

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl. G05B 6/02 (2006.01)	(45) 공고일자 2007년08월02일	(11) 등록번호 10-0745378
(21) 출원번호 10-2004-0050903	(24) 등록일자 2007년07월27일	(65) 공개번호 10-2006-0001740
(22) 출원일자 2004년06월30일	(43) 공개일자 2006년01월06일	
심사청구일자 2004년06월30일		

(73) 특허권자 배재대학교 산학협력단
 대전 서구 도마동 439-6

(72) 발명자 김철민
 대전 대덕구 오정동 신동아아파트 2동509호

 이대식
 대전광역시 서구 도마동 335-24 2층

 유정완
 경상북도 포항시 남구 지곡동 그린빌라 355-105

(74) 대리인 권혁성

(56) 선행기술조사문헌 JP09006406 A, JP09101805 A, JP11266179 A, KR1019970062836 A

심사관 : 송병준

(54) 발명의 명칭 **진동 억압을 이용한 혼돈 제어 장치**

요약

본 발명은 진동 억압을 이용한 혼돈 제어 장치에 관한 것으로, 진동 억압의 개념을 이용하여, 제어하고자 하는 혼돈 시스템과 이미 구현된 다른 혼돈 시스템을 서로 결합시킴으로써 제어하고자 하는 혼돈 시스템을 용이하게 안정화시킬 수 있는 진동 억압을 이용한 혼돈 제어 장치에 관한 것이다. 이를 위하여 본 발명의 진동 억압을 이용한 혼돈 제어 장치는, 혼돈신호 발생장치(10)의 출력신호를 스케일링하는 제1스케일링수단(20)과, 제어대상 혼돈장치(30)의 출력신호를 스케일링하는 제2스케일링수단(40)과, 상기 제1스케일링수단(20)과 상기 제2스케일링수단(40)에서의 출력신호를 감산하는 감산수단(50)과, 상기 감산수단(50)의 출력신호를 상기 제어대상 혼돈장치(30)와 상기 혼돈신호 발생장치(10)의 결합상수가 혼돈 안정화상태에 있도록 스케일링하고, 상기 스케일링된 신호를 상기 제어대상 혼돈장치(30)에 되먹임하는 보조스케일링(60)수단과, 상기 보조스케일링수단(60)의 출력신호를 반전해서 상기 혼돈신호 발생장치(10)에 되먹임하는 반전수단(70)을 구비한다.

대표도

도1

색인어

진동억압, 혼돈, 레이저, 안정화, 혼돈신호, 결합상수

명세서

도면의 간단한 설명

[0001] 도 1은 본 발명에 따른 진동 억압을 이용한 혼돈 제어 장치의 블록도이다.
 도 2는 두 혼돈장치의 결합 상수 값을 증가시킴에 따른 혼돈의 변화 모양을 나타내는 다이어그램이다.
 도 3은 두 혼돈장치의 상호결합시에 혼돈이 안정화되는 영역을 도시한 도면이다.
 도 4는 Nd:YAG 레이저에 대하여 본 발명에 따른 진동 억압을 이용한 혼돈 제어 장치를 적용한 일실시예에

다.

도 5는 상기 도 4에서 혼돈이 제어된 파형을 도시한 그래프이다.

도 6은 상기 도 4에서 결합 상수에 따라 혼돈이 제어되는 모양을 보여주는 다이어그램이다.

도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명

- 10: 혼돈신호 발생장치 20: 제2스케일링수단
- 30: 제어대상 혼돈장치 40: 제1스케일링수단
- 50: 감산수단 60: 보조스케일링수단
- 70: 반전수단

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술

[0002] 본 발명은 진동 억압을 이용한 혼돈 제어 장치에 관한 것으로, 진동 억압의 개념을 이용하여, 제어하고자 하는 혼돈 시스템과 이미 구현된 다른 혼돈 시스템을 서로 결합시킴으로써 제어하고자 하는 혼돈 시스템을 용이하게 안정화시킬 수 있는 진동 억압을 이용한 혼돈 제어 장치에 관한 것이다.

