(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0079008
(43) 공개일자 2021년06월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02K 35/02 (2014.01)
(52) CPC특허분류
H02K 35/02 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0171041
(22) 출원일자 2019년12월19일
심사청구일자 2019년12월19일

(71) 출원인
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
최용제
서울특별시 강남구 일원로 120, 105동 1024호
최한신
서울특별시 강서구 곰달래로45길 26
이영걸
강원도 홍천군 두촌면 경수길 202
(74) 대리인
특허법인 플러스

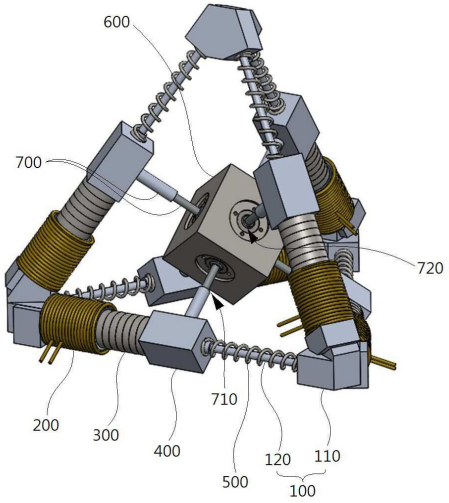
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 **선형스프링을 이용한 병렬형 6자유도 제너레이터**

(57) 요 약

본 발명은 선형스프링을 이용한 병렬형 6자유도 제너레이터에 관한 것으로, 사면체 구조로 형성된 베이스; 상기 베이스의 모서리들에 각각 배치되어 고정된 코일; 상기 베이스의 모서리들에 각각 배치되고, 상기 베이스의 모서리를 따라 슬라이딩 가능하게 결합되며, 상기 코일에 삽입 가능하게 형성된 영구자석; 상기 베이스의 모서리들에 각각 배치되고, 일단이 베이스에 연결되고 타단이 영구자석에 연결된 선형 스프링; 상기 베이스의 내측에 배치된 질량체; 및 상기 질량체에 일단이 연결되고 각각 영구자석들에 타단이 연결되며, 선형 길이변화가 가능하게 형성된 레그; 를 포함하여 이루어져, 모든 방향의 움직임에 대해 전기를 발생시킬 수 있어 발전 효율이 향상되며, 복수의 진동 주파수 시스템에도 하나의 질량체를 이용해 발전이 가능한 선형스프링을 이용한 병렬형 6자유도 제너레이터에 관한 것이다.

대 표 도 - 도2



명 세 서

청구범위

청구항 1

사면체 구조로 형성된 베이스;

상기 베이스의 모서리들에 각각 배치되어 고정된 코일;

상기 베이스의 모서리들에 각각 배치되고, 상기 베이스의 모서리를 따라 슬라이딩 가능하게 결합되며, 상기 코일에 삽입 가능하게 형성된 영구자석;

상기 베이스의 모서리들에 각각 배치되고, 일단이 베이스에 연결되고 타단이 영구자석에 연결된 선형 스프링;

상기 베이스의 내측에 배치된 질량체; 및

상기 질량체에 일단이 연결되고 각각 영구자석들에 타단이 연결되며, 선형 길이변화가 가능하게 형성된 레그;

를 포함하여 이루어지는 선형스프링을 이용한 병렬형 6자유도 제너레이터.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 베이스는 정사면체로 형성되며, 상기 질량체는 베이스의 중심에 배치된 것을 특징으로 하는 선형스프링을 이용한 병렬형 6자유도 제너레이터.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 질량체는 모든 방향으로의 관성 모멘트가 동일한 형태로 형성된 것을 특징으로 하는 선형스프링을 이용한 병렬형 6자유도 제너레이터.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 베이스는,

