



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년11월12일
(11) 등록번호 10-1459232
(24) 등록일자 2014년10월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F03G 7/06 (2006.01) G05D 3/12 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0057157
(22) 출원일자 2013년05월21일
심사청구일자 2013년05월21일
(56) 선행기술조사문헌
JP2012233413 A*
KR1020110125534 A
JP2007170326 A
JP2005098241 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
울산대학교 산학협력단
울산광역시 남구 대학로 93
(72) 발명자
이병룡
울산 남구 대공원로 156, 4동 311호 (신정동, 울림푸스골든아파트)
도반푸
울산광역시 남구 대학로 93 울산대학교 무거학사 1308
(74) 대리인
특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 10 항

심사관 : 경천수

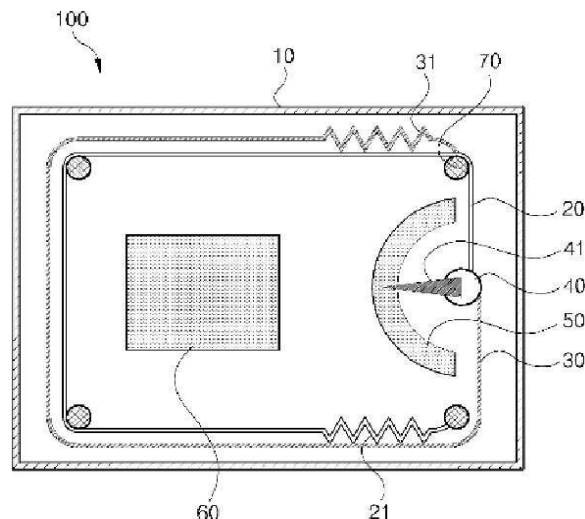
(54) 발명의 명칭 **요동형 서보모터 및 그 제어방법**

(57) 요약

본 발명은 전압이 인가될 때 신축하는 제1탄성체; 제1탄성체와 전기적으로 절연되며, 전압이 인가될 때 신축하는 제2탄성체; 상기 제1탄성체 및 제2탄성체에 연결되며, 제1탄성체 및 상기 제2탄성체의 신축에 따라 상호 반대 방향으로 회전하는 구동축; 구동축의 회전각에 비례하는 전압을 감지하는 각도측정부 및 각도측정부에서 전달된 전압에 따라 미리 결정된 시간동안 제1탄성체 또는 제2탄성체에 전압을 인가하는 제어부를 포함하는 요동형 서보모터를 제공한다.

따라서 SMA를 사용하는 요동형 모터에 있어서 구동축의 회전각도를 정확하게 조절하는 서보기능 갖는다. SMA의 문제점인 히스테리시스 현상을 제어하여 정확한 각도로 구동되는 요동형 서보모터를 제공하며, 단순한 구조로 인하여 요동형 서보모터를 최소화하여 간단하게 소형의 액추에이터를 제작할 수 있다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

프레임;

상기 프레임 상에 회동 가능하게 설치되는 구동축;

인가되는 전압에 의해 길이가 신축되어 상기 구동축을 정 방향으로 회전시킬 수 있도록 상기 구동축과 연결된 제1탄성체;

상기 제1탄성체와는 전기적으로 절연되고, 인가되는 전압에 의해 길이가 신축되어 상기 구동축을 역 방향으로 회전시킬 수 있도록 상기 구동축과 연결된 제2탄성체;

상기 구동축과 연결되어 상기 구동축의 회전에 따른 회전각을 측정하는 각도측정부; 및

상기 제1탄성체 또는 제2탄성체에 인가되는 전압을 제어하는 제어부를 포함하되,

상기 프레임의 구석을 따라 수직으로 고정 배치되는 복수의 지지봉을 더 포함하고, 상기 제1탄성체는, 상기 복수의 지지봉에 의해 지지되어 일 방향으로 감기며, 상기 제2탄성체는, 상기 복수의 지지봉에 의해 지지되어 타 방향으로 감기는 것을 특징으로 하는 요동형 서보모터.

청구항 2

삭제

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 제어부는, 상기 각도측정부에서 측정된 회전각을 토대로 전압 인가 시간을 계산한 후, 계산된 전압 인가 시간 동안 상기 제1탄성체 또는 제2탄성체에 전압을 인가하는 요동형 서보모터.

청구항 4

청구항 1 또는 청구항 3에 있어서,

상기 제1탄성체 또는 제2탄성체에 인가되는 전압은 1.7 V 인 것을 특징으로 하는 요동형 서보모터.

청구항 5

청구항 3에 있어서,

상기 제어부는 비례제어기, 적분제어기 및 미분제어기를 더 포함하며,

$$\Delta t = K_p e + K_I \int_0^t e dt + K_D \frac{de}{dt}$$

상기 전압 인가 시간은 식 $\Delta t = K_p e + K_I \int_0^t e dt + K_D \frac{de}{dt}$ 에 의하여 결정되는 것을 특징으로 하는 요동형 서보모터.(여기서 Δt 는 전압 인가 시간, e 는 목표회전각과 회전각의 차이, K_p 는 비례제어기의 상수, K_I 는 적분제어기 상수, K_D 미분제어기의 상수이다.)

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 제1탄성체 및 제2탄성체는,

상기 제어부에서 인가되는 전압에 의해 신축하는 형상기억합금(Shape memory alloy) 소재로 이루어지는 요동형 서보모터.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 제1탄성체 및 제2탄성체의 일부에는

자체 탄성을 갖도록 바이어스 스프링(Bias spring)이 구비되는 요동형 서보모터.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 제1탄성체의 길이는, 식 $l_1 = l_2 + F/k - 2\theta R$ 에 따라 결정되는 것을 특징으로 하는 요동형 서보모터.(여기서, l_1 은 상기 제1탄성체의 길이, l_2 는 상기 제2탄성체의 길이, F 는 상기 구동축에 가해지는 힘, k 는 상기 바이어스 스프링의 탄성계수, R 은 상기 구동축의 반지름이다.)

