(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0012007
(43) 공개일자 2018년02월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02G 7/14 (2006.01) *H02G 1/02* (2006.01)
(52) CPC특허분류
H02G 7/14 (2013.01)
H02G 1/02 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0094703
(22) 출원일자 2016년07월26일
심사청구일자 2016년07월26일

(71) 출원인
부경대학교 산학협력단
부산광역시 남구 신선로 365 (용당동, 부경대학교)
(72) 발명자
김찬중
서울특별시 양천구 은행정로4길 15-2, 202호(신정동, 에비앙하우스)
(74) 대리인
김정수

전체 청구항 수 : 총 11 항

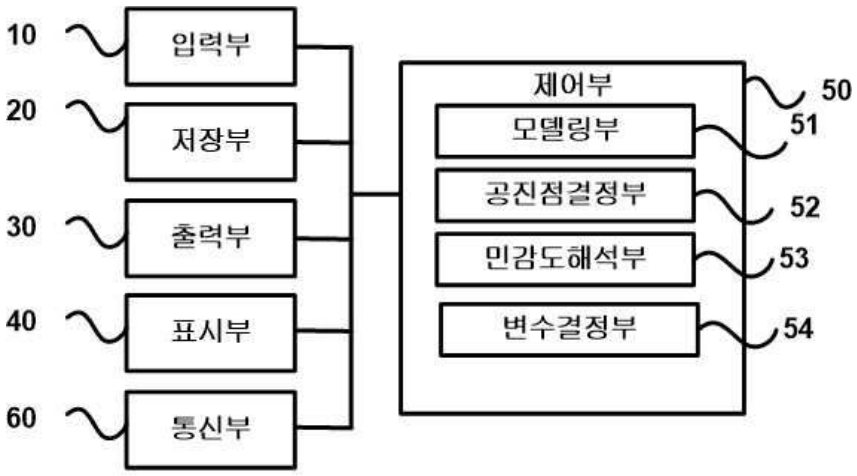
(54) 발명의 명칭 **스톡브릿지 댐퍼 설계 장치 및 그 방법**

(57) 요 약

본 발명은 스톡브릿지 댐퍼의 동적 거동을 표현할 수 있는 지배방정식을 기반으로 해당 방정식을 구성하는 설계 파라미터들의 값이 결정되는 경우 예상되는 공진점을 찾아내어 스톡브릿지를 설계할 수 있도록 하는 스톡브릿지 댐퍼 설계 장치 및 그 방법에 관한 것으로,

상기 스톡브릿지 댐퍼 설계 장치는, 입력된 스톡브릿지 댐퍼 변수들을 이용하여 스톡브릿지 댐퍼모델을 생성하는 모델링부; 상기 스톡브릿지 댐퍼 모델을 이용하여 질량의 병진 운동 공진점과 회전 운동 공진점을 결정하는 공진점결정부; 스톡브릿지 댐퍼 모델의 질량의 병진 운동 공진점과 회전 운동 공진점에 대하여 스톡브릿지 댐퍼의 변수별로 민감도를 해석하여 변수별 민감도를 도출하는 민감도해석부; 및 목표 공진주파수를 설정을 위하여 변수를 결정하는 변수결정부;를 포함하여 구성된다.

대 표 도 - 도1



1

(52) CPC특허분류
F16F 2230/00 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

입력된 스톡브릿지 댐퍼 변수들을 이용하여 스톡브릿지 댐퍼모델을 생성하는 모델링부;

상기 스톡브릿지 댐퍼 모델을 이용하여 질량의 병진 운동 공진점과 회전 운동 공진점을 결정하는 공진점결정부;

스톡브릿지 댐퍼 모델의 질량의 병진 운동 공진점과 회전 운동 공진점에 대하여 스톡브릿지 댐퍼의 변수별로 민감도를 해석하여 변수별 민감도를 도출하는 민감도해석부; 및

목표 공진주파수를 설정을 위하여 변수를 결정하는 변수결정부;를 포함하여 구성되는 스톡브릿지 댐퍼 설계 장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 모델링부는,

입력된 상기 스톡브릿지 댐퍼의 하중부병진상태변수(x_1), 하중부회전상태변수(x_2), 하중부무게(m), 하중부모멘트(J), 메신저전체길이(L), 메신저 체결부위 길이(l), 하중부 무게중심(G), 메신저 체결부위 위치(O), 메신저 강성(k), 메신저 비례감쇠(μ), 하중부 회전 반경(k_G), 전력선 병진 상태 변수(y_1)를 이용하여 스톡브릿지 댐퍼를 모델링 하도록 구성되는 스톡브릿지 댐퍼 설계 장치.

청구항 3

청구항 2에 있어서, 상기 모델링부는,

모델링된 스톡브릿지 댐퍼의 지배방정식을

$$\begin{bmatrix} m & ml \\ ml & J \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \ddot{x}_1 \\ \ddot{x}_2 \end{bmatrix} + \mu\begin{bmatrix} 4k & 2kL \\ 2kL & 4kL^2/3 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 4k & 2kL \\ 2kL & 4kL^2/3 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = F(V)$$

로 생성하며, 상기 F(V)는 외력인 스톡브릿지 댐퍼 설계 장치.

청구항 4

청구항 2에 있어서, 상기 공진점결정부는,

하중부의 병진운동에 대한 제 1 공진점(ω_1)을

$$(\omega_1)^2 = \Omega_1 \cong \frac{k_{11}}{m} = \frac{12E_mJ_m}{mL^3}$$

(여기서, Em 메신저의 탄성계수, Jm은 메신저의 모멘트)으로 산출하고,

하중부의 회전운동에 대한 제 2 공진점(ω_2)을

$$(\omega_2)^2 (= \Omega_2) = -\Omega_1 + \frac{4k^2L^2}{3mk_G^2}$$ 로 산출하며,

메신저 강성 k는 상수인 스톡브릿지 댐퍼 설계 장치.