사면체의 각 꼭지점에 배치된 지지 블록들 및 상기 지지 블록들에 각각 연결되어 사면체의 모서리를 형성하는 가이드 로드들을 포함하여 이루어지는 선형스프링을 이용한 병렬형 6자유도 제너레이터.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 가이드 로드들에 각각 끼워지되 상기 가이드 로드를 따라 이동 가능하게 결합된 슬라이딩 블록을 더 포함하여 이루어지고,

상기 슬라이딩 블록에 영구자석이 결합되며, 상기 슬라이딩 블록에 레그의 타단이 연결되며, 상기 선형 스프링은 일단이 슬라이딩 블록에 연결되고 타단이 슬라이딩 블록에 인접한 지지 블록에 연결된 것을 특징으로 하는 선형스프링을 이용한 병렬형 6자유도 제너레이터.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 슬라이딩 블록은 베이스의 모서리 가운데에 배치된 것을 특징으로 하는 선형스프링을 이용한 병렬형 6자유도 제너레이터.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 슬라이딩 블록은 가이드 로드를 중심으로 회전 가능하게 결합된 것을 특징으로 하는 선형스프링을 이용한 병렬형 6자유도 제너레이터.

청구항 8

제5항에 있어서,

상기 레그의 일단은 질량체에 구 조인트로 연결된 것을 특징으로 하는 선형스프링을 이용한 병렬형 6자유도 제너레이터.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 질량체의 움직임에 따라 코일과 영구자석의 상대운동에 의해 유도 전류를 발생시켜 발전을 할 수 있는 제너레이터에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 제너레이터는 전기를 발생시키는 장치이며, 다양한 종류의 제너레이터들이 개발되어 있다.

[0003] 이들 중 진동 에너지를 이용해 전기 에너지를 얻는 제너레이터가 있으며, 일례로 도 1과 같이 1자유도(1 degree of freedom) 발전 시스템을 이용해 발전을 하는 일본공개특허(1998-323006호)인 "발전 장치"가 개시되어 있다.

[0004] 이는 서로 이격되게 배치된 고정판(45, 46)들 사이에 영구자석(20)을 배치하고, 영구자석(20)의 양측을 스프링인 탄성 지지체(40, 41)로 고정판(45, 46)들에 연결하며, 코일(15)의 내측에 영구자석(20)이 삽입된 상태로 배치하여, 영구자석(20)의 진동에 의해 유도 전류를 발생시켜 발전을 하도록 구성되어 있다.

[0005] 이에 따라 종래의 제너레이터는 상기한 바와 같이 1자유도의 진동에 대해서만 발전을 할 수 있게 구성되어 있거나, 독립적인 1자유도 발전 시스템을 복수개로 구성하여 다축 방향의 진동에 대해 전기를 얻을 수 있도록 구성되어 있다.

[0006] 그러나 종래의 제너레이터는 모든 방향의 진동에 대해 전기 에너지를 얻기 어려웠으며, 진동의 방향에 따라 전기를 얻을 수 없는 경우가 있어 발전 효율도 낮은 단점이 있었다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) JP 1998-323006 A (1998.12.04)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 상술한 바와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 본 발명의 목적은 모든 방향의 움직임에 대해 전기를 발생시킬 수 있으며 발전 효율이 향상된 선형스프링을 이용한 병렬형 6자유도 제너레이터를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 선형스프링을 이용한 병렬형 6자유도 제너레이터는, 사면체 구조로 형성된 베이스; 상기 베이스의 모서리들에 각각 배치되어 고정된 코일; 상기 베이스의 모서리들에 각각 배치되고, 상기 베이스의 모서리를 따라 슬라이딩 가능하게 결합되며, 상기 코일에 삽입 가능하게 형성된 영구자석; 상기 베이스의 모서리들에 각각 배치되고, 일단이 베이스에 연결되고 타단이 영구자석에 연결된 선형 스프링; 상기 베이스의 내측에 배치된 질량체; 및 상기 질량체에 일단이 연결되고 각각 영구자석들에 타단이 연결되며, 선형 길이변화가 가능하게 형성된 레그; 를 포함하여 이루어질 수 있다.

