

(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0034449

(43) 공개일자 2023년03월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H02K 7/09 (2006.01) H02K 1/12 (2006.01)  
H02K 1/27 (2022.01) H02K 1/28 (2006.01)  
H02K 11/21 (2016.01) H02K 11/24 (2016.01)  
H02K 11/27 (2016.01) H02K 11/33 (2016.01)  
H02K 3/52 (2006.01) H02K 41/03 (2006.01)

(52) CPC특허분류

H02K 7/09 (2013.01)  
H02K 1/12 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-0116677

(22) 출원일자 2021년09월02일

심사청구일자 2021년09월02일

(71) 출원인

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(72) 발명자

윤준영

서울특별시 마포구 백범로31길 7, 201동 1803호(공덕동, 공덕SK리더스뷰)

윤형민

경기도 고양시 일산서구 하이파크3로 62, 509동 2004호(덕이동, 하이파크시티일산아이파크5단지)  
(뒷면에 계속)

(74) 대리인

남건필, 박종수, 정지향, 차상윤

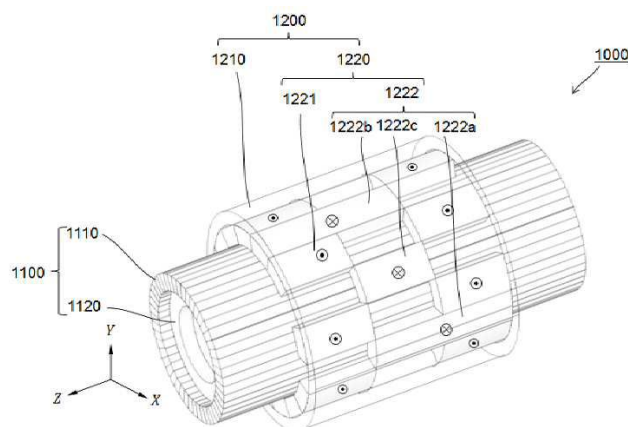
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 자기 베어링 기능을 가지고, 회전 운동 및 직선 운동이 가능한 6자유도 능동제어 모터 장치 및 이를 구비하는 모터 시스템

## (57) 요약

모터 장치가 개시된다. 모터 장치는 스테이터 어셈블리 및 로터 어셈블리를 구비한다. 그리고 스테이터 어셈블리는 제1 지지체의 외부면 및 내부면 상에 상기 제1 방향과 평행한 방향으로 권취된 제1 권선체를 구비하는 제1 자계코일 및 상기 제1 지지체 내부 또는 외부에 배치된 제2 지지체 표면 상에 원주 방향으로 권취된 제2 권선체를 구비하는 제2 자계코일을 구비하고, 로터 어셈블리는 제1 영구자석들 및 제1 영구자석과 반대방향으로 자화되고 제1 영구자석보다 큰 길이를 갖는 제1 및 제2 연장자석들을 구비하는 제2 영구자석들을 포함하고, 상기 제1 및 제2 연장자석들은 상기 로터 어셈블리의 제1 단부 영역과 제2 단부 영역에 각각 배치된다.

## 대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류

*H02K 1/2786* (2022.01)  
*H02K 1/28* (2013.01)  
*H02K 11/21* (2016.01)  
*H02K 11/24* (2016.01)  
*H02K 11/27* (2016.01)  
*H02K 11/33* (2016.01)  
*H02K 3/521* (2013.01)  
*H02K 41/03* (2013.01)  
*H02K 2201/18* (2013.01)

(72) 발명자

**민재홍**

서울특별시 서대문구 성산로18길 26(연희동)

**권윤식**

서울특별시 서대문구 연세로9길 47, 309호(창천동, 백두주택)

**정상원**

경기도 군포시 용호1로21번길 15, 122동 601호(당동, 용호마을 e-편한세상)

**송원택**

서울특별시 서대문구 성산로17길 18-17, 301호(연희동, 리빙스톤B)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711109385
과제번호	2020R1C1C1008013
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명	초고속 전자기-기계 하이브리드 모델 기반 정밀 가공 장비용 모터 설계 연구
기 여 율	1/1
과제수행기관명	연세대학교
연구기간	2020.03.01 ~ 2021.02.28

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

원형 실린더 형태의 제1 지지체의 외부면 및 내부면 상에 상기 제1 지지체의 중심축 방향인 제1방향과 평행한 방향으로 권취된 제1 권선체를 구비하는 제1 자계코일; 및 상기 제1 지지체 내부 또는 외부에 배치된 원형 실린더 형태의 제2 지지체 표면 상에서 상기 제2 지지체의 원주 방향으로 권취된 제2 권선체를 구비하는 제2 자계코일을 포함하는 스테이터 어셈블리; 및

양 또는 음의 반경방향으로 자화된 복수의 제1 영구자석들 및 상기 제1 영구자석과 반대방향으로 자화되고 상기 제1 영구자석보다 큰 길이를 갖는 제1 및 제2 연장자석들을 구비하는 제2 영구자석들을 포함하고, 상기 제1 및 제2 영구자석들은 상기 중심축에 대해 대칭이 되고 상기 스테이터 어셈블리를 둘러싸는 원형 실린더 형태로 배치된 영구자석 어레이를 포함하는 로터 어셈블리를 구비하고,

상기 제1 및 제2 연장자석들은 상기 로터 어셈블리의 제1 단부 영역과 제2 단부 영역에 각각 배치된 것을 특징으로 하는, 모터 장치.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 지지체의 표면은 원주 방향을 따라 분할되어 연속적으로 배치된 복수의 영역을 포함하고,

상기 제1 권선체는 상기 복수의 영역 각각에 권취된 복수의 코일 그룹을 포함하고,

상기 복수의 코일 그룹에는 서로 독립적으로 제어전류가 인가되는 것을 특징으로 하는, 모터 장치.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제1 및 제2 지지체 각각은 비자성 재료로 형성된 것을 특징으로 하는, 모터 장치.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 로터 어셈블리는 상기 영구자석 어레이를 둘러싸는 원형 실린더 형상의 백커버를 더 포함하고,

상기 백커버의 내부면은 중심축 방향을 따라 상기 제1 영구자석의 제1 길이와 동일한 폭으로 균일하게 분할된 ' $2N+1$ '개( $N$ 는 자연수임)의 영역들을 포함하고,

상기 ' $2N+1$ '개의 영역들 중 홀수번째 영역에는 상기 제1 영구자석들이 원주 방향을 따라 일렬로 서로 일정한 간격 이격되게 배치되고,

상기 제1 연장자석들은 상기 ' $2N+1$ '개의 영역들 중 첫번째 및 두번째에 위치한 영역들에 걸쳐 연장되며,

상기 제2 연장자석들은 상기 ' $2N+1$ '개의 영역들 중  $2N+1$ 번째 및  $2N$ 번째 위치한 영역들에 걸쳐 연장된 것을 특징으로 하는, 모터 장치.

#### 청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제1 및 제2 연장자석들은 서로 동일한 폭과 길이를 가지고, 이들 각각의 길이는 상기 제1 영구자석 길이의 2배인 것을 특징으로 하는, 모터 장치.

#### 청구항 6

제4항에 있어서,

상기 제2 영구자석들은 상기 ' $2N+1$ '개의 영역들 중 짝수번째 영역들에 배치되고, 상기 제1 영구자석과 폭 및 길이가 동일한 복수의 제3 자석들을 더 포함하는 것을 특징으로 하는, 모터 장치.

