



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년09월30일

(11) 등록번호 10-2711234

(24) 등록일자 2024년09월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01M 7/02 (2006.01) G01M 5/00 (2006.01)

(52) CPC특허분류
G01M 7/022 (2013.01)
G01M 5/0066 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2022-0001453

(22) 출원일자 2022년01월05일

심사청구일자 2022년01월05일

(65) 공개번호 10-2023-0105880

(43) 공개일자 2023년07월12일

(56) 선행기술조사문헌

김세희 외 한국항공우주학회지 제41권 제6호
2013.6

최재영 외 한국항공우주학회 2019 추계학술대회
논문집 2019.11

JP2005214244 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

한국항공우주산업 주식회사

경상남도 사천시 사남면 공단1로 78

(72) 발명자

이철호

경상남도 사천시 사남면 공단1로 78

이원석

경상남도 사천시 사남면 공단1로 78

(74) 대리인

특허법인 플러스

전체 청구항 수 : 총 13 항

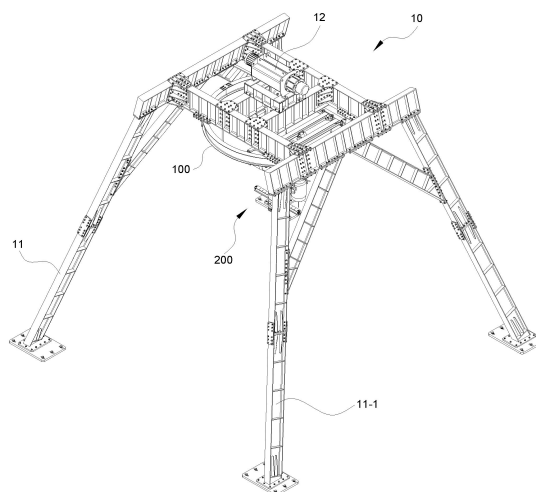
심사관 : 김창섭

(54) 발명의 명칭 유연지지 진동절연 장비를 포함하는 지상진동 시험 장치

(57) 요약

본 발명은 측정 주파수 범위 내에서 불필요한 진동 노이즈를 차단할 수 있는 진동절연 장비를 포함하는 지상진동 시험 장치에 관한 것으로, 회전익을 대체하는 더미모터, 대상 항공기를 유연지지 가능한 진동절연 장비, 가진장치 및 가진장치의 위치를 자유롭게 설정할 수 있는 레일장치 등을 포함할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01M 7/025 (2013.01)

G01M 7/027 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

회전익 주로터를 대체하는 더미로터가 설치된 항공기에 대한 지상진동 시험 장치에 있어서,

지면에 복수의 발로 지지되는 지지대;

상기 지지대 상부에서 지면 방향으로 연장되어 설치되며 지면과 이격되는 복수의 가진장치; 및

상기 지지대 상부와 지면 방향으로 연장된 케이블로 연결되고, 상기 더미로터와 케이블로 연결되고, 상기 더미로터에 가진 시 발생하는 진동노이즈를 감소시키는 진동절연 장비;를 포함하고,

상기 진동절연 장비는

내부 공기압 조절이 가능한 에어마운트,

상기 에어마운트 상부에 결합되는 제1 하판,

상기 에어마운트 하부에 결합되는 제2 상판,

상기 제1 하판과 이격된 상부에 위치하되 상기 제2 상판과 고정대로 결합되는 제1 상판, 및

상기 제2 상판과 이격된 하부에 위치하되 상기 제1 하판과 고정대로 결합되는 제2 하판을 포함하고,

상기 에어마운트는 복수의 벨로즈(Bellows)를 포함하고,

상기 에어마운트는 1% 이하의 전달률을 가지는 것을 특징으로 하고,

상기 전달률(TR)은 아래 수식을 따르는 것을 특징으로 하는 지상진동 시험 장치.

$$TR(\%) = \sqrt{\frac{1 + (2\zeta r)^2}{(1 - r^2)^2 + (2\zeta r)^2}}$$

(여기서,

TR : 상기 에어마운트의 전달률

ζ : 상기 에어마운트의 감쇠비

r : 상기 에어마운트의 고유진동수에 대한 가진주파수 비.)

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

회전익 주로터를 대체하는 더미로터가 설치된 항공기에 대한 지상진동 시험 장치에 있어서,

지면에 복수의 발로 지지되는 지지대;

상기 지지대 상부에서 지면 방향으로 연장되어 설치되되 지면과 이격되는 복수의 가진장치; 및

상기 지지대 상부와 지면 방향으로 연장된 케이블로 연결되고, 상기 더미로터와 케이블로 연결되고, 상기 더미로터에 가진 시 발생하는 진동노이즈를 감쇠시키는 진동절연 장비;

를 포함하고,

상기 지지대는 상부에 레일장치를 포함하며,

상기 레일 장치는 원형의 Z축회전레일,

상기 Z축회전레일에 결합되되 상기 Z축회전레일의 중심축을 기준으로 회전이 가능한 Y축레일, 및

상기 Y축레일에 결합되되 상기 Y축레일의 길이방향으로 직선운동이 가능한 X축레일

을 포함하는 것을 특징으로 하는 지상진동 시험 장치.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 Z축회전레일은 상기 Y축레일의 회전을 제한하는 스톱퍼를 포함하는 것을 특징으로 하는 지상진동 시험 장치.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 Y축레일은 상기 X축레일의 직선운동 경로 양끝단에 완충부를 포함하는 것을 특징으로 하는 지상진동 시험 장치.

청구항 8

제5항에 있어서,

상기 가진장치는 상기 X축레일에 결합되되 상기 X축레일의 길이방향으로 직선운동이 가능한 것을 특징으로 하는 지상진동 시험 장치.

청구항 9

제1항 또는 제8항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 가진장치는 지면에 대한 높이 조절이 가능한 높이조절부,

상기 높이조절부에 연장되어 설치되는 번지코드, 및

상기 번지코드에 연장되어 설치되는 가진기를 포함하는 것을 특징으로 하는 지상진동 시험 장치.

청구항 10

회전의 주로터를 대체하는 더미로터가 설치된 항공기에 대한 지상진동 시험 장치에 있어서,

지면에 복수의 발로 지지되는 지지대;

상기 지지대 상부에서 지면 방향으로 연장되어 설치되되 지면과 이격되는 복수의 가진장치; 및

상기 지지대 상부와 지면 방향으로 연장된 케이블로 연결되고, 상기 더미로터와 케이블로 연결되고, 상기 더미로터에 가진 시 발생하는 진동노이즈를 감쇠시키는 진동절연 장비;

를 포함하고,

상기 가진장치는 지면에 대한 높이 조절이 가능한 높이조절부,

상기 높이조절부에 연장되어 설치되는 번지코드, 및

상기 번지코드에 연장되어 설치되는 가진기를 포함하고,

상기 번지코드는 강성조절이 가능한 복수의 코드를 포함하는 것을 특징으로 하는 지상진동 시험 장치.

청구항 11

회전익 주로터를 대체하는 더미로터가 설치된 항공기에 대한 지상진동 시험 장치에 있어서,

지면에 복수의 발로 지지되는 지지대;

상기 지지대 상부에서 지면 방향으로 연장되어 설치되되 지면과 이격되는 복수의 가진장치; 및

상기 지지대 상부와 지면 방향으로 연장된 케이블로 연결되고, 상기 더미로터와 케이블로 연결되고, 상기 더미로터에 가진 시 발생하는 진동노이즈를 감쇠시키는 진동절연 장비;

를 포함하고,

상기 가진장치는 지면에 대한 높이 조절이 가능한 높이조절부,

상기 높이조절부에 연장되어 설치되는 번지코드, 및

상기 번지코드에 연장되어 설치되는 가진기를 포함하고,

상기 가진기는 상기 번지코드와 연결되고 상기 가진기를 지지하며 상기 가진기의 가진 방향을 전환할 수 있는 크래들을 포함하는 것을 특징으로 하는 지상진동시험 장치.

