



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0087549
(43) 공개일자 2017년07월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G09B 23/18 (2006.01) G05B 17/02 (2006.01)
G05D 19/02 (2006.01) G09B 19/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G09B 23/188 (2013.01)
G05B 17/02 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0006759
(22) 출원일자 2016년01월20일
심사청구일자 2016년01월20일

(71) 출원인
한국기술교육대학교 산학협력단
충남 천안시 동남구 병천면 충절로 1600, 내 (한
국기술교육대학교)
(72) 발명자
임경화
서울특별시 서초구 서초대로 385, 6동 204호 (진
흥아파트)
박상진
대전시 동구 계족로 137, 105동 1803호 (새들피
휴먼시아아파트)
(74) 대리인
이성원

전체 청구항 수 : 총 2 항

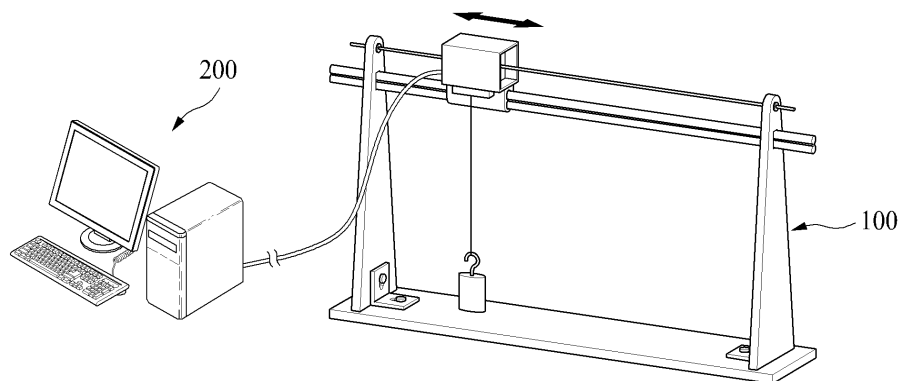
(54) 발명의 명칭 입력성형기법 시뮬레이션 교육장비

(57) 요약

본 발명에 따른 입력성형기법 시뮬레이션 교육장비는, 구동부에 의해 동력을 전달받아 가이드레일을 따라 질량체를 이송하는 운동하는 크레인 및 상기 가이드레일의 양단을 지지하여 지면과 이격시키는 지지대 및 상기 지지대의 하단에 구비되는 지지판을 포함하는 운동장치 및 상기 운동장치에 잔류진동을 입력하며, 상기 잔류 진동에 대한 억제를 위해서 입력성형로직(logic)을 부여하는 입력성형부를 포함하는 제어장치를 포함하며, 상기 제어장치는 상기 운동장치가 입력성형부가 동작하지 않는 상태로 구동하는 제1모드 및 상기 운동장치가 입력성형부가 동작하는 상태로 구동하는 제2모드를 더 포함하여 제1모드와 제2모드가 선택적 또는 순차적으로 구동되는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1

1



(52) CPC특허분류

G05D 19/02 (2013.01)

G09B 19/0069 (2013.01)

(72) 발명자

신도환

부산광역시 사하구 마하로 48번길 22

안채현

충남 천안시 서북구 오성3길

명세서

청구범위

청구항 1

구동부에 의해 동력을 전달받아 가이드레일을 따라 질량체를 이송하는 운동하는 크레인, 상기 가이드레일의 양단을 지지하여 지면과 이격시키는 지지대 및 상기 지지대의 하단에 구비되는 지지판을 포함하는 운동장치; 및

상기 운동장치에 잔류진동을 입력하며, 상기 잔류진동에 대한 억제를 위해서 입력성형로직(Input Shaping logic)을 부여하는 입력성형부를 구비하는 제어장치를 포함하며,

상기 제어장치는,

입력성형부가 동작하지 않는 상태로 상기 운동장치가 구동하는 제1모드 및 입력성형부가 동작하는 상태로 상기 운동장치가 구동하는 제2모드를 더 포함하며 상기 제1모드와 상기 제2모드는 선택적 또는 순차적으로 구동되는 것을 특징으로 하는 입력성형기법 시뮬레이션 교육장비.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제어장치는,