#### 청구항 7

제6항에 있어서,

상기 제3 자석들은 상기 ' $2N+1$ '개의 영역들 중 인접한 홀수번째 영역에 배치된 상기 제1 영구자석들 사이의 공간에 대응되도록 배치된 것을 특징으로 하는, 모터 장치.

#### 청구항 8

제4항에 있어서,

상기 제1 및 제2 연장자석들에 의해 상기 로터 어셈블리를 제1 반경방향에 대해 회전시키는 제1 토크 및 상기 제1 반경방향과 수직한 제2 반경방향에 대해 회전시키는 제2 토크가 생성되는 것을 특징으로 하는, 모터 장치.

#### 청구항 9

원형 실린더 형태를 갖고 원주 방향을 따라 분할되어 연속적으로 배치된 복수의 영역을 구비하는 제1 지지체의 외부면 및 내부면 상에 상기 제1 지지체의 중심축 방향인 제1방향과 평행한 방향으로 권취되고 상기 복수의 영역 각각에 권취된 복수의 코일 그룹을 구비하는 제1 권선체를 포함하는 제1 자계코일; 및 상기 제1 지지체 내부 또는 외부에 배치된 원형 실린더 형태의 제2 지지체 표면 상에서 상기 제2 지지체의 원주 방향으로 권취된 제2 권선체를 구비하는 제2 자계코일을 포함하는 스테이터 어셈블리; 및 양 또는 음의 반경방향으로 자화된 복수의 제1 영구자석들 및 상기 제1 영구자석과 반대방향으로 자화되고 상기 제1 영구자석보다 큰 길이를 갖는 제1 및 제2 연장자석들을 구비하는 제2 영구자석들을 포함하고, 상기 제1 및 제2 영구자석들은 상기 중심축에 대해 대칭이 되고 상기 스테이터 어셈블리를 둘러싸는 원형 실린더 형태로 배치된 영구자석 어레이를 포함하는 로터 어셈블리를 구비하고, 상기 제1 및 제2 연장자석들은 상기 로터 어셈블리의 제1 단부 영역과 제2 단부 영역에 각각 배치된, 모터 장치;

상기 스테이터 어셈블리에 대한 상기 로터 어셈블리의 상대적인 위치 및 운동을 감지하고, 이에 대응되는 전기적인 센싱 신호를 생성하는 센서부;

상기 센싱 신호에 기초하여, 상기 스테이터 어셈블리를 기준으로, 상기 로터 어셈블리를 상기 중심축 방향에 대해 제1 각도만큼 회전시키기 위한 제1 목표 토크, 상기 로터 어셈블리를 상기 제1 반경방향(X)에 대해 제2 각도만큼 회전시키기 위한 제2 목표 토크, 상기 로터 어셈블리를 제2 반경방향(Y)에 대해 제3 각도만큼 회전시키기 위한 제3 목표 토크, 상기 로터 어셈블리를 제1 반경방향(X)으로 제1 거리만큼 이동시키기 위한 제1 목표 힘, 상기 로터 어셈블리를 상기 제2 반경방향(Y)으로 제2 거리만큼 이동시키기 위한 제2 목표 힘 및 상기 로터 어셈블리를 상기 중심축 방향을 따라 이동시키기 위한 제3 목표 힘 중 하나 이상을 산출하고, 산출된 목표 토크 또는 목표 힘을 발생시키기 위해 상기 제1 내지 제4 코일 그룹 및 상기 제2 권선체에 인가되어야 하는 제어전류값들을 산출하는 제어부; 및

상기 제어전류값들을 기초로 외부 전원으로부터 제어 전류들을 생성하여 상기 제1 내지 제4 코일 그룹 및 상기 제2 권선체에 제어전류를 인가하는 구동부;를 포함하는, 모터 시스템.

#### 청구항 10

제9항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 센싱 신호를 기초로 상기 제2 목표 토크, 상기 제3 목표 토크, 상기 제1 목표 힘 및 상기 제2 목표 힘 중 하나 이상을 산출하는 베어링 힘/토크 산출부;

상기 센싱 신호를 기초로 상기 제1 목표 토크를 산출하는 회전 토크 산출부;

상기 센싱 신호를 기초로 상기 제3 목표 힘을 산출하는 직선 운동힘 산출부;

상기 베어링 힘/토크 산출부 및 상기 회전 토크 산출부에서 산출된 상기 제1 목표 토크, 상기 제2 목표 토크,

상기 제3 목표 토크, 상기 제1 목표 힘 및 상기 제2 목표 힘을 발생시키기 위한 제어 전류값들을 산출하는 제1 전류 산출부; 및

상기 직선 운동힘 산출부에서 산출된 상기 제3 목표 힘을 발생시키기 위한 제어 전류값을 산출하는 제2 전류 산출부;를 포함하는 것을 특징으로 하는, 모터 시스템.

## 청구항 11

제10항에 있어서,

상기 구동부는, 상기 제1 내지 제4 코일 그룹에 각각 연결되어 이들 각각에 독립된 제어전류를 인가하는 제1 내지 제4 전류 인가부 그리고 상기 제2 권선체에 제어전류를 인가하는 제5 전류 인가부를 포함하는 것을 특징으로 하는, 모터 시스템.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 자기 베어링 기능을 갖고, 회전 운동과 직선 운동을 동시에 수행할 수 있는 모터 장치 및 이를 구비하는 모터 시스템에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 산업용 로봇, 이송장치 등에는 이동체를 Z축 방향으로 이동시키고, 또한 Z축의 주위를 회전시키는 직선·회전 복합 액추에이터가 조립되는 경우가 있다. 예를 들어, 칩 마운터의 헤드축에는, 전자 부품을 흡착하는 흡착패드, 공구 등의 이동체를 Z축 방향으로 직선 운동시키고, 또한 Z축의 주위를 회전시키는 것이 요구된다. 이동체의 Z축 방향으로의 직선 운동은, 프린트 기관의 표면에 전자 부품을 실장하는 데 필요해지고, 이동체의  $\theta$ 방향으로의 회전 운동은, 전자 부품의 회전 각도를 위치 결정하는 데 필요해지는 것이다.

[0003] 직선 운동과 회전 운동이 가능한 직선·회전 복합 액추에이터로서, 종래 리니어 펄스 모터와 로터리 펄스 모터를 축선 방향으로 결합한 리니어·로터리 복합형 펄스 모터가 개발된 바 있다. 이러한 리니어·로터리 복합형 펄스 모터에 있어서, 로터리 펄스 모터의 회전자가 중공축으로 되고, 상기 중공축 내에 회전 방지 기구가 구비된 스플라인 베어링이 배치된다. 하지만, 종래의 리니어·로터리 복합형 펄스 모터에서는, 기계 베어링을 사용하고, 직선과 회전 운동 구동부가 직렬로 연결되어 있어 시스템이 축방향으로 길어지는 단점이 있다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0004] 본 발명의 일 목적은 단일구조의 로터 어셈블리를 통해서 자기 베어링과 회전운동 및 직선운동을 모두 동시에 수행 가능한 모터 장치를 제공하는 것이다.

[0005] 본 발명의 다른 목적은 상기 모터 장치를 구비하는 모터 시스템을 제공하는 것이다.

