



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년09월06일
(11) 등록번호 10-1775413
(24) 등록일자 2017년08월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B64C 3/38 (2006.01) B64C 3/44 (2006.01)
B64C 3/48 (2006.01) B64C 3/50 (2006.01)
B64C 9/16 (2006.01)

(52) CPC특허분류
B64C 3/38 (2013.01)
B64C 3/385 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2016-0027016

(22) 출원일자 2016년03월07일

심사청구일자 2016년03월07일

(56) 선행기술조사문헌

한국항공우주학회 학술발표회
논문집(pp.1095-1098)(2014.11.)*

한국항공우주학회 학술발표회
논문집(pp.81-84)(2011.11.)*

JP08156891 A

KR101271485 B1

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

울산대학교 산학협력단

울산광역시 남구 대학로 93(무거동)

(72) 발명자

구교남

부산광역시 해운대구 세실로 158, 107-1302 (동부
아파트)

(74) 대리인

특허법인다래

전체 청구항 수 : 총 6 항

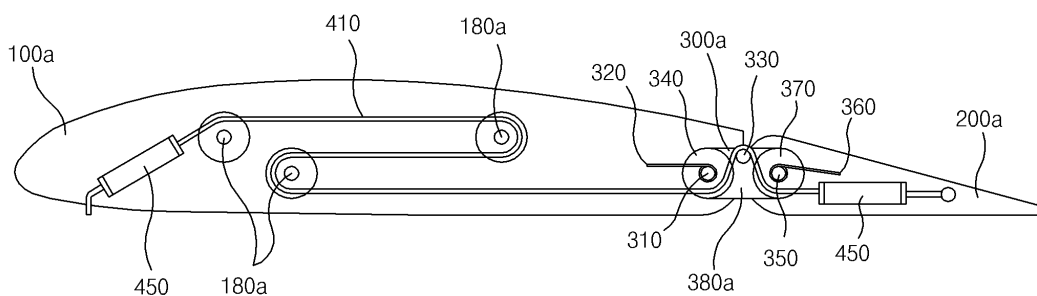
심사관 : 조병규

(54) 발명의 명칭 선형 구동기를 이용한 모핑 날개

(57) 요약

본 발명은 선형 구동기를 이용한 모핑 날개에 관한 것으로서, 그 구성은, 날개 몸체부; 상기 날개 몸체부에 대해 각도가 변할 수 있도록 마련되는 플랩부; 상기 날개 몸체부와 상기 플랩부 사이에 배치되고, 일단은 상기 날개 몸체부에 회전 가능하게 마련되고, 타단은 상기 플랩부에 회전 가능하게 마련되는 연결부; 일단은 상기 날개 몸체부의 내부에 배치되고, 상기 연결부를 지나 타단은 상기 플랩부에 배치되며, 선형으로 길이변화가 가능한 선형 구동기;를 포함하며, 상기의 구성에 따르면, 1축 왕복 운동을 하는 선형 구동기를 작동기로 구동하는 플랩부를 가지며, 이를 통하여 단순한 구조와 날개의 경량화, 향상된 공력특성을 가지는 효과가 있다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

B64C 3/48 (2013.01)

B64C 3/50 (2013.01)

B64C 9/16 (2013.01)

B64C 2003/445 (2013.01)

Y02T 50/145 (2013.01)

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

날개 몸체부;

상기 날개 몸체부에 대해 각도가 변할 수 있도록 마련되는 플랩부;

상기 날개 몸체부와 상기 플랩부 사이에 배치되고, 일단은 상기 날개 몸체부에 회전 가능하게 마련되고, 타단은 상기 플랩부에 회전 가능하게 마련되는 연결부;

일단은 상기 날개 몸체부의 내부에 배치되고, 상기 연결부를 지나 타단은 상기 플랩부에 배치되며, 선형으로 길이변화가 가능한 선형 구동기;를 포함하되,

상기 연결부에는,

상기 날개 몸체부와 상기 연결부를 연결하는 제1회전축 상에 제1가이드 폴리가 마련되어 있고,

상기 플랩부와 상기 연결부를 연결하는 제2회전축 상에 제2가이드 폴리가 마련되어 있으며,

상기 선형 구동기는 상기 연결부를 지날 때 상기 제1가이드 폴리와 상기 제2가이드 폴리에 의해 차례로 가이드되는 것을 특징으로 하는 선형 구동기를 이용한 모핑 날개.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 선형 구동기는,

온도변화에 따라 늘어나거나 수축하는 형상기억합금 부재와,

상기 형상기억합금 부재에 전류를 공급하여 상기 형상기억합금 부재의 온도를 상승시키기 위해 마련되는 전류공급단자를 포함하는 것을 특징으로 하는 선형 구동기를 이용한 모핑 날개.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 날개 몸체부 내부에는 다수의 폴리가 마련되어 있어,

상기 날개 몸체부 내부에 배치되는 상기 형상기억합금 부재가 상기 폴리에 의해 가이드되어 배치되는 것을 특징으로 하는 선형 구동기를 이용한 모핑 날개.

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 연결부에는,

상기 선형 구동기가 배치된 길이방향에 수직한 방향으로 가이드축이 배치되되, 상기 제1회전축과 상기 제2회전축 사이에 배치되어 있어,

상기 선형 구동기는 상기 연결부를 지날 때 상기 제1가이드 폴리와 상기 가이드축과 상기 제2가이드 폴리에 의

해 가이드 되는 것을 특징으로 하는 선형 구동기를 이용한 모핑 날개.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 제1회전축과 상기 제2회전축에는,

상기 플랩부가 상기 날개 몸체부로부터 처짐을 방지하는 방향으로 힘을 가하도록 탄성부재가 각각 마련되는 것을 특징으로 하는 선형 구동기를 이용한 모핑 날개.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 탄성부재는 비틀림 스프링이며,

상기 선형 구동기는,

온도변화에 따라 늘어나거나 수축하는 형상기억합금 부재와,

상기 형상기억합금 부재에 전류를 공급하여 상기 형상기억합금 부재의 온도를 상승시키기 위해 마련되는 전류공급단자를 포함하여,

상기 형상기억합금 부재와 상기 비틀림 스프링은,

k_A 와 k_M 은 오스텐나이트 상과 마르텐사이트 상에서 상기 형상기억합금 부재가 가지는 등가 스프링 상수이고, k_s 는 상기 비틀림 스프링의 등가 선형 스프링 상수라고 할 때 $k_A > k_s > k_M$ 부등식을 만족하는 것을 특징으로 하는 선형 구동기를 이용한 모핑 날개.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 형상기억합금 부재를 작동기로 구동하는 플랩부를 가지는 선형 구동기를 이용한 모핑 날개에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 모핑 에어포일(morphing airfoil)은 일반적으로 사용되고 있는 기계식 에어포일과 비교하였을 때 단순한 구조와 날개의 경량화 그리고 향상된 공력특성을 가지는 장점이 있다. 또한, 조종면의 손실 없이 필요와 목적에 따라 비교적 자유롭게 날개의 형상을 변화시킬 수 있어 단일 기체로써 다중임무 수행이 가능하여 큰 관심을 받고 있다.