상기 운동장치의 동작을 감지하는 센서를 더 구비하고,

상기 운동장치의 동작이 완료되기 전 정지하는 것을 상기 센서가 감지하면 상기 크레인을 작동 전 원위치로 복귀시키는 것을 특징으로 하는 입력성형기법 시뮬레이션 교육장비.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 시뮬레이션 교육장비에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 기계의 잔류 진동에 있어서 입력성형기법을 이용한 제어 이론을 시각적으로 습득할 수 있는 입력성형기법 시뮬레이션 교육장비에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 일반적으로 반도체 및 디스플레이 생산라인과 같은 산업현장은 대부분 자동화 기계에 의해 운영된다. 그러나 산업현장에서 질량체를 고속으로 이동시키면 목표지점에서 불필요한 진동이 발생하게 되는데, 이는 운송 고속화에 따라 더욱 빈번하게 발생한다.

[0004] 잔류진동을 억제하기 위해 우선적으로 적용되는 방법으로서 되먹임제어(Feedback Control)이 있다. 대부분의 정밀위치결정 스테이지는 서브모터를 채용하고 있으며 서브모터의 되먹임제어 매개변수를 조정하는 방식으로 진동 제어가 가능하다. 그러나 스테이지에 탄성이나 관성이 큰 구조물이 결합된 경우에는 효과적이지 못한 경우가 많다.

[0005] 보다 직접적인 방법으로 입력 명령을 조작하는 앞먹임제어(Feedforward Control)이 있다. 앞먹임제어는 되먹임제어에 비해 되먹임을 위한 센서등이 필요하지 않으므로 비교적 간단히 구현할 수 있다. 따라서 기존 시스템에 큰 수정 없이 간단히 적용할 수 있는 장점이 있다.

[0006] 앞먹임제어는 많은 연구가 이루어졌으나 앞먹임제어를 학습하는 학생들에게 있어서, 쉽게 이론을 습득할 수 있는 교육장비가 존재하지 않아 피교육생이 입력성형기법을 이해하더라도 이를 시각적으로 관찰할 수 없었다.

[0007] 따라서, 다양한 조건의 잔류진동을 생성할 수 있고, 생성한 잔류진동을 제어하여 입력성형기법 시뮬레이션을 시

각적으로 확인할 수 있는 장비의 개발이 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 본 발명은 상술한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위하여 안출된 발명으로서, 입력성형기법 시뮬레이션을 시각적으로 관찰하는 교육장비를 제공하기 위함이다.
- [0009] 본 발명의 과제들은 이상에서 언급한 과제들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0011] 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 입력성형기법 시뮬레이션 교육장비는,
- [0012] 구동부에 의해 동력을 전달받아 가이드레일을 따라 질량체를 이송하는 운동하는 크레인, 가이드레일의 양단을 지지하여 지면과 이격시키는 지지대 및 지지대의 하단에 구비되는 지지판을 포함하는 운동장치 및 운동장치에 잔류진동을 입력하며, 잔류진동에 대한 억제를 위해서 입력성형로직(Input Shaping logic)을 부여하는 입력성형부를 구비하는 제어장치를 포함하며,
- [0013] 이 제어장치는, 입력성형부가 동작하지 않는 상태로 운동장치가 구동하는 제1모드 및 입력성형부가 동작하는 상태로 운동장치가 구동하는 제2모드를 더 포함하며 제1모드와 제2모드는 선택적 또는 순차적으로 구동되는 것을 특징으로 한다.
- [0014] 그리고, 이 제어장치는, 운동장치의 동작을 감지하는 센서를 더 구비하고, 운동장치의 동작이 완료되기 전 정지하는 것을 센서가 감지하면 크레인을 작동 전 원위치로 복귀시키는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0016] 상기한 과제를 해결하기 위한 본 발명의 입력성형기법 시뮬레이션 교육장비는 다음과 같은 효과가 있다.
- [0017] 첫째, 고유진동수, 진폭, 감쇠비 등을 용이하게 제어할 수 있어, 다양한 잔류 진동을 제어하고 측정할 수 있다.
- [0018] 둘째, 피교육자는 본 발명의 장비를 통해 기계진동을 쉽게 이해하고 친숙해 질 수 있다.
- [0019] 본 발명의 효과들은 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 청구범위의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0021] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 입력성형기법 시뮬레이션 교육장비를 나타내는 도면;
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 운동장치(100)의 사시도;
- 도 3은 질량체에 진동을 발생시키기 위한 힘의 개념도;
- 도 4는 진동발생의 일 예로서 크레인(110)이 이동하다가 멈추었을 때 발생하는 진동을 도시한 도면; 및
- 도 5은 입력성형을 하기 전(before)과 한 후(after)의 잔류 진동을 시뮬레이션한 결과 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 이하 본 발명의 목적이 구체적으로 실현될 수 있는 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 설명한다. 본 실시예를 설명함에 있어서, 동일 구성에 대해서는 동일 명칭 및 동일 부호가 사용되며 이에 따른 부가적인 설명은 생략하기로 한다.

