



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0072896
(43) 공개일자 2011년06월29일

(51) Int. Cl.

H02K 7/08 (2006.01) H02K 7/09 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0130007

(22) 출원일자 2009년12월23일

심사청구일자 2009년12월23일

(71) 출원인

충남대학교산학협력단

대전 유성구 궁동 220 충남대학교

(72) 발명자

노명규

대전광역시 유성구 지족동 반석마을 205-1302

이학인

전라북도 익산시 영등동 538-143번지

유승열

대전광역시 동구 성남2동 9-182

(74) 대리인

특허법인 신지, 유경열, 문호지, 박진석

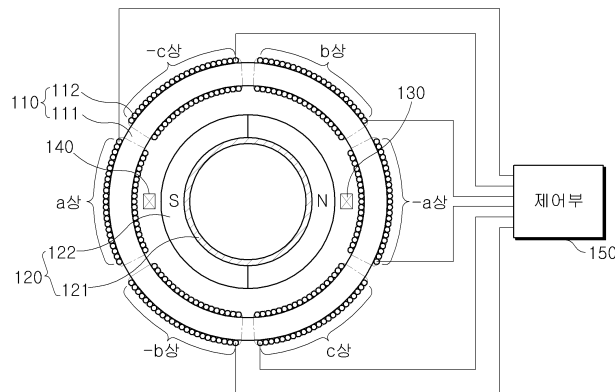
전체 청구항 수 : 총 4 항

(54) 환형권선 셀프 베어링 브러시리스 직류모터

(57) 요약

기계적 베어링에 의한 지지 없이 회전자가 고정자로부터 부상한 상태로 회전할 수 있는 환형권선 셀프 베어링 브러시리스 직류모터를 개시한다. 환형권선 셀프 베어링 브러시리스 직류모터는 고정자와, 회전자와, 위치센서와, 엔코더 및 제어부를 포함한다. 고정자는 서로 동일한 간격으로 배열된 6개의 코일들이 환형의 고정자 철심에 감겨 있는 구조를 갖는다. 회전자는 고정자 내에서 회전 가능하게 배치되고, 원통형으로 이루어진 회전자 철심의 외주면에 영구자석이 장착된 구조를 갖는다. 위치센서는 회전자의 반경방향 운동을 검출한다. 엔코더는 영구자석의 위치에 따른 자화 세기를 감지하여 회전자의 회전 각도를 검출한다. 제어부는 6개의 코일들에서 발생하는 로렌츠 힘 벡터를 조합하여, 회전자를 회전시킴과 동시에, 위치센서와 엔코더로부터 검출된 정보를 토대로 회전자의 반경방향 운동을 보상해서 회전자를 부상시키도록, 6개의 코일들에 입력되는 입력 전류를 제어한다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

서로 동일한 간격으로 배열된 6개의 코일들이 환형의 고정자 철심에 감겨 있는 고정자;

상기 고정자 내에서 회전 가능하게 배치되고, 원통형으로 이루어진 회전자 철심의 외주면에 영구자석이 장착된 회전자;

상기 회전자의 반경방향 운동을 검출하는 위치센서;

상기 영구자석의 위치에 따른 자화 세기를 감지하여 상기 회전자의 회전 각도를 검출하는 엔코더; 및

상기 6개의 코일들에서 발생하는 로렌츠 힘 벡터를 조합하여, 상기 회전자를 회전시킴과 동시에, 상기 위치센서와 상기 엔코더로부터 검출된 정보를 토대로 상기 회전자의 반경방향 운동을 보상해서 상기 회전자를 부상시키도록, 상기 6개의 코일들에 입력되는 입력 전류를 제어하는 제어부;

를 포함하는 환형권선 셀프 베어링 브러시리스 직류모터.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 영구자석의 N극 중앙을 상기 회전자의 기준 위치로 하여 상기 회전자의 기준 위치로부터 반 시계 방향으로 상기 6개의 코일들에 a상, c상, b상 순으로 설정되고, 상기 회전자가 반 시계 방향으로 회전하도록 설정되며, 상기 회전자의 기준 위치로부터 반 시계 방향으로 60도 간격으로 제1 영역 내지 제6 영역 순으로 나누어져 설정되는 경우;