[0003] 한편, 고양력 장치인 플랩은 양력을 안정적으로 높일 수 있는 장점이 있다. 하지만 보편적으로 사용하는 기계식 플랩의 경우 작동을 위해 필요로 하는 서보 모터 및 기어박스과 그 외의 구조물들로 인해 무게가 증가되는 단점이 있다. 또한, 처짐각이 커질수록 플랩이 위치한 지점에서 조종면의 불연속점이 발생하게 되고 그로 인한 공력 특성의 저하나 박리가 발생한다. 이러한 문제점은 난류의 생성과 실속과 같은 현상으로 발전할 위험이 있다.

[0004] 종래 '공력성능 향상을 위해 개선된 주날개를 갖는 무인 비행체'가 대한민국 공개특허 공개번호 제10-2016-0002478호에 제시된 것이 있다.

[0005] 상기의 공보에 따르면, 동체와, 동체로부터 외측으로 연장되도록 동체의 측면에 구비된 날개 몸체와, 날개 몸체에 대해 움직여 날개 몸체에 대한 각도가 변할 수 있도록 날개 몸체의 끝단에 연결되는 가동 날개와, 가동 날개를 움직여 날개 몸체에 대한 각도를 변화시키기 위해 날개 몸체에 가동 날개와 연결되도록 설치되는 가동 날개 구동기를 포함한다.

[0006] 그러나 상기의 공보에 따른 무인 비행체의 날개는 가동 날개 구동기의 작동이 원활하게 이루어지지 않고, 공력 특성을 크게 향상시키지 못한다는 단점이 있다.

[0007] 또한, 날개 몸체에 대한 가동 날개의 각도가 크지 않아 높은 양력을 얻을 수 없고, 이에 따라 공력성능을 크게 향상시키지 못한다는 단점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 전술한 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로, 1축 왕복 운동을 하는 선형 구동기를 작동기로 구동하는 플랩부를 가지며, 이를 통하여 단순한 구조와 날개의 경량화, 향상된 공력특성을 가지는 선형 구동기를 이용한 모핑 날개를 제공하는 데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명은, 날개 몸체부; 상기 날개 몸체부에 대해 각도가 변할 수 있도록 마련되는 플랩부; 상기 날개 몸체부와 상기 플랩부 사이에 배치되고, 일단은 상기 날개 몸체부에 회전 가능하게 마련되고, 타단은 상기 플랩부에 회전 가능하게 마련되는 연결부; 일단은 상기 날개 몸체부의 내부에 배치되고, 상기 연결부를 지나 타단은 상기 플랩부에 배치되며, 선형으로 길이변화가 가능한 선형 구동기;를 포함하는 선형 구동기를 이용한 모핑 날개를 제공한다.

[0010] 본 발명에 있어서, 상기 선형 구동기는, 온도변화에 따라 늘어나거나 수축하는 형상기억합금 부재와, 상기 형상기억합금 부재에 전류를 공급하여 상기 형상기억합금 부재의 온도를 상승시키기 위해 마련되는 전류공급단자를 포함하는 것을 특징으로 하는 선형 구동기를 이용한 모핑 날개를 제공한다.

[0011] 본 발명에 있어서, 상기 날개 몸체부 내부에는 다수의 폴리가 마련되어 있어, 상기 날개 몸체부 내부에 배치되는 상기 형상기억합금 부재가 상기 폴리에 의해 가이드되어 지그재그로 배치되는 것을 특징으로 하는 선형 구동기를 이용한 모핑 날개를 제공한다.

[0012] 본 발명에 있어서, 상기 연결부에는, 상기 선형 구동기가 배치된 길이방향과 수직한 방향으로 가이드축이 마련되어 있고, 상기 선형 구동기는 상기 연결부를 지날 때 상기 가이드축에 의해 가이드되는 것을 특징으로 하는 선형 구동기를 이용한 모핑 날개를 제공한다.

[0013] 본 발명에 있어서, 상기 연결부에는, 상기 날개 몸체부와 상기 연결부를 연결하는 제1회전축 상에 제1가이드 폴리가 마련되어 있고, 상기 플랩부와 상기 연결부를 연결하는 제2회전축 상에 제2가이드 폴리가 마련되어 있으며, 상기 선형 구동기는 상기 연결부를 지날 때 상기 제1가이드 폴리와 상기 제2가이드 폴리에 의해 차례로 가이드 되는 것을 특징으로 하는 선형 구동기를 이용한 모핑 날개를 제공한다.

[0014] 본 발명에 있어서, 상기 연결부에는, 상기 선형 구동기가 배치된 길이방향에 수직한 방향으로 가이드축이 배치되되, 상기 제1회전축과 상기 제2회전축 사이에 배치되어 있어, 상기 선형 구동기는 상기 연결부를 지날 때 상기 제1가이드 폴리와 상기 가이드축과 상기 제2가이드 폴리에 의해 지그재그로 가이드 되는 것을 특징으로 하는 선형 구동기를 이용한 모핑 날개를 제공한다.

[0015] 본 발명에 있어서, 상기 제1회전축과 상기 제2회전축에는, 상기 플랩부가 상기 날개 몸체부로부터 처짐을 방지하는 방향으로 힘을 가하도록 탄성부재가 각각 마련되는 것을 특징으로 하는 선형 구동기를 이용한 모핑 날개를 제공한다.

[0016] 본 발명에 있어서, 상기 탄성부재는 비틀림 스프링이며, 상기 형상기억합금 부재와 상기 비틀림 스프링은, k_A 와 k_M 은 오스텐나이트 상과 마르텐사이트 상에서 상기 형상기억합금 부재가 가지는 등가 스프링 상수이고, k_s 는 상기 비틀림 스프링의 등가 선형 스프링 상수라고 할 때 $k_A > k_s > k_M$ 인 부등식을 만족하는 것을 특징으로 하는 선형 구동기를 이용한 모핑 날개를 제공한다.