[0010] 또한, 상기 베이스는 정사면체로 형성되며, 상기 질량체는 베이스의 중심에 배치될 수 있다.

[0011] 또한, 상기 질량체는 모든 방향으로의 관성 모멘트가 동일한 형태로 형성될 수 있다.

[0012] 또한, 상기 베이스는, 사면체의 각 꼭지점에 배치된 지지 블록들 및 상기 지지 블록들에 각각 연결되어 사면체의 모서리를 형성하는 가이드 로드들을 포함하여 이루어질 수 있다.

[0013] 또한, 상기 가이드 로드들에 각각 끼워지되 상기 가이드 로드를 따라 이동 가능하게 결합된 슬라이딩 블록을 더 포함하여 이루어지고, 상기 슬라이딩 블록에 영구자석이 결합되며, 상기 슬라이딩 블록에 레그의 타단이 연결되며, 상기 선형 스프링은 일단이 슬라이딩 블록에 연결되고 타단이 슬라이딩 블록에 인접한 지지 블록에 연결될 수 있다.

[0014] 또한, 상기 슬라이딩 블록은 베이스의 모서리 가운데에 배치될 수 있다.

[0015] 또한, 상기 슬라이딩 블록은 가이드 로드를 중심으로 회전 가능하게 결합될 수 있다.

[0016] 또한, 상기 레그의 일단은 질량체에 구 조인트로 연결될 수 있다.

발명의 효과

[0017] 본 발명의 선형스프링을 이용한 병렬형 6자유도 제너레이터는, 모든 방향의 움직임에 대해 전기를 발생시킬 수 있으며 발전 효율이 향상되는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 종래의 발전 장치를 나타낸 개략도이다.

도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 선형스프링을 이용한 병렬형 6자유도 제너레이터를 나타낸 조립사시도이다.

도 3 및 4는 본 발명의 일실시예에 따른 선형스프링을 이용한 병렬형 6자유도 제너레이터를 설계하기 위한 모달 사면체의 개념 및 선형 스프링의 강성 설계 개념도이다.

도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 선형스프링을 이용한 병렬형 6자유도 제너레이터를 설계하기 위한 모달 사면체와 베이스를 레그로 연결한 구조를 나타낸 개념도이다.

도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 선형스프링을 이용한 병렬형 6자유도 제너레이터에서 슬라이딩 블록이 움직일 수 있는 방향을 나타낸 도면이다.

도 7 및 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 선형스프링을 이용한 병렬형 6자유도 제너레이터에서 주어진 방향으로 베이스를 가진 하였을 때, 가진 주파수에 대한 영구자석과 코일의 상대속도를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 이하, 상기한 바와 같은 구성을 갖는 본 발명의 선형스프링을 이용한 병렬형 6자유도 제너레이터를 첨부된 도면을 참고하여 상세하게 설명한다.

[0020] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 선형스프링을 이용한 병렬형 6자유도 제너레이터를 나타낸 조립사시도이다.

[0021] 도시된 바와 같이 본 발명의 일실시예에 따른 선형스프링을 이용한 병렬형 6자유도 제너레이터는 크게 베이스(100), 코일(200), 영구자석(300), 슬라이딩 블록(400), 선형 스프링(500), 질량체(600) 및 레그(700)로 구성될 수 있다.

[0022] 베이스(100)는 뼈대 역할을 하며 사면체 또는 정사면체로 형성될 수 있다. 일례로 베이스(100)는 정사면체의 각 꼭지점에 배치된 지지 블록(110)들 및 정사면체의 각 모서리에 배치되어 지지 블록(110)들 간을 연결하는 환봉 형태의 가이드 로드(120)를 포함하여 구성될 수 있다.