청구항 5

청구항 4에 있어서, 상기 민감도해석부는,

상기 제 1 공진점(ω_1)과 상기 제 2 공진점(ω_2)을 각각 변수인 하중부 무게(m)와 메신저길이(L), 하중부 회전반경(k_G)으로 각각 편미분하여 각 변수들에 대한 민감도를 분석하도록 구성되는 스톡브릿지 댐퍼 설계 장치.

청구항 6

청구항 5에 있어서, 상기 변수결정부는,

상기 민감도해석부의 해석 결과를 이용하여 상기 제 1 공진점(ω_1) 및 제 2 공진점(ω_2)의 기설정된 값으로 변화를 위하여 변수들을 값을 결정하도록 구성되는 스톡브릿지 댐퍼 설계 장치.

청구항 7

모델링부에 의해 입력된 스톡브릿지 댐퍼 변수들을 이용하여 스톡브릿지 댐퍼모델을 생성하는 모델링과정;

공진점결정부에 의해 상기 스톡브릿지 댐퍼 모델을 이용하여 질량의 병진 운동 공진점과 회전 운동 공진점을 결정하는 공진점결정과정;

민감도해석부에 의해 스톡브릿지 댐퍼 모델의 질량의 병진 운동 공진점과 회전 운동 공진점에 대하여 스톡브릿지 댐퍼의 변수별로 민감도를 해석하여 변수별 민감도를 도출하는 민감도해석과정; 및

변수결정부에 의해 목표 공진주파수의 설정을 위하여 변수를 결정하는 변수결정과정;을 포함하여 이루어지는 스톡브릿지 댐퍼 설계 방법.

청구항 8

청구항 7에 있어서, 상기 모델링과정은,

입력된 상기 스톡브릿지 댐퍼의 하중부병진상태변수(x_1), 하중부회전상태변수(x_2), 하중부무게(m), 하중부모멘트(J), 메신저전체길이(L), 메신저 체결부위 길이(l), 하중부 무게중심(G), 메신저 체결부위 위치(O), 메신저 강성(k), 메신저 비례감쇠(μ), 하중부 회전 반경(k_G), 전력선 병진 상태 변수(y_1)를 이용하여 스톡브릿지 댐퍼를 모델링 하고,

모델링된 스톡브릿지 댐퍼의 지배방정식을

$$\begin{bmatrix} m & ml \\ ml & J \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \ddot{x}_1 \\ \ddot{x}_2 \end{bmatrix} + \mu\begin{bmatrix} 4k & 2kL \\ 2kL & 4kL^2/3 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 4k & 2kL \\ 2kL & 4kL^2/3 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = F(V)$$

로 생성하며, 상기 F(V)는 외력인 스톡브릿지 댐퍼 설계 방법.

청구항 9

청구항 8에 있어서, 상기 공진점결정과정은,

하중부의 병진운동에 대한 제 1 공진점(ω_1)을

$$(\omega_1)^2 = \Omega_1 \cong \frac{k}{m} = \frac{12E_mJ_m}{mL^3}$$

(여기서, Em 메신저의 탄성계수, Jm은 메신저의 모멘트)으로 산출하고,

하중부의 회전운동에 대한 제 2 공진점(ω_2)을

$$(\omega_2)^2 (= \Omega_2) = -\Omega_1 + \frac{4k^2L^2}{3mk_G^2}$$ 로 산출하며,

메신저 강성 k는 상수인 스톡브릿지 댐퍼 설계 방법.

청구항 10

청구항 9에 있어서, 상기 민감도해석과정은,

상기 제 1 공진점(ω_1)과 상기 제 2 공진점(ω_2)을 각각 변수인 하중부 무게(m)와 메신저길이(L), 하중부 회전반경(k_G)으로 각각 편미분하여 각 변수들에 대한 민감도를 분석하는 스톡브릿지 댐퍼 설계 방법.

청구항 11

청구항 10에 있어서, 상기 변수결정과정은,

상기 민감도해석부의 해석 결과를 이용하여 상기 제 1 공진점(ω_1) 및 제 2 공진점(ω_2)의 기설정된 값으로 변화를 위하여 변수들을 값을 결정하도록 구성되는 스톡브릿지 댐퍼 설계 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 스톡브릿지 댐퍼 설계 기술에 관한 것으로서, 스톡브릿지 댐퍼의 동적 거동을 표현할 수 있는 지배방정식을 기반으로 해당 방정식을 구성하는 설계 파라미터들의 값이 결정되는 경우 예상되는 공진점을 찾아내어 스톡브릿지를 설계할 수 있도록 하는 스톡브릿지 댐퍼 설계 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 스톡브리지 댐퍼는 단일 전력선에 대하여 미풍 1-7m/s 구간에서 공기유동과 관련된 와류발산(vortex shedding) 현상에 의해 바람과 직각 방향으로 진동이 발생되는 것을 저감하기 위해 고안된 것으로 산업 현장에서 가장 보편적으로 사용되고 있다. 1920년대 미국의 스톡브리지에 의해 기본 구조가 제안되었으며 1960년대의 연구결과를 기반으로 댐퍼설계 기술과 위치 선정에 대한 연구가 본격적으로 진행되었다. 최근까지도 좌우가 대칭이 형태인 2R 댐퍼가 대부분 사용되다가 최근에는 공진점의 개수를 증가시켜 보다 넓은 대역에서 진동을 저감하기 위해 좌우가 비대칭인 4R 댐퍼 타입이 사용되고 있는 추세이다. 2R과 4R은 각각 댐퍼에서 유발되는 자체의 공진점의 개수를 말하는 것으로 대칭 구조에서는 불평형 질량이 병진운동과 회전운동에 의해 중복되는 2개의 공진점이 나타나며, 비대칭 구조에서는 각각 다른 구조의 병진운동과 회전운동에 의해 4개의 공진점이 나타난다.