발명의 효과

[0017] 본 발명의 선형 구동기를 이용한 모핑 날개에 따르면, 다음과 같은 효과가 있다.

[0018] 1축 왕복 운동을 하는 선형 구동기를 작동기로 구동하는 플랩부를 가지며, 이를 통하여 단순한 구조와 날개의 경량화, 향상된 공력특성을 가진다.

[0019] 나아가, 선재의 형태인 형상기억합금 부재를 지그재그로 배치하여 총길이를 길게 해줌으로써, 형상기억합금 부재의 충분한 변형을 제공하여 반응속도와 냉각속도 면에서 스프링보다 유리하다.

도면의 간단한 설명

[0020] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 선형 구동기를 이용한 모핑 날개를 도시한 분해 사시도.

도 2는 도 1의 날개 몸체부의 일부분을 도시한 도면.

도 3은 도 1의 선형 구동기를 이용한 모핑 날개가 조립된 상태의 일측면도.

도 4는 연결부와 플랩부의 작동 부위의 상세 단면을 도시한 도면.

도 5는 처짐 운동을 하는 플랩부를 도시한 도면.

도 6은 처짐 운동과 복원 운동을 하는 플랩부의 형상의 자유물체도.

도 7은 하나의 선형 구동기로 여러 개의 플랩부를 구동할 수 있도록 구조의 실시예를 도시한 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] 이하 첨부된 도면을 참조하면서 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 이에 앞서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정해서 해석되어서는 아니 되며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여, 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.

[0022] 따라서, 본 명세서에 기재된 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 일 실시예에 불과할 뿐이고 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다.

[0023] 본 발명에 따른 선형 구동기를 이용한 모핑 날개는 동체의 좌, 우로 마련되는 주날개에 적용 가능하며, 특히 정찰, 수색 등을 목적으로 하는 무인 비행체에 적용 가능하나, 반드시 이에 한정하는 것은 아니다.

[0024] 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 선형 구동기를 이용한 모핑 날개는, 도 1 및 도 3에 도시한 바와 같이 날개 몸체부와 플랩부(200)와 연결부(300)와 선형 구동기를 포함한다.

[0025] 본 발명의 실시예에서는 날개 몸체부(100)와 플랩부(200)가 연결부(300)로 연결되어 있으며, 날개 몸체부(100)와 플랩부(200)가 에어포일(airfoil) 형태의 단면을 이룬다.

[0026] 날개 몸체부(100)는 동체에 부착되는 부분으로서, 날개 몸체부(100)의 일단은 동체에 부착되고, 날개 몸체부(100)의 타단은 연결부(300)가 장착된다.

[0027] 본 실시예에서 날개 몸체부(100)는, 도 1과 같이 날개 몸체부(100)의 길이방향을 따라 대칭을 이루도록 단위 몸체부(100a, 100b)로 나누어져 있으며, 실시예에 따라서는 두 부분으로 나누어지지 않고 날개 몸체부(100)가 하나의 형태로 이루어질 수 있고, 날개 몸체부(100)의 단위 몸체부(100a, 100b) 중 어느 한 부분(100a 또는 100b)만으로 구성될 수도 있다.

[0028] 두 개의 단위 몸체부(100a, 100b)는 서로 대칭을 이루도록 형성되어 있으므로 하기에서는 하나의 단위 몸체부(100a)에 대해서만 상세하게 설명하기로 하며, 다른 하나의 단위 몸체부(100b)는 대칭면을 기준으로 서로 대칭이 되도록 동일하게 형성되어 있다.

[0029] 단위 몸체부(100a)의 일단은 동체에 부착되고, 단위 몸체부(100a)의 타단에는, 도 2와 같이 연결부(300)가 안착될 수 있도록 내측으로 들어간 홈 형태로 제1연결부 안착부(110a)가 형성되어 있다. 이러한 제1연결부 안착부(110a)는 단위 몸체부(100a) 타단 전체에 형성되지 않고 일부분에만 형성되어 있으며, 본 실시예에서는 단위 몸체부(100a)가 다른 단위 몸체부(100b)와 맞닿는 부분에는 제1연결부 안착부(110a)가 형성되어 있지 않다.

[0030] 이렇게 제1연결부 안착부(110a)가 형성되어 있지 않은 부분은 제1연결부 지지부(120a)를 이룬다. 즉, 제1연결부 지지부(120a)는 다른 단위 몸체부(100b)와 맞닿는 부분에 배치되어 있다. 다른 단위 몸체부(100b)에도 제1연결부 지지부(120b)가 단위 몸체부(100a)와 맞닿는 부분에 배치되어 있어, 각 단위 몸체부(100a, 100b)에 형성된 제1연결부 지지부(120a, 120b)는 서로 맞닿도록 배치되어 있다.