- [0023] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 입력성형기법 시뮬레이션 교육장비(1)를 나타내는 도면이다.
- [0024] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 입력성형기법 시뮬레이션 교육장비(1)는 운동장치(100), 제어장치(200)를 포함한다.
- [0025] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 운동장치(100)의 사시도이다. 도2를 참조하면, 운동장치(100)는 크레인(110), 구동부(120), 가이드레일(130), 지지대(140), 지지판(150)을 포함하여 이루어진다.
- [0026] 크레인(110)은 도면에 표시된 화살표 방향으로 직선운동하며 질량체(m)를 이동시키는 구성요소이다. 크레인(110)은 구동부(120)에 의해 동력을 전달받아 동작한다. 질량체(m)는 유연체(p)에 매달려 있거나 질량체(m) 그 자체가 유연구조물일 수 있다. 도 2에는 유연체(p)를 실(thread)로 구성한다. 유연체(p)의 유연성에 의해 크레인의 이동과 질량체의 관성으로 진동이 발생한다.
- [0027] 도 3은 질량체에 진동을 발생시키기 위한 힘의 개념도이다. 진동을 발생시키는 힘은 하기의 식과 같이 결정된다.
- [0028]
$$m \frac{d^2x}{dt^2} - ml \frac{d^2\theta}{dt^2} = mg\theta \dots\dots\dots(1)$$
- [0029]
$$(M+m) \frac{d^2x}{dt^2} - ml \frac{d^2\theta}{dt^2} = F \dots\dots\dots (2)$$
- [0030] 식(2)의 힘에 의해 발생하는 가속도에 따른 관성에 의해 잔류진동이 발생한다. 이 잔류진동은 설명될 입력성형부(210)의 도움으로 감쇠된다.
- [0031] 또한, 운동장치(100)는 유연체(p)의 잔류 진동의 생성 또는 감쇠를 측정할 수 있어, 이를 기초로 산업에 이용되는 장치의 정밀도를 향상시킬 수 있다.
- [0032] 본 발명의 일 실시예에 따른 구동부(120)는 운동 장치(100)에 동력을 부여한다. 이러한 구동부(120)는 운동 장치(100)에 구비될 수 있는 전기식, 유압식, 공압식 등 동력을 생성하는 장치이면 충분하다.
- [0033] 가이드레일(130)은 크레인(110)이 이동하는 궤도를 설정하는 구성요소이다. 크레인(110)은 가이드레일(130)에 이동 가능하게 고정되어 가이드레일(130)을 따라 이동한다.
- [0034] 그리고 가이드레일(130)을 따르는 이동을 안정적으로 지지하기 위해 가이드레일(130)에 일정 간격 이격하여 거의 평행하게 구비되는 보조레일(131)을 더 구비할 수 있다. 이들이 수학적으로 평행하게 배치되어야만 하는 것은 아니며, 가이드레일(130)에 투영된 보조레일(131)이 육안으로 구분할 수 없는 정도이면 본 발명의 실시예에 해당함에 충분하다.
- [0035] 지지대(140)는 가이드레일(130)을 상부로 떠받쳐 지지하는 구성요소이다. 본 발명의 일 실시 예는 산업현장에서 쓰이는 천장 크레인에 있어서 피교육자의 잔류진동에 대한 이해를 돕는 것이므로 크레인(110)이 상부에 배치해야 하고 이를 위해 거치대(140)를 구비한다.
- [0036] 지지판(150)은 지지대(140)를 안정적으로 받치는 구성요소이다. 본 발명은 교육장비로서 이동이 간편하여 실습실을 옮길 때 사용자가 간편하게 들고 이동할 수 있도록 지지판(150)을 구비한다.
- [0037] 도 1에 도시된 제어장치(200)는 구동부(120)를 제어하여 운동장치(100)가 운동(예를 들면, 직선 운동)하도록 한다. 센서(미도시)를 포함하며. 센서는 운동장치(100)의 동작상태를 감지하는 것으로서, 운동장치(100)가 움직이는지 멈추는지 이동속도는 얼마나 되는지를 감지한다. 또한 잔류 진동의 생성 및/또는 감쇠에 관한 정보를 수집하여 제어장치(100)의 연산에 제공하며, 제어장치(100)의 연산부(미도시)는 질량체(m)의 진동특성(예를 들면, 고유진동수, 진폭, 감쇠비)을 산출하는 기능을 수행한다.
- [0038] 본 발명의 일 실시예에 따른 제어장치(200)는 질량체(m)에 잔류 진동의 생성을 위해서는 입력성형로직(Input Shaping logic)을 사용하지 않고 직선 운동을 입력하고, 발생된 질량체(m)에 생성된 잔류 진동에 대한 역제를 위해서 입력성형 로직(logic)을 사용하여 잔류 진동을 제어한다.
- [0039] 여기서, 제어장치(200)는 구동부(120)에 명령을 내리고 통신할 수 있도록 하는 기능을 포함하는 디지털 기기로서, 컴퓨터, 워크스테이션, PDA, 웹 패드, 스마트폰등과 같이 메모리 수단을 구비하고 연산 능력을 갖춘 장치라