### 과제의 해결 수단

[0006] 본 발명의 실시예에 따른 모터 장치는 원형 실린더 형태의 제1 지지체의 외부면 및 내부면 상에 상기 제1 지지체의 중심축 방향인 제1방향과 평행한 방향으로 권취된 제1 권선체를 구비하는 제1 자계코일; 및 상기 제1 지지체 내부 또는 외부에 배치된 원형 실린더 형태의 제2 지지체 표면 상에서 상기 제2 지지체의 원주 방향으로 권취된 제2 권선체를 구비하는 제2 자계코일을 포함하는 스테이터 어셈블리; 및 양 또는 음의 반경방향으로 자화된 복수의 제1 영구자석들 및 상기 제1 영구자석과 반대방향으로 자화되고 상기 제1 영구자석보다 큰 길이를 갖는 제1 및 제2 연장자석들을 구비하는 제2 영구자석들을 포함하고, 상기 제1 및 제2 영구자석들은 상기 중심축에 대해 대칭이 되고 상기 스테이터 어셈블리를 둘러싸는 원형 실린더 형태로 배치된 영구자석 어레이를 포함하는 로터 어셈블리를 구비하고, 상기 제1 및 제2 연장자석들은 상기 로터 어셈블리의 제1 단부 영역과 제2 단부 영역에 각각 배치될 수 있다.

[0007] 일 실시예에 있어서, 상기 제1 지지체의 표면은 원주 방향을 따라 분할되어 연속적으로 배치된 복수의 영역을

포함하고, 상기 제1 권선체는 상기 복수의 영역 각각에 권취된 복수의 코일 그룹을 포함하며, 상기 복수의 코일 그룹에는 서로 독립적으로 제어전류가 인가될 수 있다.

[0008] 일 실시예에 있어서, 상기 제1 및 제2 지지체 각각은 비자성 재료로 형성될 수 있다.

[0009] 일 실시예에 있어서, 상기 로터 어셈블리는 상기 영구자석 어레이를 둘러싸는 원형 실린더 형상의 백커버를 더 포함할 수 있고, 이 경우, 상기 백커버의 내부면은 중심축 방향을 따라 상기 제1 영구자석의 제1 길이와 동일한 폭으로 균일하게 분할된 ' $2N+1$ '개( $N$ 은 자연수임)의 영역들을 포함하고, 상기 ' $2N+1$ '개의 영역들 중 홀수번째 영역에는 상기 제1 영구자석들이 원주 방향을 따라 일렬로 서로 일정한 간격 이격되게 배치되고, 상기 제1 연장자석들은 상기 ' $2N+1$ '개의 영역들 중 첫번째 및 두번째에 위치한 영역들에 걸쳐 연장되며, 상기 제2 연장자석들은 상기 ' $2N+1$ '개의 영역들 중  $2N+1$ 번째 및  $2N$ 번째 위치한 영역들에 걸쳐 연장될 수 있다.

[0010] 일 실시예에 있어서, 상기 제1 및 제2 연장자석들은 서로 동일한 폭과 길이를 가지고, 이들 각각의 길이는 상기 제1 영구자석 길이의 2배일 수 있다.

[0011] 일 실시예에 있어서, 상기 제2 영구자석들은 상기 ' $2N+1$ '개의 영역들 중 짝수번째 영역들에 배치되고, 상기 제1 영구자석과 폭 및 길이가 동일한 복수의 제3 자석들을 더 포함할 수 있다.

[0012] 일 실시예에 있어서, 상기 제3 자석들은 상기 ' $2N+1$ '개의 영역들 중 인접한 홀수번째 영역에 배치된 상기 제1 영구자석들 사이의 공간에 대응되도록 배치될 수 있다.

[0013] 일 실시예에 있어서, 상기 제1 및 제2 연장자석들에 의해 상기 로터 어셈블리를 제1 반경방향에 대해 회전시키는 제1 토크 및 상기 제1 반경방향과 수직한 제2 반경방향에 대해 회전시키는 제2 토크가 생성될 수 있다.

[0014] 본 발명의 실시예에 따른 모터 시스템은, 원형 실린더 형태를 갖고 원주 방향을 따라 분할되어 연속적으로 배치된 복수의 영역을 구비하는 제1 지지체의 외부면 및 내부면 상에 상기 제1 지지체의 중심축 방향인 제1방향과 평행한 방향으로 권취되고 상기 복수의 영역 각각에 권취된 복수의 코일 그룹을 구비하는 제1 권선체를 포함하는 제1 자계코일; 및 상기 제1 지지체 내부 또는 외부에 배치된 원형 실린더 형태의 제2 지지체 표면 상에서 상기 제2 지지체의 원주 방향으로 권취된 제2 권선체를 구비하는 제2 자계코일을 포함하는 스테이터 어셈블리; 및 양 또는 음의 반경방향으로 자화된 복수의 제1 영구자석들 및 상기 제1 영구자석과 반대방향으로 자화되고 상기 제1 영구자석보다 큰 길이를 갖는 제1 및 제2 연장자석들을 구비하는 제2 영구자석들을 포함하고, 상기 제1 및 제2 영구자석들은 상기 중심축에 대해 대칭이 되고 상기 스테이터 어셈블리를 둘러싸는 원형 실린더 형태로 배치된 영구자석 어레이를 포함하는 로터 어셈블리를 구비하고, 상기 제1 및 제2 연장자석들은 상기 로터 어셈블리의 제1 단부 영역과 제2 단부 영역에 각각 배치된, 모터 장치; 상기 스테이터 어셈블리에 대한 상기 로터 어셈블리의 상대적인 위치 및 운동을 감지하고, 이에 대응되는 전기적인 센싱 신호를 생성하는 센서부; 상기 센싱 신호에 기초하여, 상기 스테이터 어셈블리를 기준으로, 상기 로터 어셈블리를 상기 중심축 방향에 대해 제1 각도만큼 회전시키기 위한 제1 목표 토크, 상기 로터 어셈블리를 상기 제1 반경방향( $X$ )에 대해 제2 각도만큼 회전시키기 위한 제2 목표 토크, 상기 로터 어셈블리를 제2 반경방향( $Y$ )에 대해 제3 각도만큼 회전시키기 위한 제3 목표 토크, 상기 로터 어셈블리를 제1 반경방향( $X$ )으로 제1 거리만큼 이동시키기 위한 제1 목표 힘, 상기 로터 어셈블리를 상기 제2 반경방향( $Y$ )으로 제2 거리만큼 이동시키기 위한 제2 목표 힘 및 상기 로터 어셈블리를 상기 중심축 방향을 따라 이동시키기 위한 제3 목표 힘 중 하나 이상을 산출하고, 산출된 목표 토크 또는 목표 힘을 발생시키기 위해 상기 제1 내지 제4 코일 그룹 및 상기 제2 권선체에 인가되어야 하는 제어전류값들을 산출하는 제어부; 및 상기 제어전류값들을 기초로 외부 전원으로부터 제어 전류들을 생성하여 상기 제1 내지 제4 코일 그룹 및 상기 제2 권선체에 제어전류를 인가하는 구동부;를 포함할 수 있다.

[0015] 일 실시예에 있어서, 상기 제어부는, 상기 센싱 신호를 기초로 상기 제2 목표 토크, 상기 제3 목표 토크, 상기 제1 목표 힘 및 상기 제2 목표 힘 중 하나 이상을 산출하는 베어링 힘/토크 산출부; 상기 센싱 신호를 기초로 상기 제1 목표 토크를 산출하는 회전 토크 산출부; 상기 센싱 신호를 기초로 상기 제3 목표 힘을 산출하는 직선 운동힘 산출부; 상기 베어링 힘/토크 산출부 및 상기 회전 토크 산출부에서 산출된 상기 제1 목표 토크, 상기 제2 목표 토크, 상기 제3 목표 토크, 상기 제1 목표 힘 및 상기 제2 목표 힘을 발생시키기 위한 제어 전류값들을 산출하는 제1 전류 산출부; 및 상기 직선 운동힘 산출부에서 산출된 상기 제3 목표 힘을 발생시키기 위한 제어 전류값을 산출하는 제2 전류 산출부;를 포함할 수 있다.

