



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0121056
(43) 공개일자 2020년10월23일

- | | |
|--|---|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01M 13/00 (2019.01) G01H 1/00 (2006.01)</p> <p>(52) CPC특허분류
G01M 13/00 (2019.01)
G01H 1/003 (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2019-0043563</p> <p>(22) 출원일자 2019년04월15일
심사청구일자 2019년04월15일</p> | <p>(71) 출원인
창원대학교 산학협력단
경상남도 창원시 의창구 창원대로 20(퇴촌동)
정지백
부산광역시 강서구 명지오션시티10로 16, 216동 1404호 (명지동, 영어도시 쿼텨1차)</p> <p>(72) 발명자
이창우
경상남도 창원시 의창구 평산로195번길 37, 301호(서상동)
박병희
경상북도 군위군 의흥면 동부로 538
정지백
부산광역시 강서구 명지오션시티10로 16, 216동 1404호 (명지동, 영어도시 쿼텨1차)</p> <p>(74) 대리인
특허법인가산</p> |
|--|---|

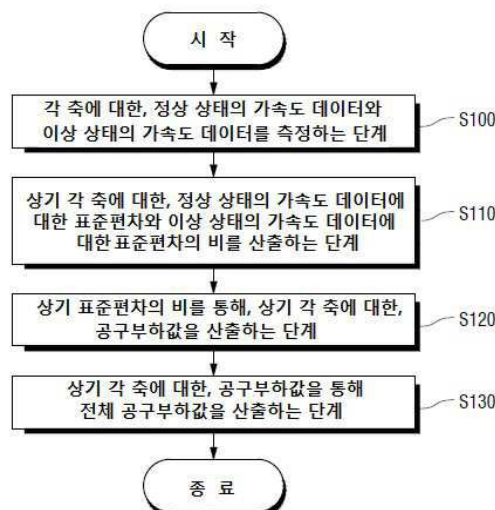
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 공구부하값 산출 방법 및 이를 이용한 회전체 이상 진단 방법

(57) 요약

본 발명은 각 축에 대한, 정상 상태의 가속도 데이터와 이상 상태의 가속도 데이터를 측정하는 단계; 상기 각 축에 대한, 정상 상태의 가속도 데이터에 대한 표준편차와 이상 상태의 가속도 데이터에 대한 표준편차의 비를 산출하는 단계; 상기 표준편차의 비를 통해, 상기 각 축에 대한, 공구부하값을 산출하는 단계; 및 상기 각 축에 대한, 공구부하값을 통해 전체 공구부하값을 산출하는 단계를 포함하는 공구부하값 산출 방법 및 이를 이용한 회전체 이상 진단 방법에 관한 것으로, 공구의 이상을 진단하기 위한 새로운 방식의 공구부하값 산출방법을 제공하고, 이를 이용하여 회전체의 이상을 진단하기 위한 회전체 이상 진단 방법을 제공할 수 있다.

대표도 - 도4



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	S2601236
부처명	중소벤처기업부
과제관리(전문)기관명	중소기업기술정보진흥원
연구사업명	산학협력과제(도약사업)
연구과제명	2pi 이하 공구 수명 모니터링 알고리즘 기반의 6채널 공작기계 제어시스템 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	MEGANEW TECH
연구기간	2018.06.01 ~ 2019.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

각 축에 대한, 정상 상태의 가속도 데이터와 이상 상태의 가속도 데이터를 측정하는 단계;

상기 각 축에 대한, 정상 상태의 가속도 데이터에 대한 표준편차와 이상 상태의 가속도 데이터에 대한 표준편차의 비를 산출하는 단계;

상기 표준편차의 비를 통해, 상기 각 축에 대한, 공구부하값을 산출하는 단계; 및

상기 각 축에 대한, 공구부하값을 통해 전체 공구부하값을 산출하는 단계를 포함하는 공구부하값 산출 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 각 축은 x축, y축 및 z축을 포함하고,

상기 각 축에 대한, 정상 상태의 가속도 데이터에 대한 표준편차와 이상 상태의 가속도 데이터에 대한 표준편차의 비는, x축의 정상상태의 표준편차와 이상상태의 표준편차의 비인 x축의 표준편차의 비, y축의 정상상태의 표준편차와 이상상태의 표준편차의 비인 y축의 표준편차의 비 및 z축의 정상상태의 표준편차와 이상상태의 표준편차의 비인 z축의 표준편차의 비를 포함하며,

상기 x축의 표준편차의 비는 하기 수학적식 (1)로 정의되고, 상기 y축의 표준편차의 비는 하기 수학적식 (2)로 정의되며, 상기 z축의 표준편차의 비는 하기 수학적식 (3)으로 정의되는 공구부하값 산출 방법.

$$\alpha_x = \frac{\sigma_{x,f}}{\sigma_{x,n}} \dots \text{수학적식 (1)}$$

(단, 수학적식 (1)에서 α_x 는 x축의 표준편차의 비이고, σ_n 는 정상 표준편차, σ_f 는 이상 표준편차로, $\sigma_{x,n}$ 는 x축의 정상 표준편차, $\sigma_{x,f}$ 는 x축의 이상 표준편차임)

$$\alpha_y = \frac{\sigma_{y,f}}{\sigma_{y,n}} \dots \text{수학적식 (2)}$$

(단, 수학적식 (2)에서 α_y 는 y축의 표준편차의 비이고, σ_n 는 정상 표준편차, σ_f 는 이상 표준편차로, $\sigma_{y,n}$ 는 y축의 정상 표준편차, $\sigma_{y,f}$ 는 y축의 이상 표준편차임)

$$\alpha_z = \frac{\sigma_{z,f}}{\sigma_{z,n}} \dots \text{수학적식 (3)}$$

(단, 수학적식 (3)에서 α_z 는 z축의 표준편차의 비이고, σ_n 는 정상 표준편차, σ_f 는 이상 표준편차로, $\sigma_{z,n}$ 는 z축의 정상 표준편차, $\sigma_{z,f}$ 는 z축의 이상 표준편차임)

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 각 축에 대한, 공구부하값은, x축의 공구부하값, y축의 공구부하값 및 z축의 공구부하값을 포함하고,

상기 x축의 공구부하값은 하기 수학적식 (4)로 정의되고, 상기 y축의 공구부하값은 하기 수학적식 (5)로 정의되며, 상기 z축의 공구부하값은 하기 수학적식 (6)으로 정의되는 공구부하값 산출 방법.

$$F_x = \alpha_x E \left(\left| \frac{dX_x}{dt} - \mu_{x,f} \right| \right) \sigma_{x,f} \dots \text{수학식 (4)}$$

(단, 수학식 (4)에서 F_x 는 x축의 공구부하값이고, α_x 는 x축의 표준편차의 비이며, X 는 가속도 데이터, μ 는 가속도 데이터의 평균, σ 는 가속도 데이터의 표준편차로, X_x 는 x축의 이상 상태의 가속도 데이터, $\mu_{x,f}$ 는 x축의 이상 상태의 가속도 데이터의 평균, $\sigma_{x,f}$ 는 x축의 이상 상태의 가속도 데이터의 표준편차임)

$$F_y = \alpha_y E \left(\left| \frac{dX_y}{dt} - \mu_{y,f} \right| \right) \sigma_{y,f} \dots \text{수학식 (5)}$$

(단, 수학식 (5)에서 F_y 는 y축의 공구부하값이고, α_y 는 y축의 표준편차의 비이며, X 는 가속도 데이터, μ 는 가속도 데이터의 평균, σ 는 가속도 데이터의 표준편차로, X_y 는 y축의 이상 상태의 가속도 데이터, $\mu_{y,f}$ 는 y축의 이상 상태의 가속도 데이터의 평균, $\sigma_{y,f}$ 는 x축의 이상 상태의 가속도 데이터의 표준편차임)

$$F_z = \alpha_z E \left(\left| \frac{dX_z}{dt} - \mu_{z,f} \right| \right) \sigma_{z,f} \dots \text{수학식 (6)}$$

(단, 수학식 (6)에서 F_z 는 z축의 공구부하값이고, α_z 는 z축의 표준편차의 비이며, X 는 가속도 데이터, μ 는 가속도 데이터의 평균, σ 는 가속도 데이터의 표준편차로, X_z 는 z축의 이상 상태의 가속도 데이터, $\mu_{z,f}$ 는 z축의 이상 상태의 가속도 데이터의 평균, $\sigma_{z,f}$ 는 x축의 이상 상태의 가속도 데이터의 표준편차임)

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 전체 공구부하값은 하기 수학식 (7)로 정의되는 공구부하값 산출 방법.

$$Ft = \sqrt{(Fx)^2 + (Fy)^2 + (Fz)^2} \dots \text{수학식 (7)}$$

(단, 수학식 (7)에서 Ft 는 전체 공구부하값이고, F_x 는 x축의 공구부하값이며, F_y 는 y축의 공구부하값이고, F_z 는 z축의 공구부하값임)

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 수학식 (7)에서, x축의 공구부하값만을 고려하는 경우, $F_y=0$, $F_z=0$ 에 해당하여, 상기 전체 공구부하값은 하기 수학식 (8)로 정의되고,

상기 수학식 (7)에서, y축의 공구부하값만을 고려하는 경우, $F_x=0$, $F_z=0$ 에 해당하여, 상기 전체 공구부하값은 하기 수학식 (9)로 정의되며,

상기 수학식 (7)에서, z축의 공구부하값만을 고려하는 경우, $F_x=0$, $F_y=0$ 에 해당하여, 상기 전체 공구부하값은 하기 수학식 (9)로 정의되는 공구부하값 산출 방법.

$$Ft = \sqrt{(Fx)^2} = Fx \dots \text{수학식 (8)}$$

$$Ft = \sqrt{(Fy)^2} = Fy \dots \text{수학식 (9)}$$

$$Ft = \sqrt{(Fz)^2} = Fz \dots \text{수학식 (10)}$$

청구항 6

단축에 대한, 정상 상태의 가속도 데이터와 이상 상태의 가속도 데이터를 측정하는 단계;

상기 단축에 대한, 정상 상태의 가속도 데이터에 대한 표준편차와 이상 상태의 가속도 데이터에 대한 표준편차의 비를 산출하는 단계; 및

상기 표준편차의 비를 통해, 상기 단축에 대한, 공구부하값을 산출하는 단계를 포함하는 공구부하값 산출 방법.