- [0031] 이러한 제1연결부 지지부(120a, 120b)는 제1연결부 안착부(110a) 내에 안착되는 연결부(300)의 일측을 지지하여 연결부(300)가 제1연결부 안착부(110a)를 이탈하지 않도록 한다.
- [0032] 각 제1연결부 지지부(120a, 120b)에는 연결부(300)를 관통하는 제1회전축(310)이 관통할 수 있도록 홀(미도시)이 각각 형성되어 있다.
- [0033] 단위 몸체부(100a)의 내부에는, 도 1과 같이 다수의 폴리(180a)가 안착되는 폴리 안착부(150a)가 형성되어 있으며, 폴리 안착부(150a)를 서로 지그재그로 연결하며 선형 구동기의 형상기억합금 부재(410)가 안착될 수 있도록 제1형상기억합금 부재 안착부(160a)가 형성되어 있다. 제1형상기억합금 부재 안착부(160a)의 일단은 폴리 안착부(150a) 측으로 개방되어 있고, 제1형상기억합금 부재 안착부(160a)의 타단은 선형 구동기의 전류공급단자(450)가 안착될 수 있도록 형성된 제1전류공급단자 안착부(170a)와 연결되어 있다. 제1전류공급단자 안착부(170a)는 단위 몸체부(100b)의 어느 측으로 개방되어 있다.
- [0034] 상기와 같이 구성된 단위 몸체부(100b)의 내부의 폴리 안착부(150a)에는 폴리(180a)가 회전 가능하게 안착되며, 본 실시예에서는 세 개의 폴리 안착부(150a)에 각각 폴리(180a)가 안착되어 있다. 도 3과 같이 세 개의 폴리(180a)의 배치는 두 개의 폴리(180a)가 서로 간격을 두고 배치되어 있고, 나머지 하나의 폴리(180a)는 두 개의 폴리(180a) 사이의 아래쪽에 배치되며, 전류공급단자(450)(450)와 인접하게 배치된 폴리(180a)와 더 가깝도록 배치되어 있다. 이렇게 세 개의 폴리(180a)를 배치하는 이유는 폴리(180a)에 지그재그로 감기는 형상기억합금 부재(410)의 길이를 더 길게 할 수 있도록 다수의 폴리(180a)를 배치하여 형상기억합금 부재(410)에 충분한 변형을 제공하여 반응속도와 냉각속도 면에서 스프링 형태의 형상기억합금보다 더 유리하게 작용하도록 하기 위함이다. 폴리(180a)의 개수와 배치는 실시예에 따라 달라질 수 있음은 물론이다.
- [0035] 날개 몸체부(100)에 대해 각도가 변할 수 있도록 마련되는 플랩부(200)는, 도 3과 같이 날개 몸체부(100)의 타 단측에 배치되어 날개 몸체부(100)와 플랩부(200)가 에어포일(airfoil) 형태의 단면을 이루도록 형성될 수 있다. 날개 몸체부(100)와 플랩부(200)를 연결하는 연결부(300)는 하기에서 다시 설명하기로 한다.
- [0036] 본 실시예에서 플랩부(200)는, 도 1과 같이 플랩부(200)의 길이방향을 따라 대칭을 이루도록 단위 플랩부(200a, 200b)로 나누어져 있으며, 실시예에 따라서는 두 부분으로 나누어지지 않고 플랩부(200)가 하나의 형태로 이루어질 수 있고, 플랩부(200)의 단위 플랩부(200a, 200b) 중 어느 한 부분(100a 또는 100b)만으로 구성될 수도 있다.
- [0037] 두 개의 단위 플랩부(200a, 200b)는 서로 대칭을 이루도록 형성되어 있으므로 하기에서는 하나의 단위 플랩부(200a)에 대해서만 상세하게 설명하기로 하며, 다른 하나의 단위 플랩부(200b)는 대칭면을 기준으로 서로 대칭이 되도록 동일하게 형성되어 있다.
- [0038] 단위 플랩부(200a)의 일단에는 연결부(300)가 안착될 수 있도록 내측으로 들어간 홈 형태로 제2연결부 안착부(210a)가 형성되어 있다. 이러한 제2연결부 안착부(210a)는 단위 플랩부(200a) 타단 전체에 형성되지 않고 일부분에만 형성되어 있으며, 본 실시예에서는 단위 플랩부(200a)가 다른 단위 플랩부(200b)와 맞닿는 부분에는 제2연결부 안착부(210a)가 형성되어 있지 않다.
- [0039] 이렇게 제2연결부 안착부(210a)가 형성되어 있지 않은 부분은 제2연결부 지지부(220a)를 이룬다. 즉, 제2연결부 지지부(220a)는 다른 단위 플랩부(200b)와 맞닿는 부분에 배치되어 있다. 다른 단위 플랩부(200b)에도 제2연결부 지지부(220b)가 단위 플랩부(200a)와 맞닿는 부분에 배치되어 있어, 각 단위 플랩부(200a, 200b)에 형성된 제2연결부 지지부(220a, 220b)는 서로 맞닿도록 배치되어 있다.
- [0040] 이러한 제2연결부 지지부(220a, 220b)는 제2연결부 안착부(210a) 내에 안착되는 연결부(300)의 타측을 지지하여 연결부(300)가 제2연결부 안착부(210a)를 이탈하지 않도록 한다.
- [0041] 각각의 제2연결부 지지부(220a, 220b)에는 연결부(300)를 관통하는 제2회전축(350)이 관통할 수 있도록 홀(미도시)이 각각 형성되어 있다.
- [0042] 단위 플랩부(200a) 내에는 선형 구동기의 형상기억합금 부재(410)가 안착될 수 있도록 제2형상기억합금 부재 안착부(260a)가 형성되어 있다. 제2형상기억합금 부재 안착부(260a)의 일단은 제2연결부 안착부(210a) 측으로 개방되어 있고, 제2형상기억합금 부재 안착부(260a)의 타단은 선형 구동기의 전류공급단자(450)(450)가 안착될 수 있도록 형성된 제2전류공급단자 안착부(270a)와 연결되어 있다.
- [0043] 날개 몸체부(100)와 플랩부(200) 사이에 배치되는 연결부(300)는, 도 3과 같이 일단은 날개 몸체부(100)에 회전

가능하게 마련되고, 타단은 플랩부(200)에 회전 가능하게 마련된다.