[0003] 댐퍼의 공진은 이와 같이 해당 댐퍼가 전력선의 진동 에너지를 흡수하는 에너지의 대역을 결정하는데 중요한 역할을 수행하며 대상 진동 에너지의 주요 주파수 대역을 최대한 많이 대응할 수 있도록 공진점의 위치를 선정하는 것이 필요하다.

[0004] 그러나 스톡브리지 댐퍼는 특정 설계사양에 대해서만 유효하며 다른 사양으로 변경될 경우 성능이 달라진다. 따

라서 스특브리지 댐퍼를 설계하는 과정에서 댐퍼의 공진점 설계는 향후 작동 과정에서 발생하는 진동내구 관점의 이슈와 함께 댐퍼의 설계 사양을 결정하는데 핵심적인 역할을 한다. 하지만, 국내 전문업체들은 스특브리지 댐퍼와 관련된 이론적 근거가 부족하여 사전에 설계사양을 바탕으로 응답 특성을 정확하게 예측하는데 어려움을 겪고 있으며, 이를 보완하기 위해 외국의 양산 사양을 벤치마킹하여 특허 문제에서 자유로운 범위 내에서 모방 제품들을 만들어오고 있는 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 등록특허 10-1292645

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 따라서 본 발명은 상술한 종래기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 스톡브릿지 댐퍼의 동적 거동을 표현할 수 있는 지배방정식을 기반으로 해당 방정식을 구성하는 설계 파라미터들의 값이 결정되는 경우 예상되는 공진점을 찾아내어 스톡브릿지를 설계할 수 있도록 함으로써, 스톡브릿지 댐퍼의 공진점 설계에 관련된 최적설계 방안을 제시할 수 있도록 하는 것에 의해 설계 기간을 단축할 수 있도록 하고, 개발 제품의 진동저감 성능을 개선할 수 있도록 하는 스톡브릿지 댐퍼 설계 장치 및 그 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0007] 상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 스톡브릿지 댐퍼 설계 장치는,

[0008] 입력된 스톡브릿지 댐퍼 변수들을 이용하여 스톡브릿지 댐퍼모델을 생성하는 모델링부;

[0009] 상기 스톡브릿지 댐퍼 모델을 이용하여 질량의 병진 운동 공진점과 회전 운동 공진점을 결정하는 공진점결정부;

[0010] 스톡브릿지 댐퍼 모델의 질량의 병진 운동 공진점과 회전 운동 공진점에 대하여 스톡브릿지 댐퍼의 변수별로 민감도를 해석하여 변수별 민감도를 도출하는 민감도해석부; 및

[0011] 목표 공진주파수를 설정을 위하여 변수를 결정하는 변수결정부;를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0012] 상기 모델링부는,

[0013] 입력된 상기 스톡브릿지 댐퍼의 하중부병진상태변수(x_1), 하중부회전상태변수(x_2), 하중부무게(m), 하중부모멘트(J), 메신저전체길이(L), 메신저 체결부위 길이(l), 하중부 무게중심(G), 메신저 체결부위 위치(O), 메신저 강성(k), 메신저 비례감쇠(μ), 하중부 회전 반경(k_G), 전력선 병진 상태 변수(y_1)를 이용하여 스톡브릿지 댐퍼를 모델링 하도록 구성될 수 있다.

[0014] 상기 모델링부는,

[0015] 모델링된 스톡브릿지 댐퍼의 지배방정식을

[0016] $$\begin{bmatrix} m & ml \\ ml & J \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \ddot{x}_1 \\ \ddot{x}_2 \end{bmatrix} + \mu\begin{bmatrix} 4k & 2kL \\ 2kL & 4kL^2/3 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 4k & 2kL \\ 2kL & 4kL^2/3 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = F(V)$$

[0017] 로 생성하는 것을 특징으로 한다.

[0018] 여기서, F(V)는 외력을 나타낸다.

[0019] 상기 공진점결정부는,

[0020] 하중부의 병진운동에 대한 제 1 공진점(ω_1)을

[0021] $$(\omega_1)^2 = \Omega_1 \cong \frac{k_{11}}{m} = \frac{12E_mJ_m}{mL^3}$$

[0022] (여기서, Em 메신저의 탄성계수, Jm은 메신저의 모멘트)으로 산출하고,

[0023] 하중부의 회전운동에 대한 제 2 공진점(ω_2)을

[0024] $$(\omega_2)^2(=\Omega_2) = -\Omega_1 + \frac{4k^2L^2}{3mk_G^2}$$ 로 산출하며,

[0025] 메신저 강성 k는 상수인 것을 특징으로 한다.

[0026] 상기 민감도해석부는,

[0027] 상기 제 1 공진점(ω_1)과 상기 제 2 공진점(ω_2)을 각각 변수인 하중부 무게(m)와 메신저길이(L), 하중부 회전반경(k_G)으로 각각 편미분하여 각 변수들에 대한 민감도를 분석하도록 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0028] 상기 변수결정부는,

[0029] 상기 민감도해석부의 해석 결과를 이용하여 상기 제 1 공진점(ω_1) 및 제 2 공진점(ω_2)의 기설정된 값으로 변화를 위하여 변수들을 값을 결정하도록 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0030] 상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 스톡브릿지 댐퍼 설계 방법은,

[0031] 모델링부에 의해 입력된 스톡브릿지 댐퍼 변수들을 이용하여 스톡브릿지 댐퍼모델을 생성하는 모델링과정;

[0032] 공진점결정부에 의해 상기 스톡브릿지 댐퍼 모델을 이용하여 질량의 병진 운동 공진점과 회전 운동 공진점을 결정하는 공진점결정과정;

[0033] 민감도해석부에 의해 스톡브릿지 댐퍼 모델의 질량의 병진 운동 공진점과 회전 운동 공진점에 대하여 스톡브릿지 댐퍼의 변수별로 민감도를 해석하여 변수별 민감도를 도출하는 민감도해석과정; 및