[0016] 일 실시예에 있어서, 상기 구동부는, 상기 제1 내지 제4 코일 그룹에 각각 연결되어 이들 각각에 독립된 제어전류를 인가하는 제1 내지 제4 전류 인가부 그리고 상기 제2 권선체에 제어전류를 인가하는 제5 전류 인가부를 포함할 수 있다.

## 발명의 효과

[0017] 본 발명의 모터 장치 및 이를 구비하는 모터 시스템에 따르면, 단일구조의 로터 어셈블리를 통해서 자기 베어링과 회전운동 및 직선운동을 모두 동시에 수행 가능하다. 또한, 로터 어셈블리를 위한 추가적인 베어링 시스템이 필요 없고, 스테이터의 코어가 없어 코깅 현상이 나타나지 않으며, 그 제작이 용이하다.

## 도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 모터 장치를 설명하기 위한 사시도이다.  
 도 2는 도 1에 도시된 스테이터 어셈블리를 설명하기 위한 사시도이다.  
 도 3은 도 1에 도시된 로터 어셈블리의 다른 실시예를 설명하기 위한 사시도이다.  
 도 4는 로터 어셈블리에서 형성되는 자기선속(Magnetic flux)를 설명하기 위한 도면이다.  
 도 5는 로터 어셈블리에서 생성되는 원주방향 자기선속과 스테이터 어셈블리의 제1 자계코일 사이의 상호작용에 의해 상기 로터 어셈블리가 받는 힘을 설명하기 위한 도면이다.  
 도 6은 로터 어셈블리에서 생성되는 중심축 방향의 자기선속과 스테이터 어셈블리의 제2 자계코일 사이의 상호작용에 의해 상기 로터 어셈블리가 받는 힘을 설명하기 위한 도면이다.  
 도 7은 로터 어셈블리에 작용하는 6자유도의 토크 및 힘을 설명하기 도면이다.  
 도 8은 본 발명의 모터 장치에서 4개의 코일 그룹을 구비하도록 제1 자계코일을 구성하고, 12시 방향의 주황색 영역의 코일 그룹에만 제어 전류로 D축 전류를 인가하고 나머지 코일 그룹은 오프 시킨 조건에서 시뮬레이션한 결과를 나타내는 그래프들이다.  
 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 모터 시스템을 설명하기 위한 도면이다.

## 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 액추에이터 및 이를이용한 다자유도 자기부상 구동 시스템에 대해 상세히 설명한다. 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 특정 실시 예들을 도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다. 첨부된 도면에 있어서, 구조물들의 치수는 본 발명의 명확성을 기하기 위하여 실제보다 확대하여 도시한 것이다.

[0020] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다.

[0021] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0022] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0024] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 모터 장치를 설명하기 위한 사시도이고, 도2는 도 1에 도시된 스테이터 어셈블



리를 설명하기 위한 사시도이며, 도 3은 도 1에 도시된 로터 어셈블리의 다른 실시예를 설명하기 위한 사시도이다.

- [0025] 도 1 내지 도 3을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 모터 장치(1000)는 스테이터 어셈블리(1100) 및 로터 어셈블리(1200)를 포함할 수 있다.
- [0026] 상기 스테이터 어셈블리(1100)는 제1 자계코일(1110) 및 제2 자계코일(1120)을 포함할 수 있다.
- [0027] 상기 제1 자계코일(1110)은 제1 방향(Z)으로의 중심축을 갖는 원형 실린더 형태의 제1 지지체(1111) 및 상기 제1 지지체(1111)의 외부면 및 내부면 상에 상기 제1 방향(Z)과 평행한 방향으로 권취된 제1 권선체(1112)를 포함할 수 있다. 상기 제1 지지체(1111)는 코킹 현상이 발생하는 것을 방지하기 위해 비자성 재료로 형성될 수 있고, 상기 제1 권선체(1112)는 전기 전도성 금속 재료로 형성될 수 있다. 상기 제1 자계코일(1110)은 상기 로터 어셈블리(1200)에서 생성되는 원주 방향의 자기선속과 상호작용하여 상기 로터 어셈블리(1200)를 상기 중심축 방향(Z), 상기 중심축에 수직한 제1 반경방향(X) 및 상기 중심축과 상기 제1 반경방향(X)에 수직한 제2 반경방향(Y)에 대해 각각 회전시키는 토크를 및/또는 상기 로터 어셈블리(1200)를 상기 제1 반경방향(X) 및 상기 제2 반경방향(Y)으로 이동시키는 힘을 생성할 수 있다. 이에 대한 구체적인 설명은 후술한다.
- [0028] 일 실시예에 있어서, 상기 제1 지지체(1111)의 표면은 원주 방향을 따라 분할되어 연속적으로 배치된 복수의 영역을 포함할 수 있고, 상기 제1 권선체(1112)는 상기 복수의 영역 각각에 권취된 복수의 코일 그룹을 포함할 수 있으며, 상기 복수의 코일 그룹에는 서로 독립적으로 전원이 인가될 수 있다. 예를 들면, 상기 제1 지지체(1111)의 표면은 원주 방향을 따라 균일하게 분할된 4개의 영역, 즉 제1 내지 제4 영역을 포함할 수 있고, 이 경우, 상기 제1 권선체(1112)는 상기 제1 내지 제4 영역에 각각 권취된 제1 내지 제4 코일 그룹(도 9의 1112a, 1112b, 1112c, 1112d 참조)을 포함할 수 있으며, 상기 제1 내지 제4 코일 그룹에는 제어전류들이 각각 독립적으로 인가될 수 있다. 이와 같이, 상기 제1 권선체(1112)가 제어전류들이 독립적으로 인가되는 복수의 코일 그룹을 포함하는 경우, 상기 코일 그룹들 각각에 인가되는 제어전류를 제어함으로써 상기 로터 어셈블리(1200)를 상기 중심축 방향(Z)에 대해 회전시키는 토크, 상기 제1 반경방향(X)에 대해 회전시키는 토크, 상기 제2 반경방향(Y)에 대해 회전시키는 토크, 상기 제1 반경방향(X)으로 이동시키는 힘 및 상기 제2 반경방향(Y)으로 이동시키는 힘을 각각 독립적으로 제어할 수 있다.
- [0029] 상기 제2 자계코일(1120)은 상기 제1 지지체(1111) 내부 또는 외부에 배치되고, 상기 제1 방향(Z)으로의 중심축을 갖는 원형 실린더 형태의 제2 지지체(1121) 및 상기 제2 지지체(1121) 표면 상에 원주 방향으로 권취된 제2 권선체(1122)를 포함할 수 있다. 상기 제2 권선체(1122)에는 상기 제1 자계코일(1110)과 독립된 제어전류가 인가될 수 있고, 이 경우 상기 제2 자계코일(1120)은 상기 로터 어셈블리(1200)에서 생성되는 중심축 방향(Z)의 자기선속과 상호작용하여 상기 로터 어셈블리(1200)를 상기 중심축 방향(Z)을 따라 직선 운동시키는 힘을 생성할 수 있다.
- [0030] 상기 로터 어셈블리(1200)는 상기 스테이터 어셈블리(1100)를 둘러싸는 원형 실린더 형상을 갖는 백커버(1210) 및 상기 백커버(1210)의 내부면 상에 배치된 영구자석 어레이(1220)를 포함할 수 있다.
- [0031] 상기 백커버(1210)는 상기 스테이터 어셈블리(1100)를 둘러싸는 원형 실린더 형태를 가질 수 있고, 상기 영구자석 어레이(1220)로부터 생성된 자기 선속이 외부로 누설되는 것을 방지하기 위해 자성 재료로 형성될 수 있다.
- [0032] 상기 영구자석 어레이(1220)는 상기 백커버(1210) 내부면에 원형 실린더 형태로 배열된 복수의 영구자석들(1221, 1222)을 포함할 수 있으며, 상기 영구자석들(1221, 1222)은 상기 스테이터 어셈블리(1100)와 이격되게 배치될 수 있다.
- [0033] 일 실시예에 있어서, 상기 영구자석 어레이(1220)는 양의 반경방향(+X or +Y)으로 자화된 복수의 제1 영구자석들(1221) 및 음의 반경방향(-X or -Y)으로 자화된 복수의 제2 영구자석들(1222)을 포함할 수 있다. 한편, 이와 달리 상기 제1 영구자석들(1221)이 음의 반경방향(-X or -Y)으로 자화되고, 상기 제2 영구자석들(1222)이 양의 반경방향(+X or +Y)으로 자화될 수도 있다.
- [0034] 상기 제1 영구자석들(1221)은 상기 백커버(1210)의 중심축에 대해 서로 대칭이면서 서로 이격되게 규칙적으로 배치될 수 있다. 이 때, 상기 제1 영구자석들(1221) 각각은 상기 중심축 방향(Z)으로의 길이 및 원주 방향으로의 폭을 가질 수 있고, 상기 제1 영구자석들(1221)의 길이 및 폭은 실질적으로 서로 동일할 수 있다. 일 실시예로, 상기 백커버(1220)의 내부면은 상기 중심축 방향(Z)을 따라 상기 제1 영구자석(1221)의 길이와 동일한 폭으로 균일하게 분할된 ' $2N+1$ '개(N은 자연수임)의 영역들을 포함할 수 있고, 상기 ' $2N+1$ '개의 영역들 중 홀수번째 영역에는  $2M$ 개(M은 자연수임)의 상기 제1 영구자석들(1221)이 원주 방향을 따라 일렬로 서로 일정한 간격, 예를