면 얼마든지 본 발명에 따른 제어장치(200)가 될 수 있다.

[0040] 도 4는 진동발생의 일 예로서 크레인(110)이 이동하다가 멈추었을 때 발생하는 진동을 도시한 것이다. 이 경우에 잔류진동은 이동속도(v) 및 질량체(m)의 질량에 상관하여 발생한다.

[0041] 도 4에서의 고유진동수(Natural Frequency)를 ω , 감쇠비(Damping Ratio)를 ζ 라 하고, 시스템에 2개의 임펄스를 시차를 두고 가한 경우 잔류진동은 다음 식 (3)과 같다.

$$V(\omega, \zeta) = e^{\zeta \omega_n \sqrt{C(\omega, \zeta)^2 + S(\omega, \zeta)^2}} \dots\dots\dots (3)$$

[0043] 여기서, $C(\omega, \zeta)$ 와 $S(\omega, \zeta)$ 는 각각 식(4), 식(5)와 같다.

$$C(\omega, \zeta) = \sum_{i=1}^2 A_i e^{\zeta \omega_i \cos \omega_d t} \dots\dots\dots (4)$$

$$S(\omega, \zeta) = \sum_{i=1}^2 A_i e^{\zeta \omega_i \sin \omega_d t} \dots\dots\dots (5)$$

[0046] A_i 는 i번째 임펄스의 크기이고, t_i 는 i번째 임펄스의 입력시간이다. n은 임펄스 열의 임펄스 개수를 의미한다. 잔류진동을 제어하기 위해서는 잔류진동을 표현한 (3)식이 0(zero)이 되어야 하는데, 이렇게 획득된 성형기를 ZV성형기라고 한다.

[0047] 본 발명의 일 실시예에 따른 입력성형기법은 ZV입력성형기법을 이용한 것으로, 한번의 입력의 반주기 후에 다른 입력을 주어 진동을 상쇄하는 방법이다.