청구항 12

회전익 주로터를 대체하는 더미로터가 설치된 항공기에 대한 지상진동 시험 장치에 있어서,

지면에 복수의 발로 지지되는 지지대;

상기 지지대 상부에서 지면 방향으로 연장되어 설치되되 지면과 이격되는 복수의 가진장치; 및

상기 지지대 상부와 지면 방향으로 연장된 케이블로 연결되고, 상기 더미로터와 케이블로 연결되고, 상기 더미로터에 가진 시 발생하는 진동노이즈를 감쇠시키는 진동절연 장비;

를 포함하고,

상기 가진장치는 지면에 대한 높이 조절이 가능한 높이조절부,

상기 높이조절부에 연장되어 설치되는 번지코드, 및

상기 번지코드에 연장되어 설치되는 가진기를 포함하고,

상기 가진기는 중량 조절이 가능한 자중보완부를 포함하는 것을 특징으로 하는 지상진동 시험 장치.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 자중보완부는 상기 가진기 중량의 50%이상인 것을 특징으로 하는 지상진동 시험 장치.

청구항 14

제12항에 있어서,

상기 자중보완부는 상기 가진기의 중심축과 일치한 환형인 것을 특징으로 하는 지상진동 시험 장치.

청구항 15

제1항에 있어서,

상기 더미로터는 원통형의 수직더미 및 상기 수직더미에 결합되는 바 형태의 수평더미를 포함하는 것을 특징으로 하는 지상진동 시험 장치.

청구항 16

회전의 주로터를 대체하는 더미로터가 설치된 항공기에 대한 지상진동 시험 장치에 있어서,

지면에 복수의 발로 지지되는 지지대;

상기 지지대 상부에서 지면 방향으로 연장되어 설치되며 지면과 이격되는 복수의 가진장치; 및

상기 지지대 상부와 지면 방향으로 연장된 케이블로 연결되고, 상기 더미로터와 케이블로 연결되고, 상기 더미로터에 가진 시 발생하는 진동노이즈를 감쇠시키는 진동절연 장비;를 포함하고,

상기 더미로터는 원통형의 수직더미 및 상기 수직더미에 결합되는 바 형태의 수평더미를 포함하고,

상기 수직더미는 원주방향 및 수직방향으로 복수의 중앙가진점을 포함하고,

상기 수평더미는 적어도 하나 이상의 지면과 수직한 수직가진점 및 적어도 하나 이상의 지면과 수평한 수평가진점을 포함하는 것을 특징으로 하는 지상진동 시험 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 지상진동 시험 장치에 관한 것으로, 좀 더 상세하게는 측정 주파수 범위 내에서 불필요한 진동 노이즈를 차단할 수 있는 진동절연 장비를 포함하는 지상진동 시험 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 회전의 지상진동 시험은 헬기 개발 감항인증기준(TACC)에 요구되는 '회전익항공기는 지상 회전 시 위험한 진동이 발생하는 경향이 있어서는 안된다.'의 규정을 만족시키기 위한 초도비행시험을 수행하기 전 여러 비행안전(Safety of Flight, SOF) 관련 사항들을 입증하기 위한 방법들 중 하나이다.

[0003] 지상진동 시험은 비행 시험 전 지상에서 항공기의 모드 특성(고유주파수, 감쇠, 모드형상)을 파악하여 그 결과를 바탕으로 공탄성 해석에 사용되는 유한요소 모델을 보정하는 데에 주목적을 둔다.

[0004] 종래에는 구조물 진동시험도 경계조건(Boundary Condition)을 비행 시 주위환경과 유사한 자유경계조건(Free-Free Boundary Condition)으로 설정하고, 번지코드 또는 스프링조합을 구성하거나, 근래와 같이 에어백, 유연지지장치(soft Suspension System) 등을 활용하고 있다. 하지만 종래의 방법들은 자유경계조건에서 대상 구조물의 상태에 따라 변하는 최소/최대 중량의 강제모드 주파수와 최저 탄성모드 주파수를 분리하는 것이 어렵고, 지상진동 시험의 측정 주파수 범위 내에서 분석된 측정 자료의 품질이 떨어지는 문제점이 있었다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0005] (특허문헌 0001) 한국등록특허공보 제10-1833671호 ("항공기 지상진동시험용 서스펜션 시스템 및 그 방법", 등록일 2018.02.22.)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0006] 본 발명은 상기한 문제점을 해결하기 위해 고안된 것으로, 본 발명의 목적은 지상진동 시험에 요구되는 데이터 측정범위 내에서 불필요한 노이즈를 차단시키는 것이다.
- [0007] 또한, 본 발명의 목적은 대상 항공기를 지상으로부터 일정한 높이를 유지한 자유경계조건에서 지상진동 시험이 요구하는 유연한 상태의 경계조건을 제공하는 것이다.
- [0008] 또한, 본 발명의 목적은 대상 항공기의 운용상황에 따른 최대/최소 하중에 따른 고유진동수로 설계된 진동절연 장비를 제공하는 것이다.
- [0009] 또한, 본 발명의 목적은 더미로터에 대하여 필요한 방향과 위치에 가진이 가능한 가진장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0010] 본 발명은 측정 주파수 범위 내에서 유연지지를 함과 동시에 불필요한 진동 노이즈를 차단할 수 있고, 자유로운 가진방향 및 가진위치를 설정하기 위한 것으로, 회전익 주로터를 대체하는 더미로터가 설치된 항공기에 대한 지상진동 시험 장치에 있어서, 지면에 복수의 발로 지지되는 지지대; 상기 지지대 상부에서 지면 방향으로 연장되어 설치되며 지면과 이격되는 복수의 가진장치; 및 상기 지지대 상부와 지면 방향으로 연장된 케이블로 연결되고, 상기 더미로터와 케이블로 연결되고, 상기 더미로터에 가진 시 발생하는 진동노이즈를 감쇠시키는 진동절연 장비;를 포함할 수 있다.
- [0011] 또한, 상기 진동절연 장비는 내부 공기압 조절이 가능한 에어마운트, 상기 에어마운트 상부에 결합되는 제1 하판, 상기 에어마운트 하부에 결합되는 제2 상판, 상기 제1 하판과 이격된 상부에 위치하되 상기 제2 상판과 고정대로 결합되는 제1 상판, 및 상기 제2 상판과 이격된 하부에 위치하되 상기 제1 하판과 고정대로 결합되는 제2 하판을 포함할 수 있다.
- [0012] 또한, 상기 에어마운트는 복수의 벨로즈(Bellows)를 포함할 수 있다.
- [0013] 또한, 상기 에어마운트는 1% 이하의 전달률을 가지는 것을 특징으로 하고, 상기 전달률(TR)은 아래 수식을 따를 수 있다.

$$TR(\%) = \sqrt{\frac{1 + (2\zeta r)^2}{(1 - r^2)^2 + (2\zeta r)^2}}$$

[0014]

[0015] (여기서,

[0016] TR : 상기 에어마운트의 전달률

[0017] ζ : 상기 에어마운트의 감쇠비

[0018] r : 상기 에어마운트의 고유진동수에 대한 가진주파수 비.)

[0019] 또한, 상기 지지대는 상부에 레일장치를 포함하며, 상기 레일 장치는 원형의 Z축회전레일, 상기 Z축회전레일에 결합되며 상기 Z축회전레일의 중심축을 기준으로 회전이 가능한 Y축레일, 및 상기 Y축레일에 결합되며 상기 Y축레일의 길이방향으로 직선운동이 가능한 X축레일을 포함할 수 있다.

[0020] 또한, 상기 Z축회전레일은 상기 Y축레일의 회전을 제한하는 스톱퍼를 포함할 수 있다.

[0021] 또한, 상기 Y축레일은 상기 X축레일의 직선운동 경로 양끝단에 완충부를 포함할 수 있다.