[0003] 최근들어 '혼돈(chaos)'에 대한 관심이 집중되면서 이를 산업의 각분야에 적극적으로 응용하려는 연구가 활발히 진행되고 있다. 여기서 혼돈이란 널리 알려진 바와 같이 비선형적 물리계에서 발생하는 복잡한 물리적 현상의 하나로서, 동일한 구성을 갖고 있는 두 혼돈계는 초기조건이 극히 조금만 달라도 시간이 지남에 따라 서로 전혀 다른 양상을 보여주기 때문에 예측이 불가능하게 되는 특성을 갖고 있으며, 이와 같이 혼돈계가 초기조건에 민감하게 반응하는 특성(a sensitivity to initial conditions)을 '나비효과(Butterfly effect)'라고도 한다.

[0004] 한편, 주기적으로 동작하기를 원하는 물리시스템에서도 물리시스템에 내재하는 비선형적 요소에 의해 원하지 않는 혼돈(chaos)이 발생하는 경우가 종종 있다. 즉, 전자회로등과 같은 대부분의 물리시스템에서는 시스템의 동작특성이 주기적인 특성을 나타내는 영역과 혼돈 특성을 나타내는 영역이 존재하게 되는데, 통상 주기적인 특성을 나타내는 영역에서만 그 물리시스템이 동작하도록 동작조건을 엄격히 제한하여 사용해 왔다. 예컨대, 일정해야 할 물리시스템의 출력이 어떤 매개변수를 조절함에 따라 갑자기 그 시스템의 출력이 잡음과 같이 매우 불규칙적으로 변동하는 혼돈이 생기게 되면, 그와 같은 매개변수 영역에서는 물리시스템을 사용하지 못하게 되는 것이다.

[0005] 그런데, 혼돈에 대한 연구가 진행되면서 그동안 제어가 불가능하게 여겨져 왔던 혼돈영역을 안정화시킬 수 있는 다양한 방법들이 제안되고 있고, 이에 따라 그동안 동작영역이 제한되었던 물리시스템의 동작범위가 확대될 수 있게 되어 산업적으로 매우 유용한 효과를 얻을 수 있게 되었다.

[0006] 종래의 혼돈 제어방법은 혼돈을 주기적인 신호로 제어하는 것을 말하는데 일반적으로 혼돈 끌개 내부에 내재된 불안정 주기 궤도로 혼돈을 안정화시키게 된다. 이를 위하여 혼돈 끌개를 분석하여 주기를 찾아내야 하거나 혹은 끌개 내부의 불안정점을 구하여야 하고, 또한 제어를 위하여 필요한 여러 제어 량들을 구하여야 한다. 이러한 방법은 그러나 실제 시스템에 사용하기가 꽤 어렵다는 문제도 알려져 있다. 첫째는 혼돈 끌개에 잡음이 있는 경우 잡음을 제거하는 새로운 작업이 필요하고, 만약 혼돈 시스템의 상태가 바뀌어서 출력하는 혼돈의 특성이 조금 바뀌면 제어하여야 할 량을 새로 구하여야하는 복잡함도 따른다. 또한 불안정 궤도로는 시스템을 안정화시킬 수는 있지만 불안정 고정점으로 제어는 꽤 복잡한 문제가 생기기도 한다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

[0007] 상기의 문제점을 해결하고자 본 발명은 제안된 것으로서, 진동 억압의 개념을 이용하여, 제어하고자 하는 혼돈 시스템과 이미 구현된 다른 혼돈 시스템을 서로 결합시킴으로써 제어하고자 하는 혼돈 시스템을 용이하게 안정화시킬 수 있는 진동 억압을 이용한 혼돈 제어 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

발명의 구성 및 작용

[0008] 상기의 목적을 이루기 위하여 진동 억압을 이용한 혼돈 제어 장치는, 혼돈신호를 발생하는 혼돈신호 발생장치(10)와, 상기 혼돈신호 발생장치(10)의 출력신호를 스케일링하는 제1스케일링수단(20)과, 제어대상 혼돈장치(30)의 출력신호를 스케일링하는 제2스케일링수단(40)과, 상기 제1스케일링수단(20)과 상기 제2스케일링수단(40)에서의 출력신호를 감산하는 감산수단(50)과, 상기 감산수단(50)의 출력신호를 상기 제어대상 혼돈장치(30)와 상기 혼돈신호 발생장치(10)의 결합상수가 혼돈 안정화상태에 있도록 스케일링하고, 상기 스케일링된 신호를 상기 제어대상 혼돈장치(30)에 되먹임하는 보조스케일링(60)수단과, 상기 보조스케일링수단(60)의 출력신호를 반전해서 상기 혼돈신호 발생장치(10)에 되먹임하는 반전수단(70)을 구비한

다.

