(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년01월23일
(11) 등록번호 10-2069578
(24) 등록일자 2020년01월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
*F16C 32/04* (2006.01)
(52) CPC특허분류
*F16C 32/044* (2013.01)
*F16C 2380/26* (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0014832
(22) 출원일자 2018년02월06일
심사청구일자 2018년02월06일
(65) 공개번호 10-2019-0095043
(43) 공개일자 2019년08월14일
(56) 선행기술조사문헌
JP04257009 A*
JP2001200842 A*
JP2005061573 A*
KR1020130047653 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
**엘지전자 주식회사**
서울특별시 영등포구 여의대로 128 (여의도동)
(72) 발명자
**전종현**
서울특별시 금천구 가산디지털1로 51 LG전자 특허센터
**정근우**
서울특별시 금천구 가산디지털1로 51 LG전자 특허센터
**오정언**
서울특별시 금천구 가산디지털1로 51 LG전자 특허센터
(74) 대리인
**특허법인(유한) 대아**

전체 청구항 수 : 총 13 항 심사관 : 윤미연

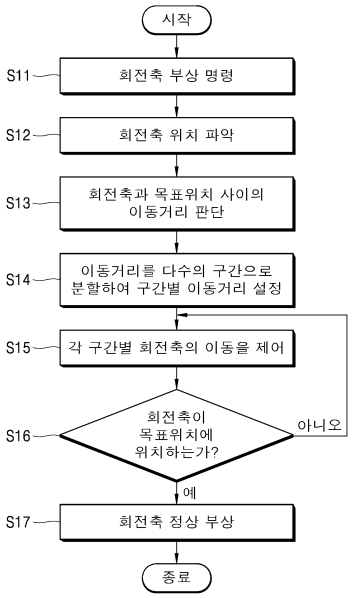
(54) 발명의 명칭 **자기베어링 제어 방법**

## (57) 요 약

본 발명의 목적은 자기베어링을 갖는 고속회전용 모터에 적용된 회전축의 급격한 부상 또는 낙하를 방지할 수 있도록 개선된 자기베어링 제어 방법을 제공하는 것으로, 자기베어링 제어 방법은 고정자와, 상기 고정자의 내부에 배치되어 회전하는 회전축 및 다수의 출력소자에서 발생하는 전자기력으로 회전축을 부상시키는 자기베어링을 포

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도5



함하는 고속회전용 모터의 자기베어링 제어 방법으로, 상기 회전축의 위치를 감지하는 갭 센서를 이용하여 회전축의 위치를 파악하는 회전축 위치 파악단계; 상기 회전축 위치 파악단계에서 파악된 상기 회전축의 위치와 상기 회전축이 이동예정인 목표위치와의 이동거리를 판단하는 이동거리 판단단계; 상기 이동거리 판단단계에서 판단된 이동거리를 다수의 구간으로 분할하여 구간별 이동거리를 설정하는 구간별 이동거리 설정단계; 및 상기 구간별 이동거리 설정단계에서 분할된 구간별 이동거리에 따라 상기 자기베어링의 출력소자를 제어하여 상기 회전축을 순차적으로 이동하는 회전축 이동단계;를 포함한다.

# 명 세 서

## 청구범위

### 청구항 1

고정자와, 상기 고정자의 내부에 배치되어 회전하는 회전축 및 다수의 출력소자에서 발생하는 전자기력으로 상기 회전축을 부상시키는 자기베어링을 포함하는 고속회전용 모터의 자기베어링 제어 방법에 있어서,

갭 센서를 통해 상기 회전축과 상기 고정자의 바닥면 사이의 이격거리를 측정하여 상기 회전축의 위치를 파악하는 회전축 위치 파악단계;

상기 회전축 위치 파악단계에서 파악된 상기 회전축의 위치와 상기 회전축의 목표위치 사이의 종단의(longitudinal) 이동거리를 판단하는 이동거리 판단단계;

상기 이동거리 판단단계에서 판단된 이동거리를 다수의 구간으로 분할하여 구간별 이동거리를 설정하되, 상기 다수의 구간 중 상기 목표위치에 근접한 마지막 구간의 이동거리를 나머지 구간의 이동거리보다 짧게 설정하는 구간별 이동거리 설정단계; 및

상기 구간별 이동거리 설정단계에서 분할된 구간별 이동거리에 따라 상기 자기베어링의 출력소자를 제어하되, 상기 마지막 구간에 대한 상기 회전축의 이동속도를 상기 나머지 구간에 대한 상기 회전축의 이동속도보다 느리게 설정하여 상기 회전축을 순차적으로 이동시키는 회전축 이동단계;

를 포함하는 자기베어링 제어 방법.

### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 회전축 위치 파악단계는 상기 회전축과 상기 고정자의 바닥면 사이의 이격거리를 측정하는 갭 센서를 이용하여 상기 회전축의 위치를 파악하는 단계를 포함하는 자기베어링 제어 방법.

### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 이동거리 설정단계는 상기 이동거리를 동일한 거리를 가진 다수의 구간으로 분할하여 상기 구간별 이동거리를 설정하는 단계를 포함하는 자기베어링 제어 방법.

### 청구항 4

삭제

### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 이동거리 설정단계는 상기 이동거리를 서로 다른 거리를 가진 다수의 구간으로 분할하여 상기 구간별 이동거리를 설정하는 단계를 포함하는 자기베어링 제어 방법.

### 청구항 6

제5항에 있어서,

상기 이동거리 설정단계는 상기 이동거리를 상기 회전축의 출발 지점으로부터 상기 목표위치까지 점진적으로 감소하는 거리를 가진 다수의 구간으로 분할하여 상기 구간별 이동거리를 설정하는 단계를 포함하는 자기베어링 제어 방법.

**청구항 7**

제1항에 있어서,

상기 회전축 이동단계는 상기 자기베어링의 출력소자로 공급되는 전류를 증감하여 상기 회전축을 이동시키는 전자기력을 조절하는 자기베어링 제어 방법.

**청구항 8**

제1항에 있어서,

상기 회전축 이동단계는 일정한 이동속도에 따라 상기 회전축을 순차적으로 이동시키는 단계를 포함하는 자기베어링 제어 방법.

**청구항 9**

삭제

**청구항 10**

제1항에 있어서,

상기 회전축 이동단계는 상기 다수의 구간에 대한 상기 회전축의 이동속도를 서로 다르게 설정하여 상기 회전축을 순차적으로 이동시키는 단계를 포함하는 자기베어링 제어 방법.

**청구항 11**

제1항에 있어서,

상기 회전축 이동단계는 상기 회전축의 출발 지점으로부터 상기 목표위치까지 점진적으로 감소하는 이동속도에 따라 상기 회전축을 순차적으로 이동시키는 단계를 포함하는 자기베어링 제어 방법.

**청구항 12**

제1항에 있어서,

상기 회전축 이동단계는 상기 회전축의 회전이 정지된 이후 상기 회전축을 순차적으로 이동시키는 단계를 포함하는 자기베어링 제어 방법.

**청구항 13**

제1항에 있어서,

상기 회전축 이동단계에서 상기 회전축은 상기 구간별 이동거리 설정단계에서 분할된 다수의 구간 중 적어도 상기 목표위치에 근접한 마지막 구간에서 회전이 정지되는 자기베어링 제어 방법.

**청구항 14**

제1항에 있어서,

상기 회전축 이동단계는 상기 자기베어링에 전원을 공급하는 인버터가 정상 작동되는 경우에 한해 상기 회전축을 순차적으로 이동시키는 단계를 포함하는 자기베어링 제어 방법.

**청구항 15**

제1항에 있어서,

상기 갭 센서를 이용하여 파악된 상기 회전축의 위치가 상기 목표위치와 동일하면 상기 회전축의 이동을 중단하는 회전축 이동 중단단계를 더 포함하는 자기베어링 제어 방법.

## *발명의 설명*

### *기 술 분 야*

[0001] 본 발명은 자기베어링 제어 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 자기베어링이 적용된 모터에서 회전축의 급격한 부상이나 낙하에 따른 충격을 방지하는 자기베어링 제어 방법에 관한 것이다.

### *배 경 기 술*

[0003] 일반적으로 모터는 고정자(스테이터; stator)의 내부에 회전축(로터; rotor)가 회전 가능하게 제공된 것으로, 회전축이 고속으로 회전하도록 제공된다.