청구항 9

프레임, 구동축, 제1탄성체, 제2탄성체, 각도측정부 및 제어부가 포함되는 요동형 서보모터의 제어방법에 있어서,

상기 제어부에 상기 구동축의 목표회전각을 설정하고, 상기 각도측정부에서 구동축의 회전각을 측정하는 단계;

상기 제어부에 설정된 목표회전각과 상기 각도측정부가 측정한 회전각을 서로 비교하여 각도오차를 산출하는 단계;

상기 각도오차가 상기 제어부에 설정된 허용오차각을 이내인지 여부를 판단하여 상기 제어부에서 전압 인가 시간을 결정하는 단계;

상기 각도오차가 상기 허용오차각을 벗어나면 결정된 전압 인가 시간 동안 전압을 인가하는 단계; 및

상기 각도오차가 미리 설정된 허용오차각을 벗어나지 않으면 결정된 전압 인가 시간 동안 전압을 인가하지 않는 것을 특징으로 하는 요동형 서보모터 제어방법.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 각도오차를 산출하는 단계에서,

회전각이 설정된 목표회전각 이내이면 절차가 종료되는 것을 특징으로 하는 요동형 서보모터 제어방법.

청구항 11

청구항 9에 있어서,

상기 각도오차가 상기 제어부에 설정된 허용오차각을 벗어나는 경우,

결정된 전압 인가 시간 동안 전압을 인가하고, 상기 구동축의 회전각을 측정하는 단계로 회귀하는 것을 특징으로 하는 요동형 서보모터 제어방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 서보모터에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 형상기억합금을 이용하여 인가되는 전압에 따라 회전되는 구동축의 각도가 정밀하게 제어되는 요동형 서보모터 및 그 제어방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 일반적으로, 형상기억합금(Shape memory alloy; 이하 SMA)이란 가공된 어떤 물체가 변형되어도 전류 또는 고온

의 열을 가하면 원래의 형상으로 되돌아가는 합금을 말한다. 니켈과 티타늄의 합금을 발견하여 처음으로 연구가 진행되었으며, 열탄성 마르텐사이트(저온) 변태를 나타내는 합금은 예외 없이 형상기억 특성을 나타내는 것이 밝혀졌다. SMA 와이어는 마르텐사이트 상일 때 원자 결정 구조를 재배열하여 그 종축을 따라 용이하게 늘어날 수 있도록 처리된 형상 기억 합금으로 된 와이어이다. 일단 늘어나면, 오스테나이트(고온) 전이 온도 이상으로 가열될 때까지 그 상태가 유지되며, 전이 온도에서는 결정 구조가 원래의 기억된 오스테나이트 구조로 복귀된다. 이러한 복귀는 와이어를 원래 길이로 회복시킬 뿐만 아니라 합금과 그 처리에 따라서 통상 50 Kgf/mm² 단면적 정도의 큰 힘을 발생하게 한다. 특성을 이용하여 소형로봇부터 항공기까지 다양한 액추에이터에 SMA가 응용되고 있다. 이러한 SMA를 이용한 서보모터는 소형화, 경량화가 용이하고 적은 전력으로 큰 역량을 얻을 수 있는 장점이 있다.

[0003] 이러한 SMA를 이용한 액추에이터의 실시예로 대한민국 공개특허공보 제10-2004-0105965호는 공간부가 형성된 기관과, 기관의 상면에 공간부를 덮도록 설치되어 형상기억합금으로 이루어진 박막 및 압축잔류응력이 작용하는 적어도 하나의 다른 박막으로 이루어져 있으며, 초기에 적어도 하나의 다른 부재의 압축잔류응력이 제1중립축에 작용하여 발생하는 굽힘모우멘트에 의하여 상기 공간부 또는 공간부의 반대쪽으로 변형되고, 온도가 상승되어 상기 형상기억합금이 상 변태되면서 상기 제1중립축이 제2중립축으로 이동되어 발생하는 굽힘모우멘트에 의하여 상기 제1중립축에 대하여 발생하는 굽힘모우멘트에 의한 변형과 같은 쪽 또는 반대쪽으로 변형되어 그 상면에 형성되는 유체를 저장하는 챔버의 면적을 변화시킴으로써 유체에 압력을 제공한다. 위와 같은 구성에 의하면, 진동판을 구성하는 제1박막 및 제2박막의 차원, 물성 및 잔류응력의 관계에서 진동판의 초기변형을 의도하는 방향으로 선택할 수 있으므로 원하는 동작시킬 수 있는 수평부재가 개시된 바 있다.

[0004] 그런데 SMA를 이용한 액추에이터는 변형 시 온도 왜곡 특성에 따른 히스테리시스(hysteresis)를 갖고, 온도 상승 과정(가열과정)과 온도 하강 과정(방열과정)에서 온도에 대한 왜곡량이 상당하여 정확한 값으로 구동축을 회전시킬 수 없는 문제점이 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은, 종래의 SMA를 이용한 요동형 모터의 문제점을 해결하기 위해 창출된 것으로서, SMA를 이용한 요동형 모터의 문제점인 히스테리시스(Hysteresis)를 줄이기 위하여 구동축의 회전각을 정확하게 제어하는 서보기능을 가지는 요동형 서보모터 및 그 제어방법을 제공하는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 발명은, 베이스; 상기 베이스 상에 회동 가능하게 설치되는 구동축; 인가되는 전압에 의해 길이가 신축되어 상기 구동축을 정 방향으로 회전시킬 수 있도록 상기 구동축과 연결된 제1탄성체; 상기 제1탄성체와 전기적으로 절연되며, 인가되는 전압에 의해 길이가 신축되어 역 방향으로 회전시킬 수 있도록 상기 구동축과 연결된 제2탄성체; 상기 구동축과 연결되어 상기 구동축의 회전에 따른 회전각을 측정하는 각도측정부; 및 상기 제1탄성체 또는 상기 제2탄성체에 인가되는 전압을 제어하는 제어부를 포함하는 요동형 서보모터를 제공한다.

[0007] 또한 상기 프레임의 구석을 따라 수직으로 고정 배치되는 복수의 지지봉을 더 포함하고, 상기 제1탄성체는 상기 복수의 지지봉에 의해 지지되어 일 방향으로 감기며, 상기 제2탄성체는, 상기 복수의 지지봉에 의해 지지되어 타 방향으로 감기는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0008] 또한 상기 제어부는, 상기 각도측정부에서 측정된 회전각을 토대로 전압 인가 시간을 계산한 후, 계산된 전압 인가 시간동안 상기 제1탄성체 또는 제2탄성체에 전압을 인가할 수 있다.

[0009] 또한 상기 제1탄성체 또는 제2탄성체에 인가되는 전압은 1.7 V 인 것을 특징으로 할 수 있다.