[0009] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명한다.

[0010] 도 1은 본 발명에 따른 진동 억압을 이용한 혼돈 제어 장치의 블록도이다.

[0011] 도 1을 참조하면 혼돈신호 발생장치(10)에서 발생하는 혼돈 신호를 스케일링하는 제1스케일링수단(20)과 제어대상 혼돈장치(30)의 혼돈 신호를 스케일링하는 제2스케일링수단(40)과 제1스케일링수단(20)과 제2스케일링수단(40)에서 출력되는 두 신호의 차이를 구하는 감산수단(50)과 감산수단(50)의 출력신호를 제어대상 혼돈장치(30)와 혼돈신호 발생장치(10)의 결합상수가 혼돈 안정화상태에 있도록 스케일링하고, 스케일링된 신호를 제어대상 혼돈장치(30)에 되먹임하는 보조스케일링수단(60)과 상기 보조스케일링수단(60)에서 나오는 신호를 반전시키는 반전수단(70)으로 이루어져 있다.

[0012] 이때, 제 1스케일링수단(20)과 제2 스케일링수단(40)은 각각 입력되는 두 입력신호의 진폭비가 혼돈억압이 일어나도록 스케일링하며, 보조스케일링수단(60)은 감산수단(50)의 출력신호의 바이어스된 신호를 억압하도록 스케일링하게 된다.

[0013] 상기 혼돈신호발생장치(10)는 주기신호를 발생하는 주기신호발생장치로 대체하여도 동일한 기능과 효과를 얻을 수 있다.

[0014] 두 혼돈 시스템을 서로 연결하여 혼돈시스템의 혼돈을 안정화시키는 방법을 로렌즈 혼돈계와 뢰슬러 혼돈계를 서로 결합한 수식을 통하여 자세히 설명하면 다음과 같다. 로렌즈 혼돈계와 뢰슬러 혼돈계를 상호 결합시키면 다음의 수식으로 주어진다.

[0015] **수학식 1**

[0016]
$$\dot{x} = 10(y-x),$$

[0017]
$$\dot{y} = 28x - y - xz,$$

[0018]
$$\dot{z} = -\frac{8}{3}z + xy + \varepsilon(\tilde{p} - \tilde{z}), \text{ Lorenz}$$

[0019]
$$\dot{\tilde{p}} = \alpha(-\omega q - r) + \varepsilon(\tilde{z} - \tilde{p})$$

[0020]
$$\dot{q} = \alpha(\omega p + 0.15q),$$

[0021]
$$\dot{r} = \alpha(0.2 + r(p - 10.0)) \text{ Rossler,}$$

[0021] 여기서, x, y, z, p, q, r 은 모두 변수이고, α 는 시간 스케일링 값이며, ε 는 두 혼돈계의 결합 상수이고, \tilde{p} 와 \tilde{z} 는 $\tilde{p} = p - 0.003$ 과 $\tilde{z} = z - 28.0$ 로서 직류 값을 없앤 것이다. 결합을 \tilde{p} 와 \tilde{z} 변수를 선택함으로써 두 혼돈계가 진동 억압에 의해서 고정 값으로 수렴할 때도 계수 변화가 없도록 하였다.

[0022] 이렇게 두 혼돈시스템을 결합시키면 다른 혼돈의 특성을 갖는 두 혼돈시스템이 상호 결합되므로 그 혼돈의 형태가 아주 복잡해진다. 그러나 이런 혼돈식 결합 형태에서 혼돈 시스템은 결합 상수가 아주 클 때 혼돈이 사라지고 안정적인 고정 값으로 수렴하는 특이한 현상을 보인다. 이것은 결합된 동일 혼돈 시스템에서 두 혼돈 시스템 사이의 계수 차이가 클 때 나타나는 진동 억압 현상과 비슷하다. 이 시스템에서 나타나는

진동 억압 현상을 보이기 위해 $\alpha = 8.087$ 로 두고 결합 상수 값에 따라 갈래질 열개를 구하였다.