[0048] 상술한 때, 부족감쇠 2차 시스템의 단위 펄스 응답(y(t))인 식(6)을 식 정리하면 ZV성형기는 식(7)과 같이 도출된다.

$$y(t) = \frac{\omega_n}{\sqrt{1-\zeta^2}} e^{-\zeta \omega_n t} \sin \omega_d t, t > 0 \quad \text{그리고} \quad \omega_d = \omega_n \sqrt{1-\zeta^2} \dots\dots\dots (6)$$

$$\begin{aligned} r(t) &= A_1 \delta(t) + A_2 \delta(t-t_2) \\ y(t) &= \sum_{i=1}^2 \frac{A_i \omega_n}{\sqrt{1-\zeta^2}} e^{-\zeta \omega_n (t-t_i)} \sin \omega_d (t-t_i) \\ y(t) &= \frac{\omega_n}{\sqrt{(1-\zeta^2)}} e^{-\zeta \omega_n t} [C(\omega_n, \zeta) \sin \omega_d t - S(\omega_n, \zeta) \cos \omega_d t] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_1 &= 0 \\ \sum_{i=1}^2 A_i &= A_1 + A_2 = 1 \\ A_1 + A_2 e^{\zeta \omega_n t_2} \cos(\omega_d t_2) &= 0 \\ A_2 e^{\zeta \omega_n t_2} \sin(\omega_d t_2) &= 0 \\ \therefore t_2 &= \frac{\pi}{\omega_d}, A_1 = \frac{1}{1+K}, A_2 = \frac{K}{1+K}, K = e^{\frac{\zeta \pi}{\sqrt{1-\zeta^2}}} \end{aligned}$$

$$\begin{pmatrix} t_i \\ A_i \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & \pi/\omega_d \\ 1/(1+K) & K/(1+K) \end{pmatrix} \quad \text{그리고} \quad \omega_d = \omega_n \sqrt{1-\zeta^2}, K = e^{\frac{\zeta \pi}{\sqrt{1-\zeta^2}}} \dots\dots\dots (7)$$

[0055] 입력성형부(210)는 임펄스 응답을 이용하여 진동이 서로 상쇄되도록 입력성형제어를 수행한다.