들면, 상기 제1 영구자석(1221) 각각의 폭과 실질적으로 동일한 간격으로 이격되게 배치되고, 서로 다른 영역들에 배치된 서로 대응되는 제1 영구자석들(1221)은 상기 백커버(1220)의 중심축과 평행한 방향을 따라 일렬로 배열되도록 배치될 수 있다. 일 실시예로, 도 1에 도시된 바와 같이, 상기 백커버(1220)의 내부면은 상기 중심축 방향(Z)을 따라 분할된 3개의 영역들을 포함할 수 있고, 이 경우 상기 제1 영구자석들(1221)은 첫번째 영역과 세번째 영역에 배치될 수 있다. 다른 실시예로, 도 3에 도시된 바와 같이, 상기 백커버(1220)의 내부면은 상기 중심축 방향(Z)을 따라 분할된 5개의 영역들을 포함할 수 있고, 이 경우 상기 제1 영구자석들(1221)은 첫번째 영역, 세번째 영역 및 다섯번째 영역에 배치될 수 있다.

[0035] 상기 제2 영구자석들(1222)은 상기 백커버(1210)의 중심축에 대해 서로 대칭이면서 상기 제1 영구자석들(1221) 사이에 규칙적으로 배치될 수 있다.

[0036] 일 실시예에 있어서, 상기 백커버(1220)의 내부면이 상기 중심축 방향을 따라 상기 제1 영구자석(1221)의 길이와 동일한 폭으로 균일하게 분할된 연속된 ' $2N+1$ '개의 영역들을 포함하는 경우, 상기 제2 영구자석들(1222)은 상기 ' $2N+1$ '개의 영역들 중 첫번째 및 두번째에 위치한 영역들에 걸쳐 연장된 복수의 제1 연장자석들(1222a) 및 상기 ' $2N+1$ '개의 영역들 중  $2N+1$ 번째(마지막) 및  $2N$ 번째(마지막에서 두번째) 위치한 영역들에 걸쳐 연장된 복수의 제2 연장자석들(1222b)을 포함할 수 있다. 한편, 상기 백커버(1210)의 중심축에 대해 대칭되게 배치되도록, 짝수개의 상기 제1 연장자석들(1222a) 및 짝수개의 상기 제2 연장자석들(1222b)은 해당 영역들에 배치될 수 있고, 이들의 개수는 동일할 수 있다.

[0037] 상기 제1 연장자석들(1222a)은 상기 첫번째 및 두번째 영역들 전체의 폭에 대응되는 길이를 가질 수 있고, 상기 제2 연장자석들(1222b)은 상기  $2N+1$ 번째(마지막) 및  $2N$ 번째(마지막에서 두번째) 영역들 전체의 폭에 대응되는 길이를 가질 수 있다. 예를 들면, 상기 제1 및 제2 연장자석들(1222a, 1222b)은 서로 동일한 폭과 길이를 가질 수 있고, 이들 각각의 폭은 상기 제1 영구자석(1221)의 폭과 실질적으로 동일할 수 있으며, 이들 각각의 길이는 상기 제1 영구자석(1221) 길이의 2배일 수 있다.

[0038] 일 실시예로, 도 1에 도시된 바와 같이, 상기 백커버(1220)의 내부면은 상기 중심축 방향(Z)을 따라 분할된 3개의 영역들을 포함할 수 있고, 이 경우 상기 제1 연장자석들(1222a)은 첫번째 영역과 두번째 영역들에 걸쳐 연장될 수 있고, 상기 제2 연장자석들(1222b)은 두번째 영역과 세번째 영역들에 걸쳐 연장될 수 있다. 다른 실시예로, 도 3에 도시된 바와 같이, 상기 백커버(1220)의 내부면은 상기 중심축 방향(Z)을 따라 분할된 5개의 영역들을 포함할 수 있고, 이 경우 상기 제1 연장자석들(1222a)은 첫번째 영역과 두번째 영역들에 걸쳐 연장될 수 있고, 상기 제2 연장자석들(1222b)은 네번째 영역과 다섯번째 영역들에 걸쳐 연장될 수 있다.

[0039] 한편, 일 실시예에 있어서, 상기 제2 영구자석들(1222)은 상기 ' $2N+1$ '개의 영역들 중 짝수번째 영역들에 배치된 복수의 제3 자석들(1222c)을 더 포함할 수 있다. 상기 제3 자석들(1222c) 각각의 폭 및 길이는 상기 제1 영구자석(1221)의 폭 및 길이와 실질적으로 동일할 수 있다. 한편, 상기 제3 자석들(1222c)은 상기 ' $2N+1$ '개의 영역들 중 인접한 홀수번째 영역에 배치된 제1 영구자석들(1221) 사이의 공간에 대응되도록 배치될 수 있다.

[0040] 일 실시예로, 도 1에 도시된 바와 같이, 상기 백커버(1220)의 내부면은 상기 중심축 방향(Z)을 따라 분할된 3개의 영역들을 포함할 수 있고, 이 경우 상기 제3 자석들(1222c)은 두번째 영역에 배치될 수 있다. 다른 실시예로, 도 3에 도시된 바와 같이, 상기 백커버(1220)의 내부면은 상기 중심축 방향(Z)을 따라 분할된 5개의 영역들을 포함할 수 있고, 이 경우 상기 제3 자석들(1222a)은 두번째 영역과 네번째 영역에 배치될 수 있다.

[0042] 이하 본 발명에서, 상기 스테이터 어셈블리(1100)와 상기 로터 어셈블리(1200)의 상호작용에 의해 상기 로터 어셈블리(1200)에 작용하는 6 자유도의 힘과 토크에 대해 상술한다.