상기 제어부는,

상기 회전자의 기준 위치가 상기 제1 영역 및 제4 영역을 통과할 때 c상의 입력 부상 전류를 영의 값으로 제어하는 한편 a상 및 b상의 입력 부상 전류를 상기 회전자의 반경방향 운동을 보상하기 위한 값으로 제어하고,

상기 회전자의 기준 위치가 상기 제2 영역 및 제5 영역을 통과할 때 a상의 입력 부상 전류를 영의 값으로 제어하는 한편 b상 및 c상의 입력 부상 전류를 상기 회전자의 반경방향 운동을 보상하기 위한 값으로 제어하며,

상기 회전자의 기준 위치가 상기 제3 영역 및 제6 영역을 통과할 때 b상의 입력 부상 전류를 영의 값으로 제어하는 한편 a상 및 c상의 입력 부상 전류를 상기 회전자의 반경방향 운동을 보상하기 위한 값으로 제어하는 것을 특징으로 하는 환형권선 셀프 베어링 브러시리스 직류모터.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 회전자의 기준 위치가 상기 제1,4 영역을 통과할 때 a상 및 b상의 입력 부상 전류를 하기 수학식 1에 의해 산출하고,

상기 회전자의 기준 위치가 상기 제2,5 영역을 통과할 때 b상 및 c상의 입력 부상 전류를 하기 수학식 2에 의해 산출하며,

상기 회전자의 기준 위치가 상기 제3,6 영역을 통과할 때 a상 및 c상의 입력부상 전류를 하기 수학식 3에 의해 산출하는 것을 특징으로 하는 환형권선 셀프 베어링 브러시리스 직류모터.

<수학식 1>

$$\begin{bmatrix} F_x \\ F_y \end{bmatrix} = 2k_b J_0 N \begin{bmatrix} 0 & \sqrt{3} \cos(\omega_m t + 2\pi / 3) \\ 2 \cos \omega_m t & -\cos(\omega_m t + 2\pi / 3) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_\alpha \\ I_\beta \end{bmatrix}$$

<수학식 2>

$$\begin{bmatrix} F_x \\ F_y \end{bmatrix} = 2k_b J_0 N \begin{bmatrix} \sqrt{3} \cos(\omega_m t + 2\pi / 3) & -\sqrt{3} \cos(\omega_m t - 2\pi / 3) \\ -\cos(\omega_m t + 2\pi / 3) & -\cos(\omega_m t - 2\pi / 3) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_\beta \\ I_\gamma \end{bmatrix}$$

<수학식 3>

$$\begin{bmatrix} F_x \\ F_y \end{bmatrix} = 2k_b J_0 N \begin{bmatrix} 0 & -\sqrt{3} \cos(\omega_m t - 2\pi / 3) \\ 2 \cos \omega_m t & -\cos(\omega_m t - 2\pi / 3) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_\alpha \\ I_\gamma \end{bmatrix}$$

여기서, F_x 및 F_y 는 회전자의 반경방향 운동을 보상하기 위해 X축 및 Y축 방향으로 가하는 힘을 나타내고, I_α , I_β , I_γ 는 a상, b상, c상의 입력 부상 전류를 나타낸다. 그리고, k_b 는 너비 상수, J_0 는 속박전류밀도, ω_m 은 회전자의 회전속도, N 은 코일의 권선수를 나타낸 것이다.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 6개의 코일들은 개별적으로 제어되도록 결선되지 않고 분리된 것을 특징으로 하는 환형권선 셀프 베어링 브러시리스 직류모터.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 기계적 베어링에 의한 지지 없이 회전자가 고정자로부터 부상한 상태로 회전할 수 있는 환형권선 셀프 베어링 브러시리스 직류모터에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 셀프 베어링 모터(Self-Bearing Motor, SBM)는 베어링리스 모터(bearingless motor) 혹은 자기 베어링 내장 모터 등으로 불리기도 하는 것으로, 모터에 자기 베어링 기술을 접목하여 모터 자체가 회전 운동과 자기 부상 역할을 함께 수행하는 것이다.