[0023] 코일(200)은 와이어가 원통 형태로 감겨있는 형태로 형성될 수 있으며, 코일(200)은 가이드 로드(120)의 외측에 끼워져 코일(200)의 원통 형태의 중심축이 가이드 로드(120)의 중심축과 나란하게 배치될 수 있다. 그리고 코일(200)은 일측이 지지 블록(110)에 결합되어 고정될 수 있다.

[0024] 영구자석(300)은 코일(200)의 외경보다 작은 원통 형태로 형성될 수 있으며, 영구자석(300)은 가이드 로드(120)의 외측에 끼워져 영구자석(300)의 원통 형태의 중심축이 가이드 로드(120)의 중심축과 나란하게 배치될 수 있다. 그리고 영구자석(300)은 일측이 슬라이딩 블록(400)에 결합되어 고정될 수 있다.

[0025] 슬라이딩 블록(400)은 육면체 형태로 형성되고 내부를 관통하도록 홀이 형성될 수 있으며, 슬라이딩 블록(400)은 가이드 로드(120)의 외측에 끼워져 가이드 로드(120)를 따라 선형으로 슬라이딩 블록(400)이 이동 가능하게 결합될 수 있다. 그리하여 영구자석(300)과 함께 슬라이딩 블록(400)이 정사면체의 모서리를 따라 움직일 수 있다. 그리고 슬라이딩 블록(400)은 가이드 로드(120)를 중심으로 회전될 수도 있다. 또한, 슬라이딩 블록(400)의 중심이 정사면체의 모서리의 중심인 가이드 로드(400)의 길이방향 중심에 위치하도록 배치될 수 있다.

[0026] 선형 스프링(500)은 코일 스프링 형태로 형성될 수 있으며, 선형 스프링(500)은 가이드 로드(120)의 외측에 끼워져 일단이 슬라이딩 블록(400)에 연결되고 타단이 지지 블록(110)에 연결될 수 있다. 그리고 슬라이딩 블록(400)은 가이드 로드(120)를 따라 압축 및 인장되면서 탄성력을 발생시킬 수 있다. 이때, 선형 스프링(500)은 슬라이딩 블록(400)의 중심이 가이드 로드(400)의 길이방향 중심에 위치한 상태에서는 탄성력이 작용하지 않고, 가이드 로드(400)의 중심에서 슬라이딩 블록(400)이 길이방향 일측 또는 타측으로 이동되었을 때 탄성력이 발생하도록 형성될 수 있다.

[0027] 질량체(600)는 검증질량(proof mass)이며, 질량체(600)는 정육면체 또는 구와 같이 모든 방향으로의 관성 모멘트가 동일한 형태로 형성될 수 있다. 그리고 질량체(600)는 베이스(100)의 내부 중심에 배치될 수 있다. 또한, 질량체(600)는 도시된 바와 같이 정육면체 형태로 형성되는 경우 각각의 면이 슬라이딩 블록(400)을 향하도록 배치될 수 있으며, 슬라이딩 블록(400)의 한쪽면이 질량체(600)의 한쪽면과 나란하게 마주보도록 배치될 수 있다.

[0028] 레그(700)는 선형으로 길이변화가 가능하도록 실린더와 같은 형태로 형성될 수 있으며, 레그(700)는 일단이 질량체(600)의 한쪽면 중심에 구 조인트(720)로 결합되고 타단이 슬라이딩 블록(400)의 한쪽면 중심에 고정될 수 있다. 그리고 레그(700)는 내부에 탄성수단인 스프링이 구비되어 일측과 타측을 길이방향 바깥쪽으로 밀어주는 탄성력이 작용하도록 구성될 수도 있다.