[0044] 도 4는 로터 어셈블리에서 형성되는 자기선속(Magnetic flux)를 설명하기 위한 도면이고, 도 5는 로터 어셈블리에서 생성되는 원주방향 자기선속과 스테이터 어셈블리의 제1 자계코일 사이의 상호작용에 의해 상기 로터 어셈블리가 받는 힘을 설명하기 위한 도면이며, 도 6은 로터 어셈블리에서 생성되는 중심축 방향의 자기선속과 스테이터 어셈블리의 제2 자계코일 사이의 상호작용에 의해 상기 로터 어셈블리가 받는 힘을 설명하기 위한 도면이고, 도 7은 로터 어셈블리에 작용하는 6자유도의 토크 및 힘을 설명하기 도면이다.

[0045] 도 4 내지 도 7을 참조하면, 로터 어셈블리에서는 양의 반경방향으로 자화된 제1 영구자석과 음의 반경방향으로 자화된 제2 영구자석 사이에 도 4에 도시된 바와 같은 자기 회로가 형성되고, 이에 의해 원주방향 자기선속과

중심축 방향 자기선속이 형성될 수 있다. 이 때, 로터 어셈블리의 양쪽 단부 영역에 배치된 제1 및 제2 연장자석들에 의해 도 4에 도시된 바와 같이 추가적인 원주방향 자기 선속이 생성될 수 있고, 본 발명에서는 이와 같은 추가적인 원주방향 자기선속에 의해 야기되는 힘의 비대칭성을 활용하여 제1 반경방향(X)에 대해 회전시키는 토크(도 7의 "Tilting torque Tx" 참조), 제2 반경방향(Y)에 대해 회전시키는 토크(도 7의 "Tilting torque Ty" 참조)를 발생시킬 수 있다.

[0046] 상기 원주방향의 자기선속은 제1 자계 코일과 상호작용하여 상기 로터 어셈블리를 상기 중심축 방향에 대해 회전시키는 토크(도 7의 "Rotational Torque Tz" 참조), 제1 반경방향(X)에 대해 회전시키는 토크(도 7의 "Tilting torque Tx" 참조), 제2 반경방향(Y)에 대해 회전시키는 토크(도 7의 "Tilting torque Ty" 참조), 제1 반경방향(X)으로 이동시키는 힘(도 7의 "Radial force Fx" 참조) 및 제2 반경방향(Y)으로 이동시키는 힘(도 7의 "Radial force Fy" 참조)을 생성할 수 있다. 그리고, 상기 중심축 방향의 자기선속은 제2 자계 코일과 상호작용하여 상기 로터 어셈블리를 상기 중심축 방향을 따라 이동시키는 힘(도 7의 "Thrust force Fz" 참조)을 생성할 수 있다.

[0048] 도 8은 본 발명의 모터 장치에서 4개의 코일 그룹을 구비하도록 제1 자계코일을 구성하고, 12시 방향의 주황색 영역의 코일 그룹에만 제어 전류로 D축 전류(3상 전류)를 인가하고 나머지 코일 그룹은 오프 시킨 조건에서 시뮬레이션한 결과를 나타내는 그래프들이다.

[0049] 도 8을 참조하면, 로터 어셈블리의 양쪽 말단에 배치된 제1 연장자석들(Front Long PM, F) 및 제2 연장자석들(Rear Long PM, R)에 의해 2자유도의 Torque X 및 Torque Y가 생성됨을 확인할 수 있다.

[0051] 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 모터 시스템을 설명하기 위한 도면이다.

[0052] 도 1 내지 도 8과 함께 도 9를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 모터 시스템(10000)은 모터 장치(1000), 센서부(2000), 제어부(3000) 및 구동부(4000)를 포함할 수 있다.

[0053] 상기 모터 장치(1000)는 스테이터 어셈블리(1100) 및 로터 어셈블리(1200)를 포함할 수 있다. 상기 모터 장치(1000)는 도 1 내지 도 8을 참조하여 앞에서 설명한 모터 장치와 실질적으로 동일하므로, 이하에서는 이에 대한 중복된 상세한 설명은 생략한다.

[0054] 상기 스테이터 어셈블리(1100)는 제1 자계코일(1110) 및 제2 자계코일(1120)을 포함할 수 있고, 상기 제1 자계코일(1110)의 제1 권선체(1112)는 제1 내지 제4 영역에 각각 권취된 제1 내지 제4 코일 그룹(1112a, 1112b, 1112c, 1112d)을 포함할 수 있다.

[0055] 상기 센서부(2000)는 상기 스테이터 어셈블리(1100)에 대한 상기 로터 어셈블리(1200)의 상대적인 위치 및 운동을 감지하고, 이에 대응되는 전기적인 센싱 신호를 생성할 수 있다. 이를 위해, 상기 센서부(2000)는 상기 모터 장치(1000)에 인접하게 배치될 수 있다. 상기 스테이터 어셈블리(1100)에 대한 상기 로터 어셈블리(1200)의 상대적인 위치 및 운동을 감지하고, 이에 대응되는 전기적인 센싱 신호를 생성할 수 있다면, 상기 센서부(2000)의 구성 및 이에 적용되는 센서의 종류, 구조 등은 특별히 제한되지 않는다.

[0056] 상기 제어부(3000)는 상기 센서부(2000)에서 제공되는 센싱 신호에 기초하여, 상기 스테이터 어셈블리(1100)를 기준으로, 상기 로터 어셈블리(1200)를 상기 중심축 방향에 대해 제1 각도만큼 회전시키기 위한 제1 목표 토크, 상기 로터 어셈블리(1200)를 상기 제1 반경방향(X)에 대해 제2 각도만큼 회전시키기 위한 제2 목표 토크, 상기 로터 어셈블리(1200)를 제2 반경방향(Y)에 대해 제3 각도만큼 회전시키기 위한 제3 목표 토크, 상기 로터 어셈블리(1200)를 제1 반경방향(X)으로 제1 거리만큼 이동시키기 위한 제1 목표 힘, 상기 로터 어셈블리(1200)를 상기 제2 반경방향(Y)으로 제2 거리만큼 이동시키기 위한 제2 목표 힘 및 상기 로터 어셈블리(1200)를 상기 중심축 방향을 따라 이동시키기 위한 제3 목표 힘 중 하나 이상을 산출하고, 산출된 목표 토크 및/또는 목표 힘을 발생시키기 위해 상기 제1 내지 제4 코일 그룹(1112a, 1112b, 1112c, 1112d) 및 상기 제2 자계코일(1120)의 제2 권선체(1122)에 인가되어야 하는 제어전류들을 산출할 수 있다.

[0057] 일 실시예에 있어서, 상기 제어부(3000)는 상기 센서부(2000)에서 제공된 센싱 신호를 기초로 상기 제2 목표 토크, 상기 제3 목표 토크, 상기 제1 목표 힘 및 상기 제2 목표 힘 중 하나 이상을 산출하는 베어링 힘/토크 산출부(3100), 상기 센서부(2000)에서 제공된 센싱 신호를 기초로 상기 제1 목표 토크를 산출하는 회전 토크 산출부(3200) 및 상기 센서부(2000)에서 제공된 센싱 신호를 기초로 상기 제3 목표 힘을 산출하는 직선 운동힘 산출부

(3300)를 포함할 수 있다.