[0034] 변수결정부에 의해 목표 공진주파수의 설정을 위하여 변수를 결정하는 변수결정과정;을 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0035] 상기 모델링과정은,

[0036] 입력된 상기 스톡브릿지 댐퍼의 하중부병진상태변수(x_1), 하중부회전상태변수(x_2), 하중부무게(m), 하중부모멘트(J), 메신저전체길이(L), 메신저 체결부위 길이(l), 하중부 무게중심(G), 메신저 체결부위 위치(O), 메신저 강성(k),메신저 비례감쇠(μ), 하중부 회전 반경(k_G), 전력선 병진 상태 변수(y_1)를 이용하여 스톡브릿지 댐퍼를 모델링 하고,

[0037] 모델링된 스톡브릿지 댐퍼의 지배방정식을

[0038] $$\begin{bmatrix} m & ml \\ ml & J \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \ddot{x}_1 \\ \ddot{x}_2 \end{bmatrix} + \mu\begin{bmatrix} 4k & 2kL \\ 2kL & 4kL^2/3 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 4k & 2kL \\ 2kL & 4kL^2/3 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = F(V)$$

[0039] 로 생성하는 것을 특징으로 한다. 여기서, F(V)는 외력을 나타낸다.

[0040] 상기 공진점결정과정은,

[0041] 하중부의 병진운동에 대한 제 1 공진점(ω_1)을

[0042] $$(\omega_1)^2 = \Omega_1 \cong \frac{k}{m} = \frac{12E_mJ_m}{mL^3}$$

[0043] (여기서, Em 메신저의 탄성계수, Jm은 메신저의 모멘트)으로 산출하고,

[0044] 하중부의 회전운동에 대한 제 2 공진점(ω_2)을

$$(\omega_2)^2(=\Omega_2)=-\Omega_1+\frac{4k^2L^2}{3mk_G^2}$$

[0045] 로 산출하며,

[0046] 메신저 강성 k는 상수인 것을 특징으로 한다.

[0047] 상기 민감도해석과정은,

[0048] 상기 제 1 공진점(ω_1)과 상기 제 2 공진점(ω_2)을 각각 변수인 하중부 무게(m)와 메신저길이(L), 하중부 회전반경(k_G)으로 각각 편미분하여 각 변수들에 대한 민감도를 분석하는 것을 특징으로 한다.

[0049] 상기 변수결정과정은,

[0050] 상기 민감도해석부의 해석 결과를 이용하여 상기 제 1 공진점(ω_1) 및 제 2 공진점(ω_2)의 기설정된 값으로 변화를 위하여 변수들을 값을 결정하도록 구성되는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0051] 상술한 구성의 본 발명은, 스톡브릿지 댐퍼의 동적 거동을 표현할 수 있는 지배방정식을 기반으로 해당 방정식을 구성하는 설계 파라미터들의 값이 결정되는 경우 예상되는 공진점을 찾아내어 스톡브릿지를 설계할 수 있도록 함으로써, 스톡브릿지 댐퍼의 공진점 설계에 관련된 최적설계 방안을 제시할 수 있도록 하는 것에 의해 설계기간을 단축할 수 있도록 하고, 개발 제품의 진동저감 성능을 개선할 수 있도록 하는 효과를 제공한다.

도면의 간단한 설명

[0052] 도 1은 본 발명의 실시예에 따르는 스톡브릿지 댐퍼 설계 장치(1)의 기능블록 구성도.

도 2는 본 발명의 실시예에 따르는 스톡브릿지 댐퍼 설계 방법의 처리과정을 나타내는 순서도.

도 3은 도 1의 모델링부(51)에 의해 모델링된 스톡브릿지 댐퍼의 일측부를 나타내는 도면.

도 4는 제 1 공진점(ω_1)에 대한 민감도 분석 결과를 나타내는 그래프.

도 5는 제 2 공진점(ω_2)에 대한 민감도 분석 결과를 나타내는 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0053] 하기에서 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다.

[0054] 본 발명의 개념에 따른 실시 예는 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있으므로 특정 실시예들을 도면에 예시하고 본 명세서 또는 출원서에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명의 개념에 따른 실시 예를 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명은 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 또한, 본 명세서에서 단어 "예시적인" 은 "예로서, 일례로서, 또는 예증으로서 역할을 한다."라는 것을 의미하기 위해 이용된다. "예시적"으로서 본 명세서에서 설명된 임의의 양태들은 다른 양태들에 비해 반드시 선호되거나 또는 유리하다는 것으로서 해석되어야 하는 것만은 아니다.

[0055] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다. 구성요소들 간의 관계를 설명하는 다른 표현들, 즉 "~사이에"와 "바로 ~사이에" 또는 "~에 이웃하는"과 "~에 직접 이웃하는" 등도 마찬가지로 해석되어야 한다.

[0056] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 설시된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0057] 이하, 본 발명의 실시예를 나타내는 첨부 도면을 참조하여 본 발명을 더욱 상세히 설명한다.

[0058] 도 1은 본 발명의 실시예에 따르는 스톡브릿지 댐퍼 설계 장치(1)의 기능블록 구성도이다.

[0059] 도 1과 같이, 상기 스톡브릿지 댐퍼 설계 장치(1)는 입력부(10), 저장부(20), 출력부(30), 표시부(40), 제어부(50) 및 통신부(60)를 포함하여 구성된다.

[0060] 상기 입력부(10)는 스톡브릿지 댐퍼의 모델링을 위하여, 스톡브릿지 댐퍼의 하중부병진상태변수(x_1), 하중부회전상태변수(x_2), 하중부무게(m), 하중부모멘트(J), 메신저전체길이(L), 메신저 체결부위 길이(l), 하중부 무게중심(G), 메신저 체결부위 위치(O), x_1과 x_2 관련 메신저 강성(k), x_1과 x_2 관련 메신저 감쇠(μ), 하중부 회전 반경(k_G), 전력선 병진 상태 변수(y_1)를 입력할 수 있도록 구성되는 것으로서, 키보드가 접속되는 키보드입력포트, USB 입력장치, 마그네틱 저장장치 또는 광디스크 저장장치 등의 저장장치에 데이터를 기록하고 읽을 수 있는 디스크 드라이버 등의 리드라이트장치, 또는 파일 입력을 받을 수 있는 파일 입력 장치 등으로 구성될 수 있다.