[0023] 도 2는 두 혼돈장치의 결합 상수 값을 증가시킴에 따른 혼돈의 변화 모양을 나타내는 다이어그램이다. 도 2에 의하면 결합 상수의 값이 1.2 이상일 때 상기 식은 고정점으로 수렴하고 그 이전에서 혼돈 신호가 역갈래질에 의해서 주기적 신호로 바뀐다. 또 결합 상수의 값이 2.3 이상이 되면 두 혼돈 시스템은 갑자기 안정성을 잃어 혼돈으로 전이하게 된다. 그러나 여기서 주기적인 신호 영역이나 고정점의 영역을 혼돈 제어의 하나로 쓸 수 있게 된다. 이와 같은 분석결과로부터 어떤 시스템이 혼돈 양상을 보이면 임의의 혼돈계를 붙여 시스템을 안정화시킬 수 있다는 점에서 매우 편리하다는 것을 알 수 있다.

[0024] 도 3은 두 혼돈장치의 상호결합시에 혼돈이 안정화되는 영역을 도시한 도면이다.

- [0025] 도 3에 의하면, 고정점의 영역이 얼마나 넓은지는 결합력의 세기와 α 값에 따라 고정점의 영역을 구할 수 있다. 도 3은 혼돈이 고정점으로 수렴한 영역을 표시한다. 이 도면에 의하면 두 혼돈 시스템의 주파수 차이가 크고 결합력이 강할 때 아주 넓은 영역에서 두 혼돈 시스템은 고정점으로 수렴하는 것을 볼 수 있다. 이 도면에 근거하면 서로 상이한 혼돈계인 로렌쯔 혼돈계와 뢰슬러 혼돈계를 서로 결합시키면 쉽게 두 혼돈계를 고정점으로 안정화시킬 수 있다는 것을 알 수 있다.
- [0026] 도 4는 Nd:YAG 레이저에 대하여 본 발명에 따른 진동 억압을 이용한 혼돈 제어 장치를 적용한 일실시예이다.
- [0027] 본 발명의 혼돈 제어 장치를 실제 다이오드 레이저로 들쭉운 Nd:YAG 레이저에 적용하여 레이저의 혼돈이 안정화되는 것을 보았다. 레이저는 일반적으로 불규칙한 신호를 만드는데 이런 불규칙한 신호로 인하여 정밀한 작업에 레이저의 응용은 부분적으로 제한되어 있고, 정밀 작업에 응용을 위한 레이저는 레이저의 출력이 안정화되어야하므로 복잡한 광학적 방법을 이용하여 레이저를 안정화시킨다. 그러나 본 발명의 혼돈 제어 장치를 레이저에 적용하게 되면 레이저의 불안정한 출력을 쉽게 안정화시키므로 효율적으로 레이저를 제어할 수 있게 된다.
- [0028] 다이오드 전류 공급기 (100)로부터 전류를 공급받은 다이오드 레이저 (110)는 808 nm 대의 레이저를 발진하게 되고, 이 레이저 빛을 렌즈(120)를 모아서 Nd:YAG 레이저(130)에 주사한다. 그러면 이 Nd:YAG 레이저는 1064 nm 대의 레이저 빛을 내게 된다. 원래 이 레이저 봉의 뒷부분은 808 nm 대의 빛에 투과되고 1064 nm 대의 빛에 전반사가 일어나도록 코팅 처리되어 있으며 97% 반사율의 반반사 거울을 레이저 출력경으로 쓴다. 이 레이저에서 나온 빛을 광검지기(140)으로 받아서 전압으로 바꾸고 이 신호를 미분기(150)와 적분기(160)를 각각 통과시키면 직류 성분이 없어진다. 이 신호를 다시 증폭기(170)를 통하여 레이저 빛의 신호를 적절한 크기로 증폭시킨다. 또 다른 혼돈 시스템은 전자회로로 구현된 뢰슬러 혼돈계(200)를 사용하였다. 이 혼돈 시스템에서 나오는 혼돈 신호를 미분기(210)과 적분기(220)를 각각 통과시켜 직류 성분을 없앤 후 증폭기(230)를 통하여 증폭시킨 다음 레이저에서 나오는 혼돈 신호와의 차이를 감산기(300)를 통하여 구한 다음 이 신호를 스케일링수단(310)을 통하여 스케일링한 후 한 신호는 다이오드 레이저 전류 공급기(100)에 입력시키고 스케일링부(310)에서 나오는 신호를 반전기(320)를 통하여 반전 신호를 구한 이 신호를 다시 전자회로로 만든 뢰슬러 혼돈계(200)에 입력시켰다.
- [0029] 도5는 이때 나오는 레이저의 혼돈 신호와 전자회로 뢰슬러 혼돈계의 혼돈 신호의 파형을 각각 보인 것이다. 도 5(a)는 레이저 파형이고 도 5(b)는 전자회로 뢰슬러 혼돈계의 파형이다. 먼저 두 혼돈계를 서로 결합시키지 않았을 때는 두 혼돈계는 도면과 같은 불규칙한 파형이 각각 나온다. 그러나 두 혼돈계를 결합시킨 후 스케일링부(310)의 스케일링을 95%로 맞추면 두 혼돈계는 그림 속의 진한 직선으로 안정화된 파형을 모두 보여준다. 이것이 바로 두 혼돈계를 결합시켜 얻은 혼돈의 안정화 파형이다. 여기서 이 레이저의 평균 출력은 조금도 줄어들지 않는다.
- [0030] 실제 혼돈 시스템에서, 혼돈의 안정화가 일어나는지를 결합 상수 값에 따른 갈래질 열개를 통하여 조사하였다. 도 6은 결합 상수 값에 따른 갈래질 열개로서 위쪽 그래프는 레이저의 갈래질 열개이고 아래쪽 그래프는 전자회로 뢰슬러 혼돈계의 갈래질 열개이다. 이 도면에 의하면 두 혼돈 시스템은 모두 역 주기 배가 갈래질에 의해서 혼돈 상태가 안정된 상태로 전이 한다. 결합 상수의 값이 0.92 보다 큰 영역에서는 두 혼돈 시스템이 모두 고정점으로 수렴하여 안정된 파형을 나타내며 그 이전에는 다양한 주기의 규칙적인 신호가 발생하고 있음을 알 수 있다.
- [0031] 이상에서 살펴본 바와 같이, 본 발명의 바람직한 실시예에 대해 상세히 기술되었지만, 본 발명이 속하는 기술 분야에 있어서, 통상의 지식을 가진 사람이라면, 첨부된 청구 범위에 정의된 본 발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않으면서 본 발명을 여러 가지로 변형하여 실시할 수 있을 것이다. 따라서 본 발명에 대한 앞으로의 실시예들의 변경은 본 발명의 기술을 벗어날 수 없을 것이다.