청구항 7

제 3 항에 있어서,

상기 단축에 대한, 정상 상태의 가속도 데이터에 대한 표준편차와 이상 상태의 가속도 데이터에 대한 표준편차의 비인 해당 단축의 표준편차의 비는, 하기 수학식 (10)으로 정의되는 공구부하값 산출 방법.

$$\alpha = \frac{\sigma_f}{\sigma_n} \dots \text{수학식 (10)}$$

(단, 수학식 (10)에서 α 는 해당 단축의 표준편차의 비이고, σ_n 는 해당 단축의 정상 상태의 가속도 데이터에 대한 표준편차, σ_f 는 해당 단축의 이상 상태의 가속도 데이터에 대한 표준편차)

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 표준편차의 비를 통해 산출된, 상기 단축에 대한, 공구부하값은 하기 수학식 (11)로 정의되는 공구부하값 산출 방법.

$$F = \alpha E \left(\left| \frac{dX}{dt} - \mu_f \right| \right) \dots \text{수학식 (11)}$$

(단, 수학식 (11)에서 F 는 단축방향의 공구부하값이고, α 는 해당 단축의 표준편차의 비이며, X 는 해당 단축의 이상 상태의 가속도 데이터, μ_f 는 해당 단축의 이상 상태의 가속도 데이터의 평균, σ_f 는 해당 단축의 이상 상태의 가속도 데이터의 표준편차임)

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 단축은, x축, y축 또는 z축이며,

상기 x축, 상기 y축 및 상기 z축 중, 어느 축을 기준으로 공구부하값을 산출할 것인지를 선정하는 기준은,

상기 x축, 상기 y축 및 상기 z축 중, 어느 하나의 축의 이상 상태의 가속도 데이터의 표준편차를 분모로 하고, 나머지 두 축의 이상 상태의 가속도 데이터의 표준편차를 각각 분자로 하여 각각의 이상 표준편차 비율을 산출하고, 상기 이상 표준편차 비율이 큰 값을 공구부하값을 산출하는 기준으로 선정하는 공구부하값 산출 방법.

청구항 10

하기 수학식 (7)에 따른 전체 공구부하값.

$$Ft = \sqrt{(Fx)^2 + (Fy)^2 + (Fz)^2} \dots \text{수학식 (7)}$$

(단, 수학식 (7)에서 Ft 는 전체 공구부하값이고, F_x 는 x축의 공구부하값이며, F_y 는 y축의 공구부하값이고, F_z 는 z축의 공구부하값임)

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 x축의 공구부하값은 하기 수학적식 (4)로 정의되고, 상기 y축의 공구부하값은 하기 수학적식 (5)로 정의되며, 상기 z축의 공구부하값은 하기 수학적식 (6)으로 정의되는 공구부하값.

$$F_x = \alpha_x E \left(\left| \frac{dX_x}{dt} - \mu_{x,f} \right| \right) \sigma_{x,f} \quad \dots \text{수학적식 (4)}$$

(단, 수학적식 (4)에서 F_x 는 x축의 공구부하값이고, α_x 는 x축의 표준편차의 비이며, X 는 가속도 데이터, μ 는 가속도 데이터의 평균, σ 는 가속도 데이터의 표준편차로, X_x 는 x축의 이상 상태의 가속도 데이터, $\mu_{x,f}$ 는 x축의 이상 상태의 가속도 데이터의 평균, $\sigma_{x,f}$ 는 x축의 이상 상태의 가속도 데이터의 표준편차임)

$$F_y = \alpha_y E \left(\left| \frac{dX_y}{dt} - \mu_{y,f} \right| \right) \sigma_{y,f} \quad \dots \text{수학적식 (5)}$$

(단, 수학적식 (5)에서 F_y 는 y축의 공구부하값이고, α_y 는 y축의 표준편차의 비이며, X 는 가속도 데이터, μ 는 가속도 데이터의 평균, σ 는 가속도 데이터의 표준편차로, X_y 는 y축의 이상 상태의 가속도 데이터, $\mu_{y,f}$ 는 y축의 이상 상태의 가속도 데이터의 평균, $\sigma_{y,f}$ 는 x축의 이상 상태의 가속도 데이터의 표준편차임)

$$F_z = \alpha_z E \left(\left| \frac{dX_z}{dt} - \mu_{z,f} \right| \right) \sigma_{z,f} \quad \dots \text{수학적식 (6)}$$

(단, 수학적식 (6)에서 F_z 는 z축의 공구부하값이고, α_z 는 z축의 표준편차의 비이며, X 는 가속도 데이터, μ 는 가속도 데이터의 평균, σ 는 가속도 데이터의 표준편차로, X_z 는 z축의 이상 상태의 가속도 데이터, $\mu_{z,f}$ 는 z축의 이상 상태의 가속도 데이터의 평균, $\sigma_{z,f}$ 는 x축의 이상 상태의 가속도 데이터의 표준편차임)

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 x축의 표준편차의 비는 하기 수학적식 (1)로 정의되고, 상기 y축의 표준편차의 비는 하기 수학적식 (2)로 정의되며, 상기 z축의 표준편차의 비는 하기 수학적식 (3)으로 정의되는 공구부하값.

$$\alpha_x = \frac{\sigma_{x,f}}{\sigma_{x,n}} \quad \dots \text{수학적식 (1)}$$

(단, 수학적식 (1)에서 α_x 는 x축의 표준편차의 비이고, σ_n 는 정상 표준편차, σ_f 는 이상 표준편차로, $\sigma_{x,n}$ 는 x축의 정상 표준편차, $\sigma_{x,f}$ 는 x축의 이상 표준편차임)

$$\alpha_y = \frac{\sigma_{y,f}}{\sigma_{y,n}} \quad \dots \text{수학적식 (2)}$$

(단, 수학적식 (2)에서 α_y 는 y축의 표준편차의 비이고, σ_n 는 정상 표준편차, σ_f 는 이상 표준편차로, $\sigma_{y,n}$ 는 y축의 정상 표준편차, $\sigma_{y,f}$ 는 y축의 이상 표준편차임)

$$\alpha_z = \frac{\sigma_{z,f}}{\sigma_{z,n}} \quad \dots \text{수학적식 (3)}$$

(단, 수학식 (3)에서 α_z 는 z축의 표준편차의 비이고, σ_n 는 정상 표준편차, σ_f 는 이상 표준편차로, $\sigma_{z,n}$ 는 x축의 정상 표준편차, $\sigma_{z,f}$ 는 x축의 이상 표준편차임)

청구항 13

하기 수학식 (11)에 따른 공구부하값.

$$F = \alpha E \left(\left| \frac{dX}{dt} - \mu_f \right| \right) \sigma_f \quad \dots \text{수학식(11)}$$

(단, 수학식 (11)에서 F는 단축방향의 공구부하값이고, α 는 해당 단축의 표준편차의 비이며, X는 해당 단축의 이상 상태의 가속도 데이터, μ_f 는 해당 단축의 이상 상태의 가속도 데이터의 평균, σ_f 는 해당 단축의 이상 상태의 가속도 데이터의 표준편차임)

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 해당 단축의 표준편차의 비는, 하기 수학식 (10)으로 정의되는 공구부하값.

$$\alpha = \frac{\sigma_f}{\sigma_n} \quad \dots \text{수학식 (10)}$$

(단, 수학식 (10)에서 α 는 해당 단축의 표준편차의 비이고, σ_n 는 해당단축의 정상 상태의 가속도 데이터에 대한 표준편차, σ_f 는 해당 단축의 이상 상태의 가속도 데이터에 대한 표준편차)

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 공구부하값 산출 방법 및 이를 이용한 회전체 이상 진단 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 새로운 방식의 공구부하값 산출 방법을 통해 공구의 이상을 진단할 수 있는 공구부하값 산출 방법 및 이를 이용한 회전체 이상 진단 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 회전체 기계의 경우 다양한 원인에 의한 이상이 발생되며, 이러한 이상의 발생시 제조 불량이나 야기되거나 해당 기계의 손상이 야기됨으로써 신속한 유지 보수가 요구된다.

[0003] 이에 따라, 종래에는 회전체 기계의 이상 발생을 감지하기 위한 다양한 방법들이 제시되고 있으며, 이에 관련하여는 국내등록특허 제10-0942287호, 국내등록특허 제10-0199105호, 일본공개특허 제1997-113416호, 일본등록특허 제3449194호 등에 개시된 바와 같다.

[0004] 즉, 종래에는 진동데이터 혹은, 음향데이터를 감지한 후 이를 이용하여 회전체 기계의 이상을 진단하는 방법이 주로 사용되었다.

[0005] 하지만, 전술된 종래의 기술들은 단순히 회전체 기계의 정상 여부나 이상 원인 혹은, 손상 부위를 진단하였을 뿐으로써 해당 회전체 기계의 수명을 진단하여 미연에 대처할 수 있도록 하지는 못하였다.

[0006] 즉, 종래의 기술은 회전체 기계가 손상되었을 경우에만 이를 확인할 수 있을 뿐 손상이 이루어지기 전에 해당부위의 손상이 발생될 우려를 미연에 예측하지는 못하였기 때문에 손상 발생시의 대처가 느릴 수밖에 없고, 이로써 생산성이 저하될 수밖에 없다는 문제점을 항상 내포하고 있다.