[0003] 이러한 셀프 베어링 모터는 기계적인 베어링이 필요 없게 되므로, 모터 자체의 부피와 무게가 줄어들 수 있으며, 마찰 및 마모가 최소화될 수 있다. 또한, 기계적 베어링에 윤활이 필요 없게 되므로, 유지보수에 있어 유리하며 반영구적으로 사용이 가능해질 수 있다.

[0004] 한편, 환형권선 브러시리스 직류모터는 고정자 철심 내의 자속밀도 변화가 매우 작아, 고정자 철심 내의 와전류와 히스테리시스에 의한 철손(iron loss)을 최소화할 수 있으므로, 효율이 좋은 장점을 지닌다. 그리고, 환형권선 브러시리스 직류모터는 비교적 큰 공극에서도 잘 구동되므로, 회전자와 고정자 사이의 공간을 넓게 하여 부재들 간의 충돌에 따른 손실을 줄일 수 있다. 또한, 브러시리스 직류모터는 고정자 철심과 회전자 자석 사이에 자기력선의 영향으로 축 방향으로 안정하려고 하는 성질을 갖기 때문에, 제어에 용이한 장점을 지닌다.

[0005] 이러한 브러시리스 직류모터에 자기 베어링 기술을 접목한다면, 브러시리스 직류모터의 장점을 지니면서, 자기 베어링 기술의 장점도 함께 지니는 셀프 베어링 모터가 구현될 수 있을 것이다. 따라서, 전술한 바와 같은 환형권선 셀프 베어링 브러시리스 직류모터의 개발이 필요하다 할 것이다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0006] 본 발명의 과제는 효율을 증대시킬 수 있을 뿐 아니라, 회전자가 자기 부상하여 회전함에 따라 마찰 손실을 최

소화하고 윤활을 필요로 하지 않는 환형권선 셀프 베어링 브러시리스 직류모터를 제공함에 있다.

과제 해결수단

[0007] 상기의 과제를 달성하기 위한 본 발명에 따른 환형권선 셀프 베어링 브러시리스 직류모터는, 서로 동일한 간격으로 배열된 6개의 코일들이 환형의 고정자 철심에 감겨 있는 고정자; 상기 고정자 내에서 회전 가능하게 배치되고, 원통형으로 이루어진 회전자 철심의 외주면에 영구자석이 장착된 회전자; 상기 회전자의 반경방향 운동을 검출하는 위치센서; 상기 영구자석의 위치에 따른 자화 세기를 감지하여 상기 회전자의 회전 각도를 검출하는 엔코더; 및 상기 6개의 코일들에서 발생하는 로렌츠 힘 벡터를 조합하여, 상기 회전자를 회전시킴과 동시에, 상기 위치센서와 상기 엔코더로부터 검출된 정보를 토대로 상기 회전자의 반경방향 운동을 보상해서 상기 회전자를 부상시키도록, 상기 6개의 코일들에 입력되는 입력 전류를 제어하는 제어부;를 포함한다.

효 과

[0008] 본 발명에 따르면, 고정자와 회전자가 브러시리스 직류 모터의 고정자와 회전자와 유사하게 구성되므로, 브러시리스 직류모터의 장점, 예컨대 효율을 증대시킬 수 있을 뿐 아니라, 회전자가 자기 부상하여 회전함에 따라 마찰 손실을 최소화하고 윤활을 필요로 하지 않는다.

[0009] 따라서, 본 발명은 소형화, 경량화 및 단순화가 가능하므로, 플라이휠 에너지 저장장치뿐 아니라, 인공위성 자세제어용 리액션 휠(reaction wheel), 개심수술용(open heart surgery) 혈액펌프, 고속 공작기계 주축 등의 고성능을 요구하는 첨단 산업분야에 적용될 수 있다. 그 결과, 본 발명은 반도체 산업이나 디스플레이 생산 장비와 같은 국가 산업의 기반이 되는 생산 장비의 고속화, 고효율화로 인한 생산 증대와 원가절감에 기여할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0010] 이하 첨부된 도면을 참조하여, 바람직한 실시예에 따른 본 발명을 상세히 설명하기로 한다.

