

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 특허공보(B1)

(51) Int. Cl.⁶
F16C 32/04

(45) 공고일자 1995년05월31일
(11) 공고번호 특1995-0005842

(21) 출원번호	특1992-0010999	(65) 공개번호	특1993-0000851
(22) 출원일자	1992년06월24일	(43) 공개일자	1993년01월15일
(30) 우선권주장	91-156933 1991년06월27일 일본(JP)		
(71) 출원인	마쯔시다덴기산교 가부시기가이샤 다나이 아끼오 일본국 오오사까후 가도마시 오오아자가도마 1006반지		
(72) 발명자	나카가와 토오루 일본국 오오사까후 히라카타시 미야노사카 2쵸메 5반 30-713고 나카시마 마사카즈 일본국 오오사까후 네야가와시 미유키히가시마찌 3-14쇼후료 타카라 아끼라 일본국 오오사까후 모니구찌시 야쿠모히가시마찌 2쵸메 65-5		
(74) 대리인	신중훈		

심사관 : **성낙훈 (책자공보 제3995호)**

(54) 자기베어링의 제어장치

요약

내용 없음.

대표도

도1

명세서

[발명의 명칭]

자기베어링의 제어장치

[도면의 간단한 설명]

제1도는 본 발명의 일실시에에 있어서의 회전운동의 제어장치의 블록도.

제2도는 본 발명의 일시예의 효과를 설명하기 위한 회전운동제어계의 폐쇄루우프 전달함수의 계인선도.

제3도는 자기베어링제어계의 전체구성을 표시한 사시도.

제4도는 종래의 회전운동의 제어장치의 블록도.

제5도는 종래의 자이로효과보상의 결과를 설명하기 위한 회전운동제어계의 폐쇄루우프 전달함수의 계인선도.

* 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

- 37 : θ_y 연산회로 38 : 편차회로
- 39 : θ_y 축위치기준기 40 : 보상회로
- 41 : 가산기 42 : θ_x 연산회로
- 43: 편차회로 44 : θ_x 축위치기준기
- 45 : 보상회로 46 : 가산기
- 47 : 저역통과필터 48 : 저역통과필터

[발명의 상세한 설명]

본 발명은 능동제어형의 자기베어링의 제어장치에 관한 것이다.

자기베어링은, 자기력에 의해 회전체를 완전무접촉으로 공중지지하기 때문에, 윤활문제가 없고 초고속운전이 가능하다는 등의 특징이 있다. 그러나, 회전축이 초고속 회전하는 경우, 자이로효과에 의

해 자기베어링제어계가 불안정하게 된다고 하는 문제가 발생하고, 이들의 해결책이 필요하였다.

자이로효과에 의한 자기베어링의 불안정화현상을 해결하는 시도로서 종래, 회전운동의 2자유도의 제어계내에서 크로스피이드백을 행한다고 하는 방법이 채택되고 있다.

이 종래의 자기베어링장치에 있어서는 제3도 및 제4도와 같은 구성을 취하고 있었다. 즉, 회전축(1)의 중심(重心) G의 병진운동 3자유도(x, y, z)와 중심 G를 중심으로 한 회전운동 2자유도(θ_x , θ_y)를 제어하는 것이며, x방향의 변위를 측정하는 변위센서(2), (3), y방향의 변위를 측정하는 변위센서(4), (5) z방향의 변위를 측정하는 변위센서(6)가, 회전축(1)의 운동상태를 검출하기 위하여 사용되고 있다. 또 회전축(1)에 힘을 작용시키기 위하여, 전자석(7), (8), (9), (10), (11), (12), (13), (14)이 구비되어 있으며, z축방향으로 힘을 작용시키기 위하여, 전자석(15), (16)이 구비되어 있다.

변위센서에 의해서 측정된 회전축(1)의 운동거동은, 5개의 제어장치, 즉, 병진운동 3자유도와 회전운동 2자유도의 제어장치에 피이드백되고, 5개의 제어장치에서는 그 피이드백신호를 근거로 회전축(1)을 일정한 부상상태로 유지하기 위한 전자석의 전류지령신호를 10대의 증폭기 A~J에 출력한다. 증폭기 A~J에서는, 이 전류지령 신호를 전류증폭하여, 전자석(7)~(16)에 전류를 흐르게 하고 회전축(1)에 힘을 작용시키는것이다.

자기베어링의 구성은 대략 이상과 같은 것이나, 다음에 종래의 자이로효과 보상, 즉, 크로스피이드백을 설명하기 위하여, 제3도중의 θ_y 축제어장치와 θ_x 축제어장치에 대해서 상세히 설명한다.

제4도에 2개의 회전운동 θ_y 와 θ_x 의 제어장치의 블록도를 표시한다.