[0010] 또한 상기 제어부는, 비례제어기, 적분제어기 및 미분제어기를 더 포함하며, 상기 전압인가 시간은 식에 의하여 결정될 수 있다.

[0011] 또한 상기 제1탄성체 및 제2탄성체는, 상기 제어부에서 인가되는 전압에 의해 신축하는 형상기억합금(Shape memory alloy) 소재로 이루어질 수 있다.

[0012] 또한 상기 제1탄성체 및 제2탄성체의 일부에는 자체 탄성을 갖도록 바이어스 스프링(Bias spring)이 구비될 수 있다.

[0013] 또한 상기 제1탄성체의 길이는, 식 $l_1 = l_2 + F/k - 2\theta R$ 에 따라 결정되는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0014] 그리고 본 발명은, 베이스, 구동축, 제1탄성체, 제2탄성체, 각도측정부 및 제어부가 포함되는 요동형 서보모터의 제어방법에 있어서, 상기 제어부에 상기 구동축의 목표회전각을 설정하고, 상기 각도측정부에서 구동축의 회전각을 측정하는 단계; 상기 제어부에 설정된 목표회전각과 상기 각도측정부가 측정한 회전각을 서로 비교하여 각도오차를 산출하는 단계; 상기 각도오차가 상기 제어부에 설정된 허용오차각을 이내인지 판단하여 상기 제어부에서 전원인가시간을 결정하는 단계; 상기 각도오차가 상기 허용오차각을 벗어나면 미리 설정된 전압 인가 시간 동안 전원을 인가하는 단계; 및 상기 각도오차가 미리 설정된 허용오차각을 벗어나지 않으면 결정된 전압 인가 시간 동안 전압을 인가하지 않는 것을 특징으로 하는 요동형 서보모터 제어방법을 제공한다.

[0015] 또한 상기 각도오차를 산출하는 단계에서 회전각이 설정된 목표회전각 이내이면 절차가 종료되는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0016] 한편 상기 각도오차가 제어부에 설정된 허용오차각을 벗어나는 경우, 결정된 전압 인가 시간 동안 전압을 인가하고, 구동축의 회전각을 측정하는 단계로 회귀하는 것을 특징으로 할 수 있다.

발명의 효과

[0017] 본 발명에 따른 요동형 서보모터 및 그 제어방법에 따르면, SMA를 사용하는 요동형 모터에 있어서 구동축의 회전각도를 정확하게 조절하는 서보기능 갖는다. SMA의 문제점인 히스테리시스 현상을 제어하여 정확한 각도로 구동되는 요동형 서보모터를 제공하며, 단순한 구조로 인하여 요동형 서보모터를 최소화하여 간단하게 소형의 액추에이터를 제작할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 요동형 서보모터의 평면도이다.

도 2는 도 1의 요동형 서보모터의 측면도이다.

도 3(a)는 전압에 따른 형상기억합금(SMA) 액추에이터의 시간에 따른 각도의 변위를 나타낸 그래프이다.

도 3(b)는 형상기억합금(SMA) 액추에이터의 두 가지 전압조건에 따른 응답 루프의 그래프이다.

도 4는 요동형 서보모터의 회전원리를 나타내는 설명하기 위한 예시도이다.

도 5는 종래 비례-적분-미분(PID) 제어부의 구성도 및 도 1의 일실시예인 시분할 제어부의 구성도이다.

도 6는 도 1의 요동형 서보모터의 제어 방법의 흐름도이다.

도 7은 도1의 일실시예인 요동형 서보모터의 시분할 제어부 및 종래 비례-적분-미분(PID) 제어부의 주어진 멀티스텝(multi-step)에 대한 추종성능을 나타낸 그래프이다.

도 8은 도1의 일실시예인 요동형 서보모터의 시분할 제어부 및 종래 비례-적분-미분(PID) 제어부의 주어진 삼각형 파형(0.03 Hz)에 대한 추종성능을 나타낸 그래프이다.

도 9는 도1의 일실시예인 요동형 서보모터의 시분할 제어부 및 종래 비례-적분-미분(PID) 제어부의 주어진 삼각형 파형(0.08 Hz)에 대한 추종성능을 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 이하 첨부된 도면을 참조하면서 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다.

[0020] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 요동형 서보모터의 평면도, 도 2는 도 1의 요동형 서보모터의 측면도, 도 3(a)는 전압에 따른 형상기억합금(SMA) 액추에이터의 시간에 따른 각도의 변위를 나타낸 그래프, 도 3(b)는 형상기억합금(SMA) 액추에이터의 두 가지 전압조건에 따른 응답 루프의 그래프, 도 4는 요동형 서보모터의 회전원리를 나타내는 설명하기 위한 예시도, 도 5는 종래 비례-적분-미분(PID) 제어부의 구성도 및 도 1의 일실시예인 시분할 제어부의 구성도, 도 6는 도 1의 요동형 서보모터의 제어 방법의 흐름도, 도 7은 도1의 일실시예인 요동형 서보모터의 시분할 제어부 및 종래 비례-적분-미분(PID) 제어부의 주어진 멀티스텝(multi-step)에 대한 추종성능을 나타낸 그래프, 도 8은 도1의 일실시예인 요동형 서보모터의 시분할 제어부 및 종래 비례-적분-미분(PID) 제어부의 주어진 삼각형 파형(0.03 Hz)에 대한 추종성능을 나타낸 그래프, 도 9는 도1의 일실시예인 요동

형 서보모터의 시분할 제어부 및 종래 비례-적분-미분(PID) 제어부의 주어진 삼각형 파형(0.08 Hz)에 대한 추종 성능을 나타낸 그래프이다.