[0011] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 환형권선 셀프 베어링 브러시리스 직류모터에 대한 구성도이다. 도 1을 참조하면, 환형권선 셀프 베어링 브러시리스 직류모터(100)는 고정자(110), 회전자(120), 위치센서(130), 엔코더(140), 및 제어부(150)를 포함한다.

[0012] 고정자(110)는 환형의 고정자 철심(111)과, 6개의 코일(112)들을 포함한다. 6개의 코일(112)들은 고정자 철심(111)에 각각 감기고 서로 동일한 간격으로 배열된다. 코일(112)들은 제어부(150)로부터 입력 전류를 입력 받으면 전자석으로 작용해서, 로렌츠 힘을 발생시킴에 따라 회전자(120)를 회전 및 부상시킬 수 있게 한다. 여기서, 코일(112)들은 개별적으로 제어되도록 결선되지 않고 분리된 구성으로 이루어질 수 있다.

[0013] 회전자(120)는 고정자(110) 내에서 고정자(110)와의 사이에 공극을 갖고 회전하도록 배치된다. 회전자(120)는 원통형의 회전자 철심(121)과 영구자석(122)을 포함한다. 영구자석(122)은 회전자 철심(121)의 외주면에 장착된다. 여기서, 영구자석(122)은 N극과 S극을 하나씩 갖는 2극 자석으로 구성될 수 있다.

[0014] 위치센서(130)는 회전자(120)의 반경방향 운동을 검출한다. 즉, 위치센서(130)는 회전자(120)의 중심이 X축 및 Y축 방향으로 움직이는 위치 좌표를 검출하도록 구성된다. 엔코더(140)는 영구자석(122)의 위치에 따른 자화 세기를 감지하여 회전자(120)의 회전 각도를 검출할 수 있게 한다.

[0015] 제어부(150)는 6개의 코일(112)들에 발생하는 힘 벡터를 조합하여, 회전자(120)를 회전시킴과 동시에 회전자(120)를 부상시키도록 6개의 코일(112)들에 입력되는 입력 전류를 제어한다. 이때, 제어부(150)는 위치센서(130)와 엔코더(140)로부터 검출된 정보를 토대로, 회전자(120)의 반경방향 운동을 보상해서 회전자(120)를 부상시키도록 코일(112)들의 입력 전류를 제어하게 된다.

[0016] 입력 전류는 회전자(120)의 회전을 위한 회전 전류와, 회전자(120)의 부상을 위한 부상 전류를 합해져서, 회전자(120)를 회전시키는 역할과 회전자(120)를 부상시키는 작용을 동시에 수행할 수 있다. 여기서, 회전 전류와 부상 전류는 이론적으로 디커플링(decoupling)될 수 있는 것으로 증명된다. 코일(112)들에 a상(+a상, -a상), b상(+b상, -b상), c상(+c상, -c상)의 입력 전류가 입력된다면, 예를 들어 a상의 입력 전류(I_{a+})(I_{a-})는 하기 수학적 식 1과 같이 표현될 수 있다.

수학식 1

$$I_{+a} = I_m \cos \omega_m t + I_\alpha$$

$$I_{-a} = -I_m \cos \omega_m t + I_\alpha$$

[0017]

[0018]

여기서, I_m 은 회전 전류이고, I_α 는 부상 전류이며, ω_m 은 회전자의 회전속도이다.

[0019]

상기 수학식 1로부터 알 수 있듯이, 회전 전류와 부상 전류는 서로 영향을 미치지 않게 되므로, 회전 전류에 따른 회전자(120)의 회전 작용과 부상 전류에 따른 회전자(120)의 부상 작용이 독립되게 수행될 수 있다. 따라서, 회전자(120)는 회전 동작과 별개로 반경방향 운동이 보상되어 부상 동작할 수 있게 된다.