그리고 상기 제어부(3000)는 상기 베어링 힙/토크 산출부(3100) 및 상기 회전 토크 산출부(3200)에서 산출된 상기 제1 목표 토크, 상기 제2 목표 토크, 상기 제3 목표 토크, 상기 제1 목표 힘 및 상기 제2 목표 힘을 발생시키기 위한 제어 전류값들을 산출하는 제1 전류 산출부(3400) 및 상기 직선 운동힘 산출부(3300)에서 산출된 상기 제3 목표 힘을 발생시키기 위한 제어 전류값을 산출하는 제2 전류 산출부(3500)를 더 포함할 수 있다.

일 실시예로, 상기 제1 전류 산출부(3400)는 하기 수식 1을 기초로 상기 제2 목표 토크, 상기 제3 목표 토크, 상기 제1 목표 힘 및 상기 제2 목표 힘을 발생시키기 위한 제어전류값들을 산출할 수 있다.

[수식 1]

$$\begin{bmatrix} F_x \\ F_y \\ T_x \\ T_y \end{bmatrix} = \overbrace{\begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & k_{13} & k_{14} \\ k_{21} & k_{22} & k_{23} & k_{24} \\ k_{31} & k_{32} & k_{33} & k_{34} \\ k_{41} & k_{42} & k_{43} & k_{44} \end{bmatrix}}^{K_B} \begin{bmatrix} d_{\pm x} \\ q_{\pm x} \\ d_{\pm y} \\ q_{\pm y} \end{bmatrix}$$

상기 수식 1에서,  $F_x$ ,  $F_y$ ,  $T_x$ ,  $T_y$ 는 제1 목표 힘, 제2 목표 힘, 제2 목표 토크 및 제3 목표 토크를 각각 나타내고,  $d_{\pm x}$ ,  $q_{\pm x}$ ,  $d_{\pm y}$  및  $q_{\pm y}$ 는 각 코일 그룹에서의 d축 제어전류 및 q축 제어전류를 나타내며,  $K_B$  매트릭스는 목표 힘 및 토크와 제어전류 사이의 관계를 나타내는 함수이다.

또한, 상기 제1 전류 산출부(3400)는 일반적인 로터리/리니어 모터에서의 3상 전류의 피크 대비 힘/토크의 비율을 나타내는 상수인  $K_R$  [Nm/A]를 이용하여 상기 제1 목표 토크를 발생시키기 위한 제어전류를 산출할 수 있다.

한편, 상기 제1 전류 산출부(3400)는 상기 수식 1에 의해 산출된 d축 제어전류 및 q축 제어전류 그리고 상기 상수  $K_R$ 를 이용하여 산출된 제어전류 각각을 상기 수식 2를 이용하여 3상 제어전류로 변환할 수 있다.

[수식 2]

$$\begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \cos \left( \alpha - \frac{2\pi}{3} \right) & -\sin \left( \alpha - \frac{2\pi}{3} \right) \\ \cos \left( \alpha + \frac{2\pi}{3} \right) & -\sin \left( \alpha + \frac{2\pi}{3} \right) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix}$$

상기 수식 2에서,  $\alpha$ 는 제1 반경방향에 대한 회전 각도를 나타낸다.

또한, 상기 제1 목표 힘, 상기 제2 목표 힘, 상기 제2 목표 토크 및 상기 제3 목표 토크를 발생시키기 위한 제어전류 및 상기 제1 목표 토크를 발생시키기 위한 제어전류는 함께 상기 제1 자계코일(1110)의 제1 권선체(1112)에 인가되므로, 상기 제1 전류 산출부(3400)는 상기 제1 목표 힘, 상기 제2 목표 힘, 상기 제2 목표 토크 및 상기 제3 목표 토크를 발생시키기 위한 제어전류값 및 상기 제1 목표 토크를 발생시키기 위한 제어전류값을 하기 수식 3을 이용하여 합산하여 상기 구동부(4000)에 제공할 수 있다.

[0069] [수식 3]

$$\begin{bmatrix} i_{a,final} \\ i_{b,final} \\ i_{c,final} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{a,RA} \\ i_{b,RA} \\ i_{c,RA} \\ i_{a,MB} \\ i_{b,MB} \\ i_{c,MB} \end{bmatrix}$$

[0070]

[0071] 상기 수식 3에서, RA 및 MB는 Rotational actuator 및 Magnetic bearing을 각각 나타낸다.

[0072] 상기 제2 전류 산출부(3500)는 일반적인 로터리/리니어 모터에서의 3상 전류의 피크 대비 힘/토크의 비율을 나타내는 상수인  $K_L$  [N/A]을 이용하여 상기 제3 목표 힘을 발생시키기 위한 제어 전류값을 산출할 수 있다. 한편, 상기 제2 전류 산출부(3500)는 상수  $K_L$ 를 이용하여 산출된 제어전류를 하기 수식 2를 이용하여 3상 제어전류로 변환한 후 이를 상기 구동부(4000)에 제공할 수 있다.

[0073] 상기 구동부(4000)는 상기 제어부(3000)에서 제공된 제어전류값들을 기초로 외부 전원으로부터 제어 전류를 생성하여 상기 제1 자계코일(1110)의 제1 내지 제4 코일 그룹(1112a, 1112b, 1112c, 1112d) 및 제2 자계코일(1120)의 제2 권선체(1122)에 제어전류를 인가할 수 있다.

[0074] 일 실시예에 있어서, 상기 구동부(4000)는 상기 제1 내지 제4 코일 그룹(1112a, 1112b, 1112c, 1112d)에 각각 연결되어 이들 각각에 독립된 제어전류를 인가하는 제1 내지 제4 전류 인가부(4100, 4200, 4300, 4400) 그리고 상기 제2 권선체(1122)에 제어전류를 인가하는 제5 전류 인가부(4500)를 포함할 수 있다. 상기 제1 내지 제4 전류 인가부(4100, 4200, 4300, 4400)는 상기 제1 전류 산출부(3400)로부터 제공된 제어전류값들을 기초로 제어전류들을 생성한 후 이들을 상기 제1 내지 제4 코일 그룹(1112a, 1112b, 1112c, 1112d)에 각각 인가할 수 있고, 상기 제5 전류 인가부(4500)는 상기 제2 전류 산출부(3500)로부터 제공된 제어전류값을 기초로 제어전류를 생성한 후 이를 상기 제2 권선체(1122)에 인가할 수 있다.

[0076] 본 발명의 모터 장치 및 이를 구비하는 모터 시스템에 따르면, 상기 로터 어셈블리는 상기 스테이터 어셈블리에 대해 직선 운동 및 회전 운동이 가능할 뿐만 아니라 상기 제1 반경방향(X)에 대해 회전시키는 토크, 상기 제2 반경방향(Y)에 대해 회전시키는 토크, 상기 제1 반경방향(X)으로 이동시키는 힘 및 상기 제2 반경방향(Y)으로 이동시키는 힘 등을 이용하여 상기 로터 어셈블리를 자기 부상하여 자기 베어링 기능을 달성할 수도 있다.

[0078] 제시된 실시예들에 대한 설명은 임의의 본 발명의 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 이용하거나 또는 실시할 수 있도록 제공된다. 이러한 실시예들에 대한 다양한 변형들은 본 발명의 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명백할 것이며, 여기에 정의된 일반적인 원리들은 본 발명의 범위를 벗어남이 없이 다른 실시예들에 적용될 수 있다. 그리하여, 본 발명은 여기에 제시된 실시예들로 한정되는 것이 아니라, 여기에 제시된 원리들 및 신규한 특징들과 일관되는 최광의의 범위에서 해석되어야 할 것이다.