- [0021] 먼저, 도 1을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 요동형 서보모터(100)는 베이스(10), 제1탄성체(20), 제2탄성체(30), 구동축(40), 각도측정부(50) 및 제어부(60)를 포함한다.
- [0022] 상기 베이스(10)은 내부에 공간이 형성되어 구동축(40)과 제1,2탄성체(20,30), 각도측정부(50), 및 제어부(60)를 수용할 수 있으며, 상기 베이스(10)의 내측 면에는 복수의 지지봉(70)이 배치된다.
- [0023] 한편 상기 구동축(40)은 상기 베이스(10) 공간 일측에 직각으로 장착된다. 상기 구동축(40)은 일정 각도로 회동이 가능하며, 구동축(40)에는 회전각을 측정하기 위해 표시침(41)을 더 포함할 수 있다. 상기 구동축(40)은 끝단에 연결수단(미도시)을 구비하여 요동형 서보모터(100)의 외부로 구동력을 전달할 수 있다.
- [0024] 상기 제1탄성체(20)는 인가되는 전압에 의해 길이가 신축되어 상기 구동축(40)을 정 방향으로 회전시킬 수 있으며, 상기 베이스(10)의 내측 면을 따라 배치된 복수의 지지봉(70)에 일 방향으로 감겨 지지되어 상기 구동축(40)에 연결된다.
- [0025] 한편 상기 제2탄성체(30)는 상기 베이스(10)의 내측 면을 따라 배치된 복수의 지지봉(70)에 타방향으로 감겨 지지된다. 여기서 상기 제2탄성체(20)는 상기 제1탄성체(10)와 전기적으로 절연되며, 상기 제1탄성체(10)에 전압 인가되는 경우에는 상기 제2탄성체(20)에는 전압이 인가되지 않는다.
- [0026] 상기 제1탄성체(20) 및 제2탄성체(30)는 인가되는 전압에 의해 길이가 신축되어 상기 구동축(40)을 정 또는 역 방향으로 회전시킬 수 있도록 상기 구동축(40)과 연결된다.
- [0027] 상기 제1탄성체(10) 및 제2탄성체(20)는 상기 제어부(60)에서 인가되는 전압에 의해 신축하는 형상기억합금(Shape memory alloy; 이하 SMA) 와이어로 구비된다.
- [0028] SMA는 온도가 상승되어 형상이 복원되는 형상기억효과(Shape memory effect)를 갖기 때문에, 상기 제1,2 탄성체(20,30)는 가열되어 수축하고, 냉각되어 신장하게 된다. 이것은 상기 1,2 탄성체(20,30)가 열저항기의 역할을 수행하기 때문이다.
- [0029] 상기 제1,2 탄성체(20,30)는 SMA와 같이 전류 또는 전압 인가에 따라 온도가 변화하고 형상복원효과를 갖는 소재를 포함한다. 폴리머 소재로 된 형상기억소재가 소개되고 있는 바, 본 발명의 형상기억소재는 이와 같은 폴리머 소재를 사용할 수 있다.
- [0030] 상기 제1,2 탄성체(20,30)의 양쪽 끝단은 상기 제어부(60)와 연결되어 전압이 인가될 수 있도록 폐쇄회로를 구성한다. 따라서 상기 제1,2 탄성체(20,30)는 일단을 전압이 인가되는 제어부(60)와 연동시키고 타단을 접지시키거나 또는 일단과 타단이 제어부(60)와 연결되어 상기 제1 탄성체(20) 또는 제2탄성체(30)에 일정 전압이 형성될 수 있도록 한다.
- [0031] 한편 상기 요동형 서보모터(100)의 내부에는 복수의 지지봉(70)이 구비된다. 상기 지지봉(70)은 절연체로 구비되며 상단부와 하단부에는 홈이 형성되고, 요동형 서보모터(100)의 내부의 모서리를 따라 구비될 수 있다.
- [0032] 또한 상기 제1탄성체(20) 또는 상기 제2탄성체(30)는 서로 분리되어 상기 지지봉(70)에 안착되고, 상기 제1,2탄성체(10,20)는 구조적으로 분리되어 있어서 상기 1,2 탄성체(10,20)는 서로 간섭이 없이 회동가능하게 구비된다.
- [0033] 상기 제1탄성체(20) 일단은 상기 구동축(40)을 감으며 고정되어 있으나, 상기 제2탄성체(30)의 일단은 상기 구동축(30)을 상기 제1탄성체(20)와 반대 반향으로 감아서 연결된다.
- [0034] 또한 상기 제1,2탄성체(20,30)의 일부에는 자체 탄성을 갖도록 바이어스 스프링(Bias spring)을 구비할 수 있다. 상기 제1탄성체(20)와 제2탄성체(30)는 전기적으로 절연되어 있기 때문에 어느 한 쪽으로만 전압이 인가되어 상기 제1탄성체(20)에 전압이 인가되는 경우에는 제1탄성체(20)의 형상기억효과로 인하여 제1탄성체(20)가 수축하여 상기 구동축(40)을 정 방향으로 당겨 회전시킨다.
- [0035] 전압이 인가되지 않으면 상기 제1탄성체(20)는 공기 중에서 냉각으로 인하여 원래의 길이로 돌아가게 되며, 제1탄성체(20)는 상기 타단의 바이어스 스프링(21)의 탄성력으로 인하여 빠르게 회복된다.
- [0036] 따라서 구동축(40)은 원래의 자리로 돌아가게 되며, 상기 제2탄성체(20)에 전압이 인가되는 경우 구동축(40)은 역 방향으로 회전하며, 전압이 인가되지 않으면 신속하게 원위치로 복귀되어 구동축(40)은 일정 각도 내에서 요

동할 수 있다.

[0037] 한편 상기 제1,2 탄성체(20,30)는 상기 제어부(70)의 전압으로 가열과정이 진행되어 신속하게 수축하나, 냉각과정에서는 대류현상이 가장 큰 역할을 하기 때문에 충분한 냉각시간이 필요하다. 때문에 SMA를 포함하는 액추에이터는 추적속도(Tracking speed)가 낮은 이유로 성능이 제한되는 가장 큰 요인이 된다. 확실하게 SMA의 응답을 빠르게 하는 방법은 SMA 와이어에서 전류 또는 전압을 완벽하게 제거하는 것이나, 와이어 내에서 잔류되는 전압 또는 전류 신호로 인하여 종래의 비례-미분-적분 제어방식(PID)은 요구되는 정확한 기준을 만족하지 못한다.

[0038] 도 3(a)는 전압에 따른 SMA 액추에이터의 시간에 따른 각도의 변위를 나타낸 그래프이고, 도 3(b)는 SMA 액추에이터의 두 가지 전압조건에 따른 응답 루프의 그래프이다.