[0061] 상기 저장부(20)는 입력부(10)를 통해 입력된 스톡브릿지 댐퍼의 변수들과 설계를 위한 연산 프로그램을 저장하는 것으로, 하드디스크, EP-ROM 등의 컴퓨터가 읽고 쓸 수 있는 저장매체로 구성될 수 있다.

[0062] 상기 출력부(30)는 스톡브릿지 댐퍼의 설계 과정 및 결과를 출력하는 것으로서, 프린터, 플로터, 광라이터, 마그네틱 기록장치 등의 출력 장치를 포함하여 구성될 수 있다.

[0063] 상기 표시부(40)는 스톡브릿지 댐퍼의 설계 과정을 확인할 수 있도록 하는 정보 표시 장치로서 디스플레이 장치 등으로 구성될 수 있다.

[0064] 상기 통신부(60)는 스톡브릿지 댐퍼 설계 장치(1)가 통신망을 통해 외부 통신장치와 통신을 수행할 수 있도록 하는 통신 기능을 제공하도록 구성된다.

[0065] 상기 제어부(50)는 스톡브릿지 댐퍼 설계를 위한 프로그램을 로딩하여 실행하도록 구성되는 것으로서, 모델링부(51), 공진점결정부(52), 민감도분석부(53), 변수결정부(54)를 포함하여 구성된다.

[0066] 상기 모델링부(51)는 입력된 스톡브릿지 댐퍼 변수들을 이용하여 스톡브릿지 댐퍼모델을 생성하도록 구성된다.

[0067] 상기 공진점결정부(52)는 스톡브릿지 댐퍼 모델을 이용하여 질량의 병진 운동 공진점과 회전 운동 공진점을 결정하도록 구성된다.

[0068] 상기 민감도해석부(53)는 스톡브릿지 댐퍼 모델의 질량의 병진 운동 공진점과 회전 운동 공진점에 대하여 스톡브릿지 댐퍼의 변수별로 민감도를 해석하여 변수별 민감도를 도출하도록 구성된다.

[0069] 상기 변수결정부(54)는 목표 공진주파수를 설정을 위하여 변수를 결정하도록 구성된다.

[0070] 도 2는 본 발명의 실시예에 따르는 스톡브릿지 댐퍼 설계 방법의 처리과정을 나타내는 순서도이다.

[0071] 도 2와 같이, 상기 스톡브릿지 댐퍼 설계 방법은 모델링과정(S10), 공진점결정과정(S20), 민감도분석과정(S30) 및 변수결정과정(S40)을 수행하도록 구성된다.

[0072] 이하, 도 1의 스톡브릿지 댐퍼 설계 장치(1) 중 제어부(50)의 각 구성과 도 2의 스톡브릿지 댐퍼 설계 방법의 처리과정을 설명한다.

[0073] 상기 모델링과정(S10)은 상기 모델링부(51)에 의해 스톡브릿지 댐퍼의 변수 입력값들을 이용하여 스톡브릿지 댐퍼 모델을 생성하고, 스톡브릿지 댐퍼의 지배방정식을 생성하는 과정이다.

[0074] 상기 모델링과정(S10)에서, 상기 모델링부(51)는 입력된 스톡브릿지 댐퍼의 하중부병진상태변수(x_1), 하중부회전상태변수(x_2), 하중부무게(m), 하중부모멘트(J), 메신저전체길이(L), 메신저 체결부위 길이(l), 하중부 무게중심(G), 메신저 체결부위 위치(O), x_1과 x_2 관련 메신저 강성(k), x_1과 x_2 관련 메신저 감쇠(μ), 하중부 회전

반경(k_G), 전력선 병진 상태 변수(y_1)를 이용하여 스톡브릿지 댐퍼를 모델링 한다.

[0075] 도 3은 도 1의 모델링부(51)에 의해 모델링된 스톡브릿지 댐퍼의 일측부를 나타내는 도면이다.

[0076] 도 3과 같이, 입력된 스톡브릿지 댐퍼의 변수들을 이용한 상기 모델링부(51)에 의한 모델링과정(S51)의 수행에 의해 메신저(10)와 하중부(20)의 결합 구조를 가지는 스톡브릿지 댐퍼 모델이 형성된다.

[0077] 또한, 상기 모델링부(51)는, 모델링된 스톡브릿지 댐퍼의 지배방정식을

[0078] [수학식 1]

[0079]
$$\begin{bmatrix} m & ml \\ ml & J \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \ddot{x}_1 \\ \ddot{x}_2 \end{bmatrix} + \mu \begin{bmatrix} 4k & 2kL \\ 2kL & 4kL^2/3 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 4k & 2kL \\ 2kL & 4kL^2/3 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = F(V)$$

[0080] 로 생성한다. 여기서, F(V)는 외력을 나타낸다.

[0081] 상술한 스톡브릿지 댐퍼는 전력선에 체결되는 부위를 기준으로 양쪽에 불형형 질량이 각각 메신저(10)에 부착되어 있는 구조를 가진다. 그리고 상기 스톡브릿지 댐퍼의 지배방정식은 모델링된 스톡브릿지 댐퍼의 동적 거동을 나타내는 이론식이 된다. 상기 지배방정식에서 F(V)는 전력선에 발생하는 외부 힘에 해당하며 바람의 속도(V)에 따라 주요 주파수 값이 종속된다.

