드(10)의 뒷전(2)이 상방을 향하도록 하고, 상기 교정기(40)의 제 3고리부(43)에 교정무게(30)를 장착하여 제 1측정부(20a)에서 출력되는 전압(A12-) 및 제 2측정부(20b)에서 출력되는 전압(A22-)을 측정하는 제 5단계(S5)와;
- [0039] 상기 제 2단계(S2)를 통해 결정된 블레이드 장착각(θ)을 유지한 상태에서 상기 블레이드(10)의 아랫면(5)이 상방을 향하도록 하고, 상기 교정기(40)의 제 4고리부(44)에 교정무게(30)를 장착하여 제 1측정부(20a)에서 출력되는 전압(A11-) 및 제 2측정부(20b)에서 출력되는 전압(A21-)을 측정하는 제 6단계(S6)를 수행할 수 있다.
- [0040] 이때, 측정되는 전압의 단위는 10^{-6} mV/V가 되도록 하며, 상기 교정무게(30)를 상기 블레이드(10)의 제한하중(Design Limit Load)의 80~100% 까지 순차적으로 증가 적용한다.
- [0041] 마지막으로 상기 제 3단계(S3), 제 4단계(S4), 제 5단계(S5) 및 제 6단계(S6)에서 측정되는 출력 전압과 아래의 수식을 이용하여 보정 계수(Calibration Coefficient)를 산출하여 측정센서를 보정하는 제 7단계(S7)를 수행하게 된다.

$$A_{11} = (A_{11}^+ + A_{11}^-)/2, \quad A_{22} = (A_{22}^+ + A_{22}^-)/2$$

$$A_{12} = (A_{12}^+ + A_{12}^-)/2, \quad A_{21} = (A_{21}^+ + A_{21}^-)/2$$

- [0042]
- [0043] 이때 도 8에 도시된 바와 같이 제 3단계(S3)에서 측정되는 값은 A12+, A22+이며, 제 4단계(S4)에서 측정되는 값

은 A11+, A21+, 제 5단계에서 측정되는 값은 A12-, A22-, 제 6단계에서 측정되는 값은 A11-, A21-이다. 상기 측정값을 위 식에 대입하여 보정 계수(Calibration Coefficient)의 평균값(A11, A12, A21, A22)을 구하게 된다.

[0044] 상기 보정 계수의 평균값에 대한 역행렬과 플랩모멘트 및 래그모멘트를 측정하기 위한 폴브릿지회로의 출력신호를 이용하여 아래의 수식에 적용함으로써 플랩모멘트와 래그모멘트를 측정할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} FM \\ DM \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} 10^{-6} \Delta R / R_{flap} \\ 10^{-6} \Delta R / R_{drag} \end{bmatrix}$$

[0045] FM : 플랩모멘트(Flap Moment), DM : 래그모멘트(Lag Moment)

[0046] 본 발명의 상기한 일실시예에 한정하여 기술적 사상을 해석해서는 안 된다. 적용범위가 다양함은 물론이고, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당업자의 수준에서 다양한 변형 실시가 가능하다. 따라서 이러한 개량 및 변경은 당업자에게 자명한 것인 한 본 발명의 보호범위에 속하게 된다.

도면의 간단한 설명

- [0047] 도 1은 로터 블레이드 단면도
- [0048] 도 2a는 본 발명의 플랩모멘트 측정장치 사시도
- [0049] 도 2b는 본 발명의 래그모멘트 측정장치 사시도
- [0050] 도 3은 본 발명의 공력하중 측정장치 단면도
- [0051] 도 4는 본 발명의 측정장치 회로도
- [0052] 도 5a는 본 발명의 굽힘하중 측정장치 보정방법 사시도
- [0053] 도 5b는 본 발명의 비틀림하중 측정장치 보정방법 사시도
- [0054] 도 6은 본 발명의 교정기 사시도
- [0055] 도 7은 본 발명의 측정장치 보정방법 순서도
- [0056] 도 8은 본 발명의 측정장치 보정방법 개략도
- [0057] 도 9는 본 발명의 래그모멘트 측정센서 부착위치 개략도
- [0058] <도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>
- [0059] 10 : 블레이드 1 : 앞전
- [0060] 2 : 뒷전 3 : 코드라인
- [0061] 4 : 윗면 5 : 아랫면
- [0062] 6 : 쿼터코드라인
- [0063] 20a : 제 1측정부 21 : 제 1센서
- [0064] 22 : 제 2센서 23 : 제 3센서
- [0065] 24 : 제 4센서
- [0066] 20b : 제 2측정부 25 : 제 5센서
- [0067] 26 : 제 6센서 27 : 제 7센서
- [0068] 28 : 제 8센서
- [0069] 30 : 교정무게