[0029] 그리하여 베이스(100)에 진동이 가해지면 질량체(600)의 움직임에 따라 슬라이딩 조인트(400)와 함께 영구자석(300)이 이동하고, 코일(200)과 영구자석(300) 간의 상대적인 이동에 의해 코일(200)에 유도 전류가 발생되어 발전이 이루어질 수 있다. 여기에서 본 발명의 선형스프링을 이용한 병렬형 6자유도 제너레이터는 하나의 질량체에 6개의 발전 시스템이 병렬로 연결되어 있는 형태의 제너레이터이다. 이에 따라 모든 방향의 움직임에 대해 각각의 발전 시스템에서 전기를 발생시킬 수 있어 발전 효율이 향상되며, 복수의 진동 주파수 시스템에도 하나의 질량체를 이용해 발전이 가능하므로 컴팩트한 구조로 형성될 수 있고 발전 효율도 향상될 수 있다.

[0030] 또한, 본 발명의 선형스프링을 이용한 병렬형 6자유도 제너레이터는 질량체가 6자유도를 갖기 때문에 6개의 공진 주파수가 존재하며, 베이스의 크기와 상관없이 하나의 선형 스프링이 하나의 공진 주파수를 결정하게 된다. 그리고 공진 영역에서 상대운동이 커지는 것을 이용해 주어진 외부 환경에 대해 제너레이터의 공진 주파수를 결정할 수 있도록 설계되어 있다. 즉, 하나의 선형 스프링이 하나의 공진 주파수를 결정하므로, 하나의 선형 스프링을 교체하여 하나의 공진 주파수를 튜닝하는 것이 가능할 수 있다.

[0031] 이하에서는 본 발명의 선형스프링을 이용한 병렬형 6자유도 제너레이터를 설계하는 방법에 대해 설명한다.

[0032] 우선, 요구되는 공진 주파수(고유 진동수, natural frequency)를 합성하기 위해서는 직교성을 만족하는 전제하

에 진동모드를 설정해야 한다. 그리고 진동 모드를 결정하기에 앞서 아래와 같은 가정을 한다.

[0033] 질량체(검증질량)의 x, y, z축 방향에 대한 회전 반경(radius of gyration = r_g))이 모두 동일하다. 즉, $I_{xx}=I_{yy}=I_{zz}=I$ 이고, $r_g = \sqrt{\frac{I}{m}}$ 이다. 그러므로 질량행렬은 아래와 같다.

[0034]
$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} m & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & m & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & m & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & I & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & I & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & I \end{bmatrix}$$

[0035] 상기한 바와 같은 조건을 만족시키는 질량행렬이 주어졌을 때, 도 3과 같이 진동모드의 진동축을 한 모서리의 길이가 $2\sqrt{2}r_g$ 이고 수심이 질량중심과 일치하는 정사면체에 놓이게 하면 진동모드들은 질량행렬에 대한 직교성을 만족한다.

$$\hat{\mathbf{S}}_i = \begin{bmatrix} \boldsymbol{r}_i \times \boldsymbol{s}_i \\ \boldsymbol{s}_i \end{bmatrix}$$

$$\hat{\mathbf{S}}_i^T \mathbf{M} \hat{\mathbf{S}}_j = 0$$

[0036] $\boldsymbol{r}_i$: 위치벡터, $\boldsymbol{s}_i$: 방향벡터

[0037] 그리고 이 사면체를 모달 사면체(modal tetrahedron)라 부른다.

[0038] 그 다음 도 4와 같이 선형 스프링들의 축들이 정사면체의 모서리에 일치하도록 질량체에 병렬로 선형 스프링들을 장착하면, 한 모드의 고유 진동수는 그 진동축 반대쪽에 위치한 스프링의 강성으로만 아래와 같이 결정된다.

Natural frequency Ω_i

[0039]
$$\Omega_i = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot \frac{k_i}{m}}$$

[0040] 진동 시스템을 실제로 구현하기 위해서 베이스(100)의 형태는 정사면체이며, 베이스(100)의 각 모서리는 모달 사면체(800)의 각 모서리와 평행하게 형성될 수 있다. 이때, 베이스의 크기 즉 정사면체의 모서리의 길이는 전체 시스템에 영향을 주지 않으므로 임의의 값으로 설정할 수 있다.