[0020]

그리고, 도 2 및 도 3에 도시된 바와 같이, 6개의 코일(112)들에 발생하는 힘 벡터를 조합하면 회전자(120)의 X축 방향 부상력과 Y축 방향 부상력을 만들어, 회전자(120)의 반경방향 운동을 보상해줄 수 있다.

[0021]

전술한 환형권선 셀프 베어링 브러시리스 직류모터(100)는, 고정자(110)와 회전자(120)가 브러시리스 직류 모터의 고정자와 회전자와 유사하게 구성되므로, 브러시리스 직류모터의 장점, 예컨대 효율을 증대시킬 수 있다. 뿐만 아니라, 환형권선 셀프 베어링 브러시리스 직류모터(100)는 회전자(120)가 자기 부상하여 회전함에 따라 마찰 손실을 최소화하고 윤활을 필요로 하지 않는다. 이에 따라, 초소형 플라이휠 에너지 저장 장치 등의 분야에 적용될 수 있다.

[0022]

한편, 회전자(120)의 부상력과 입력 부상 전류와의 관계로 정리하면, 하기 수학식 2로 나타낼 수 있다.

수학식 2

$$\begin{bmatrix} F_x \\ F_y \end{bmatrix} = 2k_b J_0 N \begin{bmatrix} 0 & \sqrt{3} \cos(\omega_m t + 2\pi/3) & -\sqrt{3} \cos(\omega_m t - 2\pi/3) \\ 2 \cos \omega_m t & -\cos(\omega_m t + 2\pi/3) & -\cos(\omega_m t - 2\pi/3) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_\alpha \\ I_\beta \\ I_\gamma \end{bmatrix}$$

[0023]

[0024]

여기서, F_x 및 F_y 는 회전자의 반경방향 운동을 보상하기 위해 X축 및 Y축 방향으로 가하는 힘을 나타내고, I_α , I_β , I_γ 는 a상, b상, c상의 입력 부상 전류를 나타낸다. 그리고, k_b 는 너비 상수, J_0 는 속박전류밀도, ω_m 은 회전자의 회전속도, N 은 코일의 권선수를 나타낸 것이다.

[0025]

그런데, 상기 수학식 2에서는 입력 부상 전류 앞에 곱해지는 제어 행렬이 정방행렬이 아닌 2×3 행렬이므로, 역행렬로 변환될 수 없다. 따라서, 입력 부상 전류가 구해질 수 없다.

[0026]

이를 해결하고자, 본 실시예에서 코일 선택 방법이 제안된다. 코일 선택 방법이란 a상, b상, c상으로 이루어진 3개의 상 중에서 하나의 상을 버리고 나머지 2개의 상에 해당하는 코일들을 선택해서 선택된 코일들을 이용하여 필요한 부상력을 만들어주는 방법이다. 코일 선택 방법을 사용하게 되면, 제어 행렬을 2×3 행렬에서 2×2 행렬로 바뀌어질 수 있으므로, 역행렬 변환에 의해 입력 부상 전류를 구할 수 있다. 또한, 코일 선택 방법을 사용하게 되면, 제어 행렬에서 코사인 함수가 영의 값을 가질 때 발생하는 특이점 문제(singularity problem)를 해결해줄 수 있다.

[0027]

코일 선택 방법에 대해 도 1 내지 도 4를 참조해서 상술하면 다음과 같다.

[0028]

도 4에 도시된 바와 같이, 영구자석(122)의 N극 중앙을 회전자(120)의 기준 위치로 하여 회전자(120)의 기준 위치로부터 반 시계 방향으로 6개의 코일(112)들에 a상, c상, b상 순으로 설정된다. 회전자(120)가 반 시계 방향으로 회전하도록 설정된다. 그리고, 회전자(120)의 기준 위치로부터 반 시계 방향으로 60도 간격으로 제1 영역

내지 제6 영역 순으로 나누어져 설정된다. 즉, 제1 영역 내지 제6 영역은 코사인 함수의 값이 0.5가 되는 점을 기준으로 나누어져 설정된다.