- [0044] 본 실시예에서 날개 몸체부(100)와 플랩부(200)가 각각 두 개로 구성되어 대칭을 이루도록 구성되어 있음에 따라, 연결부(300)도 서로 대칭을 이루도록 두 개로 구성되어 있다.
- [0045] 각 연결부(300a, 300b)는, 도 1과 같이 두 개의 원판이 연결된 형태로 형성되어 있다.
- [0046] 연결부(300a)의 일측은 제1연결부 안착부(110a)에 안착되고, 연결부(300a)의 타측은 제2연결부 안착부(210a)에 안착된다. 또한, 연결부(300b)의 일측은 제1연결부 안착부(110b)에 안착되고, 연결부(300b)의 타측은 제2연결부 안착부(210b)에 안착된다.
- [0047] 각 연결부(300a, 300b)에는 각 연결부(300a, 300b)를 관통하는 제1회전축(310), 제2회전축(350), 가이드축(330)이 관통할 수 있도록 세 개의 홀이 각각 형성되어 있다. 어느 하나의 홀은 제1연결부 안착부(110a, 110b)측에 안착되는 부분의 연결부(300a, 300b)에 배치되어 있고, 또 어느 하나의 홀은 제2연결부 안착부(210a, 210b)측에 안착되는 부분의 연결부(300a, 300b)에 배치되어 있으며, 나머지 하나의 홀은 앞서 설명한 두 개의 홀 사이에 두 개의 홀보다 위쪽에 위치하도록 배치되어 있다. 즉, 나머지 홀은 날개 몸체부(100)와 플랩부(200)가 접하는 부분 측에 위치한다.
- [0048] 연결부(300a)의 어느 일면에는, 도 1 및 도 3과 같이 외측으로 돌출된 돌출면(380a)이 형성되어 있다. 돌출면(380a)은, 도 3에 도시한 바와 같이 제1회전축(310)에 장착되는 제1가이드 폴리(340)와, 가이드축(330)과, 제2회전축(350)에 장착되는 제2가이드 폴리(370)의 외측을 각각 지지하도록 형성되어 있다. 더욱 정확하게는, 제1가이드 폴리(340)와 가이드축(330)과 제2가이드 폴리(370)에 의해 지그재그로 가이드되는 형상기억합금 부재(410)의 외측을 지지하도록 형성되어 있다.
- [0049] 제1회전축(310)은, 도 1 및 도 2에 도시한 바와 같이, 어느 하나의 연결부(300a)의 제1연결부 안착부(110a)측에 형성된 홀을 관통한 다음, 서로 맞닿도록 배치된 제1연결부 지지부(120a, 120b)에 형성된 홀을 각각 관통한 후, 나머지 하나의 연결부(300b)의 제1연결부 안착부(110b)측에 형성된 홀을 관통한다.
- [0050] 제2회전축(350)은, 도 1 및 도 2에 도시한 바와 같이, 어느 하나의 연결부(300a)의 제2연결부 안착부(210a)측에 형성된 홀을 관통한 다음, 서로 맞닿도록 배치된 제2연결부 지지부(220a, 220b)에 형성된 홀을 각각 관통한 후, 나머지 하나의 연결부(300b)의 제2연결부 안착부(210b)측에 형성된 홀을 관통한다.
- [0051] 가이드축(330)은 어느 하나의 연결부(300a)의 중앙에 형성된 홀을 관통한 다음, 나머지 하나의 연결부(300b)의 중앙에 형성된 홀을 관통한다.
- [0052] 따라서, 두 개의 연결부(300a, 300b)에 한 개의 제1회전축(310)과 한 개의 가이드축(330)과 한 개의 제2회전축(350)이 관통하되, 가이드축(330)은 제1회전축(310)과 제2회전축(350) 사이에 배치되며, 제1회전축(310)과 제2회전축(350)과 가이드축(330)은 형상기억합금 부재(410)가 배치된 길이방향에 수직한 방향으로 배치된다.
- [0053] 상기와 같이, 연결부(300)에 의해 날개 몸체부(100)와 플랩부(200)가 연결될 수 있다.
- [0054] 날개 몸체부(100)와 연결부(300)를 연결하는 제1회전축(310) 상에는, 도 3과 같이 제1가이드 폴리(340)가 회전 가능하게 마련될 수 있는데, 도 1과 같이 각 연결부(300a, 300b)의 외측에 각각 제1가이드 폴리(340)가 회전 가능하게 마련될 수 있다.
- [0055] 또한, 플랩부(200)와 연결부(300)를 연결하는 제2회전축(350) 상에는, 도 3과 같이 제2가이드 폴리(370)가 회전 가능하게 마련될 수 있는데, 도 1과 같이 각 연결부(300a, 300b)의 외측에 각각 제2가이드 폴리(370)가 회전 가능하게 마련될 수 있다.
- [0056] 이러한 제1회전축(310)과 제2회전축(350)에는, 도 1과 같이 플랩부(200)가 날개 몸체부(100)로부터 처짐을 방지하는 방향으로 힘을 가하도록 탄성부재(320, 360)가 각각 마련되는 것이 바람직하다. 즉, 탄성부재(320, 360)가 장착된 경우 형상기억합금 부재(410)에 전류가 인가되지 않은 상태에서 도 3과 같이 탄성부재(320, 360)는 플랩부(200)가 날개 몸체부(100)로부터 처짐을 방지하는 방향으로 힘을 가하도록 작용한다. 탄성부재(320, 360)는 비틀림 스프링(torsion coil spring) 등이 될 수 있다.
- [0057] 선형 구동기는, 도 3에 도시한 바와 같이 일단이 날개 몸체부(100)의 내부에 배치되고, 연결부를 지나 타단은 플랩부(200)에 배치되며, 선형으로 길이변화가 가능하다.
- [0058] 이러한 선형 구동기는 형상기억합금 부재(410)와 전류공급단자(450)를 포함하여 구성되는 것이 바람직하다.