[0007] 특히, 공작기계는 경우 가공 생산성 및 품질향상을 위하여 고속, 고정밀화되고 있으므로 공작기계 및 제품의 최적 상태와 목표 정도 유지가 더욱 필요하게 될 것이며, 원가절감을 고려한다면 회전체(예컨대, 스피들) 이상 진단 기술이 크게 요구되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 한국 등록특허 10-1865897

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는, 공구의 이상을 진단하기 위한 새로운 방식의 공구부하값 산출방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0010] 또한, 새로운 방식의 공구부하값 산출방법을 이용하여 회전체의 이상을 진단하기 위한 회전체 이상 진단 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0011] 본 발명의 목적들은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0012] 상기 지적된 문제점을 해결하기 위해서 본 발명은 각 축에 대한, 정상 상태의 가속도 데이터와 이상 상태의 가속도 데이터를 측정하는 단계; 상기 각 축에 대한, 정상 상태의 가속도 데이터에 대한 표준편차와 이상 상태의 가속도 데이터에 대한 표준편차의 비를 산출하는 단계; 상기 표준편차의 비를 통해, 상기 각 축에 대한, 공구부하값을 산출하는 단계; 및 상기 각 축에 대한, 공구부하값을 통해 전체 공구부하값을 산출하는 단계를 포함하는 공구부하값 산출 방법을 제공한다.

[0013] 또한, 본 발명은 상기 각 축은 x축, y축 및 z축을 포함하고, 상기 각 축에 대한, 정상 상태의 가속도 데이터에 대한 표준편차와 이상 상태의 가속도 데이터에 대한 표준편차의 비는, x축의 정상상태의 표준편차와 이상상태의 표준편차의 비인 x축의 표준편차의 비, y축의 정상상태의 표준편차와 이상상태의 표준편차의 비인 y축의 표준편차의 비 및 z축의 정상상태의 표준편차와 이상상태의 표준편차의 비인 z축의 표준편차의 비를 포함하며, 상기 x축의 표준편차의 비는 하기 수학식 (1)로 정의되고, 상기 y축의 표준편차의 비는 하기 수학식 (2)로 정의되며, 상기 z축의 표준편차의 비는 하기 수학식 (3)으로 정의되는 공구부하값 산출 방법을 제공한다.

$$\alpha_x = \frac{\sigma_{x,f}}{\sigma_{x,n}} \dots \text{수학식 (1)}$$

[0015] (단, 수학식 (1)에서 α_x 는 x축의 표준편차의 비이고, σ_n 는 정상 표준편차, σ_f 는 이상 표준편차로, $\sigma_{x,n}$ 는 x축의 정상 표준편차, $\sigma_{x,f}$ 는 x축의 이상 표준편차임)

$$\alpha_y = \frac{\sigma_{y,f}}{\sigma_{y,n}} \dots \text{수학식 (2)}$$

[0017] (단, 수학식 (2)에서 α_y 는 y축의 표준편차의 비이고, σ_n 는 정상 표준편차, σ_f 는 이상 표준편차로, $\sigma_{y,n}$ 는 y축의 정상 표준편차, $\sigma_{y,f}$ 는 y축의 이상 표준편차임)

$$\alpha_z = \frac{\sigma_{z,f}}{\sigma_{z,n}} \dots \text{수학식 (3)}$$

[0019] (단, 수학식 (3)에서 α_z 는 z축의 표준편차의 비이고, σ_n 는 정상 표준편차, σ_f 는 이상 표준편차로, $\sigma_{z,n}$ 는 x축의 정상 표준편차, $\sigma_{z,f}$ 는 x축의 이상 표준편차임)

[0020] 또한, 본 발명은 상기 각 축에 대한, 공구부하값은, x축의 공구부하값, y축의 공구부하값 및 z축의 공구부하값을 포함하고, 상기 x축의 공구부하값은 하기 수학식 (4)로 정의되고, 상기 y축의 공구부하값은 하기 수학식

(5)로 정의되며, 상기 z축의 공구부하값은 하기 수학적 식 (6)으로 정의되는 공구부하값 산출 방법을 제공한다.

$$F_x = \alpha_x E \left(\left| \frac{dX_x}{dt} - \mu_{x,f} \right| \right) \sigma_{x,f} \quad \dots \text{수학적 식 (4)}$$

(단, 수학적 식 (4)에서 F_x 는 x축의 공구부하값이고, α_x 는 x축의 표준편차의 비이며, X 는 가속도 데이터, μ 는 가속도 데이터의 평균, σ 는 가속도 데이터의 표준편차로, X_x 는 x축의 이상 상태의 가속도 데이터, $\mu_{x,f}$ 는 x축의 이상 상태의 가속도 데이터의 평균, $\sigma_{x,f}$ 는 x축의 이상 상태의 가속도 데이터의 표준편차임)

$$F_y = \alpha_y E \left(\left| \frac{dX_y}{dt} - \mu_{y,f} \right| \right) \sigma_{y,f} \quad \dots \text{수학적 식 (5)}$$

(단, 수학적 식 (5)에서 F_y 는 y축의 공구부하값이고, α_y 는 y축의 표준편차의 비이며, X 는 가속도 데이터, μ 는 가속도 데이터의 평균, σ 는 가속도 데이터의 표준편차로, X_y 는 y축의 이상 상태의 가속도 데이터, $\mu_{y,f}$ 는 y축의 이상 상태의 가속도 데이터의 평균, $\sigma_{y,f}$ 는 x축의 이상 상태의 가속도 데이터의 표준편차임)

$$F_z = \alpha_z E \left(\left| \frac{dX_z}{dt} - \mu_{z,f} \right| \right) \sigma_{z,f} \quad \dots \text{수학적 식 (6)}$$

(단, 수학적 식 (6)에서 F_z 는 z축의 공구부하값이고, α_z 는 z축의 표준편차의 비이며, X 는 가속도 데이터, μ 는 가속도 데이터의 평균, σ 는 가속도 데이터의 표준편차로, X_z 는 z축의 이상 상태의 가속도 데이터, $\mu_{z,f}$ 는 z축의 이상 상태의 가속도 데이터의 평균, $\sigma_{z,f}$ 는 x축의 이상 상태의 가속도 데이터의 표준편차임)

또한, 본 발명은 상기 전체 공구부하값은 하기 수학적 식 (7)로 정의되는 공구부하값 산출 방법을 제공한다.

$$Ft = \sqrt{(Fx)^2 + (Fy)^2 + (Fz)^2} \quad \dots \text{수학적 식 (7)}$$

(단, 수학적 식 (7)에서 Ft 는 전체 공구부하값이고, F_x 는 x축의 공구부하값이며, F_y 는 y축의 공구부하값이고, F_z 는 z축의 공구부하값임)

또한, 본 발명은 상기 수학적 식 (7)에서, x축의 공구부하값만을 고려하는 경우, $F_y=0$, $F_z=0$ 에 해당하여, 상기 전체 공구부하값은 하기 수학적 식 (8)로 정의되고, 상기 수학적 식 (7)에서, y축의 공구부하값만을 고려하는 경우, $F_x=0$, $F_z=0$ 에 해당하여, 상기 전체 공구부하값은 하기 수학적 식 (9)로 정의되며, 상기 수학적 식 (7)에서, z축의 공구부하값만을 고려하는 경우, $F_x=0$, $F_y=0$ 에 해당하여, 상기 전체 공구부하값은 하기 수학적 식 (9)로 정의되는 공구부하값 산출 방법을 제공한다.

$$Ft = \sqrt{(Fx)^2} = Fx \quad \dots \text{수학적 식 (8)}$$

$$Ft = \sqrt{(Fy)^2} = Fy \quad \dots \text{수학적 식 (9)}$$

$$Ft = \sqrt{(Fz)^2} = Fz \quad \dots \text{수학적 식 (10)}$$

또한, 본 발명은 단축에 대한, 정상 상태의 가속도 데이터와 이상 상태의 가속도 데이터를 측정하는 단계; 상기 단축에 대한, 정상 상태의 가속도 데이터에 대한 표준편차와 이상 상태의 가속도 데이터에 대한 표준편차의 비를 산출하는 단계; 및 상기 표준편차의 비를 통해, 상기 단축에 대한, 공구부하값을 산출하는 단계를 포함하는 공구부하값 산출 방법을 제공한다.

또한, 본 발명은 상기 단축에 대한, 정상 상태의 가속도 데이터에 대한 표준편차와 이상 상태의 가속도 데이터

에 대한 표준편차의 비인 해당 단축의 표준편차의 비는, 하기 수학적 식 (10)으로 정의되는 공구부하값 산출 방법을 제공한다.

$$\alpha = \frac{\sigma_f}{\sigma_n} \dots \text{수학적 식 (10)}$$

(단, 수학적 식 (10)에서 α 는 해당 단축의 표준편차의 비이고, σ_n 는 해당 단축의 정상 상태의 가속도 데이터에 대한 표준편차, σ_f 는 해당 단축의 이상 상태의 가속도 데이터에 대한 표준편차)

또한, 본 발명은 상기 표준편차의 비를 통해 산출된, 상기 단축에 대한, 공구부하값은 하기 수학적 식 (11)로 정의되는 공구부하값 산출 방법을 제공한다.

$$F = \alpha E \left(\left| \frac{dX}{dt} - \mu_f \right| \right) \dots \text{수학적 식 (11)}$$

(단, 수학적 식 (11)에서 F 는 단축방향의 공구부하값이고, α 는 해당 단축의 표준편차의 비이며, X 는 해당 단축의 이상 상태의 가속도 데이터, μ_f 는 해당 단축의 이상 상태의 가속도 데이터의 평균, σ_f 는 해당 단축의 이상 상태의 가속도 데이터의 표준편차임)

또한, 본 발명은 상기 단축은, x축, y축 또는 z축이며, 상기 x축, 상기 y축 및 상기 z축 중, 어느 축을 기준으로 공구부하값을 산출할 것인지를 선정하는 기준은, 상기 x축, 상기 y축 및 상기 z축 중, 어느 하나의 축의 이상 상태의 가속도 데이터의 표준편차를 분모로 하고, 나머지 두 축의 이상 상태의 가속도 데이터의 표준편차를 각각 분자로 하여 각각의 이상 표준편차 비율을 산출하고, 상기 이상 표준편차 비율이 큰 값을 공구부하값을 산출하는 기준으로 선정하는 공구부하값 산출 방법을 제공한다.