[0039] 먼저 도 3(a)를 참고하면, 그래프의 곡선은 한 쌍의 전압 레벨(V_{on} , V_{off} ; 여기서 $V_{on} > V_{off}$)을 나타내는 것이며, 상측 커브는 전압을 인가하였을 때 구동축(40)의 회전 각도가 변화되는 양을 나타낸다. 하측 커브는 출력 각도가 최대가 되었을 때 인가되는 전원을 V_{off} 로 한 것이다. SMA 와이어의 수축은 온도에 달려있기 때문에 높은 전압의 V_{on} 은 응답 속도를 빠르게 할 수 있다. 도 3(b)는 높은 전압을 인가하여 회전 각도의 변화량을 나타낸다. 도 3(b)의 실선은 V_{on} 가 1.7V 이고 V_{off} 가 0V 인 경우이며, 점선은 V_{on} 가 1V 이고 V_{off} 가 0.3V 인 경우이다.

[0040] 냉각 단계에서는 V_{off} 가 0V 인 경우에 와이어 내에서 흐르는 전류가 없기 때문에 응답속도가 가장 빠르다. 이 때문에 $V_{off} > 0$ 인 것은 냉각단계에서 구동축(40)의 응답속도를 조절하는 경우에만 의미가 있다. 가장 빠른 응답속도를 가지는 냉각단계의 곡선과 균형을 이루는 V_{on} 의 값을 정한다.

[0041] 여기서 상기 제1탄성체(20) 또는 제2탄성체(30)에 인가되는 전압 V_{on} 은 1.7 V 인 것을 특징으로 할 수 있다.

[0042] 도 4는 요동형 서보모터(100)의 회전원리를 나타내는 설명하기 위한 예시도이다.

[0043] 여기서 l_0 는 구동축(30)의 회전각이 0도 인 경우 상기 바이어스 스프링(21,31)의 중립 상태의 길이를 나타내며, X_1 및 X_2 는 해당 바이어스 스프링(21,31)의 팽창 시의 길이이고, l_1 및 l_2 는 각각 제1탄성체(10)와 제2탄성체(10)의 길이이며, k 는 바이어스 스프링(21,31)의 탄성계수이다.

[0044] 회전각은 제1탄성체(20)의 신축에 의해 발생될 뿐 아니라, 동시에 타단에 구비되는 바이어스 스프링(21)의 팽창 여부에 영향을 받는다. 따라서 하기와 같은 관수학식이 만들어 진다.

수학식 1

$$X_2 + l_2 = X_1 + l_1 + 2\theta R$$

[0045]

[0046] 수학식 1을 정리하면, $X_2 - X_1 = l_1 - l_2 + 2\theta R$ 이다.

[0047] 힘과 토크의 관계에서 하기와 같은 관계식이 만들어진다. F는 상기 구동축에 가해지는 힘이다.

수학식 2

$$X_2 k R = (X_1 k + F) R$$

[0048]

[0049] 수학식 2를 정리하면, $X_2 - X_1 = F/k$ 이다.

[0050] 따라서 수학식 1과 수학식 2에서 유도하여 하기의 수학식 3을 구한다.

수학식 3

$$I_1 = I_2 + F/k - 2\theta R$$

[0051]

[0052]

상기 제1탄성체(20)와 제2탄성체(30)는 전기적으로 절연되어 있으며, 어느 한 쪽으로 전압이 인가되기 때문에 상기 제1탄성체(20)에 전압이 인가되는 경우에는 제2탄성체(30)는 전압이 인가되지 않으며, 공기에 의한 냉각으로 팽창이 진행된다.

[0053]

따라서 원하는 구동축(40)의 각도를 얻기 위하여 상기 제1탄성체(20)는 수학식 3의 관계를 만족하여야 하며, 상기 제1탄성체(20)의 길이는 수학식 3에 따라 결정할 수 있다.

[0054]

한편 상기 각도측정부(50)는 구동축(40) 전방에 배치될 수 있다. 상기 각도측정부(50)의 상부에는 표시눈금이 표시되어 있으며, 상기 표시침(41)은 상기 각도측정부(50) 상의 표시눈금과 대응하여 상기 구동축(40)의 회전각을 확인할 수 있는 역할을 수행한다. 또한 상기 각도측정부(50)는 구동축(40)의 회전각에 비례하는 전압을 감지할 수 있다. 상기 각도측정부(50)는 전압의 개폐상태를 측정할 수 있으며, 회전각을 측정할 수 있는 포텐시오미터(Potentiometer)로 구비될 수 있다.

[0055]

여기서 상기 제1,2 탄성체(20,30)의 변형이 있으면, 저항의 초기차이가 발생하게 되고 회전각이 변하게 되어 상기 각도측정부(50)는 구동축(40)의 회전각을 측정한다.

[0056]

상기 제어부(60)는 상기 베이스(10)의 내부에 구비되고, 상기 각도측정부(50)에서 측정된 회전각을 토대로 전압 인가 시간을 결정한다. 상기 제어부(60)는 각도측정부(50)에서 회전각에 비례하는 전압을 전달받을 수 있으며, 이 때 결정된 전압 인가 시간 동안 상기 제1탄성체(10) 또는 제2탄성체(20)에 전압을 인가한다.

[0057]

한편 상기 제어부(50)는 비례제어기, 적분제어기 및 미분제어기를 더 포함할 수 있다.

[0058]

도 3(a), 도 3(b)를 참조하면 회전하는 각도($\theta_{\min}$, $\theta_{\max}$) 내에서 구동축이 구동하는 시간간격은 제한된다. (ΔT $\Delta T_{\max}$) 따라서 요동형 서보모터(100)에서 구동축(40)이 임의의 회전각(θ)에서 목표회전각(θ_d)으로 출력되기 위해서는 시간간격(ΔT) 동안 제어부(60)는 상기 제1탄성체(20) 또는 제2탄성체(30)에 V_{on} 또는 V_{off} 전압을 인가하여야 한다. 제어부(60)는 Δt 를 연속적으로 측정하기 위하여 임의의 회전각(θ)에서 얻어지는 목표회전각(θ_d)의 값을 Δt 에 관한 함수로 정하고, 목표회전각(θ_d)과 회전각(θ)의 차이를 계산하여 $\Delta \theta$ 를 정한다. 따라서 상기 제어부(60)는 시분할(Time-slicing)로 상기 제1탄성체(20) 또는 제2탄성체(30)에 전압을 공급한다.

[0059]

여기서 제어부(60)의 미리 결정된 시간은 하기의 수학식 4에 의하여 결정된다.