발명의 효과

- [0032] 상기에서 설명한 바와 같이 본 발명은, 진동 억압의 개념을 이용하여, 제어하고자 하는 혼돈 시스템과 이미 구현된 다른 혼돈 시스템을 서로 결합시키는 혼돈 제어 장치를 제공함으로써, 제어하고자 하는 혼돈 시스템을 간단하고 용이하게 안정화시킬 수 있는 효과를 거둘 수 있다.

청구의 범위

청구항 1

혼돈신호를 발생하는 혼돈신호 발생장치(10)와;
 상기 혼돈신호 발생장치(10)의 출력신호를 스케일링하는 제1스케일링수단(20)과;
 제어대상 혼돈장치(30)의 출력신호를 스케일링하는 제2스케일링수단(40)과;
 상기 제1스케일링 수단(20)과 상기 제2스케일링 수단(40)에서의 출력신호를 감산하는 감산수단(50)과;
 상기 감산수단(50)의 출력신호를 상기 제어대상 혼돈장치(30)와 상기 혼돈신호 발생장치(10)의 결합상수가 혼돈 안정화상태에 있도록 스케일링하고, 상기 스케일링된 신호를 상기 제어대상 혼돈장치(30)에 되먹임하는 보조스케일링(60)수단과;

상기 보조스케일링수단(60)의 출력신호를 반전해서 상기 혼돈신호 발생장치(10)에 되먹임하는 반전수단(70)

을 구비하는 진동 억압을 이용한 혼돈 제어 장치.