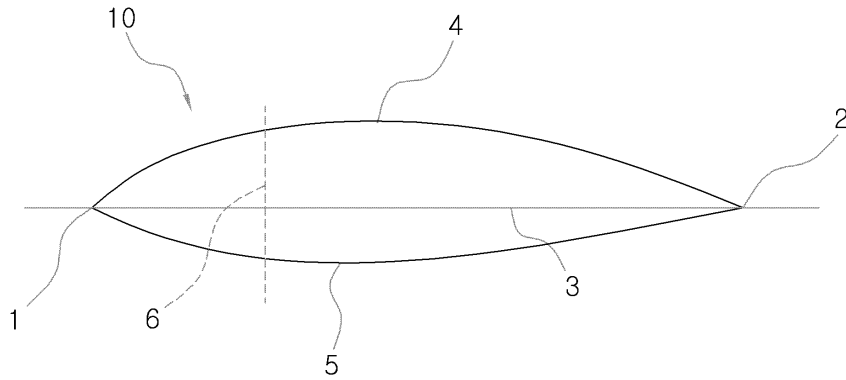
- [0070] 40 : 교정기
- [0071] 42 : 제 2고리
- [0072] 44 : 제 4고리
- [0073] 45 : 공간

41 : 제 1고리

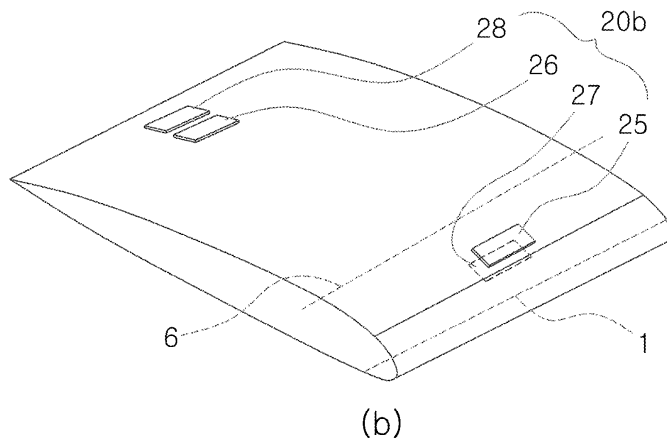
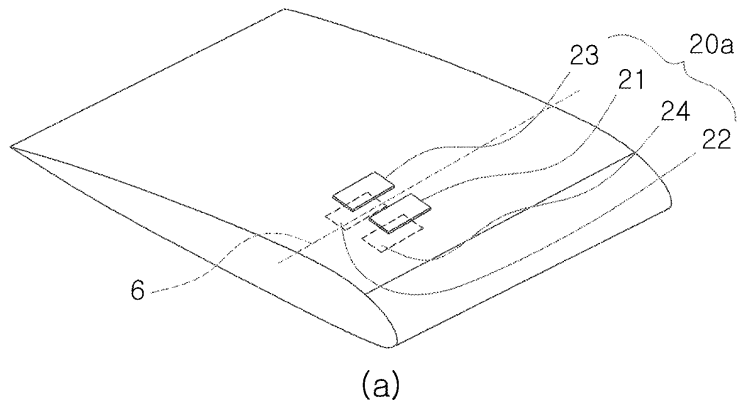
43 : 제 3고리