수학식 4

$$\Delta t = K_p e + K_I \int_0^t e dt + K_D \frac{de}{dt}$$

[0060]

[0061]

수학식 4에서 Δt 전압 인가 시간이다. K_p 는 비례제어기의 상수이며, 응답속도를 조절하기 위하여 사용한다. K_p 의 값을 증가시키는 경우 응답속도는 증가되나, 제어부의 시스템이 불안해진다. K_I 는 정상상태오차(steady-state error)를 줄이는 목적으로 정하여 진다. K_I 값을 증가시키면 오차가 크게 줄어들지만 제 1,2 탄성체(20,30)의 운동이 불안해진다. K_D 값은 미분제어기의 상수이며, 제 1,2 탄성체(20,30)의 운동에 감쇠효과를 준다. K_D 값을 크게 하면 감쇠효과를 주어 시스템을 안정하게 만들지만 응답속도를 늦춘다.

[0062]

상기 식에서 e 는 목표회전각(θ_d)과 회전각(θ)의 차이이며 절대값이다. 실험적으로 K_p 가 20 이고, K_I 가 0.2이며, K_D 가 1 인 경우에 각도오차 e 값이 3% 이내인 요동형 서보모터(100)를 구동할 수 있다.

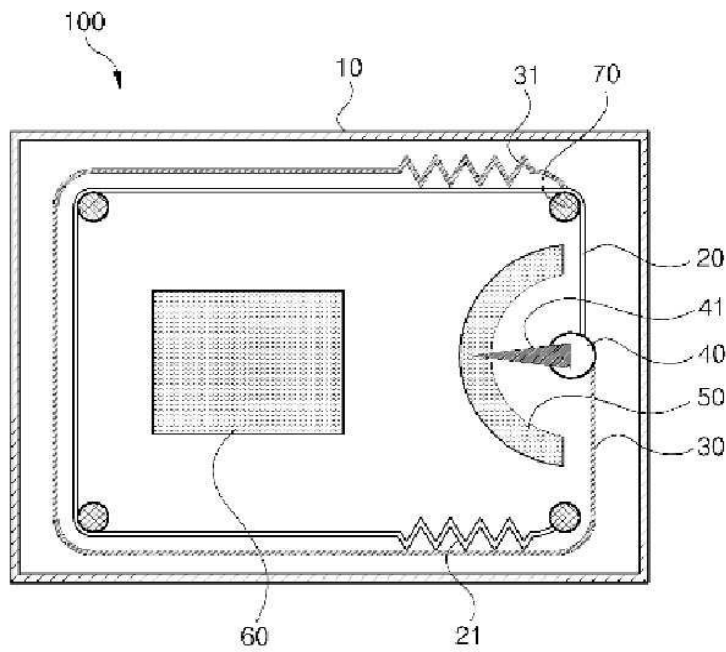
- [0063] 도 5은 종래의 비례-미분-적분 제어부 구성도 및 도 1의 일실시에인 시분할 제어부(60)의 구성도이다. 도 5을 참조하면, 상기 제어부(60)는 구동축의 출력 각도의 피드백과 목표회전각의 출력과 출력각도 사이의 오차를 제어부의 입력값으로 한다. 상기 제어부(60)는 요동형 서보모터를 제어하기 위하여 입력신호 $u(t)$ 시간간격 Δt 를 계산한다.
- [0064] 도 6는 도 1의 요동형 서보모터(100)의 제어 방법의 흐름도이다. 이하에서는 도 6을 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 요동형 서보모터(100)의 제어 방법에 관하여 상세히 설명한다.
- [0065] 우선 베이스(10), 구동축(40), 제1탄성체(20), 제2탄성체(30), 각도측정부(50) 및 제어부(60)가 포함되는 요동형 서보모터(100)의 제어방법에 있어서, 상기 제어부(60)에 목표회전각을 설정(s100)하고, 상기 각도측정부(50)에서 구동축(40)의 회전각을 측정한다(s200).
- [0066] 상기 제어부(60)에 설정된 목표회전각(θ_d)과 상기 각도측정부(50)가 측정한 상기 회전각(θ)을 비교하여 각도 오차를 산출한다(s300).
- [0067] 상기 각도오차가 상기 제어부(60)에 설정된 허용오차각 이내인지 판단하여 상기 제어부(60)에서 전원인가시간을 산출한다.(s400).
- [0068] 상기 각도오차가 허용오차각을 벗어나면 결정된 전압 인가 시간 동안 전압이 인가되고(s500), 상기 각도오차가 미리 설정된 허용오차각을 벗어나지 않으면 결정된 전압 인가 시간 동안 전압을 인가하지 않는다(s600). 여기서 미리 결정된 전압 인가 시간은 수학적 4에 의하여 결정된다.
- [0069] 또한 상기 각도오차가 제어부(60) 설정된 허용오차각을 벗어나는 경우 결정된 전압 인가 시간 동안 전압이 인가되고 구동축(40)의 회전각을 측정하는 단계(S200)로 회귀할 수 있다.
- [0070] 이와 달리 상기 각도오차를 산출하는 단계(s400)에서 회전각이 설정된 목표회전각 이내이면 절차가 종료된다.
- [0071] 여기서 상기 허용오차각은 상기 각도오차와 비교하여 3% 이내인 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0072] 상기 과정을 통하여 요동형 서보모터(100)의 제어부(60)에서는 각도오차의 절대값이 허용오차각의 값보다 작아질 때까지 반복하게 된다.
- [0073] 한편 도 7은 도1의 일실시에인 요동형 서보모터(100)의 시분할 제어부(60) 및 종래의 비례-미분-적분 제어부의 주어진 멀티 스텝(multi-step)에 대한 추종성능을 나타낸 그래프이고, 도 8은 도1의 일실시에인 요동형 서보모터(100)의 시분할 제어부(50) 및 종래의 비례-미분-적분 제어부의 주어진 삼각형 파형(0.03 Hz)에 대한 추종성능을 나타낸 그래프이며, 도 9는 도1의 일실시에인 요동형 서보모터(100)의 시분할 제어부(50) 및 종래의 비례-미분-적분 제어부의 주어진 삼각형 파형(0.08 Hz)에 대한 추종성능을 나타낸 그래프이다.
- [0074] 본 발명인 요동형 서보모터(100)의 시분할 제어기능의 효과를 확인하기 위하여 종래의 비례-미분-적분 제어부를 구비하는 요동형 서보모터를 제작하여 구동축의 출력각도를 구동축 인코더(Rotary encoder)를 이용하여 측정한다.
- [0075] 또한 PID 제어부를 구비하는 요동형 서보모터는 10ms의 일정시간 간격으로 샘플링하고 시분할 제어부(50)를 구비하는 요동형 서보모터(100)의 경우 0 ms 내지 100 ms 의 범위에서 시간간격 Δt 를 측정하여 멀티 스텝의 추종 성능, 0.03 Hz의 주파수의 삼각형 파형의 추종성능 및 0.08 Hz의 주파수의 삼각형 파형의 비교한다.
- [0076] 도면 7, 도면 8 및 도면 9를 참조하면, 시분할 제어부(50)의 추적성능(Tracking performance)이 종래의 비례-미분-적분 제어부를 구비하는 것 보다 훨씬 좋은 성능을 나타낸다. 비례-미분-적분 제어부를 구비하는 요동형 서보모터는 제어부의 출력신호가 작업 전압 레벨에 이르는데 초기시간이 필요하여 추적 오차(Tracking error)가 매우 큰 반면 본 발명인 시분할 제어부(50)를 구비하는 요동형 서보모터(100)는 즉시 작업 전압 레벨에 이르기 때문에 초기 오차가 없다.
- [0077] 이상과 같은 요동형 서보모터(100) 및 그 제어 방법에 따르면 시분할 제어부(50)로 인하여 SMA를 이용한 요동형 모터의 문제점인 히스테리시스를 줄이며 구동각도를 정확하게 제어할 수 있다. 요동형 서보모터(100)는 매우 적은 초기 오차와 매우 빠른 상승시간을 보이는 응답속도를 갖는다.
- [0078] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

