



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2012년03월09일  
 (11) 등록번호 10-1120563  
 (24) 등록일자 2012년02월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*F16F 7/00* (2006.01) *G05B 5/01* (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2004-0093412  
 (22) 출원일자 2004년11월16일  
 심사청구일자 2009년09월04일  
 (65) 공개번호 10-2005-0047478  
 (43) 공개일자 2005년05월20일  
 (30) 우선권주장  
 0313443 2003년11월17일 프랑스(FR)  
 (56) 선행기술조사문헌  
 US5713438 A  
 US5906254 A  
 US5575439 A

(73) 특허권자  
**유로폼페르**  
 프랑스공화국, 마리그냥 세텍스 13725, 에어로포  
 트 인터내셔널 마르세르 프로방스  
 (72) 발명자  
**오보우지, 피에르-안토인**  
 프랑스 13006 마세일르, 루에 비지 엘'인디엔, 7  
**나카라토, 지안니**  
 프랑스 13980 알레인스, 루에 데스 수리안스, 23  
 (74) 대리인  
**황의단**

전체 청구항 수 : 총 8 항

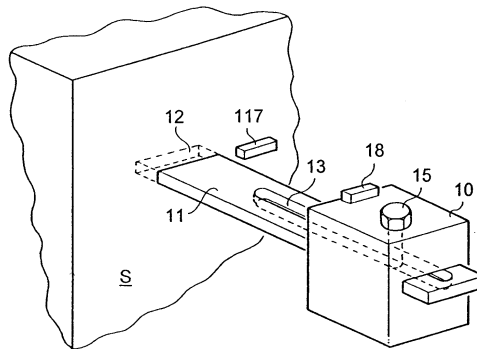
심사관 : 이준호

(54) 발명의 명칭 **진동흡수기의 동조방법**

**(57) 요약**

본 발명은 진동흡수기를 구동 주파수에 동조하는 방법에 관한 것이며, 상기 진동흡수기는 오리피스 내에 고정 장착되는 하나의 단부를 가지는 지지체에 고정되는 댐퍼 블록을 포함한다. 본 발명의 방법은, 기준값을 산출하기 위하여 진동흡수기의 동조된 주파수와 구동 주파수 사이의 편차를 계산하는 측정단계와, 상기 진동흡수기의 적어도 하나의 조정값을 상기 기준값에 조절하는 조절단계를 포함한다.

**대표도** - 도1



**특허청구의 범위**

**청구항 1**

구조물에 일단부가 장착되는 지지체(11)에 고정되는 댐퍼 블록(10)을 포함하는 진동흡수기를 기준 구동 주파수( $f_r$ )에 동조시키는 방법으로서,

상기 진동흡수기의 동조된 주파수와 상기 구동 주파수 사이의 편차를 계산하여 기준값(D, NR)을 산출하는 측정 단계; 및

상기 진동흡수기의 적어도 하나의 조정값을 상기 기준값(D, NR)을 향해 조정하는 조정단계를 포함하는 진동흡수기를 구동 주파수에 동조시키는 방법에 있어서,

그 구조물 내의 장착부(12)에서의 가속도(X)의 일련의 제1의 측정치 및 상기 댐퍼 블록(10)에서의 가속도(Y)의 일련의 제2의 측정치에 기초하여 상기 구동 주파수( $f_r$ )의 양측 상에 연장되는 주파수 대역에 걸친 상기 진동흡수기의 추정된 전달함수(H(f))를 설정하는 단계;

상기 동조된 주파수( $f_o$ )에 의해 매개변수화되는 상기 진동흡수기의 이론적인 전달함수(T(f))를 정의하는 단계;

상기 동조된 주파수( $f_o$ )를 얻기 위해 상기 추정된 전달함수(H(f))와 상기 이론적인 전달함수(T(f)) 사이의 차이(C(f))를 감소시키는 단계; 및

상기 동조된 주파수( $f_o$ )에 의해 상기 기준값(D, NR)을 정의하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 진동흡수기를 구동 주파수에 동조시키는 방법.

**청구항 2**

제 1 항에 있어서, 상기 동조된 주파수( $f_o$ )에 의한 상기 기준값(D, NR)의 정의는 하나의 자유도를 가지는 모델에 의해 수행되는 것을 특징으로 하는 진동흡수기를 구동 주파수에 동조시키는 방법.