[0004] 이러한 모터는 다양한 구동수단으로 사용되며, 일례로 자동차, 세탁기, 압축기 등 여러 분야에서 활용되고 있다.

[0005] 일반적으로 모터는 회전축이 물리적으로 접촉되는 베어링에 지지되는 구조로 제공되고 있으며, 최근에는 더욱 고속으로 회전하는 모터의 개발 필요성에 따라 자기베어링에 의해 회전축이 물리적인 접촉없이 지지되도록 하여 고속회전에 적합한 고속회전용 모터가 개발되었다.

[0006] 종래의 고속회전용 모터는, 하우징의 내부에 고정자가 구비되고, 이 고정자의 중앙부에 회전축이 회전가능하게 제공된다. 회전축은 회전시 자기베어링에 의해 고정자에 대해 일정한 간격을 갖도록 부상된 상태로 회전한다.

[0007] 이러한 고속회전용 모터는 전원이 공급되기전에는, 회전자가 고정자의 내측 바닥에 안착된 상태이며, 작동입력에 의해 자기베어링에 전원이 공급됨에 따라 회전자가 부상하여 고정자의 회전위치, 즉 중앙부로 위치한 상태에서 회전한다.

[0008] 또한, 고속회전용 모터는 작동중지입력에 의해 자기베어링에 전원의 공급이 차단되면, 회전자의 회전이 멈춘 후 낙하되어 고정자의 바닥에 안착된다.

[0009] 그러나, 종래의 고속회전용 모터는 초기 작동과정에서 회전자가 고정자의 바닥으로부터 부상하기 때문에 초기 위치를 정확하게 파악하지 못하여 위치 에러 등을 발생한다.

[0010] 또한, 종래의 고속회전용 모터는 회전자가 실제 회전위치와 먼 거리에 위치함에 따라 회전자를 급하게 부상하는 과정에서 많은 힘이 가해지게 되며, 이에 따라 회전자의 위치를 정밀하게 제어하지 못하여 회전자가 고정자 또는 자기베어링과 상단부와 충돌하는 현상이 발생한다.

[0011] 또한, 종래의 고속회전용 모터는 작동을 멈출 경우, 회전자를 지지하는 자기베어링에 전원공급이 중단되면, 회전자가 급격하게 낙하되어 고정자 또는 자기베어링의 하단부와 충돌하는 현상도 발생한다.

[0012] 이와 같이, 종래의 고속회전용 모터는, 초기 작동시 또는 멈춤작동시, 회전자가 급격하게 이동하여 고정자 또는 자기베어링 등에 충돌하며 물리적인 충격을 발생함에 따라 고속회전용 모터에 손상을 일으킬 수 있고, 회전축의 위치를 감지하는 각종 갭 센서 등을 손상시키거나, 위치 에러를 발생하여 정상적인 작동을 방해하는 요인이 되고 있으며, 심할 경우 회전자, 고정자, 자기베어링 또는 갭 센서 등의 내부 부품을 마모시키거나, 손상시킬 수 있고, 작동오류 등의 고장을 발생시킬 수 있다.

[0013] 한편, 종래에는 자기베어링의 내부에 충격을 완충하는 댐퍼 또는 백업 베어링을 설치하여 충격을 완화하는 기술이, 한국 등록특허 제10-0792792호로 개발되었으나, 회전축의 급격한 부상이나 낙하를 방지하는 기술은 개시되어 있지 않고, 회전축의 회전시 발생하는 진동이나 회전축의 급격한 부상 또는 낙하에 의한 충격을 일부 완화할 수는 있지만, 물리적인 충격을 완전히 방지할 수는 없으며, 이에 따라 회전자, 고정자, 자기베어링 또는 갭 센서 등을 포함하는 고속회전용 모터의 손상이나, 고장 등을 방지할 수 없는 기술적 한계가 있다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

[0015] (특허문헌 0001) 한국 등록특허 제10-0792792호 (2008.01.02)

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0016] 본 발명의 목적은 자기베어링을 갖는 고속회전용 모터에 적용된 회전축의 급격한 부상 또는 낙하를 방지할 수 있도록 개선된 자기베어링 제어 방법을 제공하는 것이다.

### 과제의 해결 수단

[0018] 본 발명의 일 실시예에 따른 자기베어링 제어 방법은 고정자와, 상기 고정자의 내부에 배치되어 회전하는 회전축 및 다수의 출력소자에서 발생하는 전자기력으로 회전축을 부상시키는 자기베어링을 포함하는 고속회전용 모터의 자기베어링 제어 방법으로, 상기 회전축의 위치를 감지하는 갭 센서를 이용하여 회전축의 위치를 파악하는 회전축 위치 파악단계; 상기 회전축 위치 파악단계에서 파악된 상기 회전축의 위치와 상기 회전축이 이동예정인 목표위치와의 이동거리를 판단하는 이동거리 판단단계; 상기 이동거리 판단단계에서 판단된 이동거리를 다수의 구간으로 분할하여 구간별 이동거리를 설정하는 구간별 이동거리 설정단계; 및 상기 구간별 이동거리 설정단계에서 분할된 구간별 이동거리에 따라 상기 자기베어링의 출력소자를 제어하여 상기 회전축을 순차적으로 이동하는 회전축 이동단계;를 포함한다.

[0019] 또한, 상기 구간별 이동거리 설정단계에서, 상기 구간별 이동거리는 각 구간의 평균이동거리에 비해 상기 목표위치에 근접한 마지막 구간의 이동거리가 작아질 수 있다.

[0020] 또한, 상기 회전축 이동단계는 상기 출력소자로 공급되는 전류를 증감하여 상기 회전축을 이동시키는 전자기력을 조절할 수 있다.

[0021] 또한, 상기 회전축 이동단계는 상기 회전축의 회전이 정지된 상태에서 진행될 수 있다.

[0022] 상기 회전축 이동단계에서 상기 회전축은 상기 구간별 이동거리 설정단계에서 분할된 구간 중 적어도 최종 구간 진입시 회전이 정지될 수 있다.

### 발명의 효과

[0024] 본 발명에 따르면, 고속회전용 모터의 작동 또는 작동중지시, 회전축이 급격하게 부상하거나 낙하하는 것을 방지할 수 있어 회전축의 급격한 이동에 의한 충돌을 방지할 수 있고, 회전축의 충돌에 의한 내부 부품의 마모, 손상이나 고장을 방지할 수 있고, 이에 따라 제품의 내구성을 향상시킬 수 있다. 또한, 본 발명은 고속회전용 모터의 작동 또는 작동중지시, 회전축의 충돌에 의한 소음이나, 진동을 방지할 수 있어 제품의 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 고속회전용 모터를 간략하게 도시한 단면도.

도 2의 (a)와 (b)는 본 발명의 일 실시예에 따른 고속회전용 모터에 적용된 자기베어링 제어장치를 간략하게 도시한 도면.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 자기베어링 제어 방법에 의한 회전축의 이동상태를 도시한 도면.

도 4의 (a) 내지 (d)는 본 발명의 일 실시예에 따른 회전축의 구간별 이동거리를 도시한 그래프.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 자기베어링 제어 방법에 의한 회전축의 부상과정의 순서도.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 자기베어링 제어 방법에 의한 회전축의 낙과정의 순서도.

## *발명을 실시하기 위한 구체적인 내용*

[0027] 본 명세서에 기재된 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 하나의 실시예에 불과할 뿐이고, 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다. 또한, 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 이러한 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

[0029] 이하 본 발명의 실시예에 따른 고속회전용 모터에 관하여 설명한다.

[0030] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 고속회전용 모터를 간략하게 도시한 단면도이다.

[0031] 본 실시예의 고속회전용 모터(100)는 하우징(110)과, 고정자(130)와, 회전축(150)을 포함하며, 회전축(150)을 고속으로 회전시켜 구동력을 발생하는 장치이다.

[0032] 하우징(110)은, 고속회전용 모터(100)의 외형을 형성하며 내부가 중공될 수 있다. 하우징(110)의 내부에는 전류의 공급에 의해 전자기력을 일으키는 고정자(스테이터; stator)(130)가 설치될 수 있다.