- [0022] 또한, 상기 가진장치는 상기 X축레일에 결합되되 상기 X축레일의 길이방향으로 직선운동이 가능할 수 있다.
- [0023] 또한, 상기 가진장치는 지면에 대한 높이 조절이 가능한 높이조절부, 상기 높이조절부에 연장되어 설치되는 변지코드, 및 상기 변지코드에 연장되어 설치되는 가진기를 포함할 수 있다.
- [0024] 또한, 상기 변지코드는 강성조절이 가능한 복수의 코드를 포함할 수 있다.
- [0025] 또한, 상기 가진기는 상기 변지코드와 연결되고 상기 가진기를 지지하며 상기 가진기의 가진 방향을 전환할 수 있는 크래들을 포함할 수 있다.
- [0026] 또한, 상기 가진기는 중량 조절이 가능한 자중보완부를 포함할 수 있다.
- [0027] 또한, 상기 자중보완부는 상기 가진기 중량의 50%이상일 수 있다.
- [0028] 또한, 상기 자중보완부는 상기 가진기의 중심축과 일치한 환형일 수 있다.
- [0029] 또한, 상기 더미로터는 원통형의 수직더미 및 상기 수직더미에 결합되는 바 형태의 수평더미를 포함할 수 있다.
- [0030] 또한, 상기 수직더미는 원주방향 및 수직방향으로 복수의 중앙가진점을 포함하고, 상기 수평더미는 적어도 하나 이상의 지면과 수직한 수직가진점 및 적어도 하나 이상의 지면과 수평한 수평가진점을 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0031] 본 발명의 지상진동 시험 장치는 지상진동 시험에서 불필요한 진동 노이즈를 차단할 수 있다.
- [0032] 또한, 본 발명의 지상진동 시험 장치는 유연한 경계조건의 시험환경을 제공할 수 있다.
- [0033] 또한, 본 발명의 지상진동 시험 장치는 대상 항공기의 운용상황에 따른 최소/최대 중량에 따라 대응이 가능하다.
- [0034] 또한, 본 발명의 지상진동 시험 장치는 회전익에 대하여 자유로운 가진방향 및 가진위치를 설정할 수 있다.
- [0035] 또한, 본 발명의 지상진동 시험 장치는 고중량의 가진스탠드가 불필요하여 체적효율이 높은 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

- [0036] 도 1은 본 발명에 따른 지상진동 시험 장치의 사시도
- 도 2는 본 발명에 따른 레일장치의 사시도
- 도 3은 본 발명에 따른 레일장치의 확대도
- 도 4는 본 발명에 따른 지상진동 시험 장치의 단면도
- 도 5는 본 발명에 따른 진동절연 장비의 사시도 및 확대도
- 도 6은 본 발명에 따른 진동절연 장비의 전달율 그래프
- 도 7은 본 발명에 따른 더미로터의 사시도 및 확대도
- 도 8은 본 발명에 따른 가진장치의 측면도
- 도 9는 본 발명에 따른 변지코드의 측면도
- 도 10은 본 발명의 작동 예에 따른 가진장치의 측면도
- 도 11은 본 발명의 시험 예에 따른 지상진동 시험 장치의 확대도
- 도 12는 본 발명의 다른 시험 예에 따른 지상진동 시험 장치의 확대도

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0037] 이하, 본 발명의 기술적 사상을 첨부된 도면을 사용하여 더욱 구체적으로 설명한다. 이에 앞서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정 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. 따라서 본 명세서에 기재된 실시예와

도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 일실시예에 불과할 뿐이고 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 변형 예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다.

- [0038] 본 발명에 따른 지상진동 시험 장치(10)는 지상진동 시험에 요구되는 데이터 측정범위 내에서 불필요한 노이즈를 차단시켜 데이터를 안정적으로 측정하기 위한 것을 목적으로, 자유경계조건의 대상 항공기의 수직방향 진동 전달율을 최소화하고 유연지지가 가능한 진동절연 장비(300)를 포함한다.
- [0039] 도 1은 본 발명에 따른 지상진동 시험 장치(10)의 모습을 나타낸 것으로, 본 발명에 따른 지상진동 시험 장치(10)는 지지대(11), 레일장치(100), 가진장치(200) 및 크레인장치(12)를 포함할 수 있다.
- [0040] 좀 더 상세하게 설명하자면 본 발명에 따른 지상진동 시험 장치(10)는 복수의 발이 지면에 지지되는 지지대(11)를 포함한다. 상기 지지대(11)의 상부에는 대상 항공기를 지면과 수직한 방향으로 일정 높이 들어 올려 자유경계조건으로 만들고 진동절연 장비(300)가 연결되는 크레인장치(12)를 포함하며, 가진장치(200)의 수평 위치조작을 위한 레일장치(100)를 포함할 수 있다. 이때, 상기 지지대는 조작부(11-1)를 구비할 수 있다. 상기 조작부(11-1)는 상기 크레인장치(12), 레일장치(100) 및 가진장치(200)의 위치를 조작하기 위한 컨트롤패널 및 진동절연 장비(300)에 공기주입을 위한 레귤레이터 등을 포함할 수 있으며, 사용자의 손이 닿는 지지대(11) 하부에 구비될 수 있다.
- [0041] 도 2는 본 발명에 따른 지상진동 시험 장치(10)의 레일장치(100)를 확대하여 나타낸 모습으로, 상기 레일장치(100)는 상기 가진장치(200)의 수평 위치 조작을 위해 Z축회전레일(110), Y축레일(120) 및 X축레일(130)을 포함할 수 있다.
- [0042] 좀 더 상세하게 설명하자면, 상기 Z축회전레일(110)은 도시된 바와 같이, 상기 지지대(11) 상부에 결합될 수 있다. 상기 Z축회전레일(110)은 원형의 형태인 것이 바람직하다. 상기 Y축레일(120)은 상기 Z축회전레일(110)에 결합되어 회전될 수 있다. 일례로, 상기 Z축회전레일(110)은 단면이 I형태의 레일로, 지면과 수직한 환형의 벽을 형성하여 상기 Y축레일(120)의 휠이 수직한 환형의 벽을 따라 360도 회전이 가능할 수 있다. 또한, 상기 Z축회전레일(110)의 수직한 벽 상단부 또는 하단부에서 연장되어 돌출된 지면과 수평한 벽을 형성하여 상기 Y축레일(120) 휠이 수평한 벽을 따라 360도 회전이 가능할 수 있다.
- [0043] 상기 Y축레일(120)은 4개의 직선 프레임이 사각 형태로 결합된 형상일 수 있으며, Y축에 평행한 한 쌍의 프레임은 직선형 레일을 형성할 수 있다. 상기 X축레일(130)은 상기 Y축레일(120)에 결합되어 직선운동이 가능할 수 있다. 일례로, 상기 Y축레일(120)은 단면이 I형태의 레일로, 지면과 수직한 벽을 형성하고 상단부 또는 하단부에 연장되어 돌출된 지면과 수평한 벽을 형성할 수 있다. 상기 X축레일(130)의 길이방향 양끝단에 위치한 휠은 각각 상기 Y축레일(120)의 상단부 또는 하단부 중 적어도 한 곳의 수평한 벽에 결합되어 직선운동이 가능할 수 있다.
- [0044] 상기 X축레일(130)은 상기 Y축레일(120)에 결합되어 직선운동이 가능할 수 있다. 상기 X축레일(130)에는 가진장치(200)가 결합되어 직선운동이 가능할 수 있다. 일례로, 상기 X축레일(130)은 단면이 I형태의 레일로, 지면과 수직한 벽을 형성하고 상단부 또는 하단부에 연장되어 돌출된 지면과 수평한 벽을 형성할 수 있다. 상기 가진장치(200)의 휠은 각각 상기 X축레일(130)의 상단부 또는 하단부 중 적어도 한 곳의 수평한 벽에 결합되어 직선운동이 가능할 수 있다.
- [0045] 이때, 상기 Z축회전레일(110)은 도 3에 도시된 바와 같이 상기 Y축레일(120)과 간섭하여 상기 Y축레일(120)의 회전각도를 제한하거나 회전력을 완충하기 위하여 적어도 하나 이상의 스토퍼(112)를 포함할 수 있다. 일례로, 상기 스토퍼(112)는 상기 Y축레일(120)의 회전각도를 90도로 제한하여, 필요한 회전 범위를 제공하되, 기타 다른 장비들이 서로 간섭하는 것을 방지할 수 있다.
- [0046] 또한, 상기 Y축레일(120)은 상기 X축레일(130)과 간섭하여 상기 X축레일(130)이 상기 Y축레일(120)의 프레임과 충돌하지 않도록 완충하기 위하여 적어도 하나 이상의 완충부(121)를 포함할 수 있다.
- [0047] 또한, 상기 Z축회전레일(110)은 상기 지지대(11) 상부 크레인장치(12) 등의 구조물을 이격시키며 체결할 수 있는 복수의 체결부(111)를 포함할 수 있다.
- [0048] 도 4는 본 발명에 따른 지상진동 시험 장치(10)의 구성을 나타낸 것으로, 본 발명에 따른 지상진동 시험 장치(10)는 가진장치(200), 진동절연 장비(300) 및 더미로터(400) 등을 포함할 수 있다.
- [0049] 좀 더 상세하게 설명하자면, 본 발명에 따른 지상진동 시험 장치(10)는 대상 항공기를 일정높이 들어 올리는 방

식으로 대상 항공기를 자유경계조건에 놓고 시험을 진행해야 한다. 이를 위해 본 발명에 따른 지상진동 시험 장치(10)는 상기 크레인장치(12)에 대상 항공기의 회전익을 케이블을 통해 연결하여 들어 올리는 방법을 선택할 수 있다. 본 발명에 따른 지상진동 시험 장치(10)는 상기 크레인장치(12)에 대상 항공기의 회전익을 대체하는 더미로터(400)를 연결할 수 있다. 상기 더미로터(400)는 상기 크레인장치(12)로부터 호이스팅 케이블(13)로 연결될 수 있다. 이때, 대상 항공기가 자유경계조건에 놓이면서 발생하는 수직 진동 노이즈를 제거할 수 있는 진동절연 장비(300)가 상기 크레인장치(12)와 상기 더미로터(400) 사이에 구비될 수 있다.