또한, 본 발명은 하기 수학적 식 (7)에 따른 전체 공구부하값을 제공한다.

$$Ft = \sqrt{(Fx)^2 + (Fy)^2 + (Fz)^2} \dots \text{수학적 식 (7)}$$

(단, 수학적 식 (7)에서 Ft 는 전체 공구부하값이고, F_x 는 x축의 공구부하값이며, F_y 는 y축의 공구부하값이고, F_z 는 z축의 공구부하값임)

또한, 본 발명은 상기 x축의 공구부하값은 하기 수학적 식 (4)로 정의되고, 상기 y축의 공구부하값은 하기 수학적 식 (5)로 정의되며, 상기 z축의 공구부하값은 하기 수학적 식 (6)으로 정의되는 공구부하값을 제공한다.

$$F_x = \alpha_x E \left(\left| \frac{dX_x}{dt} - \mu_{x,f} \right| \right) \dots \text{수학적 식 (4)}$$

(단, 수학적 식 (4)에서 F_x 는 x축의 공구부하값이고, α_x 는 x축의 표준편차의 비이며, X 는 가속도 데이터, μ 는 가속도 데이터의 평균, σ 는 가속도 데이터의 표준편차로, X_x 는 x축의 이상 상태의 가속도 데이터, $\mu_{x,f}$ 는 x축의 이상 상태의 가속도 데이터의 평균, $\sigma_{x,f}$ 는 x축의 이상 상태의 가속도 데이터의 표준편차임)

$$F_y = \alpha_y E \left(\left| \frac{dX_y}{dt} - \mu_{y,f} \right| \right) \dots \text{수학적 식 (5)}$$

(단, 수학적 식 (5)에서 F_y 는 y축의 공구부하값이고, α_y 는 y축의 표준편차의 비이며, X 는 가속도 데이터, μ 는 가속도 데이터의 평균, σ 는 가속도 데이터의 표준편차로, X_y 는 y축의 이상 상태의 가속도 데이터, $\mu_{y,f}$ 는 y축의 이상 상태의 가속도 데이터의 평균, $\sigma_{y,f}$ 는 y축의 이상 상태의 가속도 데이터의 표준편차임)

$$F_z = \alpha_z E \left(\left| \frac{dX_z}{dt} - \mu_{z,f} \right| \right) \dots \text{수학식 (6)}$$

(단, 수학식 (6)에서 F_z 는 z축의 공구부하값이고, α_z 는 z축의 표준편차의 비이며, X 는 가속도 데이터, μ 는 가속도 데이터의 평균, σ 는 가속도 데이터의 표준편차로, X_z 는 z축의 이상 상태의 가속도 데이터, $\mu_{z,f}$ 는 z축의 이상 상태의 가속도 데이터의 평균, $\sigma_{z,f}$ 는 x축의 이상 상태의 가속도 데이터의 표준편차임)

또한, 본 발명은 상기 x축의 표준편차의 비는 하기 수학식 (1)로 정의되고, 상기 y축의 표준편차의 비는 하기 수학식 (2)로 정의되며, 상기 z축의 표준편차의 비는 하기 수학식 (3)으로 정의되는 공구부하값을 제공한다.

$$\alpha_x = \frac{\sigma_{x,f}}{\sigma_{x,n}} \dots \text{수학식 (1)}$$

(단, 수학식 (1)에서 α_x 는 x축의 표준편차의 비이고, σ_n 는 정상 표준편차, σ_f 는 이상 표준편차로, $\sigma_{x,n}$ 는 x축의 정상 표준편차, $\sigma_{x,f}$ 는 x축의 이상 표준편차임)

$$\alpha_y = \frac{\sigma_{y,f}}{\sigma_{y,n}} \dots \text{수학식 (2)}$$

(단, 수학식 (2)에서 α_y 는 y축의 표준편차의 비이고, σ_n 는 정상 표준편차, σ_f 는 이상 표준편차로, $\sigma_{y,n}$ 는 y축의 정상 표준편차, $\sigma_{y,f}$ 는 y축의 이상 표준편차임)

$$\alpha_z = \frac{\sigma_{z,f}}{\sigma_{z,n}} \dots \text{수학식 (3)}$$

(단, 수학식 (3)에서 α_z 는 z축의 표준편차의 비이고, σ_n 는 정상 표준편차, σ_f 는 이상 표준편차로, $\sigma_{z,n}$ 는 x축의 정상 표준편차, $\sigma_{z,f}$ 는 x축의 이상 표준편차임)

또한, 본 발명은 하기 수학식 (11)에 따른 공구부하값을 제공한다.

$$F = \alpha E \left(\left| \frac{dX}{dt} - \mu_f \right| \right) \dots \text{수학식 (11)}$$

(단, 수학식 (11)에서 F 는 단축방향의 공구부하값이고, α 는 해당 단축의 표준편차의 비이며, X 는 해당 단축의 이상 상태의 가속도 데이터, μ_f 는 해당 단축의 이상 상태의 가속도 데이터의 평균, σ_f 는 해당 단축의 이상 상태의 가속도 데이터의 표준편차임)

또한, 본 발명은 상기 해당 단축의 표준편차의 비는, 하기 수학식 (10)으로 정의되는 공구부하값을 제공한다.

$$\alpha = \frac{\sigma_f}{\sigma_n} \dots \text{수학식 (10)}$$

(단, 수학식 (10)에서 α 는 해당 단축의 표준편차의 비이고, σ_n 는 해당단축의 정상 상태의 가속도 데이터에 대한 표준편차, σ_f 는 해당 단축의 이상 상태의 가속도 데이터에 대한 표준편차)

발명의 효과

이상과 같은 본 발명에서는, 공구의 이상을 진단하기 위한 새로운 방식의 공구부하값 산출방법을 제공하고, 이를 이용하여 회전체의 이상을 진단하기 위한 회전체 이상 진단 방법을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0066] 도 1은 일반적인 다축 가공기를 도시하는 사시도이다.
- 도 2a는 본 발명에 따른 회전체 이상 진단 시스템을 설명하기 위한 개략적인 블록도이다.
- 도 2b는 본 발명에 따른 신호 처리 모듈의 구성을 나타내는 블록도이다.
- 도 3a는 통계 처리 모듈에 의한 첨도(Kurtosis) 그래프의 일예를 도시하는 도면이다.
- 도 3b는 통계 처리 모듈에 의한 가속도 데이터의 진동 변위의 평균(mean) 그래프의 일예를 도시하는 도면이다.
- 도 4는 본 발명에 따른 공구부하값의 산출방법을 도시하는 흐름도이다.
- 도 5a는 정상 상태의 가속도 데이터를 도시하는 일예이고, 도 5b는 이상 상태의 가속도 데이터를 도시하는 일예이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0067] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.
- [0068] 아래 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시를 위한 구체적인 내용을 상세히 설명한다. 도면에 관계없이 동일한 부재번호는 동일한 구성요소를 지칭하며, "및/또는"은 언급된 아이템들의 각각 및 하나 이상의 모든 조합을 포함한다.
- [0069] 비록 제1, 제2 등이 다양한 구성요소들을 서술하기 위해서 사용되나, 이들 구성요소들은 이들 용어에 의해 제한되지 않음은 물론이다. 이들 용어들은 단지 하나의 구성요소를 다른 구성요소와 구별하기 위하여 사용하는 것이다. 따라서, 이하에서 언급되는 제1 구성요소는 본 발명의 기술적 사상 내에서 제2 구성요소일 수도 있음은 물론이다.
- [0070] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성요소 외에 하나 이상의 다른 구성요소의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.
- [0071] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.
- [0072] 공간적으로 상대적인 용어인 "아래(below)", "아래(beneath)", "하부(lower)", "위(above)", "상부(upper)" 등은 도면에 도시되어 있는 바와 같이 하나의 구성 요소와 다른 구성 요소들과의 상관관계를 용이하게 기술하기 위해 사용될 수 있다. 공간적으로 상대적인 용어는 도면에 도시되어 있는 방향에 더하여 사용시 또는 동작시 구성요소들의 서로 다른 방향을 포함하는 용어로 이해되어야 한다. 예를 들면, 도면에 도시되어 있는 구성요소를 뒤집을 경우, 다른 구성요소의 "아래(below)" 또는 "아래(beneath)"로 기술된 구성요소는 다른 구성요소의 "위(above)"에 놓여질 수 있다. 따라서, 예시적인 용어인 "아래"는 아래와 위의 방향을 모두 포함할 수 있다. 구성요소는 다른 방향으로도 배향될 수 있고, 이에 따라 공간적으로 상대적인 용어들은 배향에 따라 해석될 수 있다.
- [0073] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다.
- [0074] 도 1은 일반적인 다축 가공기를 도시하는 사시도이다.
- [0075] 먼저, 도 1에 도시된 바와 같이, 일반적인 다축 가공기, 예를 들면, 5축 가공기(100)는 T-베드(110)를 포함하며, 상기 T-베드(110)는 제1방향 베드(110a) 및 상기 제1방향 베드(110b)와 수직방향으로 배치되는 제2방향 베드(110b)를 포함한다.
- [0076] 또한, 일반적인 5축 가공기(100)는 상기 T-베드(110)의 제1방향 베드(110a)의 상부에 배치되는 X-베이스(120)를

포함하며, 상기 X-베이스(120)는, 상기 X-베이스(120)의 상부에 배치되는 X축 레일(121)을 포함한다.