[0033] 또한, 하우징(110)은 전단부에 임펠러를 갖는 임펠러 케이싱(120)이 제공될 수 있다. 임펠러 케이싱(120)은 전방 중앙부에 냉매가 유입되는 냉매유입구(122)가 형성되고, 냉매유입구(122)를 통해 유입된 냉매를 압축, 배출시키는 냉매배출구(123)와 냉매유입구(122)와 냉매배출구(123) 사이를 연결하는 냉매이동채널(124)이 형성될 수 있다.

[0034] 또한, 임펠러 케이싱(120)의 내부에는 회전축(150)에 고정되는 메인 임펠러(125)가 구비되며, 메인 임펠러(125)가 회전축(150)와 함께 회전함에 따라 냉매유입구(122)로 유입된 냉매를 압축할 수 있다.

[0035] 또한, 하우징(110)은 내부에 회전력을 제공하기 위한 다수의 부품이 설치될 수 있다. 구체적으로, 고정자(130)는 다수의 폴이 형성된 코어를 포함하고, 각각의 폴에 코일이 권선된 형태로 제공될 수 있다. 고정자(130)에는 전류의 공급에 의한 전자기력이 발생할 수 있다.

[0036] 또한, 고정자(130)의 중앙부에는 회전축(150)이 회전가능하게 설치될 수 있다. 회전축(150)은 영구자석을 포함할 수 있으며, 고정자(130)에서 발생하는 전자기력에 의해 회전하며 구동력을 발생할 수 있다.

[0037] 회전축(150)은, 고정자(130)와의 사이에 일정간 간격을 가진 상태로 회전하도록 배치되며, 이를 위해 회전축(150)은 물리적인 접촉없이 전자기력에 의해 위치 제어되는 자기베어링(210; 212, 214, 216)에 지지될 수 있다.

[0038] 자기베어링(210)은 회전축(150)을 반경방향으로 지지하는 레이디얼 베어링(212, 214)와, 회전축(150)을 축방향으로 지지하는 스러스트 베어링(216)으로 구분될 수 있다.

[0039] 스러스트 베어링(216)은, 회전축(150)의 단부에 반경방향으로 연장된 축지지 플레이트(156)를 사이에 두고 설치되어, 회전축(150)의 축방향으로 이동을 지지할 수 있다.

[0040] 자기베어링(210)은 다수의 출력소자를 구비하며, 이들 출력소자에서 발생하는 전자기력을 제어하여 회전축(150)을 부상시킬 수 있다.

[0041] 또한, 고속회전용 모터(100)는 자기베어링(210)이 회전축(150)을 정확한 위치에 부상시킬 수 있도록 회전축(150)의 변위를 감지하는 적어도 하나의 갭 센서(gap sensor)를 포함할 수 있다.

[0042] 또한, 고속회전용 모터(100)는 갭 센서에서 감지되는 회전축(150)의 변위를 이용하여 회전축(150)의 위치를 제어하기 위해 출력소자로 공급되는 전류를 제어하고, 갭 센서의 고장 여부를 판단하는 제어부를 포함할 수 있다.

[0043] 도 2의 (a)와 (b)는 본 발명의 일 실시예에 따른 고속회전용 모터에 적용된 자기베어링 제어장치를 간략하게 도시한 도면이다.

[0044] 도 2를 참고하면, 본 실시예의 자기베어링 제어장치(200)는 회전축(150)의 적어도 양단을 지지하는 자기베어링(210)을 포함하여 구성될 수 있다.

[0045] 구체적으로 자기베어링(210)은 반경 방향의 회전축(150) 위치를 제어하는 제1레이디얼 베어링(radial bearing)(212)과, 제2레이디얼 베어링(radial bearing)(214)을 포함할 수 있다.

[0046] 또한, 자기베어링(210)은 회전축(150)의 단부에 반경방향으로 연장형성된 축지지 플레이트(156)의 전, 후면을 지지하여 회전축(150)이 축방향으로 이동하는 것을 제어하는 스러스트 베어링(thrust bearing)(216)을 포함할 수 있다.

[0047] 또한, 제1, 제2레이디얼 베어링(212, 214) 및 스러스트 베어링(216)은 전류의 공급에 의해 전자기력을 발생하는 각각의 출력소자(213a, 215a, 217a) 및 출력소자의 전류를 측정하는 전류센서(213b, 215b, 217b)를 포함할 수 있고, 이 출력소자(213a, 215a, 217a)는 제어부(220)에 연결되어 전류 공급이 제어됨에 따라 회전축(150)의 부상을 제어할 수 있다.

[0048] 또한, 자기베어링 제어장치(200)는 회전축(150)에 인접하게 설치되는 다수의 갭 센서(230)를 포함할 수 있다. 다수의 갭 센서(230)는 회전축(150)의 변위를 측정할 수 있으며, 이를 이용하여 고정자(도 1에 도시된 130)와 이격된 간격을 측정할 수 있다.

[0049] 갭 센서(230)에서 측정된 회전축(150)의 변위는 제어부(220)로 전달되며, 제어부(220)를 이를 이용하여 제1, 제2레이디얼 베어링(214) 및 스러스트 베어링(216)의 출력소자(213a, 215a, 217a)를 제어하여 회전축(150)을 일정 위치로 위치 제어할 수 있다.

[0050] 또한, 갭 센서(230)는 제어부(220)와 연결되어 감지된 회전축(150)의 변위 정보를 전달할 수 있다.

[0051] 제어부(220)는 갭 센서(230)에서 감지된 변위를 이용하여 회전축(150)의 위치를 제어하기 위해 제1, 제2레이디얼 베어링(214) 및 스러스트 베어링(216)의 출력소자(213a, 215a, 217a)의 전류공급을 제어할 수 있다.

[0052] 전술된 고속회전용 모터(100)는, 작동명령이 입력되기 전, 즉 고속회전용 모터(100)의 사용전에는 회전축(150)이 고정자(130)에 안착된 상태일 수 있고, 작동명령이 입력됨에 따라 회전축(150)이 자기베어링(210)에 의해 부상하여 고정자(130)의 중심부에 위치될 수 있다.

[0053] 한편, 본 실시예에서 고속회전용 모터(100)는 회전축(150)이 고정자(130)에 안착되는 것으로 설명하고 있으나, 회전축(150)이 자기베어링(210)에 의해 부상되는 과정에서, 고정자(130), 자기베어링(210) 또는 주변 부품들과 충돌하는 것을 방지하기 위해, 회전축(150)을 둘러싸는 범퍼(240)를 더 포함할 수 있으며, 이러한 구조에서 회전축(150)은 범퍼(240)에 안착된 상태일 수 있다. 즉, 일반적인 고속회전용 모터(100)에서 회전축(150)은 고정자(130)에 안착될 수 있고, 본 실시예와 같이 범퍼(240)가 구비될 경우에는 범퍼(240)에 안착될 수 있다. 또한, 범퍼(240)의 형태와 구조는 다양하게 변형될 수 있고, 일례로 환형 링 구조의 세이프티 베어링(safety bearing) 등으로 제공될 수 있다.

[0054] 이러한 고속회전용 모터(100)는 전원이 공급되기전에는, 회전축(150)은 범퍼(240)의 내측 바닥에 안착된 상태이며, 작동입력에 의해 자기베어링(210)에 전원이 공급됨에 따라 회전축(150)이 부상하여 고정자의 회전위치, 즉 중앙부로 이동한 상태에서 회전할 수 있다.

[0055] 한편, 회전축(150)은, 작동명령의 입력시 자기베어링(210)에 의해 발생하는 자기력에 의해 부상하는 과정에서 많은 힘이 가해질 수 있으며, 이에 따라 회전축(150)이 급격하게 상승될 수 있다.

[0056] 따라서, 본 실시예에서는 고속회전용 모터(100)의 작동시 자기베어링(210)의 급격한 이동에 의한 충돌을 방지하기 위한 자기베어링(210) 제어 방법을 제안한다.

[0058] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 자기베어링 제어 방법에 의한 회전축의 이동상태를 도시한 도면이다.

[0059] 도 3을 참고하면, 본 실시예의 자기베어링 제어 방법은, 회전축(150)의 이동시, 회전축(150)이 이동할 거리를 다수의 구간으로 분할하고, 분할된 구간별로 회전축(150)의 이동을 제어하여 회전축(150)의 급격한 부상 또는 낙하를 방지할 수 있다.