[0041] 이후 도 5와 같이 모달 사면체(800)의 모서리의 중점에 레그(700)의 일단을 구 조인트로 연결하고 베이스(100)의 모서리 중점에 레그(700)의 타단을 연결한다. 그리고 레그(700)의 타단에 결합된 슬라이딩 블록과 베이스(100)의 꼭지점 쪽에 선형 스프링을 연결한다. 또한, 슬라이딩 블록에 영구자석을 부착하고 베이스의 꼭지점 쪽에 코일을 장착한다. 그리하여 베이스에 진동이 가해졌을 때 질량체의 움직임에 따라 연결된 각각의 영구자석들이 움직이면서 코일과 영구자석의 상대운동으로 인한 유도전류를 발생시켜 전기 에너지를 수확할 수 있다. 도 6에서는 본 발명의 일실시예에 따른 선형스프링을 이용한 병렬형 6자유도 제너레이터가 가진되었을 때 슬라이딩 블록들이 움직일 수 있는 방향을 나타내었다.

[0042] 도 7 및 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 선형스프링을 이용한 병렬형 6자유도 제너레이터에서 주어진 방향으로 베이스를 가진 하였을 때, 가진 주파수에 대한 영구자석과 코일의 상대속도를 나타낸 그래프이다.

[0043] 여기에서 사용자가 임의로 설정한 각 공진 주파수인 5Hz, 10Hz, 15Hz, 20Hz, 25Hz, 30Hz 에서 영구자석과 코일의 상대속도가 극대화되는 것을 확인할 수 수 있으며, 영구자석과 코일의 상대속도를 표시한 이유는 유도전류의 크기가 상대속도와 비례하기 때문이다. 이때, 기준 좌표계의 원점은 질량체의 질량중심이고, xy 평면은 베이스 즉 정사면체의 하단 면과 평행한 직교좌표계로 설정 되었을 때, 도 7은 (1,1,1) 방향으로 순수 병진 진동하였을 때이고, 도 8은 z축에 평행하고 (-1,1,0)을 지나는 직선을 축으로 회전 진동하였을 때이다. 이를 나선이론에 입각하여 나선 좌표로 표현하면 각각 [1 1 1 0 0 0], [1 1 0 0 0 1] 이다.

[0044] 본 발명은 상기한 실시예에 한정되지 아니하며, 적용범위가 다양함은 물론이고, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형 실

시가 가능한 것은 물론이다.