- [0077] 이때, 상기 X축 레일(121)은 X축 제1레일(121a) 및 상기 X축 제1레일(121a)과 평행하여 배치되는 X축 제2레일(121b)을 포함한다.
- [0078] 한편, 설명의 편의를 위하여, 상기 X축 제1레일(121a)을 프런트(Front) 레일로 정의하고, 상기 X축 제2레일(121b)을 백(Back) 레일로 정의하기로 한다.
- [0079] 계속해서, 도 1을 참조하면, 일반적인 5축 가공기(100)는 상기 X축 레일(121)에 배치되는 테이블(130)을 포함하며, 상기 테이블(130)은 가공 대상을 위치시키기 위한 지지판(131)을 포함한다.
- [0080] 이때, 상기 테이블(130)은 상기 X축 레일(121) 상에 배치되어, X축 방향으로 이동할 수 있다.
- [0081] 또한, 일반적인 5축 가공기(100)는 상기 T-베드(110)의 제2방향 베드(110b)의 상부에 배치되는 컬럼(140)을 포함하며, 이때, 상기 컬럼(140)의 하부에는 Y축 레일(111)을 포함한다.
- [0082] 이때, 상기 Y축 레일(111)은 Y축 제1레일(미도시) 및 상기 Y축 제1레일(미도시)과 평행하여 배치되는 Y축 제2레일(111b)을 포함한다.
- [0083] 다만, 설명의 편의를 위하여, 상기 Y축 제1레일(미도시)을 레프트(Left) 레일로 정의하고, 상기 Y축 제2레일(111b)을 라이트(Right) 레일로 정의하기로 한다.
- [0084] 한편, 상기에서는 상기 컬럼(140)의 하부에는 Y축 레일(111)을 포함하는 것으로 설명하였으나, 상기 Y축 레일(111)은 상기 T-베드(110)의 제2방향 베드(110b)의 상부에 배치되고, 상기 Y축 레일(111)의 상부에 상기 컬럼(140)이 배치되는 것으로도 이해될 수 있다.
- [0085] 이때, 상기 컬럼(140)은 상기 Y축 레일(111) 상에 배치되어, Y축 방향으로 이동할 수 있다.
- [0086] 또한, 도 1에 도시된 바와 같이, 상기 컬럼(140)의 측면의 일정 영역에는 Z축 레일(141)을 포함한다.
- [0087] 이때, 상기 Z축 레일(141)은 Z축 제1레일(141a) 및 상기 Z축 제1레일(141a)과 평행하여 배치되는 Z축 제2레일(141b)을 포함한다.
- [0088] 계속해서, 도 1을 참조하면, 일반적인 5축 가공기(100)는 상기 컬럼(140)의 상기 Z축 레일(141)에 배치되는 스핀들(150)을 포함하며, 이때, 상기 스핀들(150)은 Z축 방향으로 이동할 수 있다.
- [0089] 또한, 상기 5축 가공기는 공구를 포함하며, 상기 공구는 상기 스핀들(150)에 장착된 상태에서 회전하여, 공작물에 대해 절삭 가공을 수행할 수 있다.
- [0090] 이때, 상기 공구는 엔드밀, 밀링공구, 드릴공구, 또는 보링공구일 수 있으며, 다만, 본 발명에서 상기 공구의 종류를 제한하는 것은 아니다.
- [0091] 한편, 상술한 바와 같이, 다축 가공기에서, 공구가 체결되는 스핀들의 경우, 이상이 발생한 경우에는 막대한 경제적 손실이나 인명 피해를 가져올 수 있다.
- [0092] 이러한 이상은 상기 스핀들의 수명이 다했음에도 불구하고, 지속적인 스핀들의 사용시에 과하게 발생할 수 있으며, 따라서, 스핀들의 수명을 사전에 진단하여 주기적으로 교체하거나 수리하는 것이 필요한 실정이다.
- [0093] 즉, 상술한 바와 같이, 일반적으로 회전체 기계의 경우 다양한 원인에 의한 이상이 발생되며, 이러한 이상의 발생시 제조 불량이나 야기되거나 해당 기계의 손상이 야기됨으로써 신속한 유지 보수가 요구된다.
- [0094] 특히, 공작기계의 경우 가공 생산성 및 품질향상을 위하여 고속, 고정밀화되고 있으므로 공작기계 및 제품의 최적 상태와 목표 정도 유지가 더욱 필요하게 될 것이며, 원가절감을 고려한다면 회전체(예컨대, 스핀들) 수명 진단 기술이 크게 요구되고 있다.
- [0095] 이하에서는, 본 발명에 따른 공구부하값 산출방법 및 이를 이용한 회전체 이상 진단 방법에 대해 설명하기로 한다.
- [0096] 도 2a는 본 발명에 따른 회전체 이상 진단 시스템을 설명하기 위한 개략적인 블록도이다.
- [0097] 도 2a를 참조하면, 본 발명에 따른 회전체 이상 진단 시스템(200)은 수명 진단의 대상이 되는 회전체의 일정 영역에 구비되는 계측기기(210)와, 상기 계측기기(210)로부터 출력되는 계측 데이터의 신호 처리를 수행하는 신호 처리 모듈(220) 및 계측 데이터를 기반으로 일정 정보를 제공하기 위한 신호 분석 모듈(230)을 포함할 수 있다.

- [0098] 상기 계측기기(210)는 상기 회전체의 진동으로부터 가속도 데이터를 계측하고 이를 송신할 수 있다.
- [0099] 예를 들면, 상기 계측기기(210)는 가속도 센서(211)와 데이터 로거를 포함하여 구성될 수 있다.
- [0100] 이때, 상기 가속도 센서(211)의 경우 출력되는 아날로그 형태의 데이터를 원격지의 데이터 로거에 송신하게 되면 외부 잡음의 영향을 받을 수 있기 때문에 디지털 출력형으로 구성함으로써 외부 잡음의 영향을 최소화할 수 있도록 함이 바람직하다.
- [0101] 또한, 상기 가속도 센서(211)는 CMOS 회로와 집적화가 가능하고 낮은 전력 소비, 온도 특성 그리고 DC 특성이 우수한 반도체형 MEMS(Micro Electro Mechanical System) ; 미세전자제어기술) 가속도 센서를 적용하여 가속도를 측정하게 되며, 이러한 MEMS 가속도 센서는 수평 2 성분, 수직 1 성분을 동시에 측정할 수 있는 3축 가속도 센서로 구성될 수 있는 한편, 바람직하게는 케이블에 의해 유도될 수 있는 잡음을 제거하는 differential output 방식을 사용할 수 있다.
- [0102] 상기 데이터 로거는 상기 가속도 센서(211)에서 계측된 가속도 데이터를 정의된 통신 프로토콜에 따라 상기 신호 처리 모듈(220)로 송신할 수 있다.
- [0103] 상기 신호 처리 모듈(220)은 상기 계측기기(110)로부터 송신한 가속도 데이터를 입력받고, 입력된 가속도 데이터를 FFT(Fast Fourier Transform) 분석하여 요구되는 주파수 대역의 성분만을 통과시켜 출력하도록 하며, 이에 대한 샘플링과 잡음 제거 등의 신호처리를 수행할 수 있다.
- [0104] 상기 신호 분석 모듈(230)은 상기 계측기기(210) 또는 신호 처리 모듈(220)에서 신호 처리된 가속도 데이터를 이용하여 분석 알고리즘을 통해 분석 수행함으로써 다양한 모니터링 정보를 제공할 수 있다.
- [0105] 예를 들면, 신호 분석 모듈(230)은 가속도 데이터의 PGA(Peak Ground Acceleration) 표출, MMA(Min, Max, Avg) 데이터 표출, 파워 스펙트럼, 응답 스펙트럼(가속도 · 속도 · 변위 응답 스펙트럼 표출) 등의 분석 기능을 수행하도록 구성될 수 있다.
- [0106] 이러한 신호 분석 모듈(230)은 외부로부터 입력되는 요청 명령에 따라 분석 대상 시점 또는 대상 기간을 선정할 수 있으며, 선택된 시점 또는 기간에 대한 분석 데이터를 제공하게 되며, 분석 데이터를 기반으로 하여 대상 스피너의 진동 평가를 수행할 수 있다.
- [0107] 도 2b는 본 발명에 따른 신호 처리 모듈의 구성을 나타내는 블록도이다.
- [0108] 도 2b를 참조하면, 상기 신호 처리 모듈(220)은 상기 계측기기(210)로부터 수신된 진동 가속도 데이터를 분석하기에 앞서 데이터에 대한 필터링(Filtering) 및 샘플링(Sampling) 등을 포함한 데이터 가공을 수행할 수 있다.
- [0109] 보다 구체적으로, 상기 신호 처리 모듈(220)은 필터링부(221)와 샘플링부(222)를 포함할 수 있다.
- [0110] 상기 필터링부(221)는 디지털 필터가 적용될 수 있는 바, 상기 디지털 필터는 입력 신호(가속도 데이터)가 입력되면 FFT(Fast Fourier Transform)를 수행하여 분석한 결과를 바탕으로 원하지 않는 주파수 대역을 제거하고 원하는 주파수 대역의 성분만을 통과하여 출력할 수 있다.
- [0111] 예를 들면 필터링부(221)는 LPF(Low Pass Filtering), HPF(High Pass Filtering), BPF(Band Width Pass Filtering) 중 어느 하나를 이용할 수 있으며, 필터링 과정에서 노이즈(Noise)를 제거하여 데이터의 질을 향상시킬 수 있다.
- [0112] 상기 샘플링부(222)는 입력 신호(가속도 데이터)에 대한 샘플링을 수행할 수 있다.
- [0113] 신호 처리에서의 샘플링은 아날로그 데이터를 디지털 데이터로 추출하는 것을 의미한다.
- [0114] 이때, 상기 신호 분석 모듈(230)은 회전체의 진동 신호의 진폭으로부터, 최대 진폭, 고유 주기를 분석하여 대상물의 동특성을 해석하고, 응답 스펙트럼을 산출하여 설계 스펙트럼과 비교할 수 있도록 구성될 수 있다. 또한, 상기 가속도 데이터로부터 진동 속도를 산출하고 그 진동 변위와 누적 절대 속도도 산출하도록 구성될 수 있다.
- [0115] 한편, 도면에는 도시하지 않았으나, 상기 신호 분석 모듈(230)은 분석된 정보를 출력하기 위한 출력 인터페이스가 구비되며, 디스플레이 장치와 연결되어 사용자에게 상기 분석된 정보를 그래프 또는 도형 등을 포함한 이미지로 제공할 수 있다.
- [0116] 계속해서, 도 2a를 참조하면, 본 발명에 따른 회전체 이상 진단 시스템(200)은 상기 신호 처리 모듈(220)로부터 전송되는 데이터를 가공하여 통계 처리를 수행하는 통계 처리 모듈(240)을 포함한다.