[0060] 구체적으로, 본 실시예의 자기베어링 제어 방법은, 회전축(150)의 부상 제어시 회전축(150)의 위치를 감지하는 회전축 위치 파악단계를 포함할 수 있다.

[0061] 회전축 위치 파악단계는 고속회전용 모터(100)의 작동입력에 의해 회전축(150) 부상 명령이 입력되면, 갭 센서를 이용하여 회전축(150)의 위치를 파악할 수 있다.

[0062] 여기서, 갭 센서(230)는 회전축(150)과 고정자(130)의 바닥면 사이의 이격거리를 측정할 수 있다. 여기서 고정

자(130)의 바닥면은 고정자(130)에 의해 형성되는 내부면 중에서, 고속회전용 모터(100)의 작동 중단 시 회전축(150)이 낙하하여 고정자와 접촉되는 면으로 정의될 수 있다.

[0063] 일례로, 도 3을 보면, 고정자(130)에는 범퍼(240)가 구비될 수 있고, 고속회전용 모터(100)의 작동 전에는 회전축(150)이 범퍼(240)의 바닥면에 안착된 상태일 수 있다. 또한, 고속회전용 모터(100)의 작동 중에는 회전축(150)은 고정자(130)의 중앙부에 위치하여 회전할 수 있다.

[0064] 갭 센서(230)는 회전축(150)과 범퍼(240)의 바닥면 사이의 이격거리를 측정함으로써, 회전축(150)의 위치를 파악할 수 있다. 고속회전용 모터(100)의 작동전에는 이격거리가 0으로 측정될 수 있고, 고속회전용 모터(100)가 이상적으로 작동되는 중에는 범퍼(240)의 바닥면과 회전축(150)의 중심 사이의 거리에서 회전축(150)의 반경을 감산한 거리로 측정될 수 있다.

[0065] 이와 같이, 회전축 위치 파악단계에서 회전축(150)의 위치가 파악되면, 회전축(150)의 위치와 회전축(150)의 목표위치 사이의 이동거리를 판단하는 이동거리 판단단계가 진행될 수 있다.

[0066] 고속회전용 모터(100)는 작동 전일 경우, 회전축(150)이 범퍼(240)의 바닥면에 안착된 상태이며 목표위치는 고정자(130)의 중앙부 위치일 수 있다. 또한, 고속회전용 모터(100)가 작동 중일 경우, 회전축(150)은 고정자(130)의 중앙부에서 회전하고 있는 상태이며 목표위치는 범퍼(240)에 안착될 위치, 즉 범퍼(240)의 바닥면일 수 있다.

[0067] 이에 따라, 도 3에 도시된 바와 같이 고속회전용 모터(100)가 작동 전에는 이동거리가 L2로 판단될 수 있고, 고속회전용 모터(100)가 작동 중인 경우에도 역시 이동거리가 L2로 판단될 수 있다.

[0068] 이동거리 판단단계가 완료되면, 회전축(150)이 이동할 이동거리를 다수의 구간으로 분할하고, 각각의 구간별 회전축(150)이 이동할 거리를 설정하는 구간별 이동거리 설정단계가 진행될 수 있다.

[0069] 구간별 이동거리 설정단계에서 구간별 이동거리가 설정되면, 자기베어링(210)의 출력소자(213a, 215a, 217a)로 공급되는 전류를 증감함으로써 회전축(150)을 분할된 구간별 이동거리에 따라 순차적으로 이동하는 회전축 이동단계가 진행될 수 있다.

[0070] 보다 구체적으로, 자기베어링(210)의 출력소자(213a, 215a, 217a)로 공급되는 전류를 증감함으로써 고정자(130) 내부에 형성되는 자기력의 세기가 조절될 수 있고, 이에 따라, 회전축(150)이 부상 또는 하강할 수 있다.

[0071] 회전축 이동단계는 회전축(150)을 설정된 구간별 이동거리에 따라 이동시키게 되며, 이때 회전축(150)이 단계별로 이동함에 따라 회전축(150)과 상부 위치까지의 거리(L1)는 서서히 줄어들고, 회전축(150)의 최초 위치까지의 거리(L2)는 서서히 멀어지면서 회전축(150)의 이동을 제어할 수 있다.

[0072] 일 예에서, 이동거리 설정단계는 이동거리를 동일한 거리를 가진 다수의 구간으로 분할하여 구간별 이동거리를 설정할 수 있다.

[0073] 이동거리 설정단계가 이동거리를 4개의 구간으로 분할한다고 가정하면, 전술한 바와 같이 이동거리가 L2로 판단된 경우, 이동거리 설정단계는 각 구간별 이동거리를 L2/4로 설정할 수 있다.

[0074] 이에 따라, 회전축 이동단계에서 회전축(150)은 네 단계에 걸쳐 일정한 거리만큼 부상하거나 하강하여 목표위치로 이동할 수 있다.

[0075] 일 예에서, 이동거리 설정단계는 다수의 구간 중 목표위치에 근접한 마지막 구간의 이동거리를 나머지 구간의 이동거리보다 짧게 설정할 수 있다.

[0076] 이동거리 설정단계가 이동거리를 회전축(150)의 출발 지점으로부터 목표위치까지 순차적으로 제1 내지 제4 구간으로 분할한다고 가정하면, 이동거리 설정단계는 제1 내지 제3 구간의 거리는 동일하게 설정하고, 제4 구간의 거리는 제1 내지 제3 구간의 거리보다 짧게 설정할 수 있다.

[0077] 이에 따라, 회전축 이동단계에서 회전축(150)은 세 단계에 걸쳐 일정한 거리만큼 부상 또는 하강하다가, 마지막 단계에서 비교적 적은 이동을 통해 목표위치로 이동할 수 있다.

[0078] 일 예에서, 이동거리 설정단계는 이동거리 판단단계에서 판단된 이동거리를 서로 다른 거리를 가진 다수의 구간으로 분할하여 구간별 이동거리를 설정할 수 있다.

[0079] 이에 따라, 회전축 이동단계에서 회전축(150)은 각 단계에 설정된 거리만큼 부상 또는 하강하여 목표위치로 이

동할 수 있다.

[0080] 일 예에서, 이동거리 설정단계는 이동거리 판단단계에서 판단된 이동거리를 회전축(150)의 출발 지점으로부터 목표위치까지 점진적으로 감소하는 거리를 가진 다수의 구간으로 분할하여 구간별 이동거리를 설정할 수 있다.

[0081] 이동거리 설정단계가 이동거리를 회전축(150)의 출발 지점으로부터 목표위치까지 순차적으로 제1 내지 제4 구간으로 분할한다고 가정하면, 이동거리 설정단계는 제1 구간에서 제4 구간으로 갈수록 각 구간의 거리가 짧아지도록 설정할 수 있다.

[0082] 예를 들어, 전술한 바와 같이 이동거리가 L2로 판단된 경우, 이동거리 설정단계는 제1 구간의 거리를 0.4L2, 제2 구간의 거리를 0.3L2, 제3 구간의 거리를 0.2L2, 제4 구간의 거리를 0.1L2로 각각 설정할 수 있다.

[0083] 이에 따라, 회전축 이동단계에서 회전축(150)은 각 단계에 설정된 거리만큼 부상 또는 하강하여 목표위치로 이동할 수 있다.

[0084] 전술한 각 예에서 자기베어링(210)의 출력소자(213a, 215a, 217a)로 공급되는 전류는 각 단계마다 다를 수 있다.

[0085] 회전축은 목표위치로 부상되며, 부상이 완료되면 회전축(150)과 상부 위치까지의 거리(L1)와, 회전축(150)과 최초 위치까지의 거리(L2)는 동일할 수 있다. 즉, 회전축이 목표위치에 위치될 경우, L1=L2일 수 있다.

[0086] 즉, 종래의 고속회전용 모터(100)는 작동입력시, 회전축(150)이 한번에 고정자(130)의 중앙부인 목표위치로 이동하였으나, 본 실시예의 고속회전용 모터(100)는 작동입력시 회전축(150)이 구간별로 이동거리가 조절되며 정확하고 부드럽게 목표위치로 이동될 수 있다.

[0087] 한편, 일 예에서, 회전축 이동단계는 일정한 이동속도에 따라 회전축(150)을 순차적으로 이동시킬 수 있다.

[0088] 회전축 이동단계에서 이동속도는 자기베어링(210)의 출력소자(213a, 215a, 217a)로 공급되는 전류에 따라 제어될 수 있다.