청구항 2

주기신호를 발생하는 주기신호 발생장치와;

상기 주기신호 발생장치의 출력신호를 스케일링하는 제1스케일링수단(20)과;

제어대상 혼돈장치(30)의 출력신호를 스케일링하는 제2스케일링수단(40)과;

상기 제1스케일링 수단(20)과 상기 제2스케일링 수단(40)에서의 출력신호를 감산하는 감산수단(50)과;

상기 감산수단(50)의 출력신호를 상기 제어대상 혼돈장치(30)와 상기 주기신호 발생장치의 결합상수가 혼돈 안정화상태에 있도록 스케일링하고, 상기 스케일링된 신호를 상기 제어대상 혼돈장치(30)에 되먹임하는 보조스케일링(60)수단과;

상기 보조스케일링수단(60)의 출력신호를 반전해서 상기 주기신호 발생장치에 되먹임하는 반전수단(70)

을 구비하는 진동 억압을 이용한 혼돈 제어 장치.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 제 1스케일링수단(20)과 제2 스케일링수단(40)은,

각각 입력되는 두 입력신호의 진폭비가 혼돈억압이 일어나도록 스케일링하는 것을 특징으로 하는 진동 억압을 이용한 혼돈 제어 장치.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 보조스케일링수단(60)은,

상기 감산수단(50)의 출력신호의 바이어스된 신호를 억압하도록 스케일링하는 것을 특징으로 하는 진동 억압을 이용한 혼돈 제어 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

혼돈신호 발생장치(10)의 출력신호의 직류성분을 필터링하는 제1필터링수단과;

제어대상 혼돈장치(30)의 출력신호의 직류성분을 필터링하는 제2필터링수단

을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 진동 억압을 이용한 혼돈 제어 장치.

청구항 6

제2항에 있어서,

주기신호 발생장치의 출력신호의 직류성분을 필터링하는 제1필터링수단과;

제어대상 혼돈장치(30)의 출력신호의 직류성분을 필터링하는 제2필터링수단

을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 진동 억압을 이용한 혼돈 제어 장치.