- [0117] 즉, 상기 통계 처리 모듈(240)은 기 설정된 주기에 따라 수집한 데이터의 통계 처리를 수행하여 통계 데이터베이스에 업데이트할 수 있다.
- [0118] 이때, 상기 통계 처리 모듈(240)의 설정 주기는 사용자에게 의해 선택적으로 지정될 수 있는 것으로, 예를 들면, 분 단위, 시간 단위, 일 단위, 주 단위 등으로 설정되어 설정 주기에 따라 통계 처리된 정보들을 제공할 수 있다.
- [0119] 한편, 상기 통계 처리 모듈(240)에서 제공되는 통계 데이터는, 상술한 바와 같이, 신호 처리 모듈(220)로부터 전송되는 데이터를 가공한 것으로, 가속도 데이터에 대한 진동변위의 평균 데이터와 표준편차, 첨도(Kurtosis) 중 적어도 하나 이상일 수 있다.
- [0120] 도 3a는 통계 처리 모듈에 의한 첨도(Kurtosis) 그래프의 일예를 도시하는 도면이다.
- [0121] 도 3a에 도시되는 첨도는 상기 가속도 센서(211)로부터 일정 시간 동안 수집되는 가속도 데이터가 산술 평균 주위에 밀집한 정도를 나타내는 것으로, 일반적으로 통계 처리 모듈(240)은 하기 수학적 식 1에 의해 첨도를 산출할 수 있다.
- [0122] [수학적 식 1]
- $$k = \frac{\sum (X - \mu)^4}{(n-1)\sigma^4} - 3$$
- [0123]
- [0124] 단, 상기 수학적 식 1에서 K는 첨도, X는 신호값, n는 신호의 Sample 수, μ 는 신호값의 평균, σ 는 신호값의 표준편차(가속도 센서가 일정시간 동안 수집한 전체 Sample 대상)로 정의될 수 있다.
- [0125] 도 3b는 통계 처리 모듈에 의한 가속도 데이터의 진동 변위의 평균(mean) 그래프의 일예를 도시하는 도면이다.
- [0126] 상기 가속도 데이터의 평균(mean)은 가속도 센서가 일정 동안 수집한 전체 Sample의 가속도 데이터를 대상으로 진동 변위의 평균값을 도출하여 산출할 수 있다.
- [0127] 상술한 바와 같이, 일반적으로 통계 처리 모듈(240)은 상기 수학적 식 1에 의해 첨도를 산출할 수 있다.
- [0128] 또한, 상술한 수학적 식 1에 따른 첨도값을 통해 회전체의 이상을 진단할 수 있다.
- [0129] 하지만, 상술한 바와 같은 일반적인 방식에 의해 산출되는 첨도값을 통해 회전체의 이상을 진단함에 있어서, 그 정확도가 떨어지며, 회전체에 이상이 발생했음에도 불구하고, 이를 이상으로 진단하지 못하는 실정이다.
- [0130] 따라서, 본 발명에서는 공구의 이상을 진단하기 위한 새로운 방식의 공구부하값 산출방법을 제공하고, 이를 이용하여 회전체의 이상을 진단하기 위한 회전체 이상 진단 시스템을 제공하고자 한다.
- [0131] 도 4는 본 발명에 따른 공구부하값의 산출방법을 도시하는 흐름도이다.
- [0132] 도 4를 참조하면, 본 발명에 따른 공구부하값의 산출방법은, 각 축에 대한, 정상 상태의 가속도 데이터와 이상 상태의 가속도 데이터를 측정하는 단계를 포함한다(S100).
- [0133] 이때, 일반적인 공구는 3축 방향, 즉, x축, y축 및 z축으로 구동하게 되며, 따라서, 본 발명에서, 각 축에 대한 정상 상태의 가속도 데이터와 이상 상태의 가속도 데이터를 측정하는 단계는, x축, y축 및 z축 방향에 대한, 각각의 정상 상태의 가속도 데이터와 이상 상태의 가속도 데이터를 측정할 수 있다.
- [0134] 도 5a는 정상 상태의 가속도 데이터를 도시하는 일예이고, 도 5b는 이상 상태의 가속도 데이터를 도시하는 일예이다.
- [0135] 상기 정상 상태의 가속도 데이터라 함은, 상술한 바와 같은 회전체에 이상이 발생하지 않은 상태에서의 기준을 제시하는 것으로, 도 5a에 도시된 바와 같이, 정상 상태의 가속도 데이터는 신호값의 피크가 일정함을 확인할 수 있다.
- [0136] 또한, 이상 상태의 가속도 데이터라 함은, 현재 구동하는 회전체의 실제 가속도 데이터에 해당하는 것으로, 도 5b에 도시된 바와 같이, 이상 상태의 가속도 데이터는 신호값의 피크가 불안정함을 확인할 수 있다.
- [0137] 물론, 현재 구동하는 회전체의 실제 가속도 데이터가 상술한 도 5a에서와 같은 정상 상태의 가속도 데이터와 유

사한 신호값을 나타낼 수 있을 것이다.

[0138] 이러한 경우, 후술하는 공구부하값의 산출에 의한 값을 통해, 공구에 부하가 발생하지 않은 것으로 판단할 수 있을 것이며, 다만, 현재 구동하는 회전체의 실제 가속도 데이터가 상술한 도 5b에서와 같이 불안정한 신호값을 나타낸다면, 후술하는 공구부하값의 산출에 의한 값을 통해, 공구에 부하가 발생하지 않은 것으로 판단할 수 있을 것이다.

[0139] 즉, 본 발명에 따른 공구부하값의 산출방법은, 현재 구동하는 회전체의 실제 가속도 데이터가 정상 상태인지 또는 이상 상태인지 여부를 확인할 수 없는 상태에서, 현재 구동하는 회전체의 실제 가속도 데이터를 통해, 후술하는 공구부하값을 산출하게 되며, 상기 공구부하값을 통해 회전체의 정상/비정상을 판단할 수 있다.

[0140] 이러한 상황에서, 본 발명은 공구부하가 발생한 경우에서의 공구부하값을 산출하는 것이 목적이므로, S100 단계에서는 이상 상태의 가속도 데이터를 측정하는 것으로 정의하였다.

[0141] 즉, "이상 상태"의 가속도 데이터라 함은, 기준이 되는 "정상 상태"의 가속도 데이터와 구분하기 위해 용어를 정의한 것으로, "이상 상태"의 가속도 데이터는, 본 발명에 따른 공구부하값을 산출하기 위한, 현재 구동하는 회전체의 실제 가속도 데이터로 판단할 수 있다.

[0142] 다음으로, 본 발명에 따른 공구부하값의 산출방법은, 각 축에 대한, 정상 상태의 가속도 데이터에 대한 표준편차와 이상 상태의 가속도 데이터에 대한 표준편차의 비를 산출하는 단계를 포함한다(S110).

[0143] 이하 설명의 편의를 위하여, 정상 상태의 가속도 데이터에 대한 표준편차를 "정상 표준편차", 이상 상태의 가속도 데이터에 대한 표준편차를 "이상 표준편차"로 정의하기로 한다.

[0144] 한편, 상술한 바와 같이, 정상 상태의 가속도 데이터는 회전체에 이상이 발생하지 않은 상태에서의 기준을 제시하는 것으로, 따라서, 상기 정상 상태의 가속도 데이터에 대한 표준편차, 즉, 정상 표준편차는 기 측정된 값에 해당한다.

[0145] 이때, 상술한 바와 같이, 일반적인 공구는 3축 방향, 즉, x축, y축 및 z축으로 구동하게 되며, 따라서, 본 발명에서, 정상 표준편차와 이상 표준편차의 비를 산출하는 것은, x축, y축 및 z축 방향에 대한, 각각의 비를 측정할 수 있다.

[0146] 즉, 본 발명에서는 x축의 정상상태의 표준편차와 이상상태의 표준편차의 비(이하, "x축의 표준편차의 비"라 함), y축의 정상상태의 표준편차와 이상상태의 표준편차의 비(이하, "y축의 표준편차의 비"라 함) 및 z축의 정상상태의 표준편차와 이상상태의 표준편차의 비(이하, "z축의 표준편차의 비"라 함)를 산출할 수 있으며, 이들은 각각 하기 수학적 식 (1) 내지 수학적 식 (3)으로 정의될 수 있다.

$$\alpha_x = \frac{\sigma_{x,f}}{\sigma_{x,n}} \dots \text{수학적 식 (1)}$$

[0148] (단, 수학적 식 (1)에서 α_x 는 x축의 표준편차의 비이고, σ_n 는 정상 표준편차, σ_f 는 이상 표준편차로, $\sigma_{x,n}$ 는 x축의 정상 표준편차, $\sigma_{x,f}$ 는 x축의 이상 표준편차임)

$$\alpha_y = \frac{\sigma_{y,f}}{\sigma_{y,n}} \dots \text{수학적 식 (2)}$$

[0150] (단, 수학적 식 (2)에서 α_y 는 y축의 표준편차의 비이고, σ_n 는 정상 표준편차, σ_f 는 이상 표준편차로, $\sigma_{y,n}$ 는 y축의 정상 표준편차, $\sigma_{y,f}$ 는 y축의 이상 표준편차임)

$$\alpha_z = \frac{\sigma_{z,f}}{\sigma_{z,n}} \dots \text{수학적 식 (3)}$$

[0152] (단, 수학적 식 (3)에서 α_z 는 z축의 표준편차의 비이고, σ_n 는 정상 표준편차, σ_f 는 이상 표준편차로, $\sigma_{z,n}$ 는 x축의 정상 표준편차, $\sigma_{z,f}$ 는 x축의 이상 표준편차임)

[0153] 다음으로, 본 발명에 따른 공구부하값의 산출방법은, 상기 표준편차의 비를 통해, 각 축에 대한, 공구부하값을

산출하는 단계를 포함한다(S120).