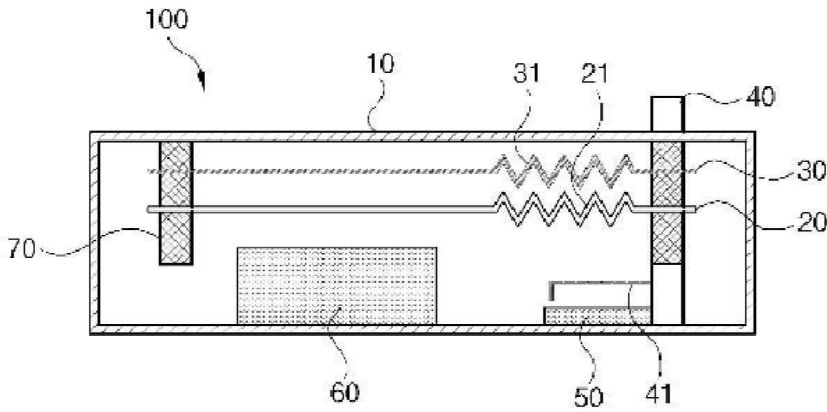
[0079]	100 : 요동형 서보모터	10 : 베이스
	20 : 제1탄성체	11 : 제1탄성체의 바이어스 스프링
	30 : 제2탄성체	31 : 제2탄성체의 바이어스 스프링
	40 : 구동축	41 : 표시침
	50 : 각도측정부	60 : 제어부
	70 : 지지봉	