**청구항 3**

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 구조물은 헬리콥터의 구조물인 것을 특징으로 하는 진동흡수기를 구동 주파수에 동조시키는 방법.

**청구항 4**

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 가속도 측정값(X, Y)을 기초로 상기 추정된 전달함수를 계산하기 위하여 하닝 가중치가 사용되는 것을 특징으로 하는 진동흡수기를 구동 주파수에 동조시키는 방법.

**청구항 5**

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 공진 진동흡수기를 조절하기 위하여, 상기 댐퍼 블록은 상기 기준값(D)에 대응하는 소정의 위치로 블레이드를 따라 이동되고, 상기 댐퍼 블록은 상기 위치에 고정되는 것을 특징으로 하는 진동흡수기를 구동 주파수에 동조시키는 방법.

**청구항 6**

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 진동흡수기를 조절하기 위하여, 상기 댐퍼 블록의 질량이 변경되는 것을 특징으로 하는 진동흡수기를 구동 주파수에 동조시키는 방법.

**청구항 7**

제 6 항에 있어서, 상기 댐퍼 블록의 질량을 변경하기 위하여, 상기 댐퍼 블록에 고정되는 와셔의 수(NR)를 늘리거나 줄이는 것을 특징으로 하는 진동흡수기를 구동 주파수에 동조시키는 방법.

**청구항 8**

제 1 항 또는 제 2 항에 기재된 방법을 수행하는 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 진동흡수기를 조절하는 장치.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- [0008] 본 발명은 진동흡수기를 동조하는 방법에 관한 것이다. 이는 회전날개 항공기, 특히 헬리콥터의 분야에 특히 편리하게 적용된다.
- [0009] 작동하는 원리에 의해, 헬리콥터는 매우 높은 정도의 진동을 겪는다고 알려져 있다.
- [0010] 조종실 내에서 느낄 수 있는 다양한 종류의 진동이 있으며, 특히 승무원과 승객의 안락함의 측면에서, 또한 조종실 내에 배치되는 부품과 장비의 피로의 측면에서 수많은 단점이 있다.
- [0011] 이러한 진동의 주된 원인의 하나는 날개의 회전으로 인하여 주양력기와 진행 회전익에서 발생하는 힘으로 알려져 있다.
- [0012] 특히, 헬리콥터의 동체가 상기 회전익의 날개수에 회전 주파수를 곱한 값과 같은 기준 구동 주파수를 가지는 (상기 주회전익에 의해 발생하는) 힘과 모멘트를 겪는다고 알려져 있다. 상기 동체의 응답은 상기 헬리콥터의 공명주파수와 상기 구동 주파수 사이의 차이에 대하여 매우 민감하다.
- [0013] 이와 같이 발생된 상기 진동은 주로 상기 헬리콥터의 구조 내에서 공명모드, 특히 헬리콥터 꼬리의 측면 절곡시의 제1모드를 여기(exciting)하는 날개에서의 공기 역학적인 유동에 의한 것이다. 측면 절곡에서의 이러한 제1모드의 여기에 의한 진동은 수 헤르츠의 주파수를 나타내고, 극단적인 문제가 된다.
- [0014] 따라서, 일반적으로 공진기의 형태로 구현되는 수동적(passive)인 진동 흡수기를 제공하는 것으로 알려져 있다. 이러한 흡수기는 진동을 줄이고자 하는 곳에 위치되며, 소정의 주파수에서 공진됨으로써 상기 주파수가 나타나는 진동의 양을 줄이도록 작동한다.
- [0015] 상기 진동흡수기는 스프링 블레이드와 같은 지지체에 고정되는 댐퍼 블록의 형태이다. 상기 지지체의 일단은 상기 헬리콥터의 구조물 상의 적절한 위치(예를 들면 상기 조종실 내)에 형성되는 오리피스 내에 결합된다.
- [0016] 이러한 진동흡수기는 예를 들면 상기 댐퍼블록에 고정되는 하나 또는 그 이상의 나사에 의해 부가되거나 제거되는 와셔에 의해 상기 댐퍼블록의 질량에 작용함으로써 조절될 수 있다. 또한, 예를 들어 상기 블록이 상기 지지체에 마련된 홈을 따라 활주됨으로써 유발되는 상기 블록과 그 장착부 사이의 거리 변화에 의해 조절될 수도 있다.
- [0017] 상기 진동흡수기는 상기 구동 주파수로 구동되는 진동 작업대에 상기 헬리콥터를 위치시킴으로써 조절될 수 있다. 제1센서는 장착부의 진동, 달리 말하면 가속도를 측정하고, 제2센서는 상기 댐퍼블록의 가속도를 측정한다.
- [0018] 이러한 2개의 가속도 사이의 위상차가 측정되고, 상기 진동흡수기가 동조될 때, 상기 위상차는 90°가 된다. 그렇지 않으면, 상기 소망의 90°의 값에 가능한 한 근접하도록 상기 진동흡수기의 조절을 개변하는 점근적(successive approximation)이 실시된다.
- [0019] 따라서, 만족스러운 조절을 얻기 위해서는 진동 작업대 상에서 수많은 시험이 실시되어야 하고, 시험 횟수는 상기 위상차에서 요구되는 정밀도의 증가에 따라 증가된다.
- [0020] FR 2,739,670 및 US 5,814,963은 상기한 진동흡수기에 대한 개선책을 개시한다. 상기 댐퍼블록은 고정된 장착부를 가지는 스프링 블레이드에 고정되는 주질량과, 지지체에 대한 상대 위치가 스텝퍼 모터와 같은 기계적인 액추에이터에 의해 결정되는 보조질량으로 이루어진다. 상기 액추에이터는 상기 2개의 가속도 사이의 위상차에 대한 상기 보조질량의 위치를 서보-제어하는 컴퓨터에 의해 제어된다.
- [0021] 이러한 서보-제어는 특별한 부품을 필요로 하기 때문에 상대적으로 비싸다. 또, 주파수의 함수로서의 위상차의 편차를 나타내는 곡선의 기울기가 매우 급할 때 불안정성이 나타날 수 있다. 이러한 불안정성은 진동을 줄이기 보다는 상기 구동 주파수에서 진동을 증폭시킬 수 있다.