(17)은 x방향변위센서(2), (3)의 출력신호로부터 회전축(1)의 중심을 중심으로한 회전변위 θ_y 를 연산하여 편차회로(18)에 출력한다. 편차회로(18)는, θ_y 축위치기준기(19)가 출력하는 θ_y 축위치기준신호와 회전변위 θ_y 와의 차를 취하여, 편차신호를보상회로(20)에 출력한다. 보상회로(20)에서는, 편차신호에 P. I. D 보상이나 위상보상을 실시한 제어신호를 가산기(21)에 출력한다.

마찬가지로 θ_x 축 제어장치에 있어서도, (22)는 y방향변위센서(4), (5)의 출력신호로부터 회전축(1)의 중심을 중심으로한 회전변위 θ_x 를 연산하여 편차회로(23)에 출력한다.

편차회로(23)는 θ_x 축위치기준기(24)가 출력하는 θ_x 축위치기준신호와 회전변위 θ_x 와의 차를 취하고, 편차신호를 보상회로(25)에 출력한다. 보상회로(25)에서는, 편차신호에 P. I. D 보상이나 위상보상을 실시한 제어신호를 가산기(26)에 출력한다.

이상의 제어에 의해서, 회전운동 2자유도는 안정화되나, 회전축(1)이 초고속으로 회전하면 불안정하게 되어간다. 이 영향을 제거하기 위하여 회전 2자유도사이에 크로스피이드백이 행하여지고 있다. 즉, 가산기(21)는 θ_y 제어신호와 θ_x 회전변위에 게인(- G_2)을 승산한 신호를 가산하여, 전류지령 $i\theta_y$ 를 출력한다. 또, 가산기(26)은, θ_x 제어신호와 θ_y 회전변위에 게인 G_1 을 승산한 신호를 가산하여, 전류지령 $i\theta_x$ 를 출력한다. 이 크로스피이드백의 효과를 회전운동제어계의 게인선도에 의해서 설명한다.

제5도는, 종래의 크로스피이드백을 행한 경우와 그렇지 않은 경우의 회전운동제어계의 게인선도를 비교한 것이다. 실선으로 표시한 주파수응답은 회전축(1)의 회전수 $W=0$ 의 경우의 회전운동제어계의 폐쇄루우프 전달함수이며, 피이크치는 10dB($f=200\text{Hz}$)이다. 이 제어계에 있어서 회전축(1)을 $W=50000\text{rpm}$ 으로 회전시켰을 경우, 회전운동제어계의 폐쇄루우프 전달함수는 도면중 파선과 같이 되며, 피이크치는 20dB($f=85\text{Hz}$)로 되어, 불안정화되어 간다. 그래서, 제4도에 표시한 종래의 크로스피이드백을 실시하면, 도면중 1점쇄선으로 주파수응답을 얻을 수 있다. 피이크치 20dB($f=85\text{Hz}$)는 개선되어 있다.

그러나, 상기한 바와같은 구성에서는 비교적 높은 주파수에 있어서, 예를들면 제5도에 있어서의 $f=400\text{Hz}$ 에 있어서 피이크치가 15dB로 되어 있는 바와같이 제어성능이 열화된다고 하는 문제점을 가지고 있었다.

본 발명은 상기 종래의 문제점을 해결하고, 제어계의 응답주파수의 넓은 범위에서 높은 제어성능을 유지할 수 있는 자기베어링의 제어장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

본 발명은 자기베어링의 제어장치는, 회전축의 중심의 변위편차와 중심(重心)을 중심으로한 흔들림 각이 0이 되도록 전자석을 제어해서 전자석의 자기흡인력에 의해서 회전축을 공중지지하는 자기베어링의 제어장치에 있어서, 중심을 중심으로 한 서로 직교하는 2자유도의 회전운동의 흔들림각을 각각 θ_x , θ_y 로 하여, 회전각 θ_x 의 피이드백신호와 회전각 θ_y 의 패이드백신호를 각각 회전각 θ_y 의 제어장치와 회전각 θ_x 의 제어장치에 대해서도 크로스피이드백하고, 또한 그 크로스피이드백신호에 대해서 회전운동의 제어계전체의 응답주파수 이하의 꺾임점주파수를 가진 저역통과필터를 삽입한 것을 특징으로 한다.

본 발명에 의하면, 자이로효과에 의해서 회전운동제어계의 응답이 열화할 경우, 그 응답의 열화는 회전운동의 제어계의 응답주파수보다 상당히 낮은 주파수에서 현저하게 되며, 반대로 자이로효과보상을 위한 크로스피이드백에 의한 약간의 응답열화는, 회전운동의 제어계의 응답주파수의 근처에서 발생하므로, 크로스피이드백에 꺾임점주파수를 걱정하게 정한 저역통과필터를 삽입함으로써, 자이로 효과보상은 종래와 동등하게행하여지고, 회전운동의 제어계의 응답주파수 근처에서는 크로스피이드백이 행하여지지 않고, 크로스피이드백에 의한 응답의 열화를 방지할 수 있다.