도면

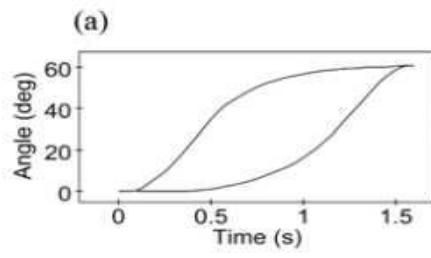
도면1



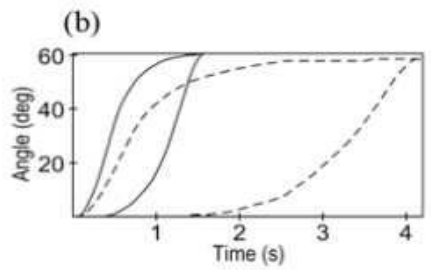
도면2



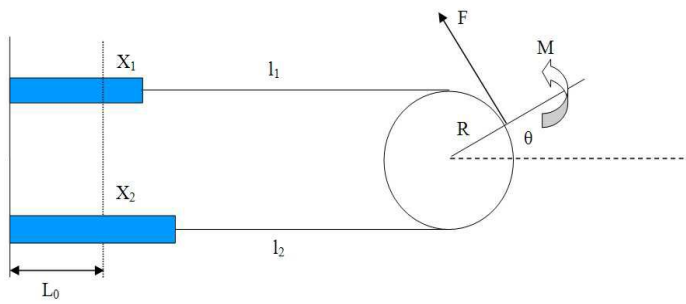
도면3a



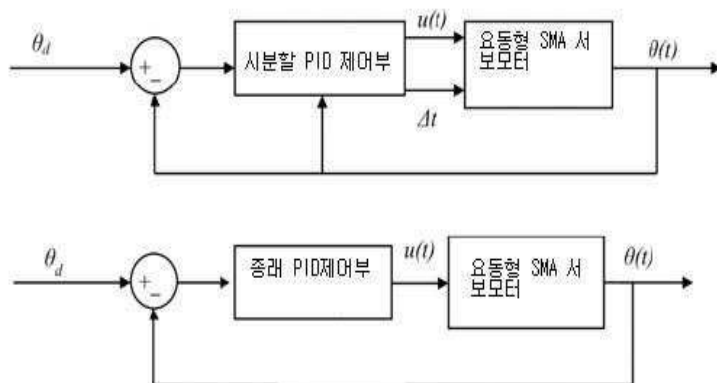
도면3b



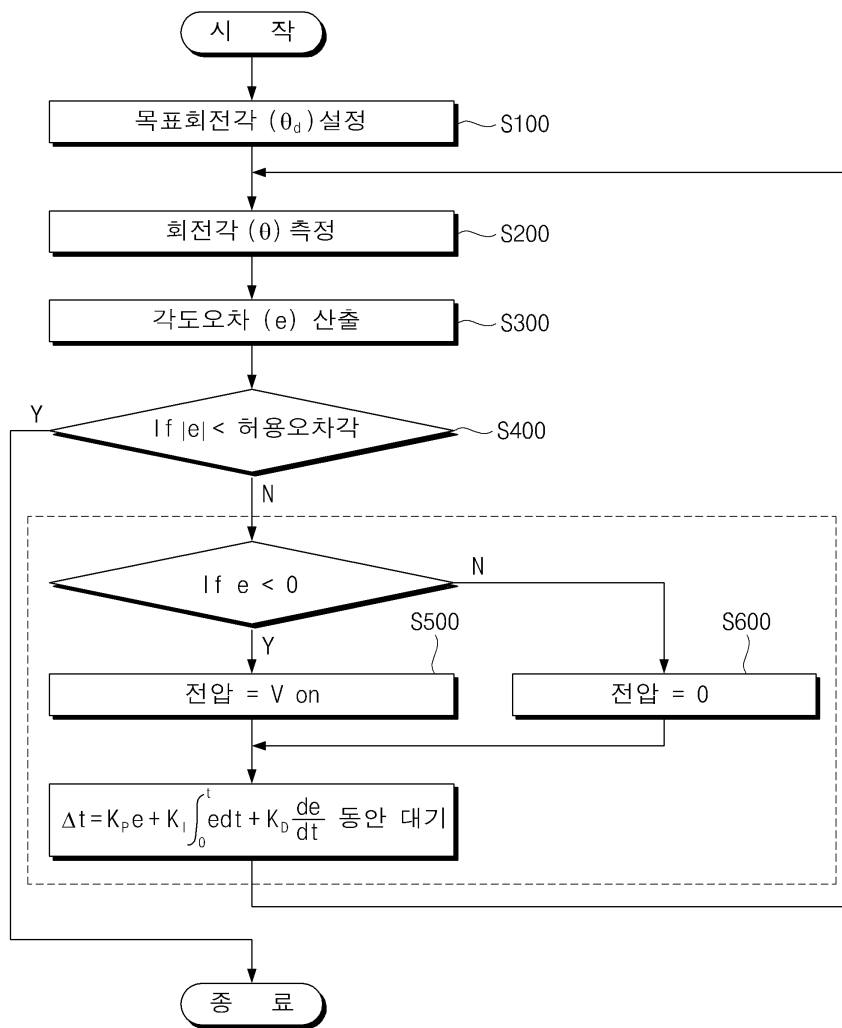
도면4



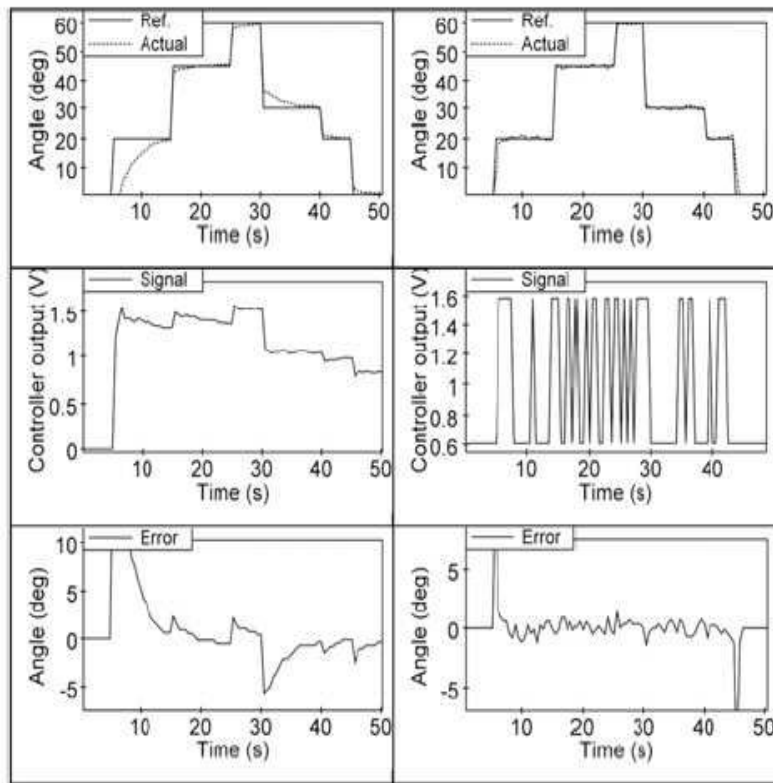
도면5



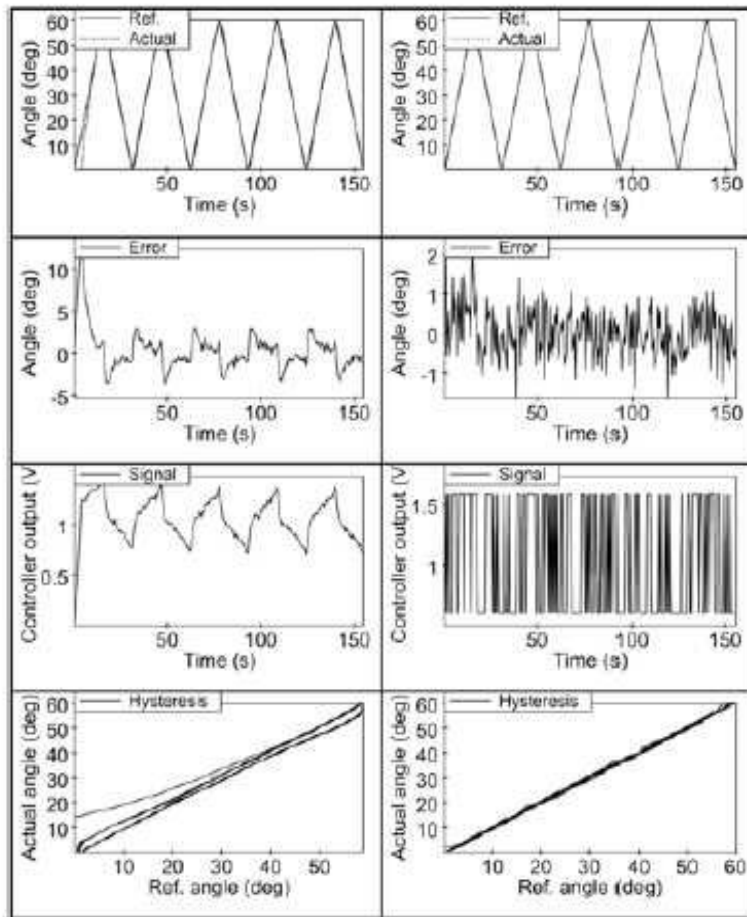
도면6



도면7



도면8



도면9