**발명이 이루고자 하는 기술적 과제**

- [0022] 따라서, 본 발명의 목적은 가장 효과적으로 수동적(passive manner)인 방식으로 진공을 줄이는 것이다.
- [0023] 본 발명의 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은, 구조물에 일단부가 장착되는 지지체에, 특히 상기 구조물의 오리피스 내에 고정되는 댐퍼 블록을 포함하는 진동흡수기를 기준 구동 주파수에 동조시키는 방법으로서,
- [0024] 상기 진동흡수기의 동조된 주파수와 상기 구동 주파수 사이의 편차를 계산하여 기준값을 산출하는 측정단계; 및
- [0025] 상기 진동흡수기의 적어도 하나의 조정값을 상기 기준값을 향해 조정하는 조정단계를 포함하는 진동흡수기를 구동 주파수에 동조시키는 방법에 있어서,
- [0026] 그 구조물 내의 장착부에서의 가속도의 일련의 제1의 측정치 및 상기 댐퍼 블록에서의 가속도의 일련의 제2의 측정치에 기초하여 상기 구동 주파수의 양측 상에 연장되는 주파수 대역에 걸친 상기 진동흡수기의 추정된 전달함수를 설정하는 단계;
- [0027] 상기 동조된 주파수에 의해 매개변수화되는 상기 진동흡수기의 이론적인 전달함수를 정의하는 단계;
- [0028] 상기 동조된 주파수를 얻기 위해 상기 추정된 전달함수와 상기 이론적인 전달함수 사이의 차이를 최소화하는 단계; 및
- [0029] 상기 동조된 주파수에 의해 상기 기준값을 정의하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 진동흡수기를 구동 주파수에 동조시키는 방법을 제공한다.
- [0030] 상기 동조된 주파수( $f_0$ )에 의한 상기 기준값의 정의는 하나의 자유도를 가지는 모델에 의해 수행되는 것이 유리하다.
- [0031] 본 발명은 또한 상기 방법을 수행하는 수단을 포함하는 진동흡수기를 조절하는 장치를 제공한다.