[0089] 회전축(150)의 이동속도는 회전축(150)의 출발 지점으로부터 목표위치까지 동일하게 제어될 수 있으며, 이에 따라, 회전축(150)은 목표위치까지 일정한 속도로 부상 또는 하강할 수 있다.

[0090] 일 예에서, 회전축 이동단계는 이동거리 설정단계에서 분할된 다수의 구간 중 목표위치에 근접한 마지막 구간에 대한 회전축(150)의 이동속도를 나머지 구간에 대한 회전축(150)의 이동속도보다 느리게 설정하여 회전축(150)을 순차적으로 이동시킬 수 있다.

[0091] 이동거리 설정단계에서 이동거리가 회전축(150)의 출발 지점으로부터 목표위치까지 순차적으로 제1 내지 제4 구간으로 분할되었다고 가정하면, 제1 내지 제3 구간의 이동속도는 동일하며, 제4 구간의 이동속도는 제1 내지 제3 구간의 이동속도보다 느리게 설정될 수 있다.

[0092] 이에 따라, 회전축(150)은 세 단계에 걸쳐 일정한 속도로 부상 또는 하강하다가, 마지막 단계에서 비교적 느린 이동을 통해 목표위치로 이동할 수 있다

[0093] 일 예에서, 회전축 이동단계는 이동거리 설정단계에서 분할된 다수의 구간에 대한 회전축(150)의 이동속도를 서로 다르게 설정하여 회전축(150)을 순차적으로 이동시킬 수 있다.

[0094] 이에 따라, 회전축(150)은 각 단계의 이동속도에 따라 부상 또는 하강하여 목표위치로 이동할 수 있다.

[0095] 일 예에서, 회전축 이동단계는 회전축(150)의 출발 지점으로부터 목표위치까지 점진적으로 감소하는 이동속도에 따라 회전축(150)을 순차적으로 이동시킬 수 있다.

[0096] 이동거리 설정단계에서 이동거리가 회전축(150)의 출발 지점으로부터 목표위치까지 순차적으로 제1 내지 제4 구간으로 분할되었다고 가정하면, 이동속도는 제1 구간에서 제4 구간으로 갈수록 느려지도록 설정될 수 있다.

[0097] 이에 따라, 회전축(150)은 출발 지점에서 상대적으로 빠르게 이동하다가 목표위치에 근접할수록 점점 느려지면서 목표위치로 이동할 수 있다.

[0098] 전술한 같이, 회전축 이동단계는 각 구간별 위치에 따라 회전축(150)의 이동거리와, 이송속도를 조절하여 목표위치에 안정적으로 근접시킬 수 있다. 특히, 회전축(150)은 목표위치에 근접할 때, 이동거리가 각 구간의 평균 이동거리에 비해 작아질 수 있으며, 회전축(150)이 목표위치에 도착할 때 이동거리 및 이동속도는'0'에 수렴할 수 있다.

[0099] 따라서, 회전축(150)은, 작동명령 입력후, 목표위치에 도달하는 과정에서 회전축(150)의 이동이 구간별로 계속 제어되므로, 회전축(150)이 목표위치에 정확하게 위치될 수 있다. 또한, 회전축(150)은 목표위치에 도달하는 과정에서, 부드럽고 안정적으로 이동할 수 있으며, 중앙부를 통과하거나 급격한 부상, 낙하 등이 발생하지 않으므로, 범퍼(240) 또는 주변 부품과 충돌하지 않을 수 있다.

[0100] 도 4의 (a) 내지 (d)는 본 발명의 일 실시예에 따른 회전축의 구간별 이동거리를 도시한 그래프이다. 여기서, 가로축은 각 구간을 나타내는 것으로, 각 구간은 시간축으로 구분될 수 있다. 또한, 세로축은 회전축의 이동거리를 나타낼 수 있다.

[0101] 회전축(150)은 최초 범퍼(240)의 하부에 안착된 상태에서 고정자(130)의 중앙부인 목표위치로 이동할 때, 도 4의 (a)와 같이, 초기 부상시에는 구간별 이동거리 및 속도가 점차 커지면서 이동한 후 중간부에서 구간별 이동거리 및 속도가 최대로 되며, 중간부에서 목표위치에 근접하는 위치까지 이동거리 및 속도가 느려지며 이동될 수 있다.

[0102] 또한, 회전축(150)은 도 4의 (b)와 같이, 초기 부상시에는 구간별 이동거리 및 속도가 최대일 수 있고, 이후 목표위치에 근접하는 위치까지 이동거리 및 속도가 느려지며 이동될 수 있다.

[0103] 또한, 회전축(150)은 고속회전용 모터(100)가 작동할 때, 고정자(130)의 중앙부에서 회전할 수 있으며, 작동명령의 입력시 낙하할 수 있다.

[0104] 회전축(150)은 고정자(130)의 중앙부에서 상태에서 범퍼(240)의 하단부인 목표위치로 이동하여 안착할 때, 도 4의 (c)와 같이, 초기 낙하시에는 구간별 이동거리 및 속도가 점차 커지면서 이동한 후 중간부에서 구간별 이동거리 및 속도가 최대로 되며, 중간부에서 목표위치에 근접하는 위치까지 이동거리 및 속도가 느려지며 이동될 수 있다.

[0105] 또한, 회전축(150)은 도 4의 (d)와 같이, 초기 낙하시에는 구간별 이동거리 및 속도가 최대일 수 있고, 이후 목표위치에 근접하는 위치까지 이동거리 및 속도가 느려지며 이동될 수 있다.

[0106] 한편, 본 실시예의 자기베어링 제어 방법은, 갭 센서(230)를 이용하여 파악된 회전축(150)의 위치가 목표위치와 동일하면 회전축(150)의 이동을 중단하는 회전축 이동 중단단계를 더 포함할 수 있다.

[0107] 회전축 이동단계에서 회전축(150)이 부상 또는 하강할 때, 갭 센서(230)는 일정 주기에 따라 회전축(150)의 위치를 감지할 수 있다.

[0108] 회전축 이동단계에서 회전축(150)의 위치는 시간의 흐름에 따라 목표위치를 추종하게 되고, 갭 센서(230)에 의해 감지된 회전축(150)의 위치가 목표위치와 동일하게 되면, 더 이상 회전축(150)은 이동하지 않을 수 있다.

[0109] 이와 같이, 본 실시예에서 자기베어링 제어 방법은, 회전축(150)의 부상 또는 낙하시, 회전축(150)이 구간별로 이동거리 및 속도가 제어되어 목표위치에 근접시 부드럽고, 안정적으로 이동하도록 제어되므로, 회전축(150)의 급격한 부상 또는 낙하에 의한 충격을 방지할 수 있다.

[0110] 또한, 회전축 이동단계는 회전축(150)의 회전이 정지된 이후 회전축(150)을 순차적으로 이동시킬 수 있다.

[0111] 다시 말해, 전술한 회전축(150)의 부상 또는 하강은 회전축(150)의 회전이 정지된 이후 수행될 수 있다.

[0112] 보다 구체적으로, 회전축(150)은 고속회전용 모터(100)의 중지명령의 입력시, 회전축(150)이 완전히 정지된 상태에서 낙하하도록 제어될 수 있다. 회전축(150)은 회전상태로 낙하될 경우, 범퍼(240)에 안착되는 과정에서 회전마찰이 발생하지 않도록, 회전축(150)이 완전히 정지된 상태에서 낙하될 수 있다.

[0113] 이와 달리, 회전축 이동단계에서 회전축(150)은 구간별 이동거리 설정단계에서 분할된 구간 중 적어도 목표위치에 근접한 마지막 구간에서 회전이 정지될 수 있다.

[0114] 회전축(150)은 출발 지점에서 완전히 정지되지 않은 상태에서 낙하될 수 있으며, 적어도 마지막 구간 진입시에는 회전이 정지될 수 있다.

[0115] 예를 들어, 이동거리 설정단계에서 이동거리가 회전축(150)의 출발 지점으로부터 목표위치까지 순차적으로 제1 내지 제4 구간으로 분할된 경우, 회전축(150)은 제1 내지 제3 구간에서는 정지되지 않은 상태로 낙하될 수 있고, 회전축(150)의 회전은 제4 구간에서 정지될 수 있다.