도면

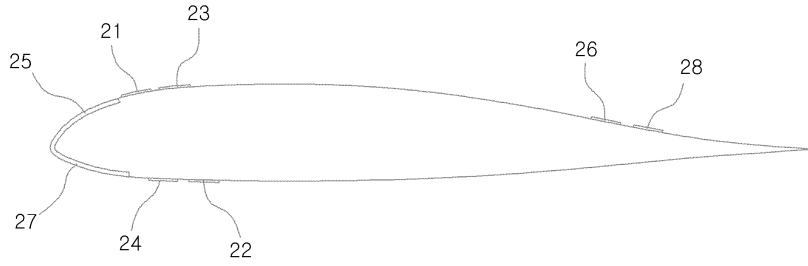
도면1



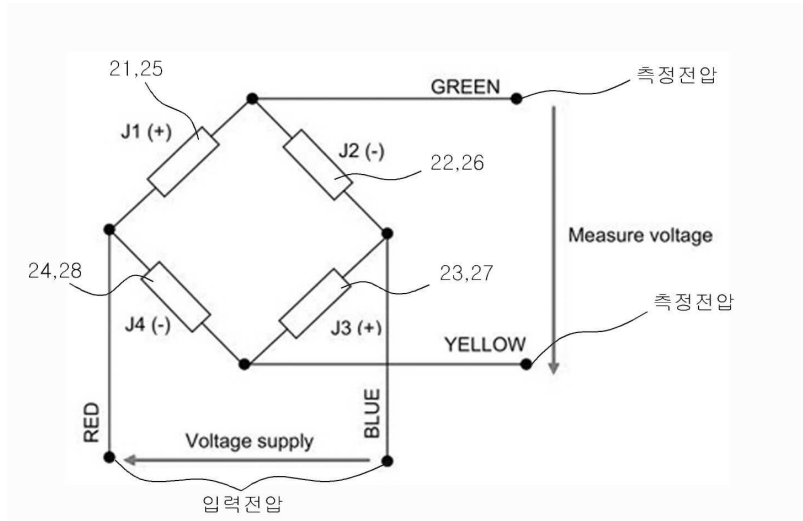
도면2



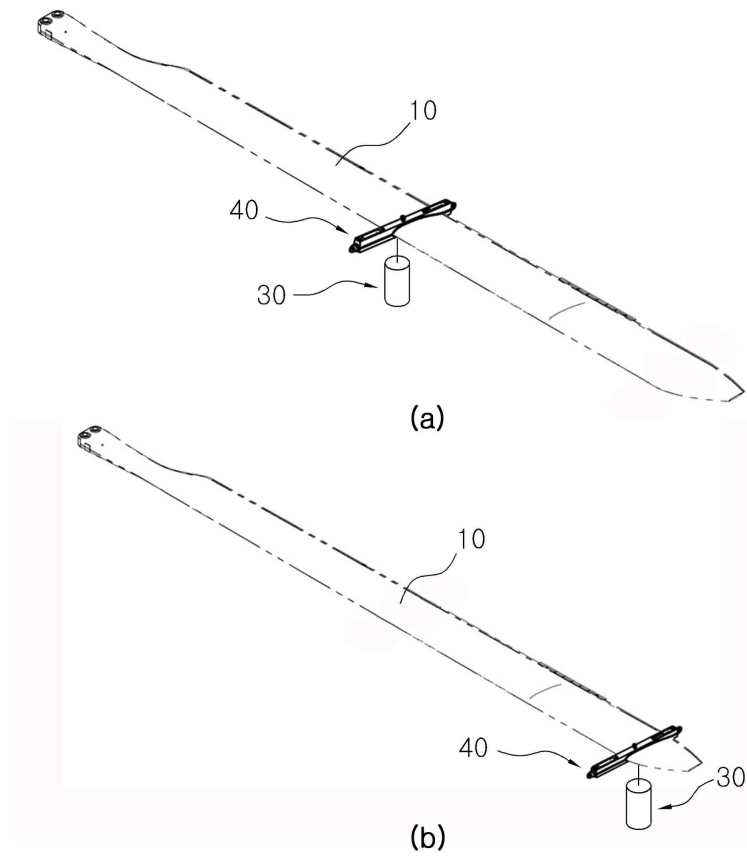
도면3



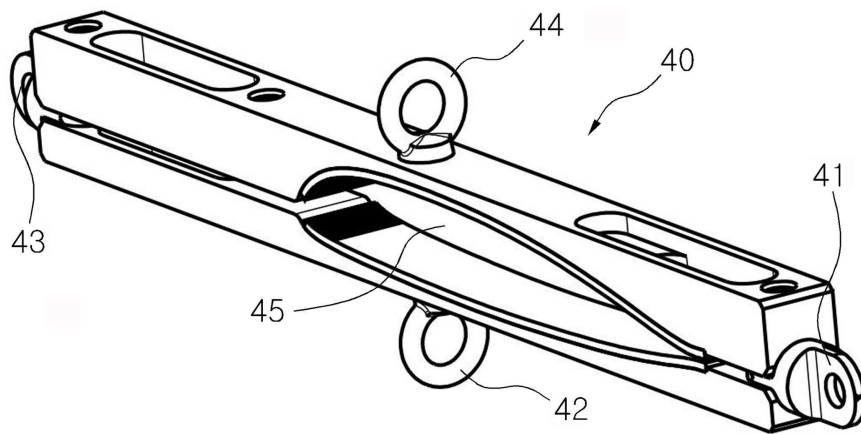
도면4



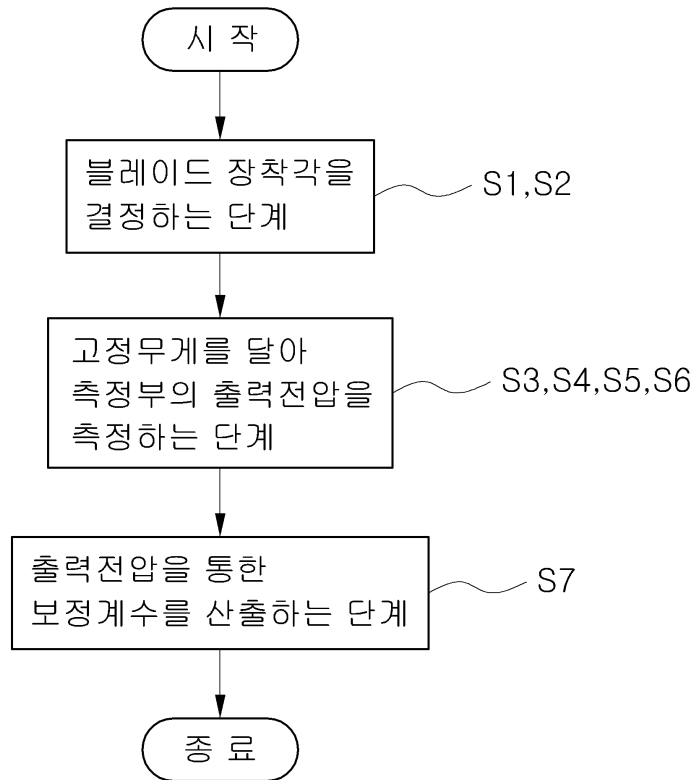