**발명의 구성 및 작용**

- [0032] 도 1을 참조하면, 진동흡수기는 댐퍼 블록(10)을 포함하고, 이 댐퍼 블록은 지지체(예, 스프링 블레이드(11)) 상에서 활주하기 위한 슬롯을 가지고 있다. 스프링 블레이드는 헬리콥터의 구조물(HEL) 상의 임의의 위치의 오리피스(12) 내에 고정되는 방식으로 장착된다. 블레이드에는 댐퍼 블록을 블레이드에 고정하기 위해 볼트(15)와 결합하는 중앙홈(13)이 구비되어 있다.
- [0033] 진동흡수기를 조절하기 위해서는 볼트(15)를 풀고, 블록(10)을 블레이드를 따라 소정의 위치로 이동시킨 다음, 볼트(15)를 조여줌으로써 소정의 위치에 블록을 고정시킨다.
- [0034] 가속도기와 같은 제1진동센서(17)는 고정된 장착부에 위치되고, 제2가속도기(18)는 댐퍼 블록(10) 상에 위치된다.
- [0035] 헬리콥터의 비행 시험 중에, 진동흡수기의 장착부와 댐퍼 블록 사이의 전달함수( $H(f)$ )에 의해 추정치가 작성된다. 이를 위하여, 샘플링 주파수에서 제1 및 제2센서(17, 18)에 의해 각각 유도된 제1 및 제2가속도( $X, Y$ )의 연속값이 측정 주기 동안에 기록된다.
- [0036]  $X_i$  및  $Y_i$ 는 차원  $N(1 \leq i \leq N)$ 의 벡터  $X$  및 벡터  $Y$ 의  $i$ 번째 성분을 나타낸다.
- [0037] 벡터  $V$ 에 가해지는 소위 "하닝 가중치(Hanning weighting)"는 새로운 벡터  $S$ 를 정의한다.
- [0038]  $S$ 와  $V$ 는 실수를 가지는  $N$  차원의 벡터이다.
- [0039]  $S(i)$ 와  $V(i)$ 를 상기 벡터  $S$ 와  $V$ 의  $i$ 번째 성분이라 하면, 벡터  $S$ 는 다음과 같다.

$$S(i) = \frac{1}{2}(1 - \cos((i-1) \cdot 2\pi / N))V(i)$$

- [0040]
- [0041] 또한, 벡터  $V$ 의 이산 푸리에 변환  $Z$ 는 다음과 같이 정의된다.
- [0042]  $V$ 는 실수를 가지는  $N$  차원의 벡터이고,  $Z$ 는 복소수를 가지는  $N$  차원의 벡터이다.

[0043]  $Z(i)$ 와  $V(i)$ 를 벡터  $Z$ 와  $V$ 의  $i$ 번째 성분이라 하면, 벡터  $Z$ 는 다음과 같다.

$$Z(i) = \sum_{n=1}^N V(i) * e^{-2\pi j(n-1)(i-1)/N}$$

[0044]

[0045] 여기서,  $j$ 는  $-1$ 의 제곱근이다.

[0046] 다음의 부호는 상기 전달함수(H)를 계산할 때 사용된다.

[0047]  $N_f$ , 정수: 일련의 값으로 이루어지는 창 안의 점들의 수

[0048]  $N_o$ , 정수: 2개의 연속되는 창에 공통되는 값들의 수

[0049]  $F_e$ : 샘플링 주파수

[0050]  $H$ : 복소수를 가지는  $N_f$ 차원의 벡터

[0051]  $F$ : 실수를 가지는  $N_f$ 차원의 벡터

[0052]  $P_{xx}$ :  $N_f$ 차원의 벡터

[0053]  $P_{xy}$ :  $N_f$ 차원의 벡터, 및

[0054]  $ind$ : 1 내지  $N_f$ 의 범위에서 변하는 인덱스 벡터.

[0055] 창의 수(QF)는 다음과 같이 계산된다.

$$QF = E((N - N_o) / (N_f - N_o))$$

[0056]

[0057] 여기서,  $E$ 는 정수부를 기호화한 것이다.

[0058] 다음의 변수가 다음과 같이 초기화된다. 즉,

[0059]  $P_{xx0}$ 는 0,

[0060]  $P_{xy0}$ 는  $N_f$ 에서 0까지,

[0061]  $ind_0$ 는 [1, 2, ...  $N_f$ ]로 초기화된다.