[0116] 이와 같이, 회전축(150)이 완전히 정지된 상태에서 이동하는 것은 회전축(150)의 부상 또는 낙하에 소요되는 이

동시간을 최소화하기 위한 것으로, 최종 구간 진입시 회전이 완전히 정지되는 시간을 고려하여 회전축(150)의 회전정지를 제어할 수 있다.

[0118] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 자기베어링 제어 방법에 의한 회전축의 부상과정의 순서도이다.

[0119] 도 5를 참고하면, 본 실시예에서 고속회전용 모터(100)는 작동입력이 이루어지면, 회전축(150)을 작동위치로 이동시키기 위해 회전축(150) 부상 명령이 입력될 수 있다(S11 참조).

[0120] 회전축(150) 부상 명령이 입력되면, 먼저 회전축(150)의 위치를 파악할 필요가 있다. 통상, 고속회전용 모터(100)가 정지중일 경우, 회전축(150)은 범퍼(240)의 하단부에 안착된 상태일 수 있다(S12 참조).

[0121] 그리고, 회전축(150)의 위치가 파악되면, 회전축(150)의 부상후 작동하는 목표위치, 즉 고정자(130)의 중앙부 사이의 이동거리를 파악할 수 있다(S13 참조).

[0122] 회전축(150)의 이동거리가 파악되면, 이를 다수의 구간으로 분할할 수 있다. 바람직하게는 회전축(150)의 초기위치와 목표위치 사이를 5개의 구간으로 분할하고, 각 구간별 이동거리를 설정할 수 있다(S14 참조).

[0123] 다음으로, 회전축(150)의 구간별 이동거리가 설정되면, 각 구간별로 회전축(150)의 이동을 제어한다(S15 참조).

[0124] 그리고, 회전축(150)이 각 구간별 이동거리를 이동하면, 회전축(150)이 목표위치에 위치하는가를 판단할 수 있다(S16 참조).

[0125] 이때, 회전축(150)이 목표위치에 위치하지 않을 경우, 각 구간별로 회전축(150)의 이동을 제어하는 단계를 반복할 수 있다. 예컨대, 본 실시예에서는 회전축(150)의 이동구간은 5개로 분할될 수 있고, 각 구간별로 회전축(150)의 이동된 위치를 확인하는 단계가 5회 진행될 수 있다.

[0126] 다음으로, 회전축(150)이 목표위치에 위치하는가를 판단할 때, 회전축(150)이 목표위치에 위치하는 것으로 판단되면, 회전축(150)이 정상 부상중임으로 판단하고, 회전축(150) 부상 명령을 완료할 수 있다(S17 참조).

[0127] 한편, 회전축(150) 부상 명령이 완료되면, 고속회전용 모터(100)의 작동이 제어될 수 있으며, 인버터 정상 구동 여부를 파악하여 고속회전용 모터(100)의 회전축(150)을 회전시킬 수 있다.

[0128] 한편, 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 자기베어링 제어 방법에 의한 회전축의 낙하과정의 순서도이다.

[0130] 도 6을 참고하면, 고속회전용 모터(100)의 정지명령이 입력되면, 회전축(150)을 범퍼(240)의 안착위치로 낙하시키기 위한 회전축(150) 낙하 명령이 입력될 수 있다. 회전축(150) 낙하 명령이 입력되면, 먼저 인버터의 정상 구동 여부를 파악할 수 있다(S21 참조).

[0131] 인버터는 회전축(150)의 회전 작동을 제어하도록 자기베어링(210)에 전원을 공급하는 장치이다. 인버터의 이상작동시 회전축(150)의 회전이 불규칙해질 수 있고, 정상적으로 낙하되지 못할 수 있다.

[0132] 따라서, 회전축(150)의 낙하 명령이 진행되기전 인버터의 정상 구동 여부를 확인하는 작업이 먼저 진행될 수 있다.

[0133] 다음으로, 인버터가 정상구동하는 것으로 파악되면, 인버터 정상구동모드가 작동되며 고속회전용 모터(100)의 회전축(150)을 정지시키게 된다(S22 참조). 한편, 인버터가 정상구동하지 않는 것으로 파악되면, 인버터 긴급정지 명령이 진행되고, 이에 따라 인버터를 정지하여 회전축(150)을 정지시킨다(S23 참조). 이때, 인버터 긴급정지 명령시, 회전축(150)의 위치를 제어하지 않고, 회전축(150)의 위치를 고정한 상태에서 회전축(150)을 정지시킨다(S24 참조).

[0134] 그리고, 회전축(150)이 정지되면, 회전축(150) 낙하 명령이 입력될 수 있고, 이에 따라 회전축(150)의 낙하가 진행될 수 있다(S25 참조).

[0135] 회전축(150) 낙하 명령이 입력되면, 먼저 회전축(150)의 위치를 파악할 필요가 있다(S26 참조). 통상, 고속회전용 모터(100)가 부상중일 경우, 회전축(150)은 고정자(130)의 중앙부에 위치된 상태일 수 있다.

[0136] 그리고, 회전축(150)이 파악되면, 회전축(150)의 낙하후 안착하는 목표위치, 즉 범퍼(240)의 내측 하부 사이의 이동거리를 파악할 수 있다(S27 참조).

[0137] 회전축(150)의 이동거리가 파악되면, 이를 다수의 구간으로 분할할 수 있다. 바람직하게는 회전축(150)의 초기위치와 목표위치 사이를 5개의 구간으로 분할하고, 각 구간별 이동거리를 설정할 수 있다(S28 참조).

[0138] 다음으로, 회전축(150)의 구간별 이동거리가 설정되면, 각 구간별로 회전축(150)의 이동을 제어한다(S29 참조). 그리고, 회전축(150)이 각 구간별 이동거리를 이동하면, 회전축(150)이 목표위치에 위치하는가를 판단할 수 있다(S30 참조). 이때, 회전축(150)이 목표위치에 위치하지 않을 경우, 각 구간별로 회전축(150)의 이동을 제어하는 단계를 반복할 수 있다. 예컨대, 본 실시예에서는 회전축(150)의 이동구간은 5개로 분할될 수 있고, 각 구간별로 회전축(150)의 이동된 위치를 확인하는 단계가 5회 진행될 수 있다.

[0139] 다음으로, 회전축(150)이 목표위치에 위치하는가를 판단할 때, 회전축(150)이 목표위치에 위치하는 것으로 판단되면, 회전축(150)이 낙하되어 안착됨을 판단하고, 회전축(150) 낙하 명령을 완료할 수 있다(S31 참조).

[0141] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 하여 설명되었으나, 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 기술이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호범위는 아래의 특허청구범위에 의해서 정하여져야 할 것이다.

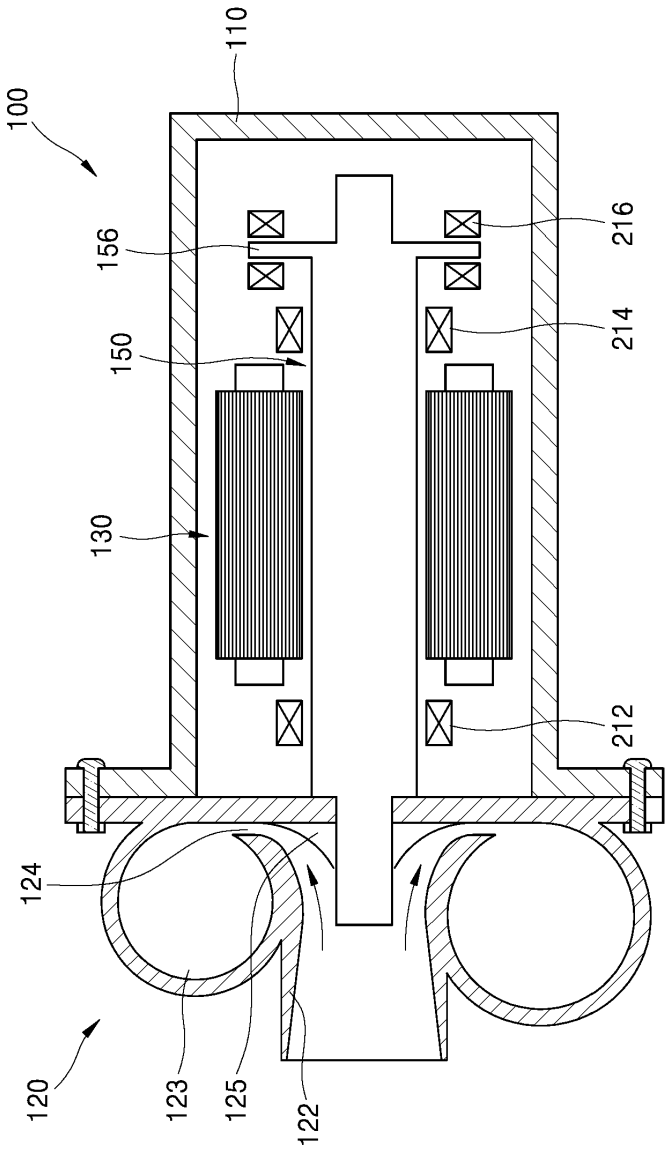
## *부호의 설명*

[0143]