부호의 설명

[0045] 100 : 베이스

110 : 지지 블록　　120 : 가이드 로드

200 : 코일

300 : 영구자석

400 : 슬라이딩 블록

500 : 선형 스프링

600 : 질량체

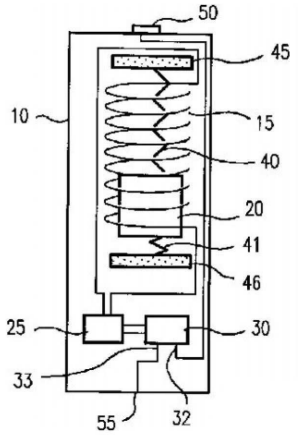
700 : 레그　　710 : 선형 조인트

720 : 구 조인트

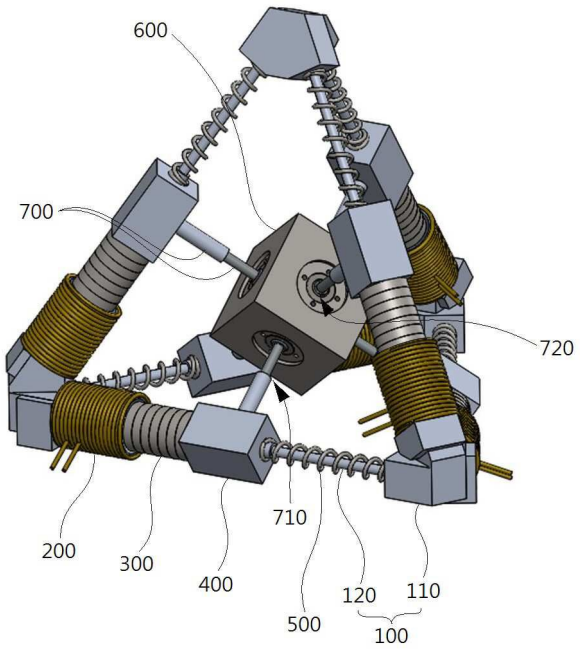
800 : 모달 사면체

도면

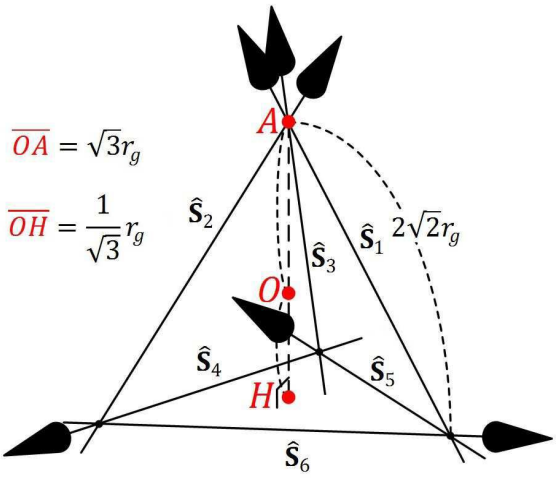
도면1



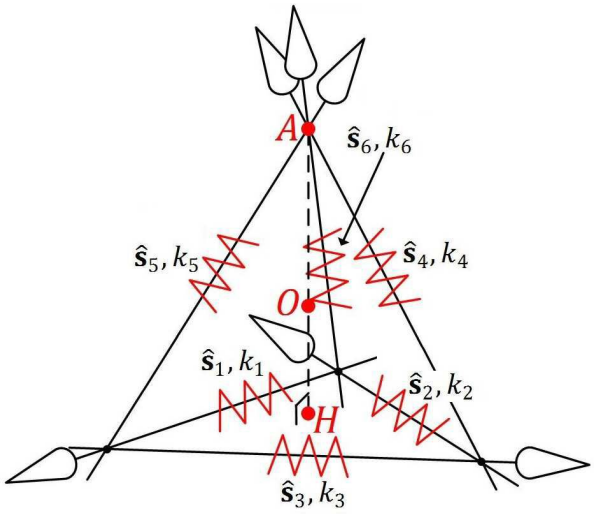
도면2


600
700
720
710
200
300
400
500
120
110
100

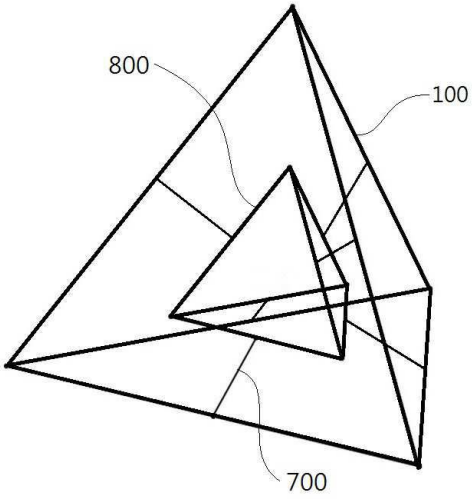
도면3


$\overline{OA} = \sqrt{3}r_g$
$\overline{OH} = \frac{1}{\sqrt{3}}r_g$
A
O
H
$\hat{\mathbf{S}}_1$
$\hat{\mathbf{S}}_2$
$\hat{\mathbf{S}}_3$
$\hat{\mathbf{S}}_4$
$\hat{\mathbf{S}}_5$
$\hat{\mathbf{S}}_6$
$2\sqrt{2}r_g$