[0082] 상술한 스톡브릿지 댐퍼의 지배방정식에 의해 댐퍼의 일측부에 대한 공진점을 2개 도출할 수 있으며, 도출된 공진점은 질량의 병진 및 회전에 해당하는 진동모드에 해당한다. 2R 댐퍼의 경우에는 좌우 대칭으로 2개의 공진점이 나타나며, 4R 댐퍼의 경우에는 좌우 비대칭으로 4개의 공진점이 나타난다.

[0083]

[0084] 상기 공진점결정과정(S20)은 공진점결정부(52)가 스톡브릿지 댐퍼 모델을 이용하여 질량의 병진 운동 공진점과 회전 운동 공진점을 결정하는 과정이다.

[0085] 상기 공진점결정과정(S20)에서 공진점결정부(52)는 하중부의 병진운동에 대한 제 1 공진점(ω_1)을 [수학식 2]로 산출하고, 하중부의 회전운동에 대한 제 2 공진점(ω_2)을 [수학식 3]으로 산출한다.

[0086] [수학식 2]

[0087]
$$(\omega_1)^2 = \Omega_1 \cong \frac{k}{m} = \frac{12E_mJ_m}{mL^3}$$

[0088] Em은 메신저의 탄성계수, Jm은 메신저의 모멘트.

[0089] [수학식 3]

[0090]
$$(\omega_2)^2 (= \Omega_2) = -\Omega_1 + \frac{4k^2L^2}{3mk_{G0}^2}$$

[0091] 메신저 강성 k는 상수.

[0092] 공진점결정과정(S20)을 구체적으로 설명하면, 스톡브릿지 댐퍼 모델의 지배방정식인 [수학식 1]을 이용하여 댐퍼의 일측부에서의 하중부(20)의 진동에 의한 공진점(공진주파수)을 유도할 수 있으며, 유도되는 공진점은 입력되는 변수에 따라 달라진다. 먼저 질량의 병진운동과 관련되는 제 1 공진점(ω_1)은 질량의 병진 운동에만 대체적으로 지배를 받기 때문에 [수학식 2]와 같이 근사적 표현이 가능해 진다. 제 1 공진점(ω_1)은 주파수의 제곱 형태가 가장 간단하며 강성 k은 좀더 구체적으로 메신저의 탄성계수(Em)와 모멘트(Jm)의 지배를 받는다.

[0093] 따라서 메신저의 설계 변수들은 규격화되어 변경이 어렵다는 가정 아래 하중부(20)의 무게(m)와 메신저 길이(L)에 대한 함수로 표현된다. 하중부(20)의 회전 운동과 관련된 제 2 공진점(ω_2)의 경우에도 주파수의 제곱 형태가 가장 간단한 표현에 해당하여 [수학식 2]로 표시될 수 있으며, 제 1 공진점(ω_1)의 제곱이 직접적인 영향

을 준다.

[0094] 메신저(10)의 강성(k)은 [수학식 2]와 같이 메신저의 탄성계수(Em)와 모멘트(Jm)에 지배되며 일반적으로 규격화된 메신저가 사용되기 때문에 상수 값으로 가정될 수 있다. 이와 같은 상황에서 [수학식 3]은 하중부(20)의 무게(m), 하중부(20)의 회전반경(k_G) 및 메신저 길이(L)에 대한 함수가 된다.

[0095] 상기 민감도분석과정(S30)은 민감도해석부(53)가 스톡브릿지 댐퍼 모델의 질량의 병진 운동 공진점과 회전 운동 공진점에 대하여 스톡브릿지 댐퍼의 변수별로 민감도를 해석하여 변수별 민감도를 도출하는 과정이다.

[0096] 상기 민감도분석과정(S30)에서 상기 민감도분석부(53)는 상기 제 1 공진점(ω_1)과 상기 제 2 공진점(ω_2)을 각각 변수인 하중부 무게(m)와 메신저길이(L), 하중부 회전 반경(k_G)으로 각각 편미분하여 각 변수들에 대한 민감도를 분석한다.

[0097] 구체적으로, 스톡브릿지 댐퍼의 진동 저감 성능은 공진점의 위치에 매우 종속적이기 때문에 댐퍼의 초기설계 과정에서부터 공진점의 위치를 효율적으로 결정해야 한다. 이를 위해 입력된 변수들이 각 공진점에 어떤 영향도를 가지는지를 평가해야 한다.

[0098] 제 1 공진점(ω_1)은 [수학식 2]에 나타낸 바와 같이 메신저의 탄성계수(Em)와 모멘트(Jm)에 대한 함수이기 때문에 각각의 변수에 대한 편미분 방적식을 [수학식 4]와 [수학식 5]로 도출한다.

[0099] [수학식 4]

[0100]
$$\frac{\partial \Omega_1}{\partial m} = -\frac{1}{m^2}\left(\frac{12E_m J_m}{L^3}\right)_{const}$$

[0101] [수학식 5]

[0102]
$$\frac{\partial \Omega_1}{\partial L} = -\frac{1}{L^3}\left(\frac{12E_m J_m}{m^2}\right)_{const}$$

[0103] [수학식 4] 및 [수학식 5]를 통해 2개의 변수가 공통적으로 제 1 공진점(ω_1)에 영향을 주고 있음을 알 수 있으며, 상대적으로 메신저 길이가 질량의 무게 대비 공진점에 더 민감하게 반응함을 분석할 수 있다.

[0104] 도 4는 제 1 공진점(ω_1)에 대한 민감도 분석 결과를 나타내는 그래프로서, [수학식 1]을 활용하여 변수들의 가변시켜서 제 1 공진점(ω_1)의 변화 결과를 나타낸다.

[0105] 제 1 공진점(ω_1)에 대한 민감도 분석 결과 제 1 공진점(ω_1)은 메신저 길이(L)에 가장 민감하며, 하중부(20)의 무게(m)에도 다른 설계 변수들 대빈 민감도가 큰 것을 알 수 있다.