[0050] 또한, 본 발명에 따른 지상진동 시험 장치(10)는 상기 더미로터(400)에 다양한 형태의 진동을 가하기 위해 위치조정이 자유로운 가진장치(200)를 포함할 수 있다. 상기 가진장치(200)는 높이조절부(230), 번지코드(220) 및 가진기(210)가 직렬로 연결되어 구성될 수 있다.

[0051] 상기 가진장치(200)는 도 2에서 상술한 바와 같이 상기 레일장치(100)를 통해 회전 및 수평방향의 위치조절이 자유로울 수 있다. 또한, 상기 가진장치(200)는 높이조절부(230)를 통해 지면과 수직인 방향의 높이 조절이 자유로울 수 있다. 또한, 상기 가진장치(200)는 강성조절을 통해 가진기(210)의 자중에 따른 진동 절연이 가능한 번지코드(220)를 포함할 수 있다.

[0052] 상기 가진기(210)는 사인(Sinusoid)신호나 랜덤(Random)신호로 대상 항공기를 가진할 뿐 아니라 상기 지지대(11)의 상부 쪽으로 신호를 준다. 이어, 그 신호가 다시 변형되어 대상 항공기로 전달되는 형태로 측정에 필요한 진동신호에 노이즈가 될 수 있다. 이에 따라 본 발명에 따른 지상진동 시험 장치(10)는 유연지지가 가능한 진동절연 장비(300)를 포함한다. 상기 진동절연 장비(300)는 유연지지됨에 따라 직접적으로 전달되는 진동 또는 되돌아오는 진동 노이즈를 절연시키고, 특정 주파수 이상의 진동의 경우 서서히 전달율이 감소되어 대상 항공기 쪽으로 진동 노이즈가 전달되지 않는 것이 특징이다.

[0053] 도 5는 본 발명에 따른 지상진동 시험 장치(10)의 진동절연 장비(300)를 확대하여 나타낸 모습으로, 상술한 바와 같이 상기 크레인장치(12)와 상기 더미로터(400)가 연결된 사이에 구비되어 수직방향의 진동 노이즈를 절연하는 역할을 한다. 상기 진동절연 장비(300)는 에어마운트(310)를 포함한다. 상기 에어마운트(310)는 공기스프링의 일종으로 주름진 벨로즈(Bellows) 포함하는 형태일 수 있고, 일정한 크기의 체적과 단면적을 가지는 공기 주머니 형태로 구성되어 상하방향으로 작용하는 하중에 대하여 상기 에어마운트(310)가 양방향으로 압축되면서 지지가 된다.

[0054] 상기 에어마운트(310)는 상술한 유연지지를 위한 복수의 판과 복수의 고정대(302)를 포함한다. 좀 더 상세하게 설명하자면, 상기 에어마운트(310)는 제1 상판(320), 제1 하판(330), 제2 상판(340), 제2 하판(350) 및 이를 연결하는 고정대(302)를 포함할 수 있다. 상기 제1 상판(320)은 상기 에어마운트(310)의 하부와 결합된 상기 제2 상판(340)과 복수의 고정대(302)로 결합될 수 있다. 상기 제1 상판(320)은 상부에 호이스팅 케이블(13)이 연결되어 상기 크레인장치(12)와 연결될 수 있다. 상기 제1 하판(330)은 상기 에어마운트(310)와 결합되고, 상기 제2 하판(350)과 복수의 고정대(302)로 결합될 수 있다. 상기 제2 하판(350)은 하부에 호이스팅 케이블(13)이 연결되어 상기 더미로터(400)와 연결될 수 있다.

[0055] 상기 에어마운트(310)의 모델링은 일정한 체적의 강성 챔버와 내부 공기를 스프링으로 이상화시키고, 공기를 이상기체로 가정하는 경우, 아래와 같은 운동방정식을 따를 수 있다.

$$\frac{PA}{g} \ddot{x} + \frac{nPA^2}{V} \dot{x} = 0$$

[0057] 스프링 계수(k)는 유효 다면적(A)에 비례하고 강성 챔버의 체적(V)은 반비례 관계이기 때문에 상기 에어마운트(310)의 고유진동수(f_{eq})는 체적이 증가하면 낮아진다.