[0062] 다음의 연산은 지수  $i$ 를 사용하여 수행된다.

$$Xw_i = S(X(ind_{i-1}))$$

$$Yw_i = S(Y(ind_{i-1}))$$

$$Zx_i = Z(Xw_i)$$

$$Zy_i = Z(Yw_i)$$

$$Pxx_i = Pxx_{i-1} + |Zx_i|^2$$

$$Pxy_i = Pxy_{i-1} + Zy_i * \overline{Zx_i}$$

[0063]

[0064] 여기서,  $|Zx_i|$ 는  $Zx_i$ 의 계수(modulus) 벡터이고,  $\overline{Zx_i}$ 는  $Zx_i$ 의 복소수 켈레 벡터이다.

$$ind_i = ind_{i-1} + (N_f - N_o)$$

[0065]

[0066] 이러한 반복은 지수  $i=QF$ 일 때까지 반복된다.

[0067] 그러면 다음의 식이 얻어진다.

[0068]  $H(f) = Pxy(f)/Pxx(f)$ : 복소수를 가지는 전달함수 벡터; 및

[0069]  $F = [0 \ 1 \ \dots \ N_f - 1] * F_2 / N_f$ : 실수를 가지는 주파수 벡터.

[0070] 상기 이론적인 전달함수  $T(f)$ 는 다음의 형태를 가진다.

$$T(f) = [(2\pi f_0)^2 + 2j\alpha \cdot 2\pi f_0 \cdot 2\pi f] / [(j2\pi f)^2 + (2\pi f_0)^2 + 2j\alpha \cdot 2\pi f_0 \cdot 2\pi f]$$

[0071]

[0072] 여기서, 변수  $\alpha$ 와  $f_0$ 는 각각 상기 진동흡수기의 감쇠 및 공진주파수를 나타낸다.

[0073] 하기의 단계는 소위 "비용" 함수  $C$ 를 최소화하는 단계이다. 즉,

$$C = \sum_f \|H(f) - T(f)\|^2$$

[0074]

[0075] 이러한 최소화 단계의 결과 공진주파수( $f_0$ )가 얻어진다.

[0076] 예를 들어, 상기 진동흡수기의 조절을 위한 절차는 다음과 같이 수행될 수 있다.

[0077] 다음의 부호를 사용한다.

[0078] R: 상기 댐퍼 블록과 상기 장착부 사이의 거리,

[0079]  $f_r$ : 상기 구동 주파수, 및

[0080] D: 상기 댐퍼 블록에 적용되어야 하는 기준값 또는 변위로서, 이 변위는 상기 장착부로부터 멀어질 때 양의 값으로 측정된다.

[0081] 예를 들어, 하나의 자유도를 가지는 질량-스프링 모델의 공진주파수를 계산함으로써, D를 아래와 같이 상기 공진주파수의 함수( $f_0$ )인  $D=g(f_0)$ 로서 구할 수 있다.

$$D = [(f_0/f_r)^{2/3} - 1] \cdot R$$

[0082]

[0083] 당연히, 몇가지 다른 형태의 모델을 채택하는 것도 가능하다.

[0084] 상기 진동흡수기는 액추에이터를 포함한 모든 종래의 장치를 이용하여 댐퍼 블록(10)을 이동시키는 것에 의해 자동조절이 가능하다는 장점이 있다. 이러한 자동화의 구현은 본 발명의 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자의 능력 범위 내의 것이므로, 이의 상세한 설명은 하지 않는다.

[0085] 본 발명은 또 공진기의 블록의 질량을 조절하기 위해 와서의 개수를 증감시키는 블록 고정식 와서를 이용하여 조절되는 진동흡수기에도 적용할 수 있다.

[0086] 다음의 부호를 사용한다.

[0087] R: 댐퍼 블록에서 장착부까지의 거리,

[0088] L: 와서에서 장착부까지의 거리,

[0089] M: 댐퍼 블록의 질량(와서의 질량은 제외),

[0090]  $m$ : 와서 하나의 질량,

[0091] U: 댐퍼 블록 상의 와서의 수,

[0092]  $v$ : 나사 하나의 질량,

[0093] W: 와서를 지지하는 나사의 수,

[0094]  $f_r$ : 구동 주파수,

[0095] NR: 기준값 또는 변경될 필요가 있는 와서의 수로서, 이 수는 와서가 추가되는 경우에 양의 값이 된다,

[0096]  $I_p=M \cdot R$ , 및



도면2