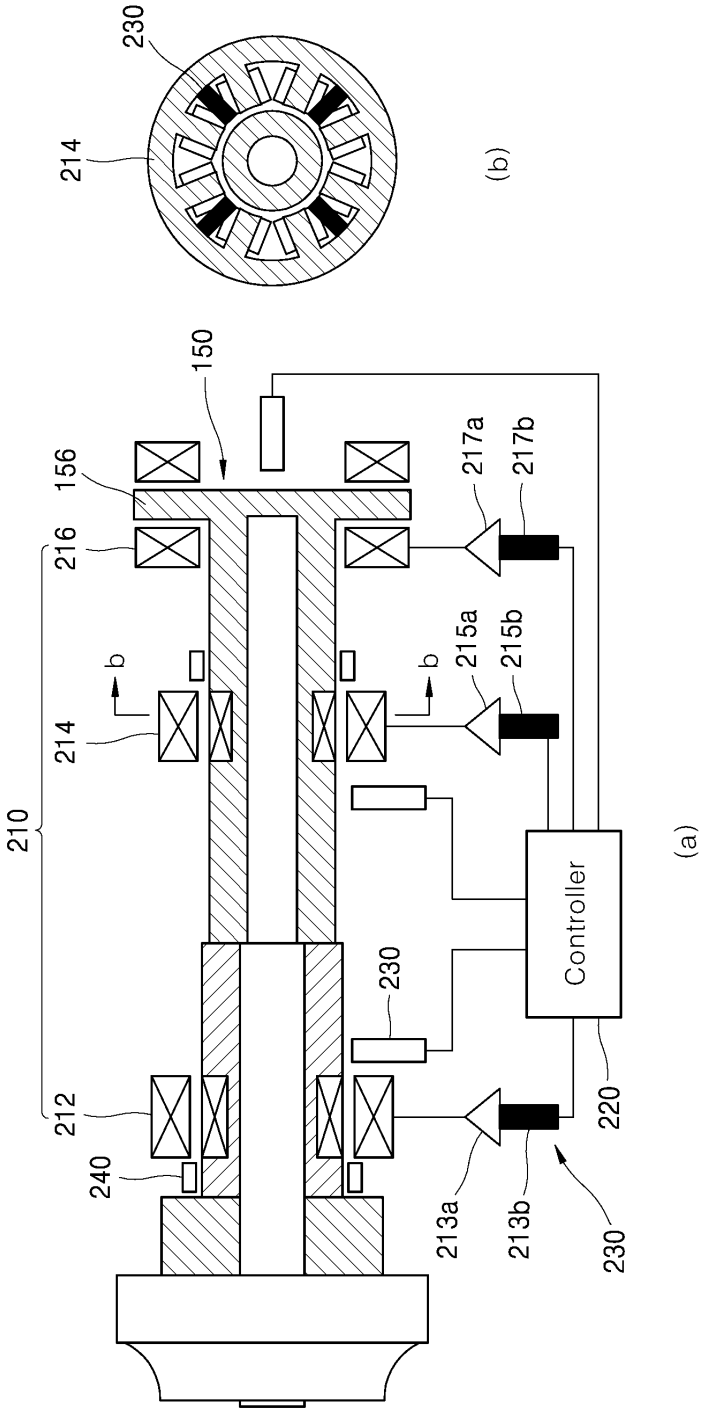
| | |
|---|---|
| 100: 고속회전용 모터 | 110: 하우징 |
| 130: 고정자 | 150: 회전자 |
| 152: 자성부 | 154: 샤프트 |
| 158: 슬리브 | 170: 냉각유로 |
| 175: 외부냉각유로 | 200: 자기베어링 제어장치 |
| 210: 자기베어링 | 213a, 215a, 217a: 출력소자 |
| 230: 갭 센서 | 240: 범퍼 |