$$k = \frac{nPA^2}{V}$$

$$k \propto \frac{1}{V}$$

$$f_{eq} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{nAg}{V}}$$

- [0061] 상기 에어마운트(310)는 대상 항공기를 인상시키기 위해 공기압 조절이 필요한데, 이를 위해 상기 에어마운트(310)는 공기 유입 관로와 연결되는 유입구 및 차단밸브를 포함할 수 있다. 상기 유입구는 압축공기가 유입되는 관로와 연결될 수 있다. 상기 차단밸브는 상기 유입구에서 대상 항공기와 같은 중량을 지지할 수 있을 때 까지 열려있는 상태로 유지되고, 상기 에어마운트(310)가 일정한 높이를 유지하며 대상 항공기를 지탱하는 하중이 같아지면 닫히게 될 수 있다.
- [0062] 지상진동 시험은 대상 항공기의 자체 중량 또는 최대이륙중량 2가지 중량 조건에 대해서 수행된다. 이때, 상기 에어마운트(310)의 고유진동수는 4헤르츠 이하의 가능한 낮은 주파수를 얻을 수 있도록 설계하는 것이 바람직하다.
- [0063] 상기 에어마운트(310)의 설계 일 예로, 상기 에어마운트(310)는 높이 약 240mm, 최소직경 약 228.5mm, 벨로즈 직경 약 350mm로 설계되어, 최대 압력을 적용할 때 0.8MPa에서 7600kg을 지지할 수 있으며, 이때 늘어나는 최대 직경은 약 440mm가 될 수 있다. 이때, 대상 항공기의 자체 중량을 약 3592kg, 최대이륙중량을 약 4920kg으로 실험했을 때, 대상 항공기를 유연지지장비로 유지할 때 측정되는 강체 고유진동수는 자체 중량에서 게이지압력 0.4MPa에 약 1.58헤르츠이고, 최대이륙중량에서 게이지압력 0.6MPa에 약 1.52헤르츠가 측정된다.
- [0064] 도 6을 참조하면, 상기 에어마운트(310)에 작용하는 압력이 일정하게 유지될 때 상기 에어마운트(310)의 높이가 줄어들면 체적은 감소하고 작용하중과 유효단면적은 증가하게 된다. 상기 에어마운트(310)는 절연작용으로 진동이 감소되는데 고유진동수에서 피크가 나타나고 이후 진동은 서서히 감소하기 시작한다. 도 6에 도시된 바와 같이, 진동수비(r)는 상기 에어마운트(310)의 고유진동수(f_{eq})에 대한 가진주파수(f_j)비를 나타내고 상기 에어마운트(310)의 절연으로 저감되는 진동의 크기는 다음과 같은 전달율(TR, Transmissibility Ratio)로 표시할 수 있다.
- $$TR(\%) = \sqrt{\frac{1 + (2\zeta r)^2}{(1 - r^2)^2 + (2\zeta r)^2}}$$
- [0065]
- [0066] %Isolation=100-%Transmissibility Ratio
- [0067] 고유진동수의 피크는 감쇠의 영향으로 크기가 감소하기 때문에 여기서는 상기 진동절연 장비(300)의 감쇠비(ζ)를 10%미만으로 적용한다. 상기 에어마운트(310)의 고유진동수가 1.58헤르츠이고 감쇠비를 5%와 10%를 적용하여 비교할 때, 절연시작 구간에서 전달율(감쇠비5%일 때 전달율0.99%, 감쇠비10%일 때 전달율1.03%) 및 절연율(감쇠비5%일 때 절연율99.01%, 감쇠비10%일 때 절연율98.07%)을 비교하면 감쇠비가 낮은 쪽이 유리한 것을 알 수 있다. 지상진동 시험에서 측정범위가 5헤르츠 이상이므로 감쇠비가 작은 경우가 진동응답이 적기 때문에 5%의 감쇠비를 적용할 수 있다.
- [0068] 도 7은 본 발명에 따른 지상진동 시험 장치(10)의 더미로터(400)를 나타낸 것으로, 상기 더미로터(400)는 대상 항공기의 회전익을 대체하기 위한 더미이다. 상기 더미로터(400)는 대상 항공기의 블레이드, 슬리브, 돔페어링, 리드-레그 댐퍼, 스페리컬 베어링 및 피치로더 등을 제거하고 제거된 부품의 무게를 고려하여 설계될 수 있다. 상기 더미로터(400)는 다양한 방향의 가진이 가능하도록 설계되어야 한다. 이에 따라 상기 더미로터(400)는 도시된 바와 같이 원통형의 수직더미(410) 및 상기 수직더미(410)에 관통하는 수평더미(420)를 포함할 수 있다. 상기 수직더미(410)는 원주 방향 및 수직 방향으로 복수의 중앙가진점(411)을 포함할 수 있다. 또한, 상기 수평더미(420)는 지면과 수평한 방향의 적어도 하나 이상의 수평가진점(422) 및 수직가진점(421)을 포함할 수 있다.
- [0069] 도 8은 본 발명에 따른 지상진동 시험 장치(10)의 가진장치(200)를 나타낸 모습으로, 상기 가진장치(200)는 가진기(210), 번지코드(220) 및 높이조절부(230)를 포함할 수 있다.
- [0070] 상기 가진기(210)는 상기 더미로터(400)에 직접 진동을 가하기 위한 구성으로, 상기 가진기(210)는 상기 번지코드(220)와 결합되고 가진기(210)를 지탱하는 크래들(211), 상기 가진기(210)의 자중을 늘려줄 수 있는 자중보완부(212) 및 상기 더미로터(400)의 가진점에 직접 진동을 가하는 전달부(213)를 포함할 수 있다.
- [0071] 이때, 상기 크래들(211)은 고정/해제가 가능한 힌지(211-1)를 포함하여, 상기 가진기(210)의 각도 조절이 가능할 수 있다.
- [0072] 또한, 상기 가진기(210)의 중량이 충분히 큰 경우 상기 번지코드(220)의 강성 조절을 통해 저주파수 측정에서도 충분히 측정에 필요한 진동을 전달할 수 있다. 이에 따라 상기 자중보완부(212)는 가진기(210)의 중량의 50% 이

상으로 설정하고, 상기 가진기(210)의 중심축과 일치하되 환형으로 형성될 수 있다.

- [0073] 상기 가진장치(200)는 높이조절부(230)를 포함할 수 있다. 상기 높이조절부(230)는 상기 변지코드(220)와 연결되어 상기 가진장치(200) 전체의 높이를 조절하여 상기 더미로터(400)에 대한 가진위치를 설정하는 역할을 할 수 있다. 이에 따라 상기 레일장치(100)와의 조합을 통해 상기 가진장치(200)의 위치설정이 자유로워질 수 있다. 상기 높이조절부(230)는 일예로, 도시된 바와 같이 도르래 방식을 통해 높이조절을 수행할 수 있다.
- [0074] 가진장치(200) 설치는 지상에서 스탠드로 고정하거나 변지코드(220) 등으로 유연하게 절연한 Seismic형태로 고정할 수 있다. 가진장치(200)를 스탠드로 고정하는 경우 더미로터(400)의 위치로 가진하기 위해서는 큰 가진 스탠드가 요구되는 것이 일반적인데, 이 경우 스탠드의 고유진동수가 측정범위 내에 존재할 가능성이 높아 상대적으로 큰 구조물에서 강성을 충분히 확보하지 못하는 문제점이 있다. 이에 따라 본 발명에 따른 지상진동 시험장치(10)는 변지코드(220)를 매다는 방식을 채택할 수 있다.
- [0075] 도 9는 상기 변지코드(220)를 확대하여 나타낸 것이다. 상기 변지코드(220)는 강성조절을 위한 것으로, 도시된 바와 같이 복수의 코드(221)를 감은 형태로 형성될 수 있다. 상기 변지코드(220)는 복수의 코드(221)를 코드거치부(222)에 감고 코드고정부(223)로 누르는 형태로 고정할 수 있다. 상기 변지코드(220)의 양 끝단에는 연결부(224)가 위치하여 상기 높이조절부(230) 및 상기 가진장치(200) 사이에 설치될 수 있다.
- [0076] 도 10은 상기 가진장치(200)의 수평 및 수직 가진방향을 설정한 모습을 각각 나타낸 것으로, 상기 가진장치(200)는 상기 크래들(211) 및 상기 힌지(211-1)를 포함하여 수평, 수직 및 회전으로 가진방향을 전환할 수 있다. 일예로, 도시된 바와 같이 상기 힌지(211-1)에 고정 레버를 포함하는 방식으로 고정 및 해제 전환을 수행할 수 있다.
- [0077] 도 11 내지 도 12는 상기 가진장치(200)의 방향 전환을 통해 다양한 시험 예를 나타낸 것으로, 상기 가진장치(200)는 상기 레일장치(100), 상기 높이조절부(230) 및 상기 크래들(211) 등으로 상기 더미로터(400)의 수평가진점(422), 수직가진점(421) 및 중앙가진점(411) 등 다양한 지상진동 시험이 가능할 수 있다. 본 발명에 따른 지상진동 시험은 도면에 도시된 시험 예에 한정되지 않고, 통상의 기술자에게 자명한 범위 내에서 다양한 시험 예를 포함할 수 있다.

부호의 설명

- | | | |
|--------|-----------------|---------------|
| [0078] | 10 : 지상진동 시험 장치 | |
| | 11 : 지지대 | 11-1 : 조작부 |
| | 12 : 크레인장치 | 13 : 호이스팅 케이블 |
| | 100 : 레일장치 | |
| | 110 : Z축회전레일 | 111 : 체결부 |
| | 112 : 스톱퍼 | |
| | 120 : Y축레일 | 121 : 완충부 |
| | 130 : X축레일 | |
| | 200 : 가진장치 | |
| | 210 : 가진기 | 211 : 크래들 |
| | 211-1 : 힌지 | |
| | 212 : 자중보완부 | 213 : 전달부 |
| | 220 : 번지코드 | 221 : 코드 |
| | 222 : 코드거치부 | 223 : 코드고정부 |
| | 224 : 연결부 | |
| | 230 : 높이조절부 | |