- [0059] 형상기억합금(Shape Memory Alloy ; SMA) 부재(410)는 온도변화에 따라 늘어나거나 수축하는 부재이다.
- [0060] 상세히 설명하면, 형상기억합금 부재(410)는 온도에 따라 상변화가 발생하고, 그에 따라서 탄성계수, 열전도율 등 특성이 변화하게 되는데, 특히 본 발명에서 형상기억합금 부재(410)는 선재(wire)의 형태인 것이 바람직하다. 따라서, 선재 형태의 형상기억합금 부재(410)는 온도변화에 따라 길이방향으로 늘어나거나 수축한다.
- [0061] 이렇게 선재 형태의 경우 반응속도 및 냉각속도가 비교적 빠르다는 장점이 있는 반면, 스프링 형태의 경우 반응속도 및 냉각속도는 느리다는 단점이 있다. 따라서, 본 실시예에서는 선재의 형태인 형상기억합금 부재(410)를 지그재그로 배치하여 총길이를 길게 해줌으로써, 형상기억합금 부재(410)의 충분한 변형을 제공하여 반응속도와 냉각속도 면에서 스프링보다 유리하다.
- [0062] 이렇게 형상기억합금 부재(410)를 지그재그로 배치하기 위해서 형상기억합금 부재(410)는 다음과 같은 형태로 장착된다.
- [0063] 본 실시예에서 형상기억합금 부재(410)는, 도 1 및 도 3에 도시한 바와 같이, 날개 몸체부(100) 내부에 형성된 제1형상기억합금 부재 안착부(160a)에 안착되므로 날개 몸체부(100) 내부에 배치된 세 개의 폴리(180a)에 의해 가이드되어 날개 몸체부(100) 내부에서 지그재그로 배치된다. 그런 다음, 형상기억합금 부재(410)의 끝단은 폴리 안착부(150a)의 개방된 측으로 나와서 제1가이드 폴리(340)와 가이드축(330)과 제2가이드 폴리(370)에 의해 지그재그로 가이드 된 다음, 제2연결부 안착부(210a)의 개방된 측을 통하여 플랩부(200) 내의 제2형상기억합금 부재 안착부(260a)에 안착된다.
- [0064] 전류공급단자(450)는 형상기억합금 부재(410)에 전류를 공급하여 형상기억합금 부재(410)의 온도를 상승시키기 위해 마련된다.
- [0065] 본 실시예에서 전류공급단자(450)는, 도 1 및 도 3에 도시한 바와 같이, 날개 몸체부(100) 내부의 제1전류공급단자 안착부(170a)에 안착되고, 플랩부(200)의 제2전류공급단자 안착부(270a)에 안착된다.
- [0066] 따라서, 형상기억합금 부재(410)의 양단에 전류공급단자(450)가 각각 배치되는 것이다.
- [0067] 본 발명의 실시예에서는 플랩부(200)의 위치가 날개 몸체부(100), 연결부, 플랩부(200)를 포함한 전체 시위길이의 70%에 위치하도록 하였으며, 날개 몸체부(100) 내에 위치한 형상기억합금 부재(410)가 S자 모양의 곡선 형태가 되도록 배치하였고, 원활한 작동을 위하여 형상기억합금 부재(410)를 날개 몸체부(100)의 전, 후 측에 모두 위치하도록 하였다. 그러나 실시예에 따라 플랩부(200)의 위치와 형상기억합금 부재(410)의 배치는 달라질 수 있다.
- [0068] 본 발명에 따른 선형 구동기를 이용한 모핑 날개는 상변화가 발생하는 형상기억합금 부재(410)의 길이변화로 작동한다. 즉, 인장력이 가해져 길이가 증가한 마르텐사이트 상의 형상기억합금 부재(410)에 전류를 인가하게 되면, 온도가 증가하여 오스텐나이트 상으로 상변화를 하게 되며, 수축으로 인해 길이가 줄어들게 된다.
- [0069] 이와 반대로, 전류를 제거하면, 냉각에 의해 오스텐나이트 상에서 마르텐사이트 상으로 상변화가 발생하여 형상기억합금 부재(410)는 이완하게 된다.
- [0070] 형상기억합금 부재(410)는 양단이 고정되어 있으므로 수축 및 이완으로 인해 변화된 선의 길이는 제1,2가이드 폴리(340, 370)와 접해있는 호에서만 길이가 변화하게 되고, 변화된 길이만큼 플랩부(200)가 작동하게 된다.
- [0071] 따라서, 플랩부(200)의 처짐은 도 5와 같이 플랩부(200)와 연결부(300)의 회전 운동으로 발생하게 되며, 이때 연결부(300)와 플랩부(200)는 제1,2가이드 폴리(340, 370)의 중심점을 기준으로 회전하게 된다.
- [0072] 이와 같은 플랩부(200)의 처짐운동과 플랩부(200)와 연결부(300)의 회전 운동을 역학적으로 상세히 설명하면 다음과 같다.
- [0073] 도 4는 연결부와 플랩부(200)의 작동 부위의 상세 단면을 도시한 도면이다. 도 4에 따르면, 형상기억합금 부재(410)의 상변화간 발생하는 변위차이와 탄성부재인 비틀림 스프링(320, 360)의 복원력에 의해 처짐과 복원을 하게 된다.
- [0074] 플랩부(200)의 운동을 위해 각 구조물 간의 관계는 다음 식을 만족해야 한다.
- [0075] $k_A > k_s > k_M$ (수학식 1)

[0076] 여기서 k_A 와 k_M 은 오스텐나이트 상과 마르텐사이트 상에서 형상기억합금 부재(410)가 가지는 등가 스프링 상수이며, k^s 는 형상기억합금 부재(410)의 등가 스프링 상수와 같은 물리량을 가지도록 도입한 비틀림 스프링(320, 360)의 등가 선형 스프링 상수이다. 각 변수는 형상기억합금의 탄성계수를 E , 단면적을 A , 길이를 L 가이드 폴리의 반지름을 r 이라고 하면 다음과 같다.

[0077]
$$k_A = \frac{E_A A}{L} \quad (\text{수학식 2})$$

[0078]
$$k_M = \frac{E_M A}{L} \quad (\text{수학식 3})$$

[0079]
$$k^s = \frac{k_\theta}{r^2} \quad (\text{수학식 4})$$

[0080] 수학식 1과 같이 비틀림 스프링(320, 360)의 등가 선형 스프링 상수가 형상기억합금 부재(410)의 마르텐사이트 상에서의 스프링 상수보다는 크고, 오스텐나이트 상에서의 스프링 상수보다는 작도록 설계를 한다. 이때, 형상기억합금 부재(410)와 비틀림 스프링(320, 360)의 운동방향이 서로 반대 방향이라면 더 높은 스프링 상수를 가지는 구조물의 운동방향으로 플랩부(200)는 회전하게 된다.

[0081] 도 5는 처짐 운동을 하는 플랩부(200)를 도시한 도면이다.

[0082] 플랩부(200)의 처짐 운동은 형상기억합금 부재(410)가 오스텐나이트 상에 존재할 때 발생한다. 양 끝단이 고정된 형상기억합금 부재(410)에 전류를 인가하게 되면 형상기억합금 부재(410)는 오스텐나이트 상으로 상변화를 하게 되고, 형상기억합금 부재(410)는 수축하여 길이가 감소한다. 형상기억합금 부재(410)의 수축에 의해 장력이 발생하게 되고, 도 5와 같이 비틀림 스프링(320, 360)보다 큰 스프링 상수를 갖는 형상기억합금 부재(410)의 운동방향으로 회전 운동이 발생한다. 제1,2가이드 폴리의 중심을 회전축으로 연결부와 플랩부(200)가 함께 회전 운동을 하게 된다.

[0083] 플랩부(200)의 처짐각은 형상기억합금 부재(410)의 감소한 길이에 의해 결정된다. 제1,2가이드 폴리(340, 370)의 반지름과 연결부, 플랩부(200)의 처짐각을 각각 r_i , θ_i 라 하고, 형상기억합금 부재(410)의 길이 변화를 Δs 라 할 때 이들의 관계는 수학식 5와 같다.

[0084]
$$\Delta s = r_1 \theta_1 + r_2 \theta_2 \quad (\text{수학식 5})$$

[0085] 플랩부(200)의 복원 운동은 형상기억합금 부재(410)가 마르텐사이트 상일 때 발생한다. 형상기억합금 부재(410)에 인가되고 있는 전류를 제거하게 되면 형상기억합금 부재(410)는 서서히 냉각되어 마르텐사이트 상으로 상변화 하게 되고 스프링 상수와 장력은 점점 감소하게 된다. 형상기억합금 부재(410)의 스프링 상수와 장력이 비틀림 스프링(320, 360)의 등가 선형 스프링상수와 복원력보다 작은 값을 가질 때 플랩부(200)의 복원 운동이 시작된다. 처짐 운동 때 감소한 길이만큼 형상기억합금 부재(410)는 다시 이완하게 되고 마찬가지로 복원 운동이 이완되는 길이와 처짐각의 관계는 수학식 5와 같다.