이하, 본 발명의 일실시예에 있어서의 자기베어링의 제어장치에 대해서, 제1도, 제2도를 참조하면서 설명한다.

자기베어링의 제어장치의 전체구성은, 제3도를 참조해서 설명한 종래예와 마찬가지로, 그 설명을

원용해서 여기서는 설명을 생략한다.

제1도에 2개의 회전운동 θ_y 와 θ_x 의 제어장치의 블록도를 표시한다. (37)은, x방향 변위센서(2), (3)의 출력신호로부터, 회전축(1)의 중심(中心)을 중심으로 한 회전변위 θ_y 를 연산하여 편차회로(38)에 출력한다. 편차회로(38)는, θ_y 축 위치기준기(39)가 출력하는 θ_y 축 위치기준신호와 회전변위 θ_y 와의 차를 취하여, 편차신호를 보상회로(40)에 출력한다. 보상회로(40)에서는, 편차신호에 P.I.D 보상이나 위상보상을 실시한 제어신호를 가산기(41)에 출력한다.

마찬가지로 θ_x 축 제어장치에 있어서도, (42)는, y방향 변위센서(4), (5)의 출력신호로부터 회전축(1)의 중심을 중심으로 한 회전변위 θ_x 를 연산하여 편차회로(43)에 출력한다. 편차회로(43)는, θ_x 축 위치기준기(44)가 출력하는 θ_x 축 위치기준신호와 회전변위 θ_x 와의 차를 취하여, 편차신호를 보상회로(45)에 출력한다. 보상회로(45)에서는, 편차신호에 P.I.D 보상이나 위상보상을 실시한 제어신호를 가산기(46)에 출력한다.

이상의 제어에 의해서 회전운동 2자유도는 안정화되나, 또, 고속회전시의 자이로효과 보상을 행하기 위한 제어수단이 부가되어 있다. (47)은 저역통과필터이며, 회전변위 θ_x 의 신호를 저주파수영역만 통과시킨다. 가산기(42)는 저역통과필터(47)의 출력신호에 게인($-G_2$)을 승산한 것과 보상회로(40)가 출력한 θ_y 의 제어신호를 가산하여, 전류지령 $i\theta_y$ 를 출력한다. 또, (48)은 저역통과필터이며, 회전변위 θ_y 의 신호를 저주파수영역만 통과시킨다. 가산기(46)는 저역통과필터(48)의 출력신호에 게인(G_1)을 승산한 것과 보상회로(45)가 출력한 θ_x 의 제어신호를 가산하여, 전류 지령 $i\theta_x$ 를 출력한다.

이상의 구성에 의한 작용을 회전운동 제어계의 전달함수에 의해서 제2도를 참조해서 설명한다. 제2도는 회전운동 제어계의 폐쇄루프전달함수에 있어서의 게인선도이다. 실선으로 표시한 주파수응답은 회전축(1)의 회전수 $W=0$ 의 경우의 회전운동 제어계의 폐쇄루프전달함수이며, 피이크치는 10dB($f=200\text{Hz}$)이다. 이 제어계에 있어서 회전축(1)을 $W=5000\text{rpm}$ 로 회전시켰을 경우, 회전운동 제어계의 폐쇄루프전달함수는 도면중 파선과 같이 되고, 피이크치는 20dB($f=85\text{Hz}$)로 되어, 불안정화되어 간다. 그래서, 제1도에 표시한 제어장치에 있어서, 저역통과필터(47), (48)의 꺾임점 주파수 f_c 를 120Hz로 설정해서 회전축(1)을 $W=5000\text{rpm}$ 로 회전시켰을 경우, 회전운동 제어계의 폐쇄루프전달함수는 도면중의 1점 쇄선과 같이 된다. 전주파수대역에 있어서, 자이로효과에 의한 불안정화 현상이 억제되고, 종래의 크로스피이드백과 같이 비교적 높은 주파수영역에 있어서도 제어성능의 열화가 발생하는 일도 없다.

또한, 본 발명의 제어장치에 있어서의 저역통과필터(47), (48)의 꺾임점주파수 f_c 는, 자이로효과에 의해서 발생하는 피이크치주파수를 f_1 (본 실시예의 경우 $f_1=85\text{Hz}$), 종래의 크로스피이드백에 의해서 발생하는 피이크치 주파수를 f_2 (본 실시예의 경우 $f_2=400\text{Hz}$)로 하였을 경우,

$$f_1 \leq f_c \leq 10A, A = (\log f_1 + \log f_2) / 2$$

로 설정하는 것이 바람직하다.