- 300 : 진동절연 장비
- 301 : 고정구

302 : 고정대
- 310 : 에어마운트
- 320 : 제1 상판

330 : 제1 하판
- 340 : 제2 상판

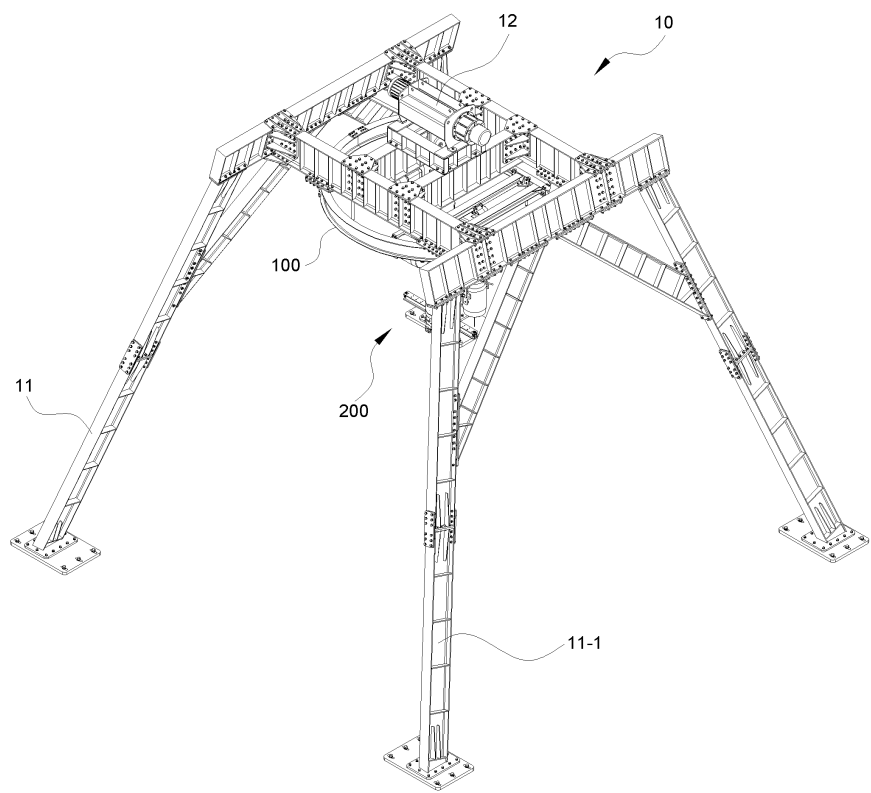
350 : 제2 하판
- 400 : 더미로터
- 410 : 수직더미

411 : 중앙가진점
- 420 : 수평더미

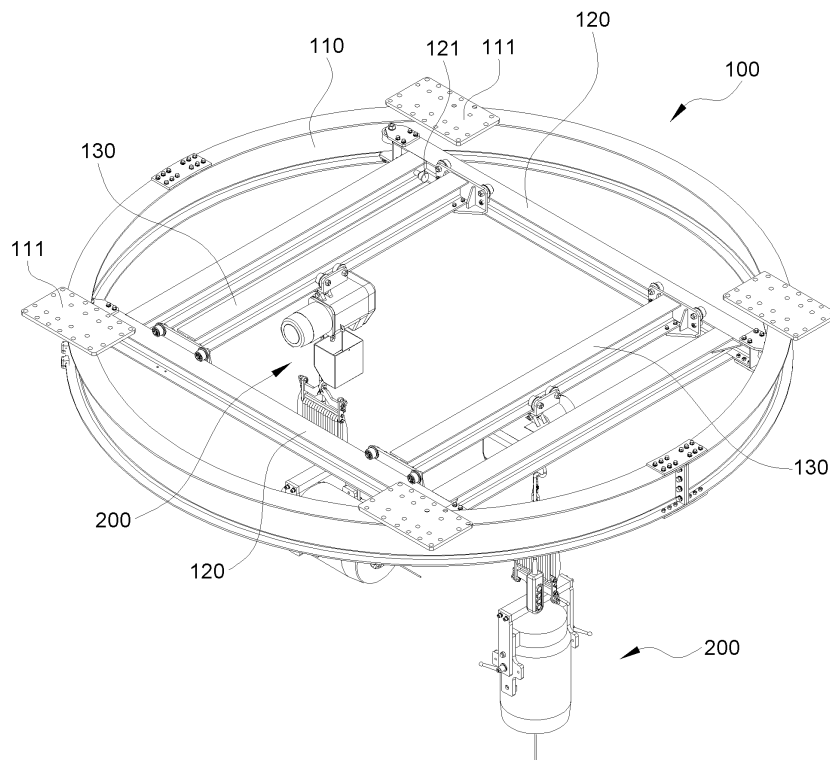