[0086] 도 6에 처짐 운동과 복원 운동을 하는 플랩부의 형상을 자유물체도로 나타내었다.

[0087] 도 6에서 T는 형상기억합금 부재(410)가 수축함에 따라 발생하는 장력이고, w^1 은 폴리부(340, 370)의 중량이며, w^2 는 플랩부(200)의 중량이며, l_1, l_2, l_3 는 회전축으로부터 각각의 무게중심까지의 거리이다. L은 플랩부(200)에 작용하는 모든 양력이 압력중심에 작용한다고 가정했을 때의 힘이고, l^4 와 l^5 는 각 회전축으로부터 압력중심까지의 거리이다. 플랩부(200)가 처짐과 복원 운동을 할 때 작용하는 회전 모멘트를 각 회전축에 대하여 정리하면 다음과 같다.

[0088]
$$M_r = T_r \quad (\text{수학식 6})$$

[0089] $M_{k_1} = k_{\theta_1} \theta_1, M_{k_{12}} = k_{\theta_2} \theta_2$ (수학식 7)

[0090] 여기서 M_T 는 형상기억합금 부재(410)의 장력에 의한 모멘트, M_{k_1} 는 비틀림 스프링(320, 360)에 의한 반력 모멘트를 나타낸다. 플랩부(200)에 작용하는 공력을 고려하여 각 회전축에 대한 플랩부(200)의 회전 운동에 대한 모멘트 평형방정식은 다음과 같다.

[0091] $Tr + w_1 l_1 + w_2 l_2 - l_4 L = k_{\theta_1} \theta_1$ (수학식 8)

[0092] $Tr + w_2 l_3 - l_5 L = k_{\theta_2} \theta_2$ (수학식 9)

[0093] 각 회전축의 가이드 폴리(340, 370)의 반지름이 $r = r_1 = r_2$ 이고, 비틀림 스프링(320, 360)의 스프링 상수 $k_{\theta_1}, k_{\theta_2}$ 는 수학식 8과 수학식 9를 k_{θ} 에 대한 식으로 나타내면, 플랩부(200)가 복원하기 위한 비틀림 스프링(320, 360)의 최소 스프링 상수 조건을 수학식 10과 수학식 11과 같이 도출해 낼 수 있다. 복원 운동을 할 때 형상기억합금 부재(410)가 가지는 힘은 마르텐 사이트 상에서 가지는 장력이므로 수학식 12와 같이 계산된다.

[0094] $k_{\theta_1} > \frac{Tr + w_1 l_1 + w_2 l_2 - l_4 L}{\theta_1}$ (수학식 10)

[0095] $k_{\theta_2} > \frac{Tr + w_2 l_3 - l_5 L}{\theta_2}$ (수학식 11)

[0096] $T = k_M \Delta s$ (수학식 12)

[0097] 한편, 하나의 선형 구동기로 여러 개의 플랩부(200)를 구동할 수 있도록 구조를 도 7에 도시하였다.

[0098] 도 7에 따르면, 하나의 날개 몸체부(100)에 연속적인 세 개의 플랩부(200)를 가지며, 이때 선형 구동기는 하나만 마련된다.

[0099] 날개 몸체부(100)와 플랩부(200)는 연결부(300)로 연결되고, 각 플랩부(200)와 플랩부(200)는 연결부(300)로 연결된다.

[0100] 날개 몸체부(100) 내에서 지그재그 형태로 배치되는 형상기억합금 부재(410)는 세 개의 플랩부(200)와 연결부(300)를 차례로 거치며, 형상기억합금 부재(410)의 일단은 날개 몸체부(100) 내에 고정되고, 형상기억합금 부재(410)의 타단은 맨끝에 위치하는 플랩부(200)의 타단에 고정된다.

[0101] 이상과 같이, 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 본 발명은 이것에 의해 한정되지 않으며 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 본 발명의 기술 사상과 아래에 기재될 청구범위의 균등 범위 내에서 다양한 수정 및 변형 가능함은 물론이다.