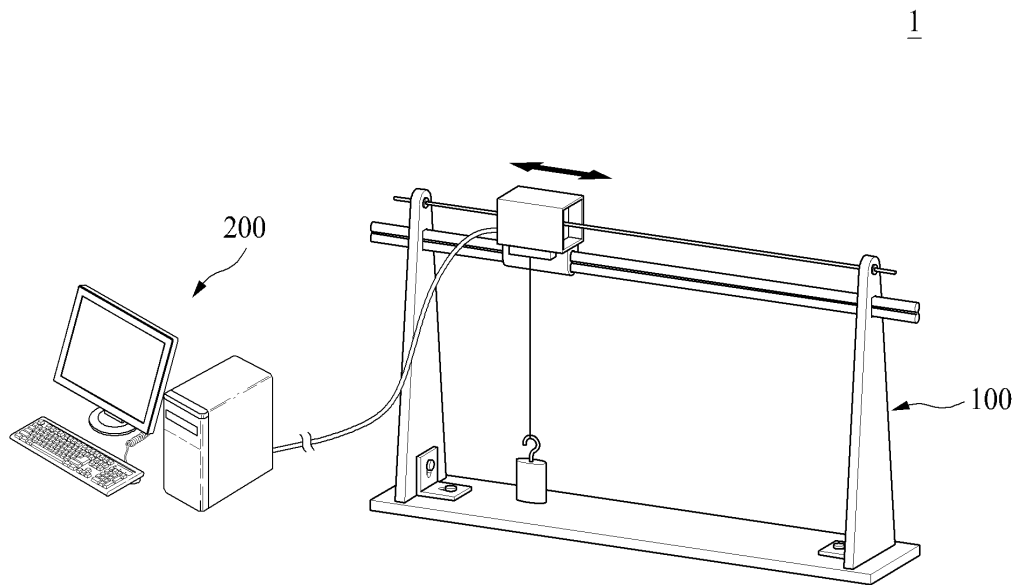
- [0056] 도 5은 입력성형을 하기 전(before)과 한 후(after)의 잔류 진동을 시뮬레이션한 결과 그래프이다. 입력성형부(210)를 거치지 않은 질량체(m)의 응답에는 잔류 진동이 관찰되지만, 입력성형부(210)를 거친 질량체(m)의 응답에는 잔류 진동이 거의 관찰되지 않는다.
- [0057] 본 발명의 일 실시예의 입력성형기법 시뮬레이션 교육장비(1)를 통해 피교육자는 관찰하고자 하는 진동시스템을 운동방정식을 통해 구하고 그에 맞는 조건을 본 장비에 설정하여, 운동장치(100)를 가동하여 입력성형을 수행하기 전 질량체가 이동하는 모습을 관찰할 수 있다(제1모드).
- [0058] 그리고 입력성형을 수행한 후 운동장치(100)를 가동하여 질량체가 이동하는 모습을 관찰할 수 있다(제2모드).
- [0059] 제1모드과 제2모드는 제어장치(200)에 의해 선택적 또는 순차적으로 수행될 수 있다. 제1모드와 제2모드의 선택적 수행에 의해 사용자가 원하는 상태를 반복 관찰할 수 있고, 순차적 수행에 의해 입력성형 전과 후를 대비 관찰할 수 있다.
- [0060] 그리고 제어장치(200)는 운동장치(100)의 작동 중 사용자의 정지조작 또는 예측 불가능한 오작동으로 인해 동작이 멈추었을 경우 크레인(110)을 작동 전 원위치로 복귀시키는 기능을 포함한다. 그리하여 예측 불가능한 오작동으로 인한 추가적인 기계손상을 방지할 수 있다.
- [0061] 이상과 같이 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 살펴보았으며, 앞서 설명된 실시예 이외에도 본 발명이 그 취지나 범주에서 벗어남이 없이 다른 특정 형태로 구체화될 수 있다는 사실은 해당 기술에 통상의 지식을 가진 이들에게는 자명한 것이다. 그러므로, 상술된 실시예는 제한적인 것이 아니라 예시적인 것으로 여겨져야 하고, 이에 따라 본 발명은 상술한 설명에 한정되지 않고 첨부된 청구항의 범주 및 그 동등 범위 내에서 변경될 수도 있다.

부호의 설명

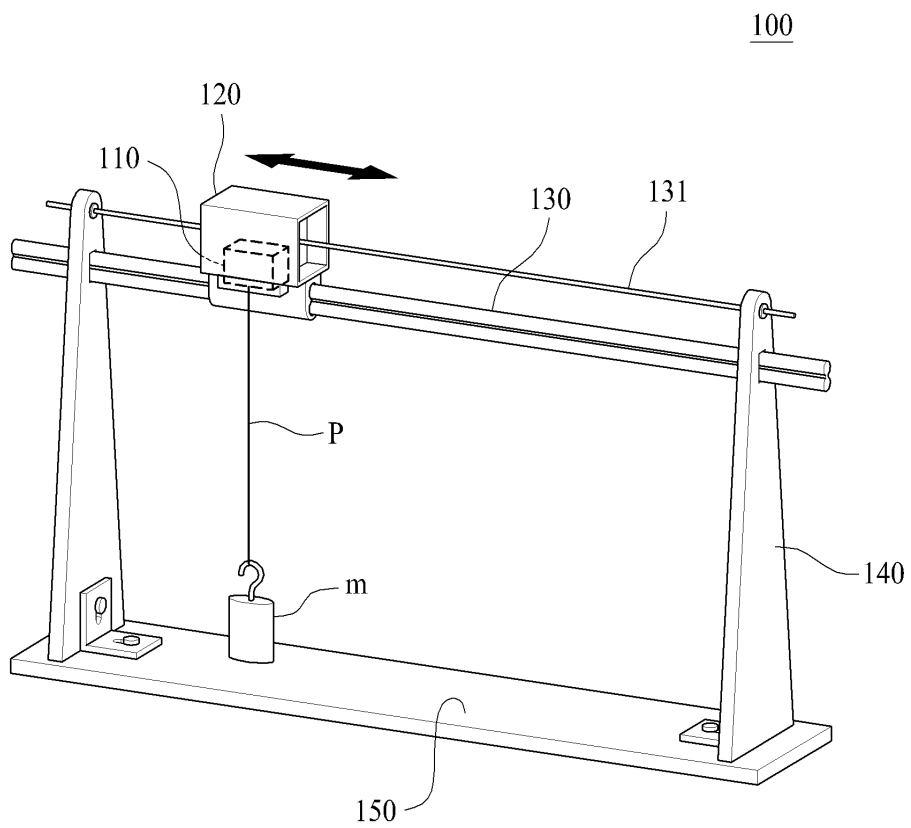
- [0063] 1: 교육장비
- 100: 운동장치 110: 크레인
- 120: 구동부 130: 가이드레일
- 131: 보조레일 140: 지지대
- 150: 지지판
- 200: 제어장치 210: 입력성형부
- p: 유연체 m: 질량체