[0106] 제 2 공진점에 대해서도 동일한 민감도분석을 수행하기 위하여 민감도분석부(53)는 설계 변수들에 대한 편미분 방정식을 [수학식 6], [수학식 7], [수학식 8] 및 [수학식 9]와 같이 도출한다.

[0107] [수학식 6]

[0108]
$$\frac{\partial \Omega_2}{\partial m} = \frac{1}{m^2}\left(\frac{12E_m J_m}{L^3} - \frac{12E_m^2 J_m^2}{k_G^2 L^4}\right)_{const}$$

[0109] [수학식 7]

[0110]
$$\frac{\partial \Omega_2}{\partial L} = \frac{1}{L^3}\left(-\frac{12E_m J_m}{m^3} - \frac{48E_m^2 J_m^2}{k_G^2 m}\right)_{const}$$

[0111] [수학식 8]

[0112]
$$\frac{\partial\Omega_2}{\partial k_G}=\frac{\partial\left(-\Omega_1+\frac{4k^2L^2}{3mk_G^2}\right)}{\partial k_G}=-\frac{1}{k_G^3}\left(\frac{24E_m^2J_m^2}{mL^4}\right)_{const}$$

[0113] [수학식 9]

[0114]
$$\frac{\partial\Omega_2}{\partial l}=\frac{\partial\left(-\Omega_1+\frac{4k^2L^2}{3mk_G^2}\right)}{\partial l}=0$$

[0115] 도 5는 제 2 공진점(ω_2)에 대한 민감도 분석 결과를 나타내는 그래프이다.

[0116] 도 5와 같이, [수학식 6], [수학식 7], [수학식 8] 및 [수학식 9]를 이용하여 제 2 공진점(ω_2)의 변수들에 대한 민감도를 분석한 결과, 제 2 공진점(ω_2)은 메신저 길이(L)과 하중부(20)의 회전 반경(k_G)에 민감하며 하중부(20)의 무게(m)에 대해서도 다소 민감하게 반응함이 도출되었다. 또한, 하중부(20)의 무게중심(G)과 메신저 체결 위치(O) 사이의 거리(l)는 민감도가 전혀 없는 것으로 도출되었다.

[0117] 민감도분석부(53)에 의한 민감도분석과정(S30)의 처리 결과 변수들에 대한민감도는 아래의 표와 같이 도출된다.

[0118]

주요설계 파라미터	Mode 1 (ω_1)	Mode 2 (ω_2)
L	◎	◎
m	○	○
k_G	△	◎
l	△	△

[0119] 부연 설명하면, 멘신저 길이(L)는 모든 공진점(ω_1, ω_2)에 공통적으로 민감하고, 하중부(20)의 하중부 회전 반경(k_G)은 제 1 공진점(ω_1)에는 민감도가 낮으나 2차 공진점(ω_2)에는 매우 민감한 것으로 분석된다. 하중부(20)의 무게(m)는 모든 공진점에서 공통적으로 민감도가 다소 높으며, 변수 l은 모든 공진점에서 민감도가 낮은 것으로 분석된다.

[0120] 상기 변수결정과정(S40)은 변수결정부(54)가 목표 공진주파수의 설정을 위하여 변수를 결정하는 과정이다.

[0121] 상기 변수결정과정(S40)에서 변수결정부(54)는 민감도해석부(53)의 해석 결과를 이용하여 상기 제 1 공진점(ω_1) 및 제 2 공진점(ω_2)의 기설정된 값으로의 변화를 위하여 변수들을 값을 결정한다.

[0122] 민감도분석부(53)에 의한 민감도분석과정(S30)의 수행 결과에 따라, 변수결정과정(S40)에서는 변수결정부(54)가 원하는 제 1 공진점(ω_1)과 제 2 공진점(ω_2)을 얻을 수 있도록 민감도가 높은 변수들의 변수값을 결정하는 것에 의해 스톡브릿지 댐퍼의 설계가 이루어진다.

[0123] 상기에서 설명한 본 발명의 기술적 사상은 바람직한 실시예에서 구체적으로 기술되었으나, 상기한 실시예는 그 설명을 위한 것이며 그 제한을 위한 것이 아님을 주의하여야 한다. 또한, 본 발명의 기술적 분야의 통상의 지식을 가진자라면 본 발명의 기술적 사상의 범위 내에서 다양한 실시예가 가능함을 이해할 수 있을 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