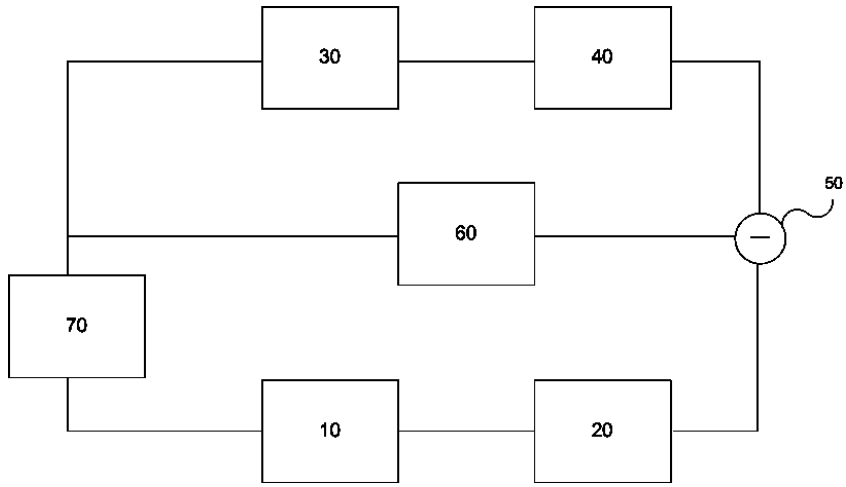
청구항 7

제5항 또는 제6항에 있어서, 상기 제1필터링수단과 상기 제2필터링수단은,

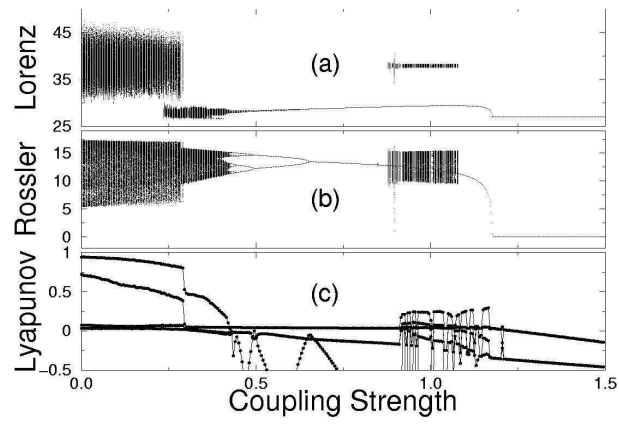
입력신호를 미분하는 미분기와 입력신호를 적분하는 적분기가 직렬로 연결되어 구성되는 것을 특징으로 하는 진동 억압을 이용한 혼돈 제어 장치.

도면

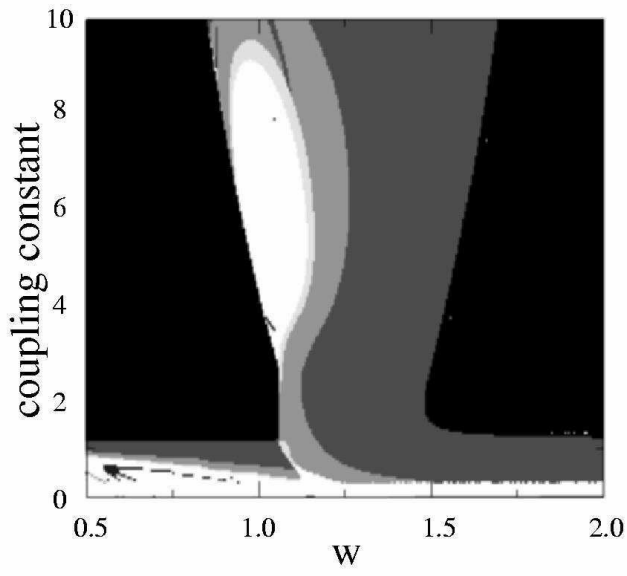
도면1



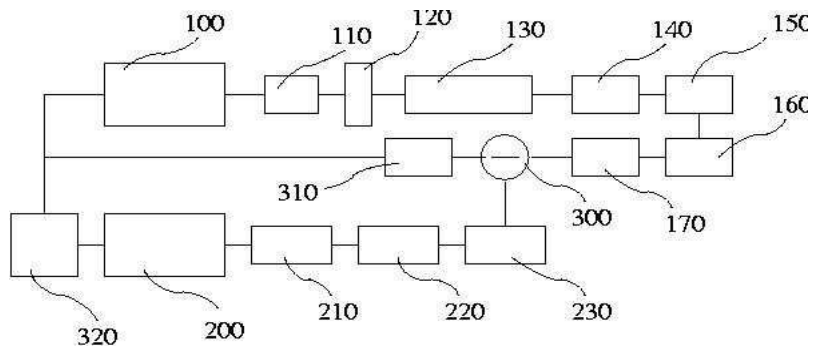
도면2



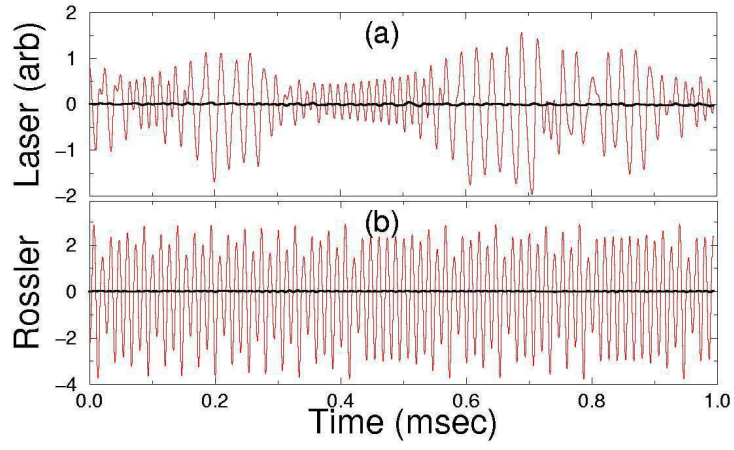
도면3



도면4



도면5



도면6