[0029] 이 경우, 회전자(120)의 기준 위치가 제1 영역 및 제4 영역을 통과할 때, 제어부(150)는 c상의 입력 부상 전류를 영의 값으로 제어하는 한편, a상 및 b상의 입력 부상 전류를 회전자(120)의 반경방향 운동을 보상하기 위한 값으로 제어한다.

[0030] 회전자(120)의 기준 위치가 제2 영역 및 제5 영역을 통과한다면, 제어부(150)는 a상의 입력 부상 전류를 영의 값으로 제어하는 한편, b상 및 c상의 입력 부상 전류를 회전자(120)의 반경방향 운동을 보상하기 위한 값으로 제어한다.

[0031] 회전자(120)의 기준 위치가 제3 영역 및 제6 영역을 통과한다면, 제어부(150)는 b상의 입력 부상 전류를 영의 값으로 제어하는 한편, a상 및 c상의 입력 부상 전류를 회전자(120)의 반경방향 운동을 보상하기 위한 값으로 제어한다. 각 영역에 따라 구동할 코일들은 엔코더를 사용하여 자기장의 위치를 검출함으로써 선택될 수 있다.

[0032] 한편, 각 영역에서의 입력 부상 전류는 다음과 같이 구해질 수 있다.

[0033] 회전자(120)의 기준 위치가 제1,4 영역을 통과한다면, 제어부(150)는 a상 및 b상의 입력 부상 전류를 하기 수학식 3에 의해 산출할 수 있다. 여기서, c상의 입력 부상 전류는 영의 값으로 설정되므로, 제어 행렬은 수학식 2에서 c상의 입력 부상 전류에 해당하는 열의 원소가 삭제되어 2×2 정방행렬로 이루어진다. 따라서, 제어 행렬은 역행렬로 변환될 수 있으므로, a상 및 b상의 입력 부상 전류가 구해질 수 있다. 또한, 위상차에 따라 a상 및 b상의 입력 부상 전류는 절대로 무한대 값을 갖지 않는다.

수학식 3

$$\begin{bmatrix} F_x \\ F_y \end{bmatrix} = 2k_b J_0 N \begin{bmatrix} 0 & \sqrt{3} \cos(\omega_m t + 2\pi / 3) \\ 2 \cos \omega_m t & -\cos(\omega_m t + 2\pi / 3) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_\alpha \\ I_\beta \end{bmatrix}$$

[0034]

[0035] 회전자(120)의 기준 위치가 제2,5 영역을 통과한다면, 제어부(150)는 b상 및 c상의 입력 부상 전류를 하기 수학식 4에 의해 산출할 수 있다. 여기서, a상의 입력 부상 전류는 영의 값으로 설정되므로, 제어 행렬은 수학식 2에서 a상의 입력 부상 전류에 해당하는 열의 원소가 삭제되어 2×2 정방행렬로 이루어진다. 따라서, 제어 행렬은 역행렬로 변환될 수 있으므로, b상 및 c상의 입력 부상 전류가 구해질 수 있다. 또한, 위상차에 따라 b상 및 c상의 입력 부상 전류는 절대로 무한대 값을 갖지 않는다.

수학식 4

$$\begin{bmatrix} F_x \\ F_y \end{bmatrix} = 2k_b J_0 N \begin{bmatrix} \sqrt{3} \cos(\omega_m t + 2\pi / 3) & -\sqrt{3} \cos(\omega_m t - 2\pi / 3) \\ -\cos(\omega_m t + 2\pi / 3) & -\cos(\omega_m t - 2\pi / 3) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_\beta \\ I_\gamma \end{bmatrix}$$

[0036]

[0037] 회전자(120)의 기준 위치가 제3,6 영역을 통과한다면, 제어부(150)는 a상 및 c상의 입력 부상 전류를 하기 수학식 5에 의해 산출할 수 있다. 여기서, b상의 입력 부상 전류는 영의 값으로 설정되므로, 제어 행렬은 수학식 2에서 b상의 입력 부상 전류에 해당하는 열의 원소가 삭제되어 2×2 정방행렬로 이루어진다. 따라서, 제어 행렬은 역행렬로 변환될 수 있으므로, a상 및 c상의 입력 부상 전류가 구해질 수 있다. 또한, 위상차에 따라 a상 및 c상의 입력 부상 전류는 절대로 무한대 값을 갖지 않는다.