[0154] 상술한 바와 같이, 일반적인 공구는 3축 방향, 즉, x축, y축 및 z축으로 구동하게 되며, 본 발명에서, 정상 표준편차와 이상 표준편차의 비를 산출하는 것은, X축, Y축 및 Z축 방향에 대한, 각각의 비를 측정할 수 있다.

[0155] 따라서, 본 발명에 따른 공구부하값은 x축, y축 및 z축의 각각에 대한 공구부하값을 측정할 수 있으며, 즉, x축의 공구부하값, y축의 공구부하값 및 z축의 공구부하값을 산출할 수 있으며, 이들은 각각 하기 수학적 (4) 내지 수학적 (6)으로 정의될 수 있다.

$$F_x = \alpha_x E \left(\left| \frac{\frac{dX_x}{dt} - \mu_{x,f}}{\sigma_{x,f}} \right| \right) \quad \dots \text{수학적 (4)}$$

[0157] (단, 수학적 (4)에서 F_x 는 x축의 공구부하값이고, α_x 는 x축의 표준편차의 비이며, X 는 가속도 데이터, μ 는 가속도 데이터의 평균, σ 는 가속도 데이터의 표준편차로, X_x 는 x축의 이상 상태의 가속도 데이터, $\mu_{x,f}$ 는 x축의 이상 상태의 가속도 데이터의 평균, $\sigma_{x,f}$ 는 x축의 이상 상태의 가속도 데이터의 표준편차임)

$$F_y = \alpha_y E \left(\left| \frac{\frac{dX_y}{dt} - \mu_{y,f}}{\sigma_{y,f}} \right| \right) \quad \dots \text{수학적 (5)}$$

[0159] (단, 수학적 (5)에서 F_y 는 y축의 공구부하값이고, α_y 는 y축의 표준편차의 비이며, X 는 가속도 데이터, μ 는 가속도 데이터의 평균, σ 는 가속도 데이터의 표준편차로, X_y 는 y축의 이상 상태의 가속도 데이터, $\mu_{y,f}$ 는 y축의 이상 상태의 가속도 데이터의 평균, $\sigma_{y,f}$ 는 x축의 이상 상태의 가속도 데이터의 표준편차임)

$$F_z = \alpha_z E \left(\left| \frac{\frac{dX_z}{dt} - \mu_{z,f}}{\sigma_{z,f}} \right| \right) \quad \dots \text{수학적 (6)}$$

[0161] (단, 수학적 (6)에서 F_z 는 z축의 공구부하값이고, α_z 는 z축의 표준편차의 비이며, X 는 가속도 데이터, μ 는 가속도 데이터의 평균, σ 는 가속도 데이터의 표준편차로, X_z 는 z축의 이상 상태의 가속도 데이터, $\mu_{z,f}$ 는 z축의 이상 상태의 가속도 데이터의 평균, $\sigma_{z,f}$ 는 x축의 이상 상태의 가속도 데이터의 표준편차임)

[0162] 다음으로, 본 발명에 따른 공구부하값의 산출방법은, 각 축에 대한, 공구부하값을 통해 전체 공구부하값을 산출하는 단계를 포함한다(S130).

[0163] 상술한 바와 같이, 본 발명에 따른 공구부하값은 x축, y축 및 z축의 각각에 대한 공구부하값을 측정할 수 있으며, 즉, x축의 공구부하값, y축의 공구부하값 및 z축의 공구부하값을 산출할 수 있으며, 이들은 각각 상기 수학적 (4) 내지 수학적 (6)으로 정의될 수 있다.

[0164] 이때, 본 발명에 따른 전체 공구부하값은 하기 수학적 (7)로 정의될 수 있다.

$$Ft = \sqrt{(Fx)^2 + (Fy)^2 + (Fz)^2} \quad \dots \text{수학적 (7)}$$

[0166] (단, 수학적 (7)에서 Ft 는 전체 공구부하값이고, F_x 는 x축의 공구부하값이며, F_y 는 y축의 공구부하값이고, F_z 는 z축의 공구부하값임)

[0167] 상술한 바와 같이, 공작기계의 경우 가공 생산성 및 품질향상을 위하여 고속, 고정밀화되고 있으므로 공작기계 및 제품의 최적 상태와 목표 정도 유지가 더욱 필요하게 될 것이며, 원가절감을 고려한다면 회전체(예컨대, 스핀들) 이상 진단 기술이 크게 요구되고 있다.

[0168] 따라서, 본 발명에서는 상술한 바와 같은 전체 공구부하값을 통하여, 상기 전체 공구부하값이 일정 수치이상인 경우는 공구의 이상상태로 판단하고, 상기 전체 공구부하값이 일정 수치 이하인 경우는 공구의 정상상태로 판단할 수 있다. 이때, 일정 수치는 사용자의 필요에 의해 설정할 수 있다.

[0169] 결국, 본 발명에서는, 공구의 이상을 진단하기 위한 새로운 방식의 공구부하값 산출방법을 제공할수 있으며, 또한, 새로운 방식의 공구부하값 산출방법을 이용하여 회전체의 이상을 진단하기 위한 회전체 이상 진단 방법을 제공할 수 있다.

[0170] 한편, 상술한 바와 같은 전체 공구부하값의 경우, x축, y축 및 z축에 대한 모든 공구부하값을 고려하여 산출하였다.

[0171] x축, y축 및 z축에 대한 모든 공구부하값을 고려하는 경우, 수치의 정확성은 높아지나, 각 축에 대한 모든 데이터를 고려해야 하므로, 데이터의 양이 방대해 질 수 있다.

[0172] 따라서, 본 발명에서는 x축, y축 및 z축 중 어느 하나의 축에 대한 공구부하값을 통해 공구의 이상 상태를 판단할 수 있다.

[0173] 즉, 상술한 수학적식 (7)에서, x축의 공구부하값만을 고려하는 경우, $F_y=0$, $F_z=0$ 에 해당하므로, 본 발명에 따른 전체 공구부하값은 하기 수학적식 (8)로 정의될 수 있다.

[0174]
$$Ft = \sqrt{(Fx)^2} = Fx \dots \text{수학적식(8)}$$

[0175] 또한, 상술한 수학적식 (7)에서, y축의 공구부하값만을 고려하는 경우, $F_x=0$, $F_z=0$ 에 해당하므로, 본 발명에 따른 전체 공구부하값은 하기 수학적식 (9)로 정의될 수 있다.

[0176]
$$Ft = \sqrt{(Fy)^2} = Fy \dots \text{수학적식(9)}$$

[0177] 또한, 상술한 수학적식 (7)에서, z축의 공구부하값만을 고려하는 경우, $F_x=0$, $F_y=0$ 에 해당하므로, 본 발명에 따른 전체 공구부하값은 하기 수학적식 (10)으로 정의될 수 있다.

[0178]
$$Ft = \sqrt{(Fz)^2} = Fz \dots \text{수학적식 (10)}$$

[0179] 즉, 상술한 수학적식 (7)의 공구부하값이 3축 방향의 공구부하를 고려한 값이라고 한다면, 상기 수학적식 (8) 내지 수학적식 (10)은 단축 방향의 공구부하를 고려한 값에 해당한다.

[0180] 이상의 내용을 참조하였을 때, 단축 방향의 공구부하를 고려한 경우의 공구부하값은 다음의 수학적식 (10)과 같이 산출될 수 있으며, 이때, 상기 단축 방향은, x축, y축 또는 z축일 수 있다.

[0181]
$$F = \alpha E \left(\left| \frac{dX}{dt} - \mu_f \right| \right) \sigma_f \dots \text{수학적식(10)}$$

[0182] (단, 수학적식 (10)에서 F는 단축방향의 공구부하값이고, α 는 해당 단축의 표준편차의 비이며, X는 해당 단축의 이상 상태의 가속도 데이터, μ_f 는 해당 단축의 이상 상태의 가속도 데이터의 평균, σ_f 는 해당 단축의 이상 상태의 가속도 데이터의 표준편차임)

[0183] 또한, 상기 수학적식 (10)에서 해당 단축의 표준편차의 비 α 는 하기 수학적식 (11)과 같이 정의될 수 있다.

[0184]
$$\alpha = \frac{\sigma_f}{\sigma_n} \dots \text{수학적식 (11)}$$

[0185] (단, 수학적식 (11)에서 α 는 해당 단축의 표준편차의 비이고, σ_n 는 해당단축의 정상 표준편차, σ_f 는 해당 단축의 이상 표준편차)

[0186] 따라서, 상술한 도 4 및 관련 설명을 참조하여, 본 발명에 따른 단축 방향의 공구부하값을 산출하는 방법을 정리하면, 단축에 대한, 정상 상태의 가속도 데이터와 이상 상태의 가속도 데이터를 측정하는 단계; 단축에 대한, 정상 상태의 가속도 데이터에 대한 표준편차와 이상 상태의 가속도 데이터에 대한 표준편차의 비를 산출하는 단계; 및 상기 표준편차의 비를 통해, 단축에 대한, 공구부하값을 산출하는 단계를 포함하는 것으로 이해될 수 있다.

[0187] 이때, 단축에 대한, 정상 상태의 가속도 데이터에 대한 표준편차와 이상 상태의 가속도 데이터에 대한 표준편차

의 비는, 상술한 수학식 (11)로 정의될 수 있고, 또한, 상기 표준편차의 비를 통해 산출된, 단축에 대한, 공구 부하값은 상술한 수학식 (10)으로 정의될 수 있다.

[0188] 한편, 상술한 바와 같이, 단축 방향의 공구부하를 고려한 경우의 공구부하값은 상기 수학식 (10)과 같이 산출될 수 있으며, 이때, 상기 단축 방향은, x축, y축 또는 z축일 수 있다.

[0189] 이때, x축, y축 및 z축 중, 어느 축을 기준으로 단축 방향 공구부하를 측정할 것인지는 다음과 같이 선정할 수 있다.