도면

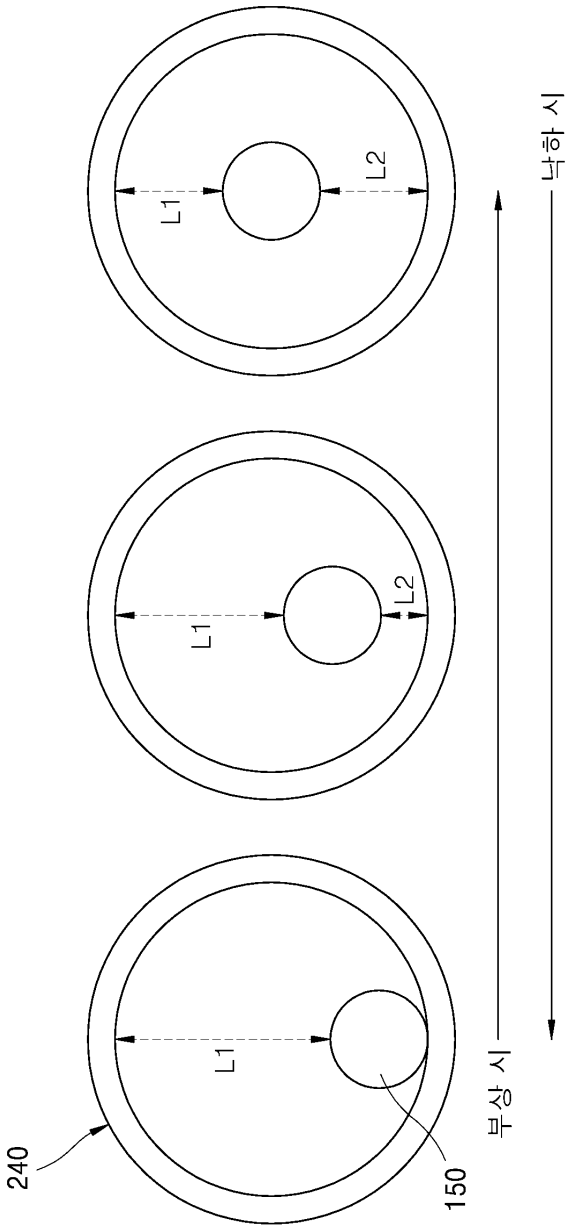
도면1



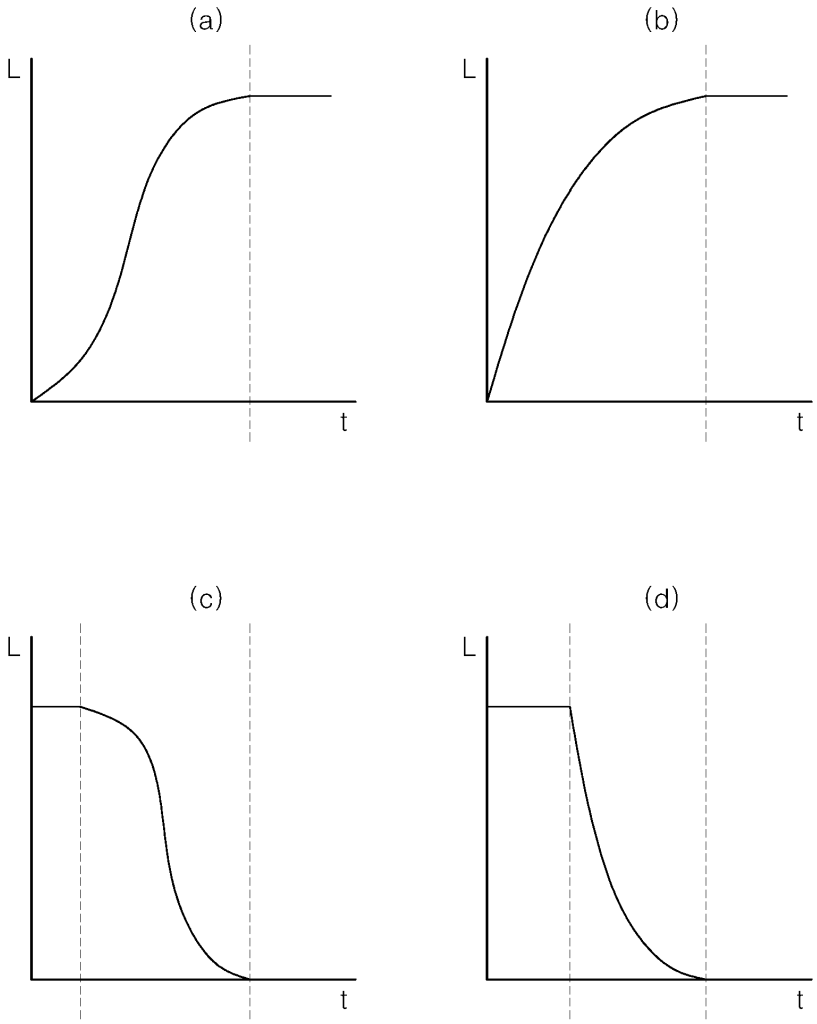
도면2


230
214
(b)
150
156
216
217a
217b
215a
215b
b
b
214
210
Controller
230
212
240
213a
213b
230
220
(a)

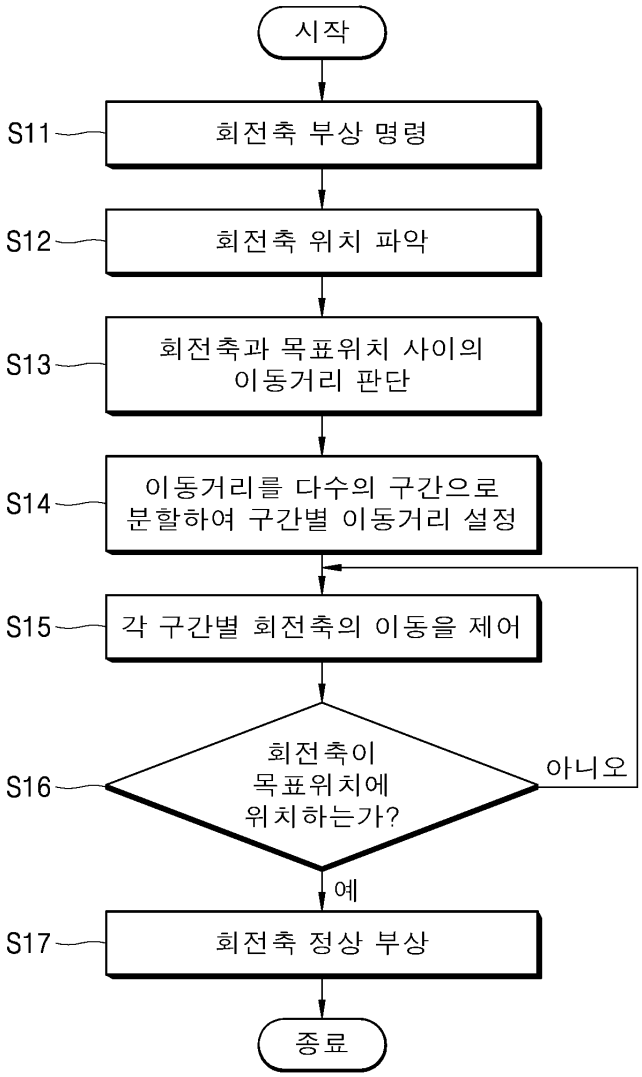
도면3



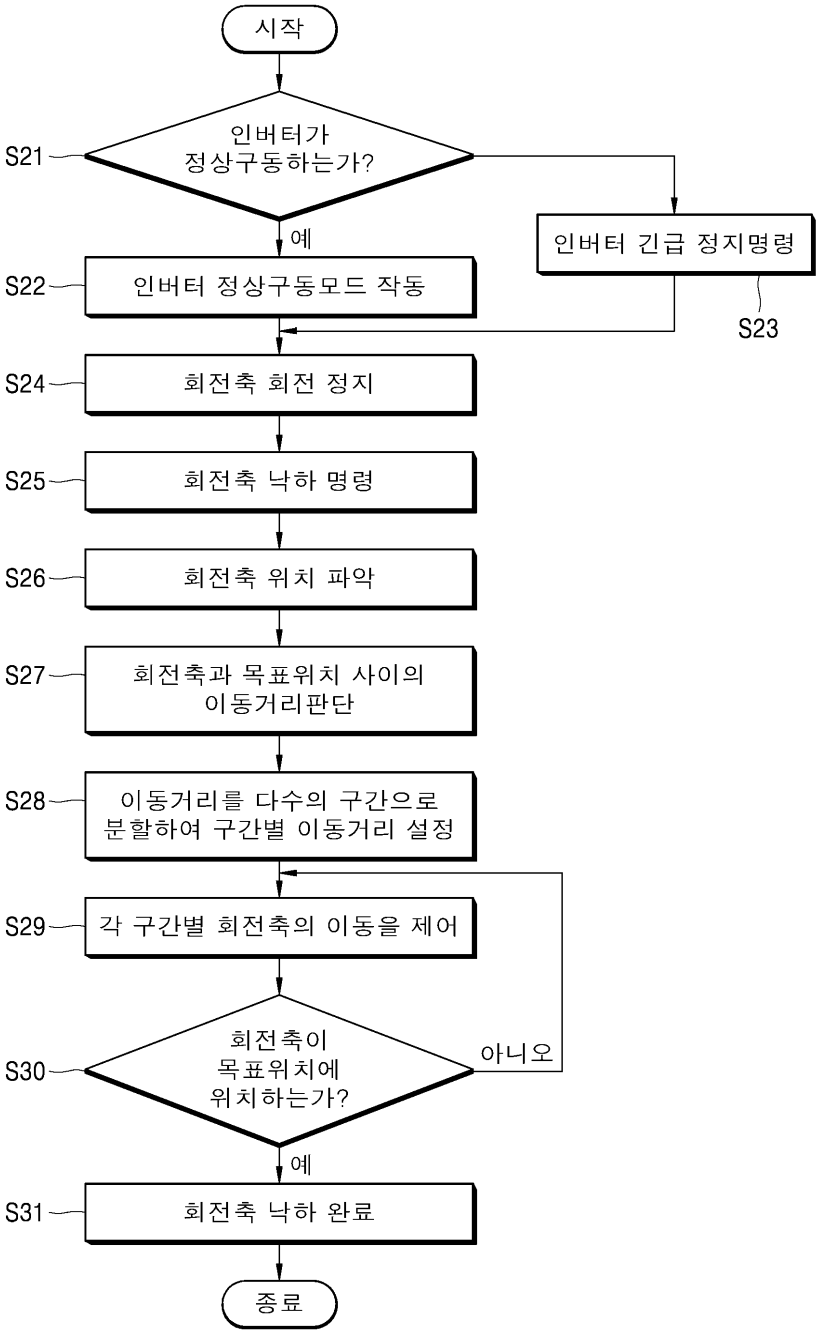
도면4



도면5


시작
S11
회전축 부상 명령
S12
회전축 위치 파악
S13
회전축과 목표위치 사이의
이동거리 판단
S14
이동거리를 다수의 구간으로
분할하여 구간별 이동거리 설정
S15
각 구간별 회전축의 이동을 제어
S16
회전축이
목표위치에
위치하는가?
아니오
예
S17
회전축 정상 부상
종료

도면6


시작
S21
인버터가
정상구동하는가?
예
아니오
인버터 긴급 정지명령
S23
S22
인버터 정상구동모드 작동
S24
회전축 회전 정지
S25
회전축 낙하 명령
S26
회전축 위치 파악
S27
회전축과 목표위치 사이의
이동거리판단
S28
이동거리를 다수의 구간으로
분할하여 구간별 이동거리 설정
S29
각 구간별 회전축의 이동을 제어
S30
회전축이
목표위치에
위치하는가?
예
S31
회전축 낙하 완료
종료