수학식 5

$$\begin{bmatrix} F_x \\ F_y \end{bmatrix} = 2k_b J_0 N \begin{bmatrix} 0 & -\sqrt{3} \cos(\omega_m t - 2\pi / 3) \\ 2 \cos \omega_m t & -\cos(\omega_m t - 2\pi / 3) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_\alpha \\ I_\gamma \end{bmatrix}$$

[0038]

[0039] 전술한 바와 같은 코일 선택 방법을 사용하게 되면, 입력 부상 전류를 구할 수 있고, 특이점 문제를 해결할 수 있다.

[0040] 본 발명은 첨부된 도면에 도시된 일 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 수 있을 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 보호 범위는 첨부된 청구 범위에 의해서만 정해져야 할 것이다.

도면의 간단한 설명

[0041] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 환형권선 셀프 베어링 브러시리스 직류모터에 대한 구성도.

[0042] 도 2는 도 1의 환형권선 셀프 베어링 브러시리스 직류모터에 있어서 X축 방향 부상력을 생성하도록 제어하는 방법을 설명하기 위한 도면.

[0043] 도 3은 도 1의 환형권선 셀프 베어링 브러시리스 직류모터에 있어서 Y축 방향 부상력을 생성하도록 제어하는 방법을 설명하기 위한 도면.

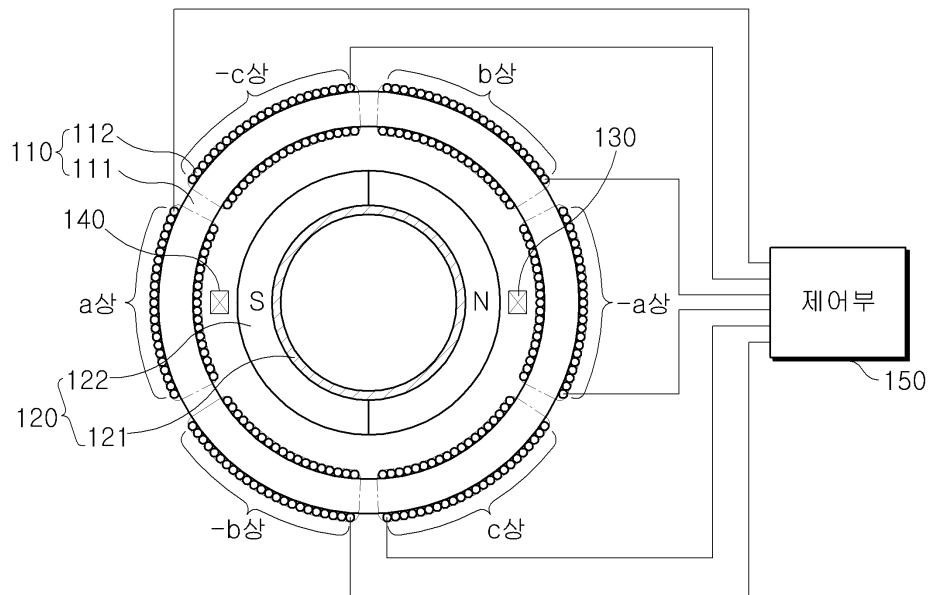
[0044] 도 4는 도 1의 환형권선 셀프 베어링 브러시리스 직류모터에 있어서, 각 영역 별로 입력 부상 전류를 구하는 방법을 설명하기 위한 도면.