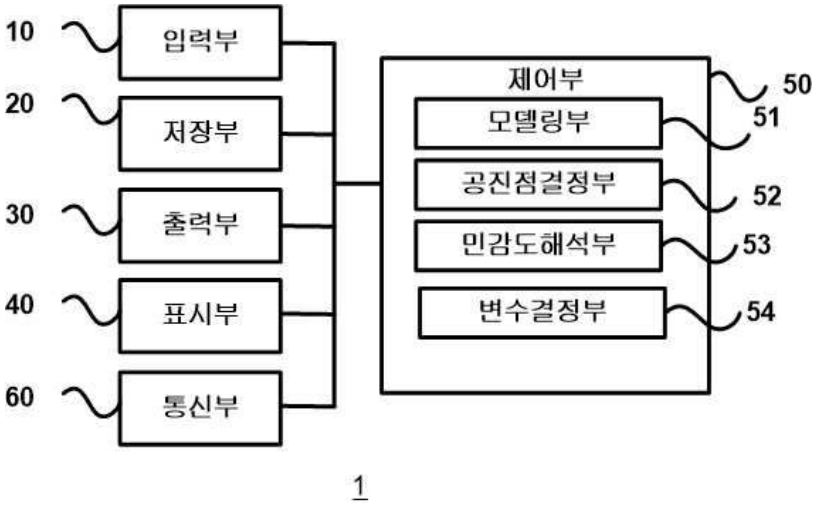
부호의 설명

[0124] 1: 스톡브릿지 댐퍼 설계 장치

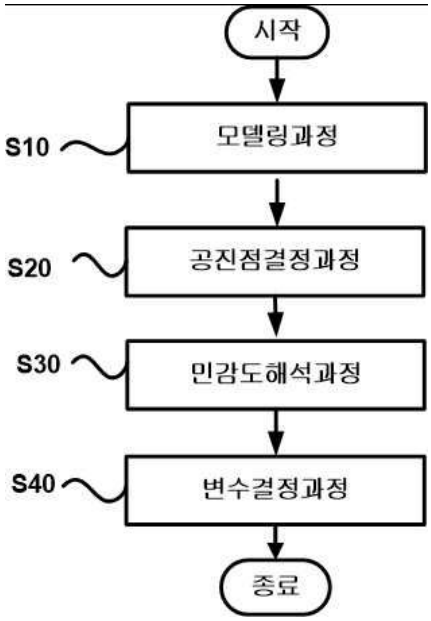
10: 메신저 20: 하중부

도면

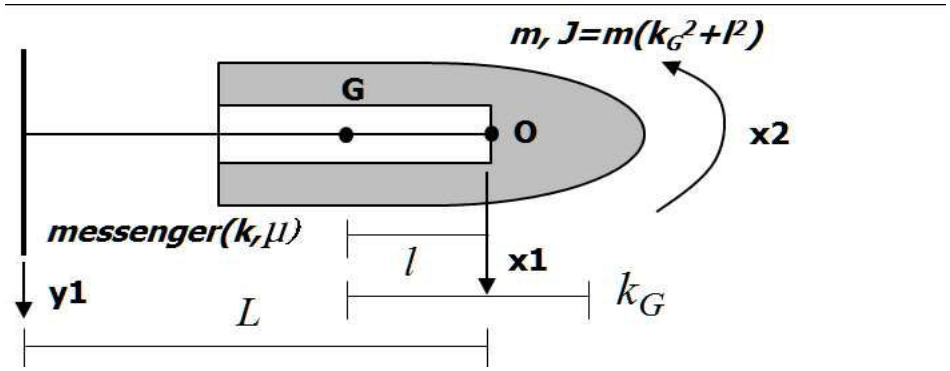
도면1



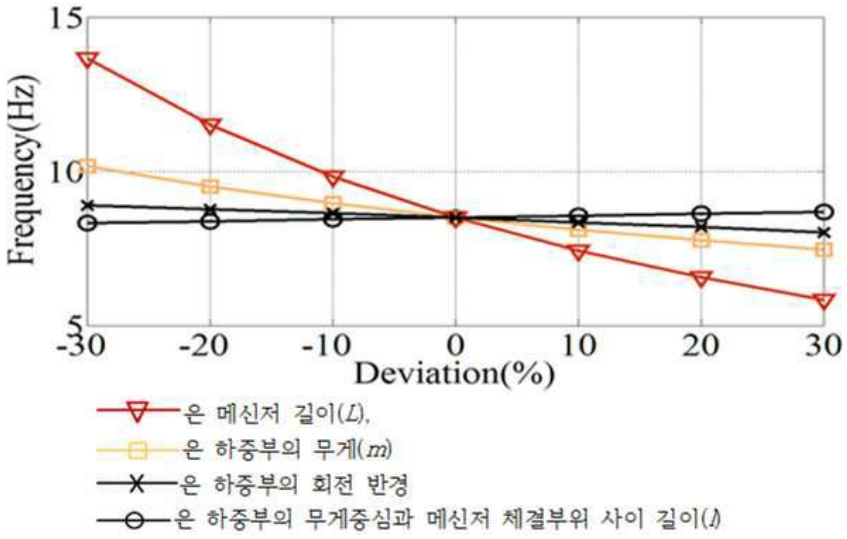
도면2



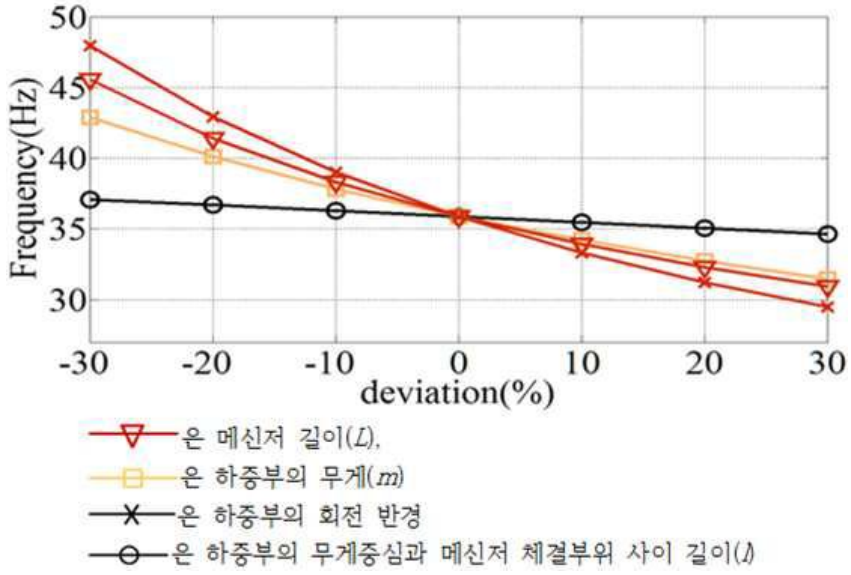
도면3



도면4


15
10
5
Frequency(Hz)
-30
-20
-10
0
10
20
30
Deviation(%)
은 메신저 길이(L),
은 하중부의 무게(m)
은 하중부의 회전 반경
은 하중부의 무게중심과 메신저 체결부위 사이 길이(l)

도면5


50
45
40
35
30
Frequency(Hz)
-30
-20
-10
0
10
20
30
deviation(%)
은 메신저 길이(L),
은 하중부의 무게(m)
은 하중부의 회전 반경
은 하중부의 무게중심과 메신저 체결부위 사이 길이(l)