도면

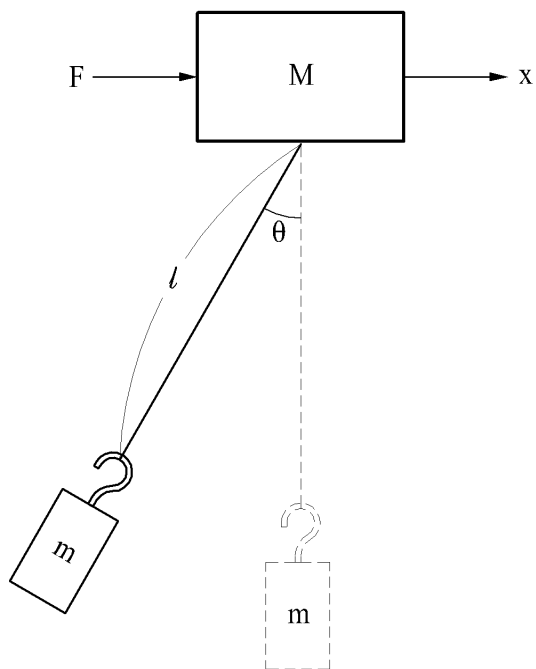
도면1



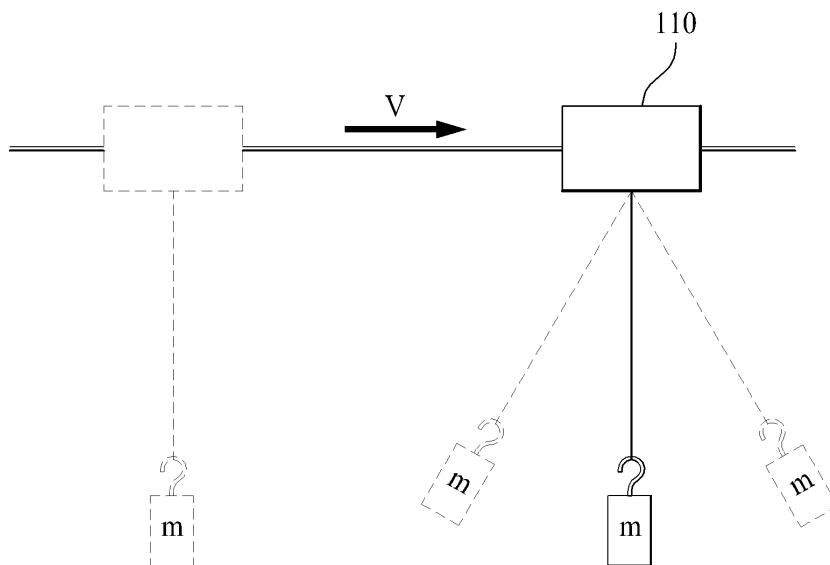
도면2



도면3



도면4



도면5