[0045] <도면의 주요 부호에 대한 간단한 설명>

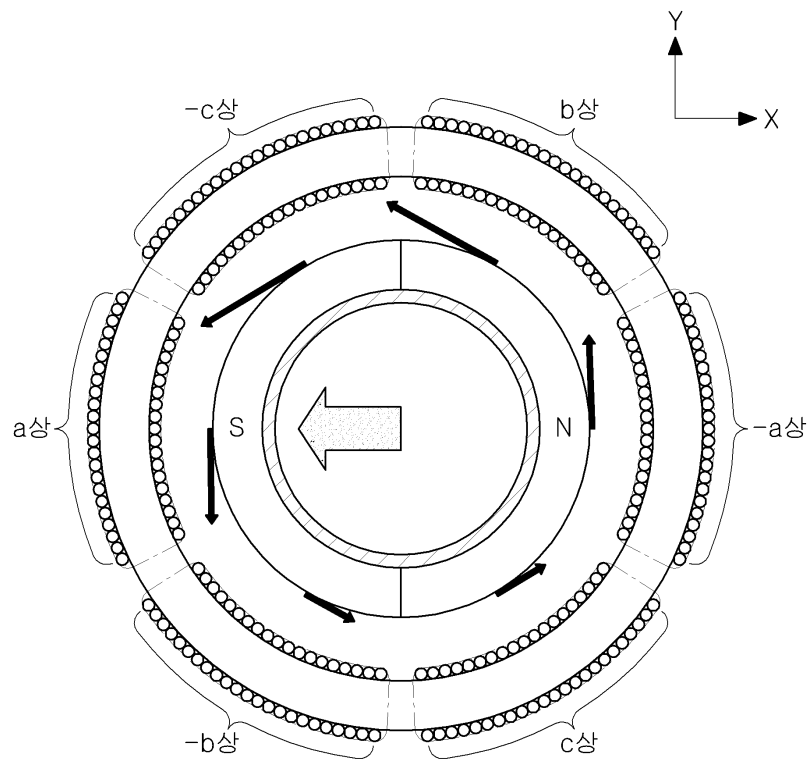
- | | |
|--------------------|-------------|
| [0046] 110..고정자 | 111..고정자 철심 |
| [0047] 112..코일 | 120..회전자 |
| [0048] 121..회전자 철심 | 122..영구자석 |
| [0049] 130..위치센서 | 140..엔코더 |
| [0050] 150..제어부 | |

도면

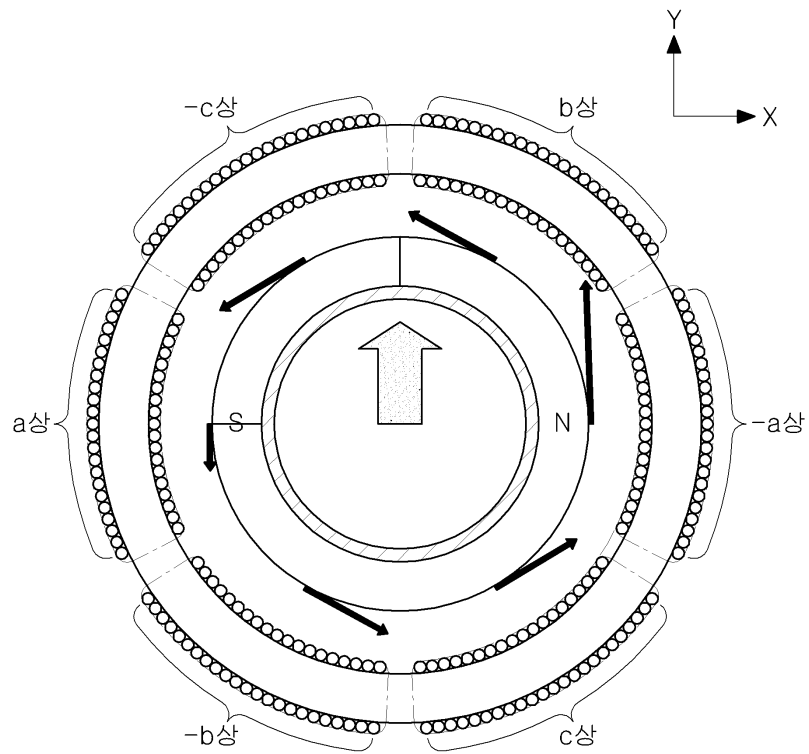
도면1



도면2



도면3



도면4