421 : 수직가진점
- 422 : 수평가진점

도면

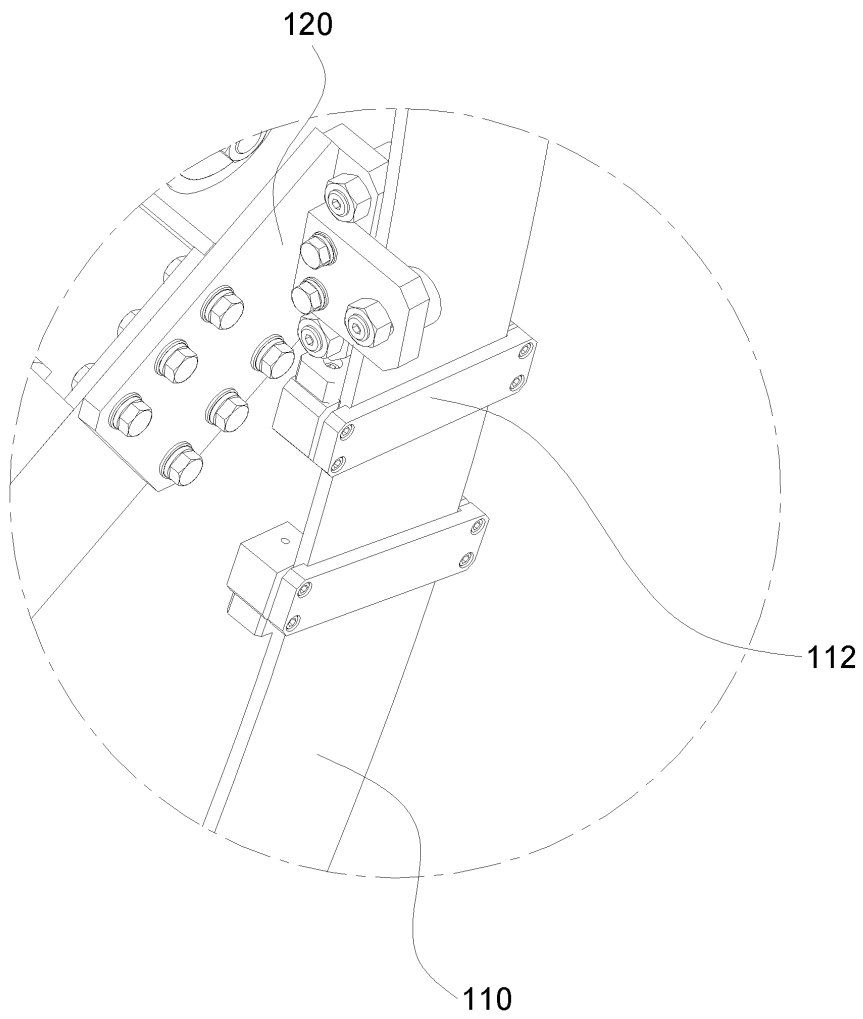
도면1



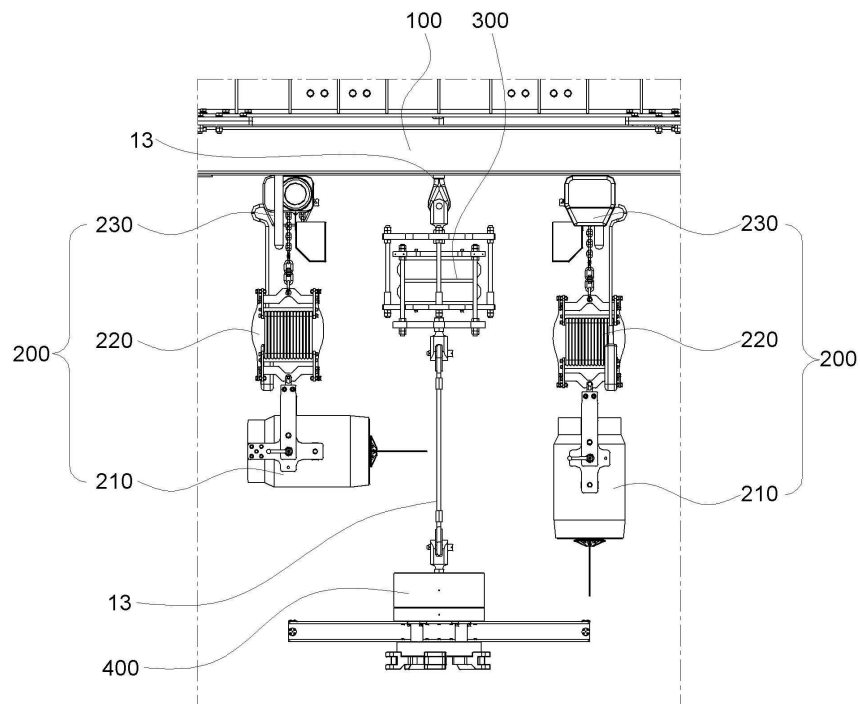
도면2



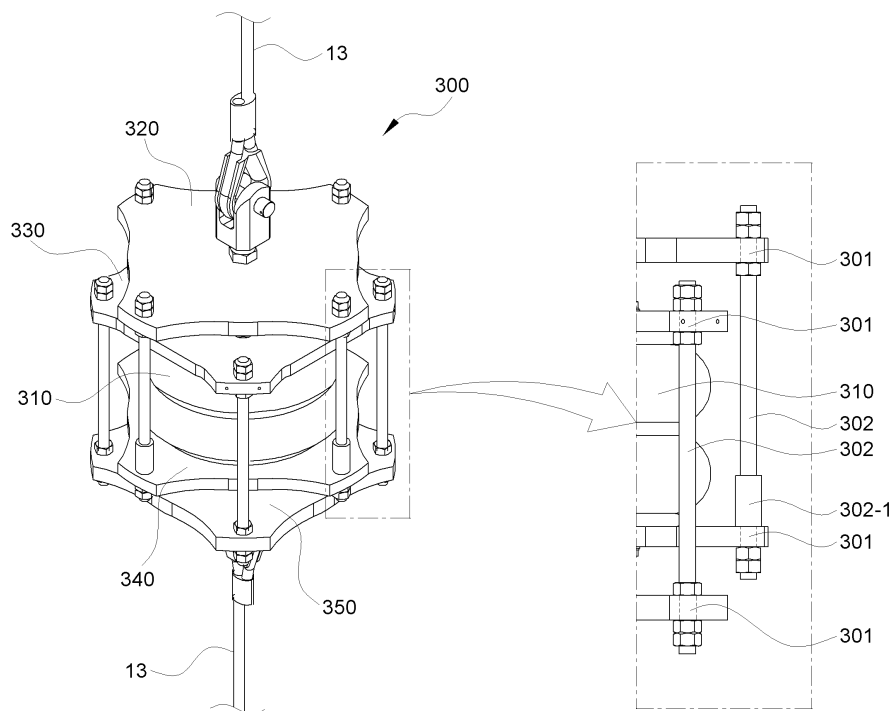
도면3



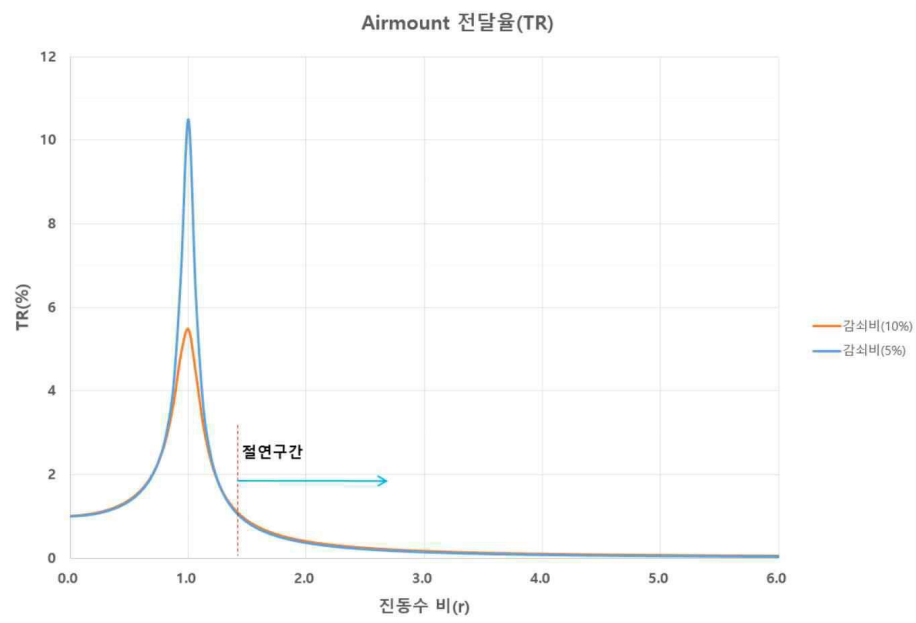
도면4