이상과 같이 본 발명에 의하면, 종래의 자이로효과보상법이 회전운동의 제어계의 응답주파수근처에서 제어성능이 열화하는데 대해서, 그 열화도 없고, 전주파수대역에 있어서 자이로효과에 의한 불안정현상을 억제할 수 있다.

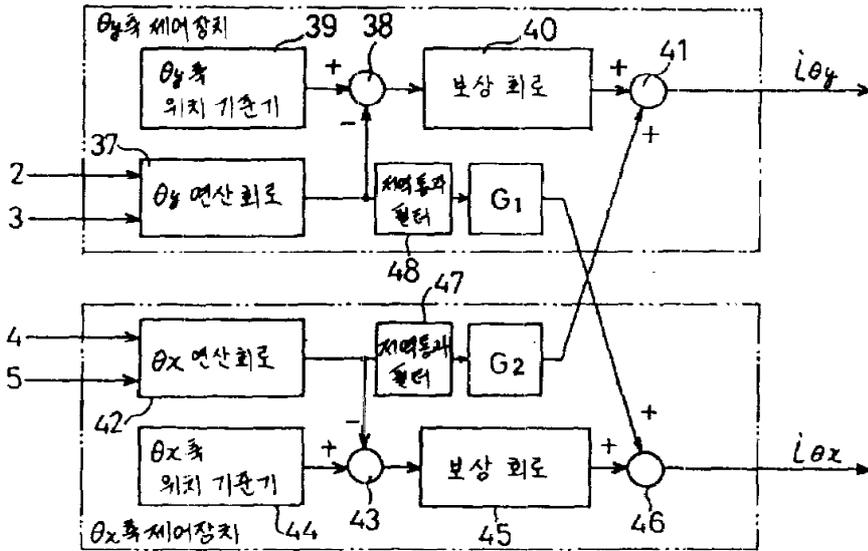
(57) 청구의 범위

청구항 1

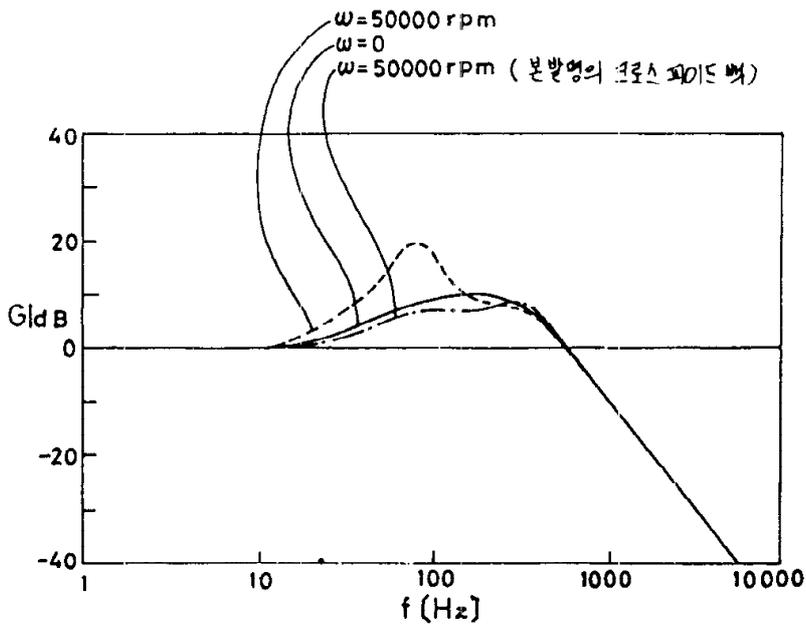
회전축의 중심(重心)의 변위편차와 중심(重心)을 중심으로 한 흔들림각이 0으로 되도록 전자석을 제어해서 전자석의 자기흡인력에 의해서 회전축을 공중지지하는 자기베어링의 제어장치에 있어서, 중심을 중심으로 한 서로 직교하는 2차 유도의 회전운동의 흔들림각을 각각 θ_x , θ_y 로 해서, 회전각 θ_x 의 피이드백신호와 회전각 θ_y 의 피이드백신호를 각각 회전각 θ_y 의 제어장치와 회전각 θ_x 의 제어장치에 대해서도 크로스피이드백하고, 또한, 그 크로스피이드백신호에 대해서 회전운동의 제어계 전체의 응답주파수 이하의 꺾임점주파수를 가진 저역통과필터를 삽입한 것을 특징으로 하는 자기베어링의 제어장치.

도면

도면1



도면2



도면5