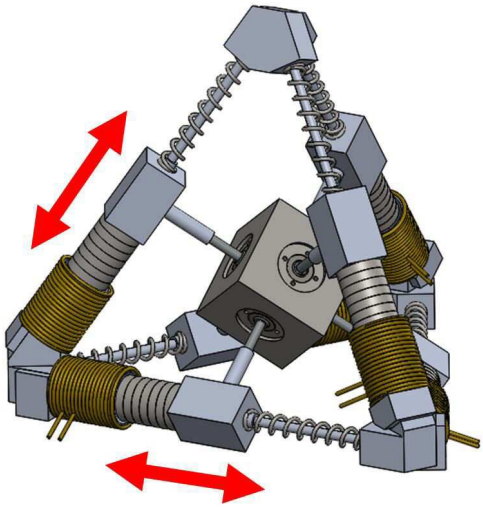
도면4


A
$\hat{\mathbf{s}}_6, k_6$
$\hat{\mathbf{s}}_5, k_5$
$\hat{\mathbf{s}}_4, k_4$
O
$\hat{\mathbf{s}}_1, k_1$
$\hat{\mathbf{s}}_2, k_2$
H
$\hat{\mathbf{s}}_3, k_3$

도면5

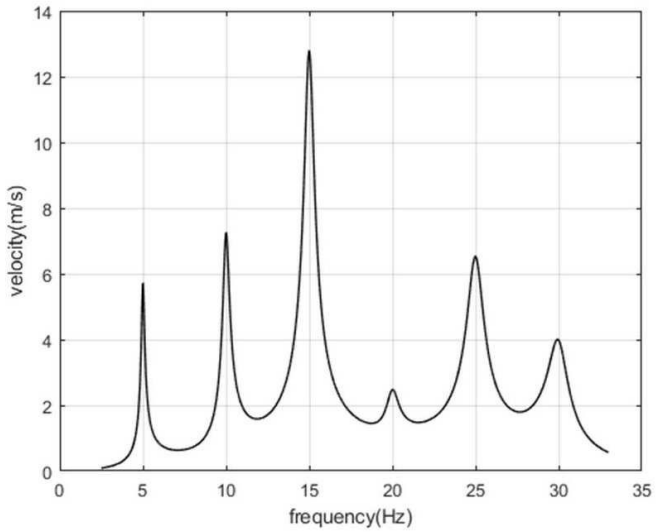

800
100
700

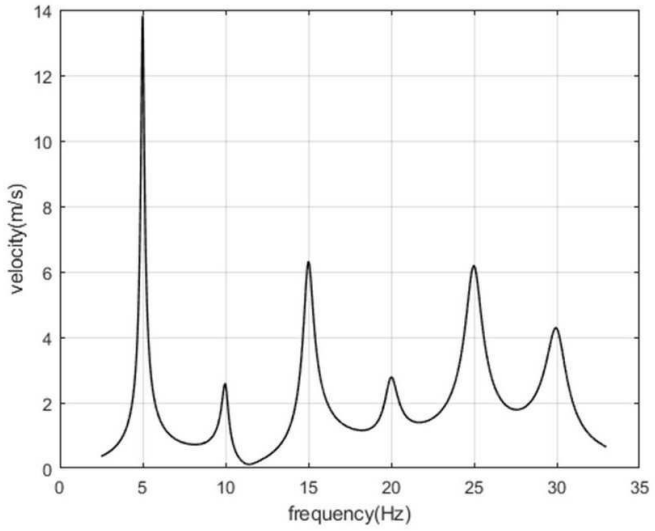
도면6



도면7

$$\hat{\mathbf{X}}_o = [1 \quad 1 \quad 1 \quad 0 \quad 0 \quad 0]^T$$



도면8

$$\hat{\mathbf{X}}_o = [1 \quad 1 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 1]^T$$