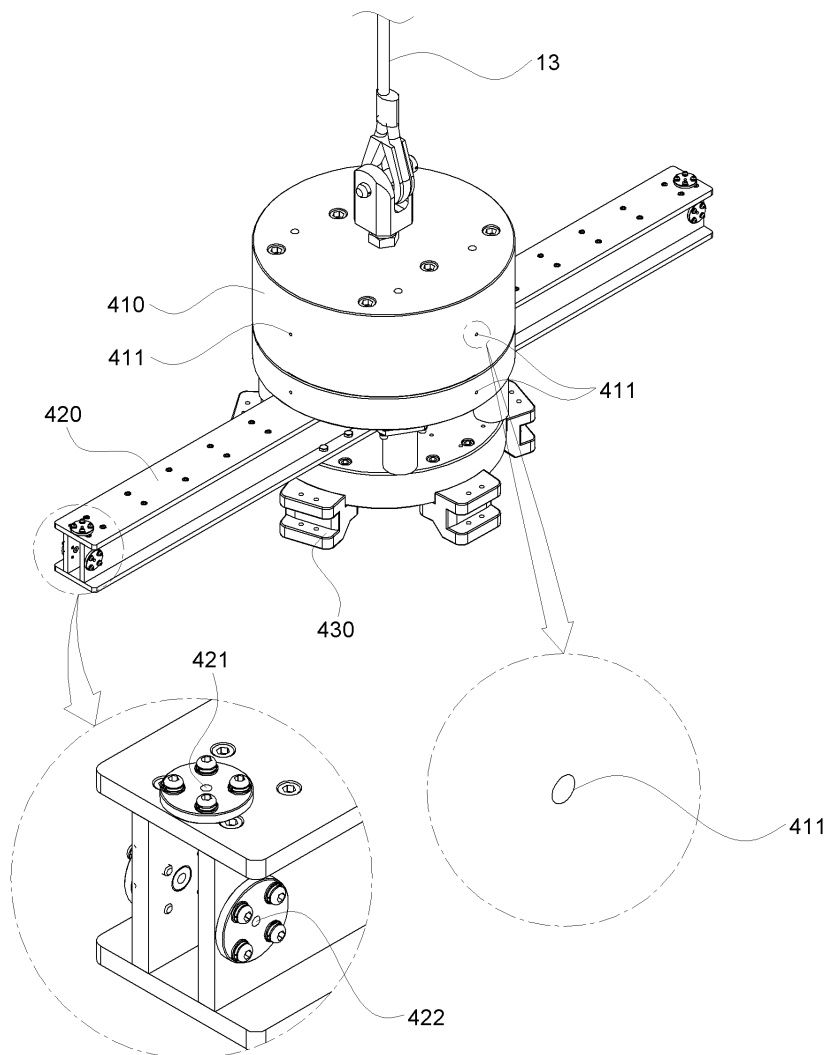
도면5



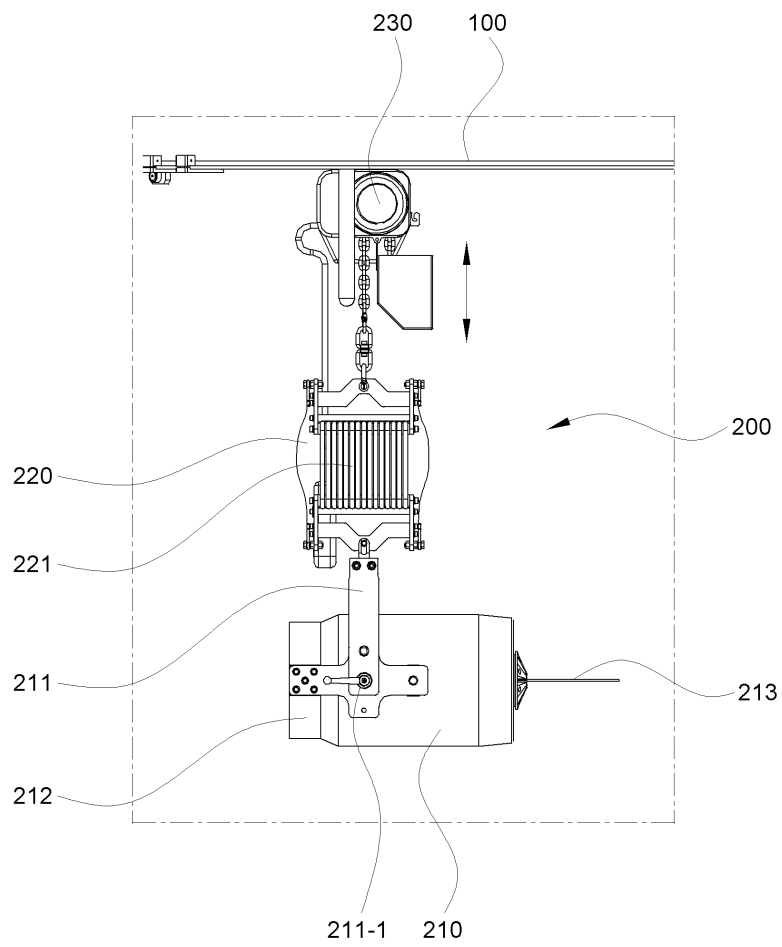
도면6



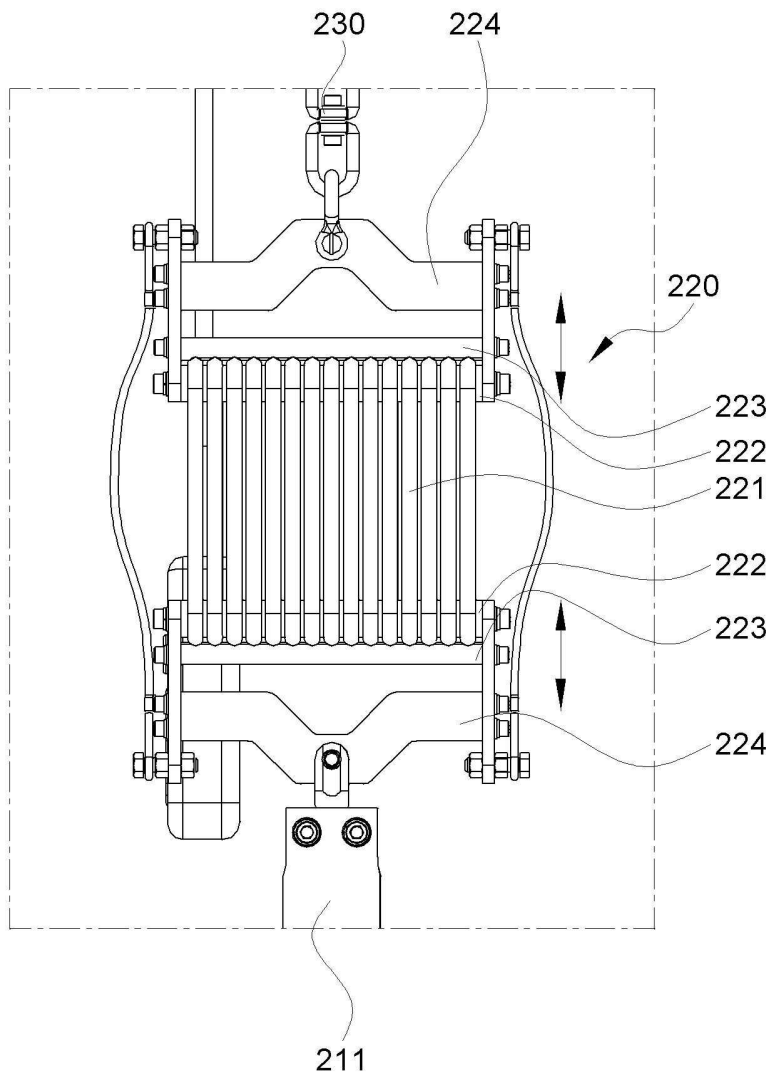
도면7



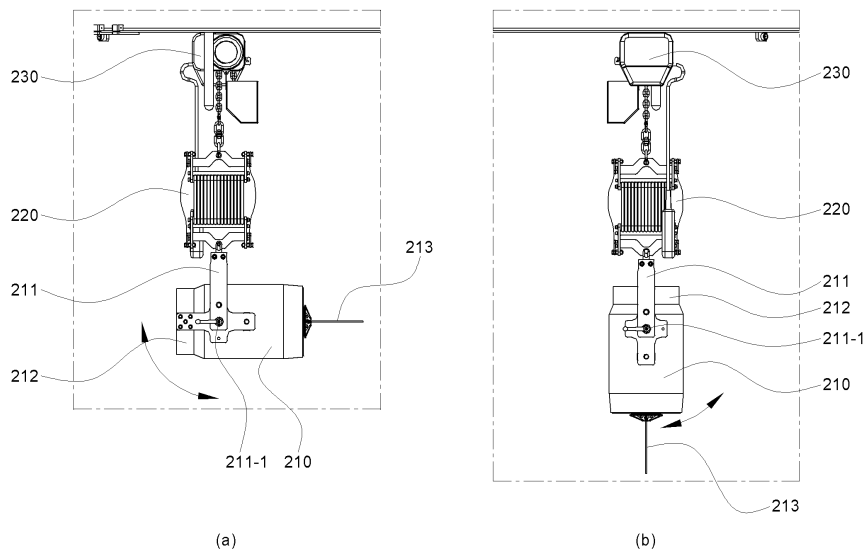
도면8



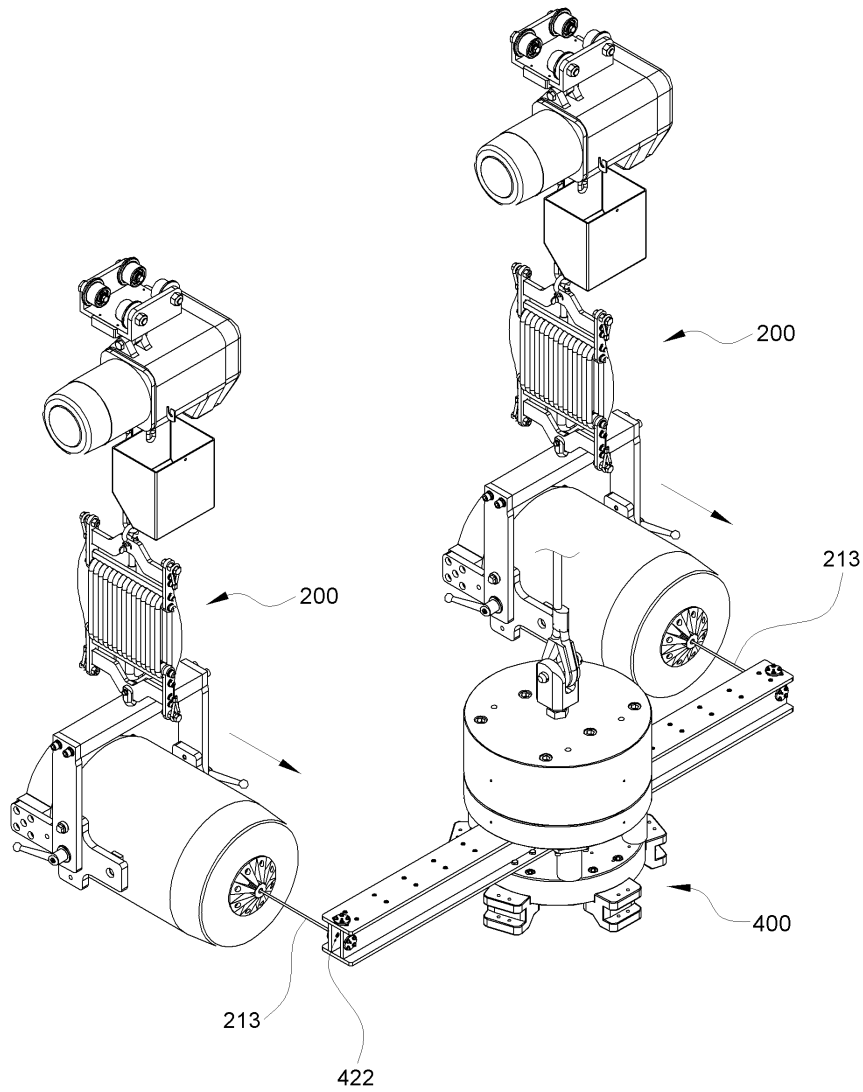
도면9



도면 10



도면11



도면12