[0190] 즉, x축, y축 및 z축 중, 어느 축을 기준으로 단축 방향 공구부하를 측정할 것인지를 결정함에 있어서, 어느 하나의 축의 이상 표준편차를 분모로 하고, 나머지 두 축의 이상 표준편차를 각각 분자로 하여, 이상 표준편차 비율이 큰 값을 단축 방향 공구부하를 측정하는 기준으로 선정할 수 있다.

[0191] 예를 들어, x축, y축 및 z축의 각각의 이상 표준편차를 각각, σ_x , σ_y , σ_z 라고 할때, 어느 하나의 축의 이상 표준편차, 즉, σ_z 를 분모로 하고, 나머지 두 축의 이상 표준편차, 즉, σ_x , σ_y 를 분자로 하여, 이상 표준

편차의 비율, 즉, $\frac{\sigma_x}{\sigma_z}$, $\frac{\sigma_y}{\sigma_z}$ 이 큰 값을 단축 방향 공구부하를 측정하는 기준으로 선정할 수 있다.

[0192] 예를 들어, $\frac{\sigma_x}{\sigma_z}$ 의 값이 0.7이고, $\frac{\sigma_y}{\sigma_z}$ 의 값이 0.3인 경우, 이상 표준편차의 비율은 $\frac{\sigma_x}{\sigma_z}$ 의 값이 $\frac{\sigma_y}{\sigma_z}$ 이 크므로, 단축 방향 공구부하를 측정하는 기준으로 x축을 선정하여, x축과 관련된 값을 단축 방향 공구부하 값으로 선정할 수 있다.

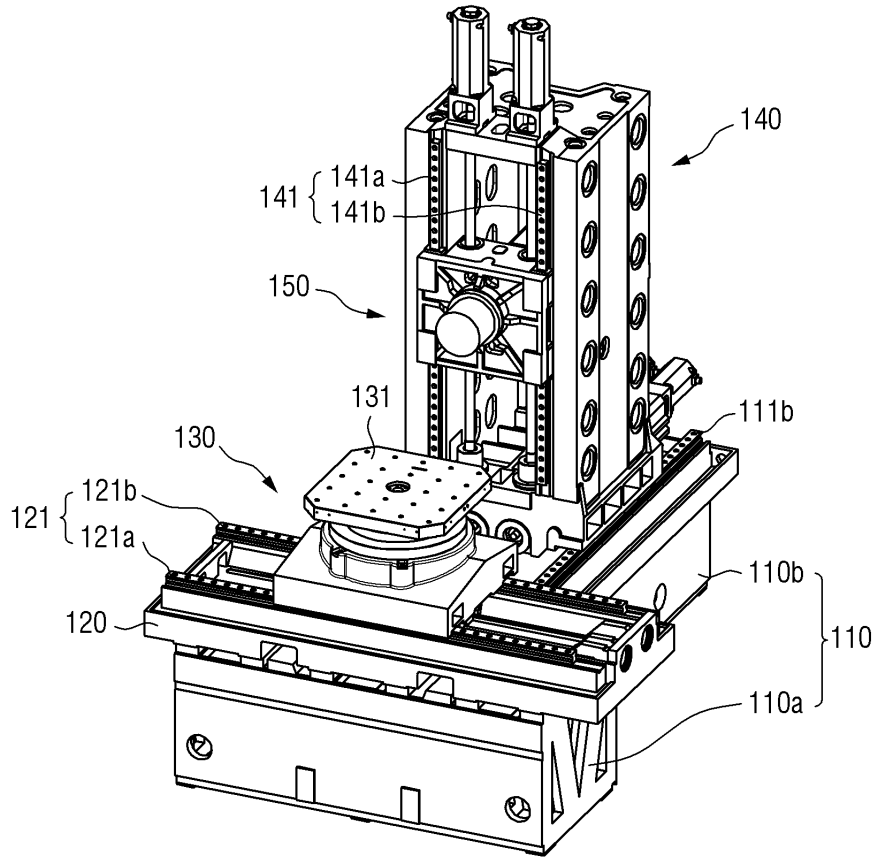
[0193] 따라서, 본 발명에서는, 공구의 이상을 진단하기 위한 새로운 방식의 공구부하값 산출방법을 제공하고, 이를 이용하여 회전체의 이상을 진단하기 위한 회전체 이상 진단 방법을 제공할 수 있다.

[0194] 이상과 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

도면

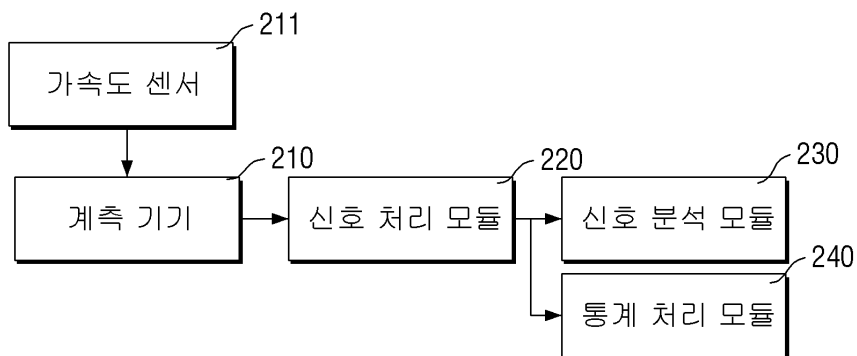
도면1

100

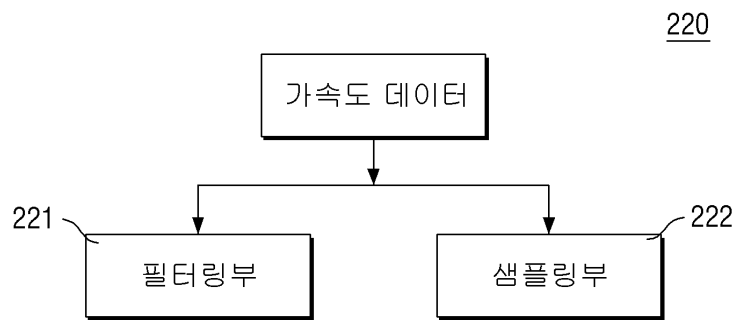


도면2a

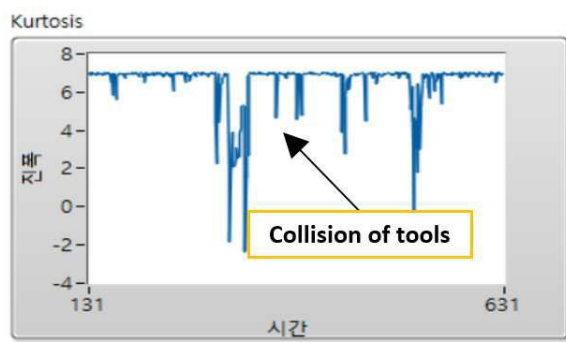
200



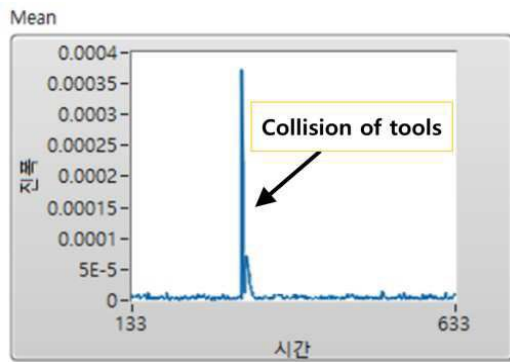
도면2b



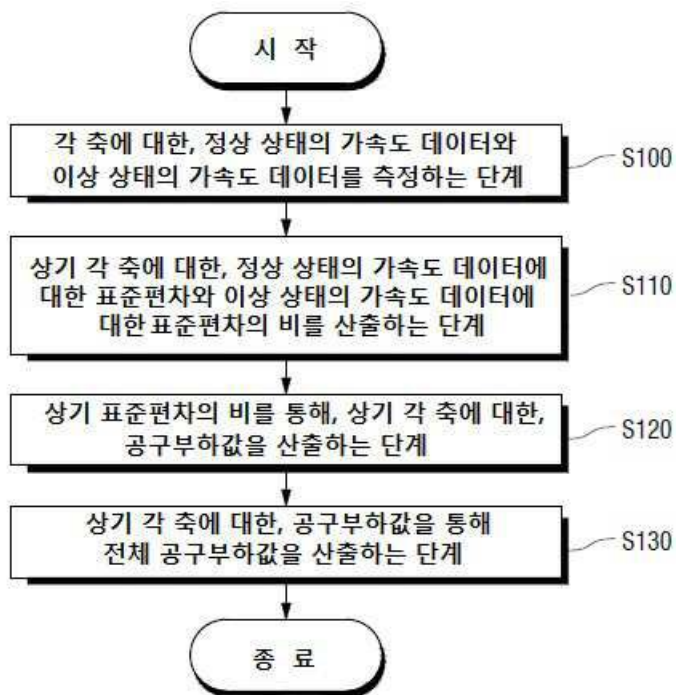
도면3a



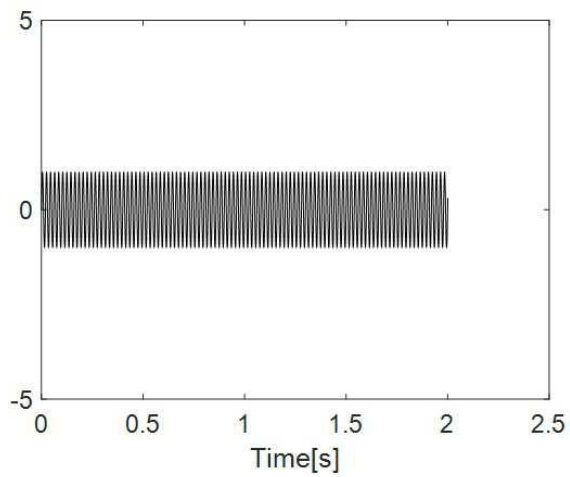
도면3b



도면4



도면5a



도면5b