부호의 설명

[0102] 100 : 날개 몸체부

110 : 폴리

200 : 플랩부

300 : 연결부

310 : 제1회전축

320 : 탄성부재

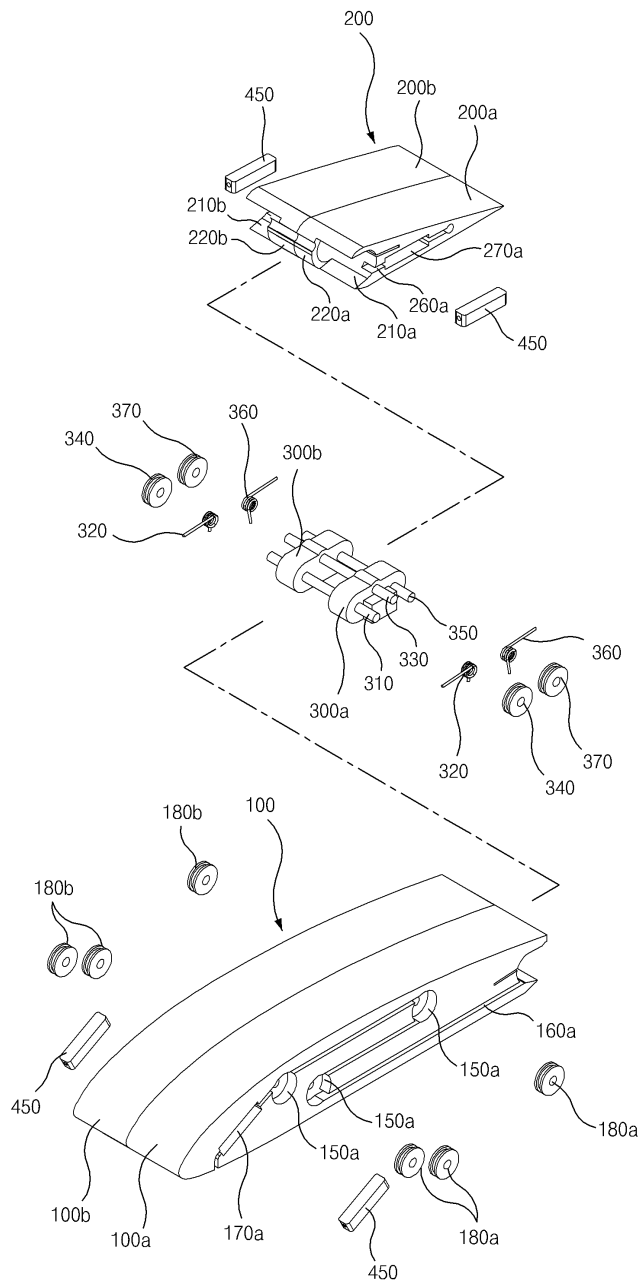
330 : 가이드축

340 : 제1가이드 폴리

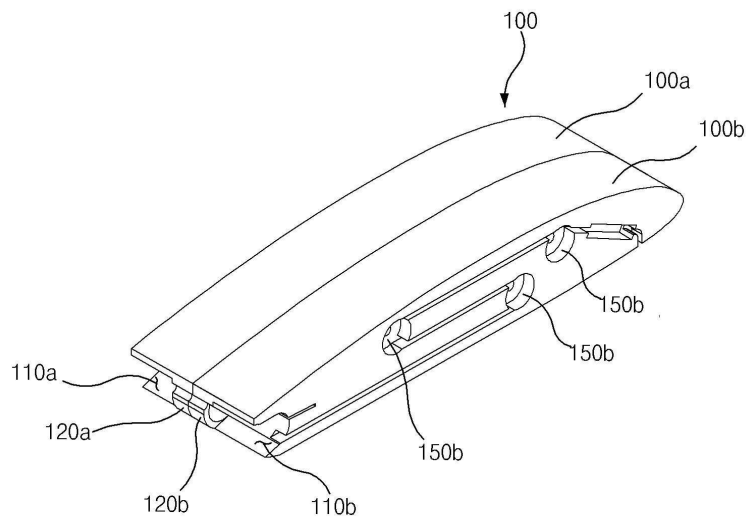
- 350 : 제2회전축
- 360 : 탄성부재
- 370 : 제2가이드 폴리
- 400 : 선형 구동기
- 410 : 형상기억합금 부재
- 450 : 전류공급단자

도면

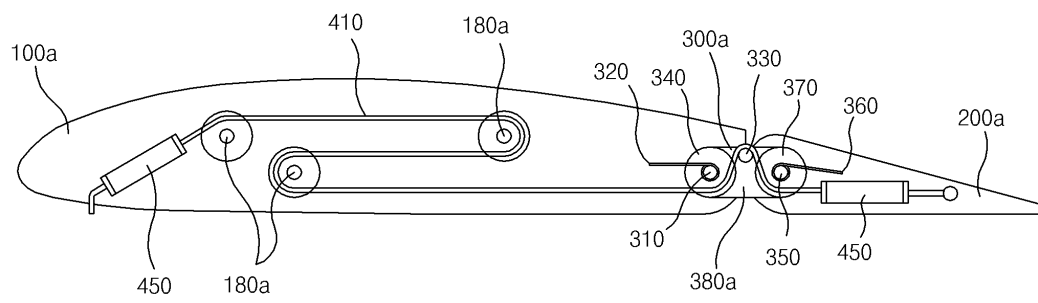
도면1



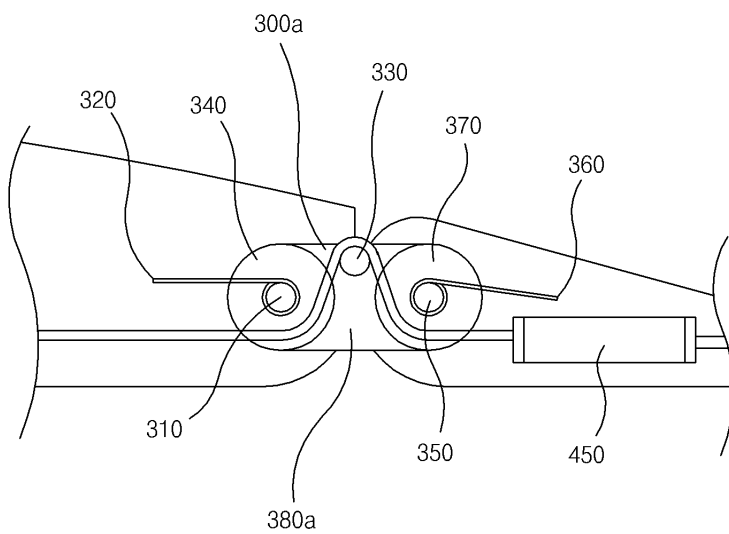
도면2



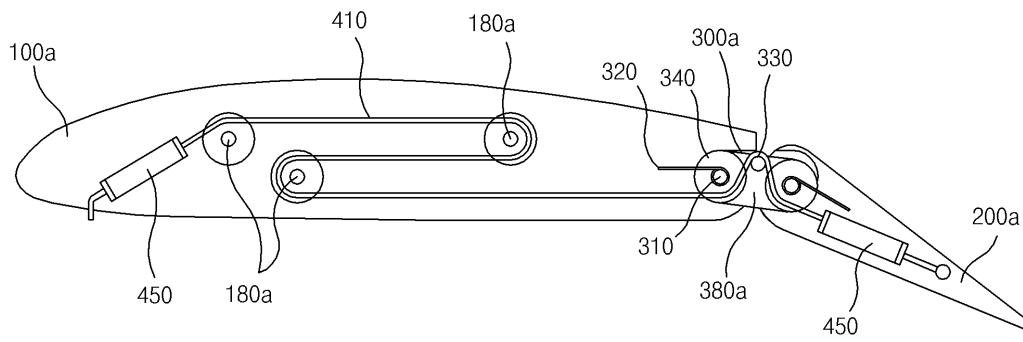
도면3



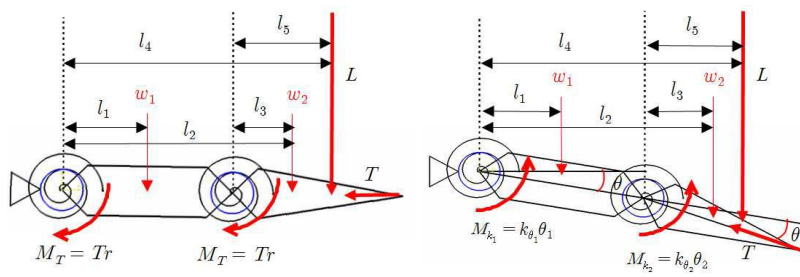
도면4



도면5



도면6



도면7