도면5



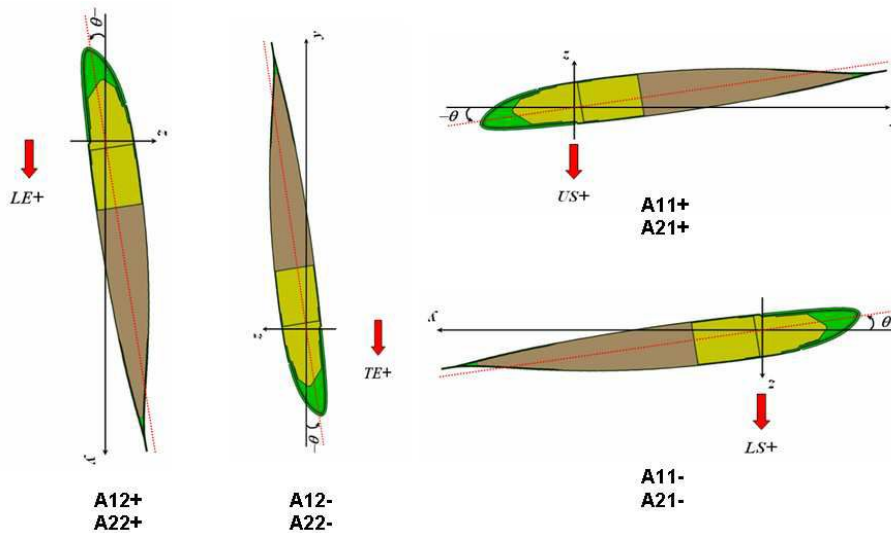
도면6



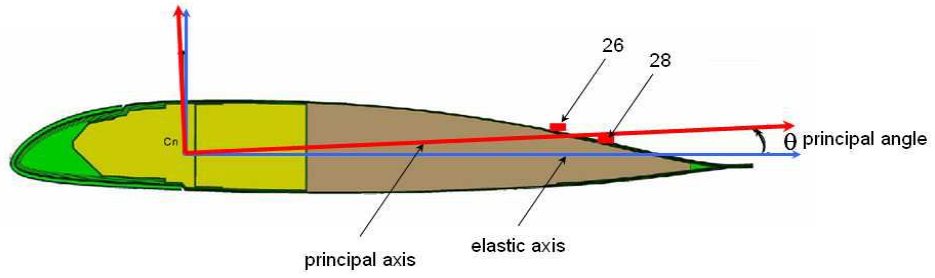
도면7



도면8



도면9



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 1의 셋째줄

【변경전】

상기 블레이드(10)

【변경후】

블레이드(10)