## 부호의 설명

[0079]

1000: 모터 장치 1100: 스테이터 어셈블리

1110: 제1 자계코일 1111: 제1 지지체

1112: 제1 권선체 1121: 제2 지지체

1122: 제2 권선체 1120: 제2 자계코일

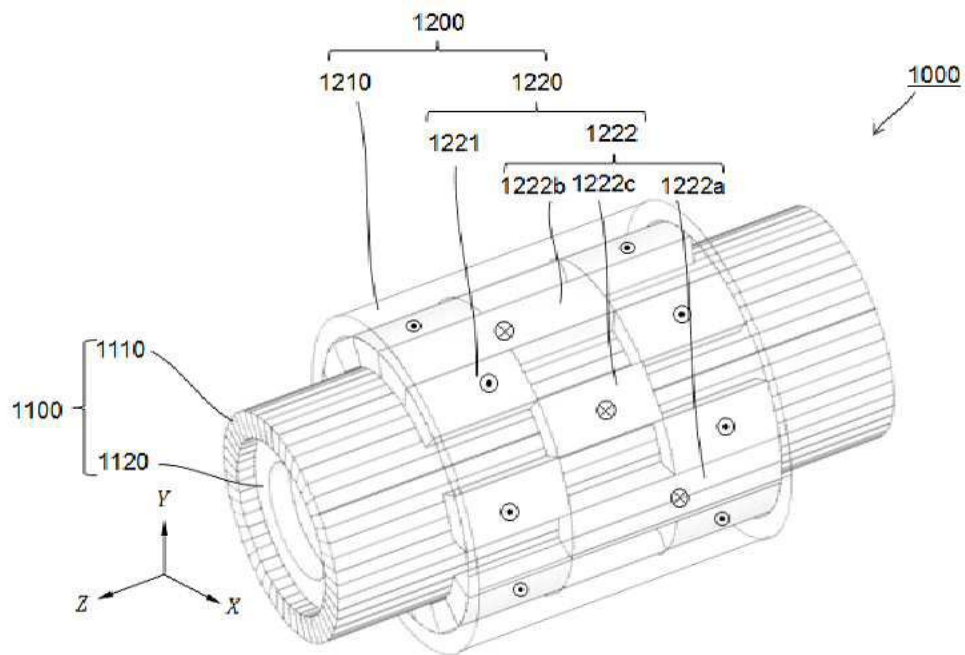
1200: 로터 어셈블리 1210: 백커버

1220: 영구자석 어레이 1221: 제1 영구자석

1222: 제2 영구자석 10000: 모터 시스템  
 2000: 센서부 3000: 제어부  
 3100: 베어링 힌/토크 산출부 3200: 회전 토크 산출부  
 3300: 직선 운동힘 산출부 3400: 제1 전류 산출부  
 3500: 제2 전류 산출부 4000: 구동부  
 4100, 4200, 4300, 4400: 전류 인가부

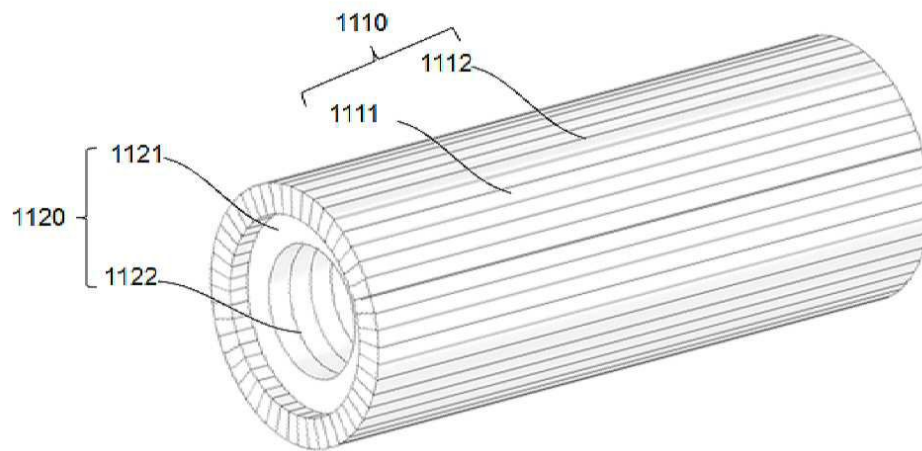
## 도면

### 도면1

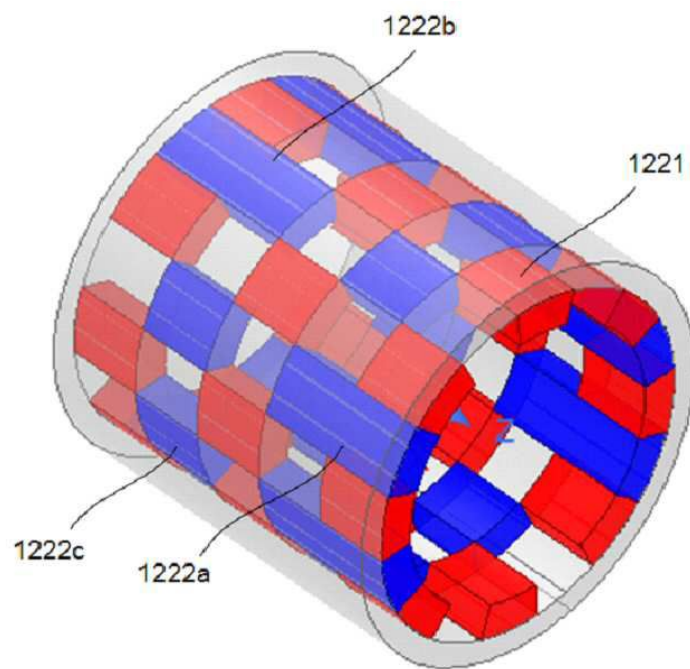




도면2

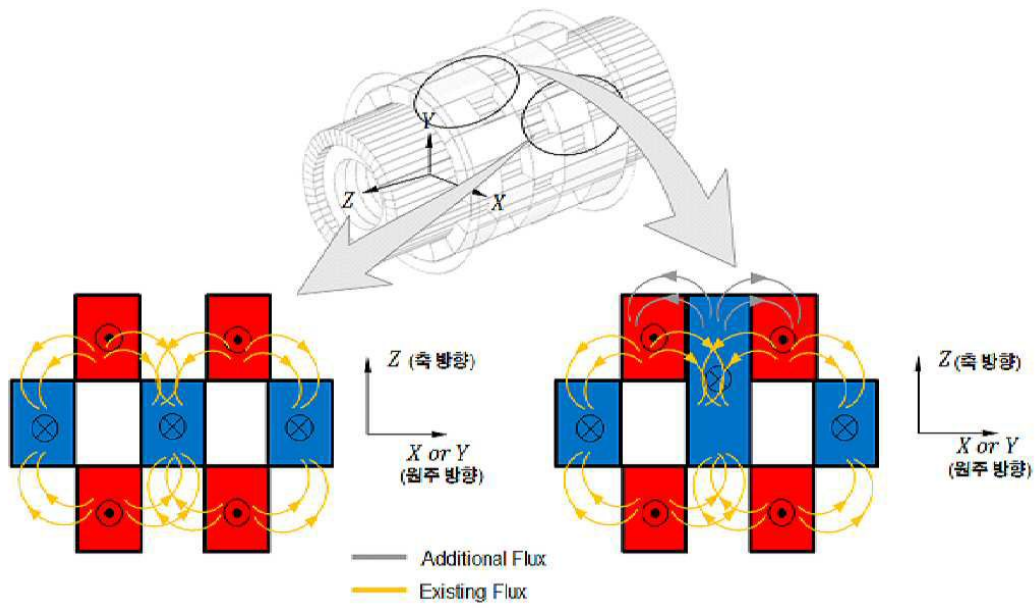


도면3

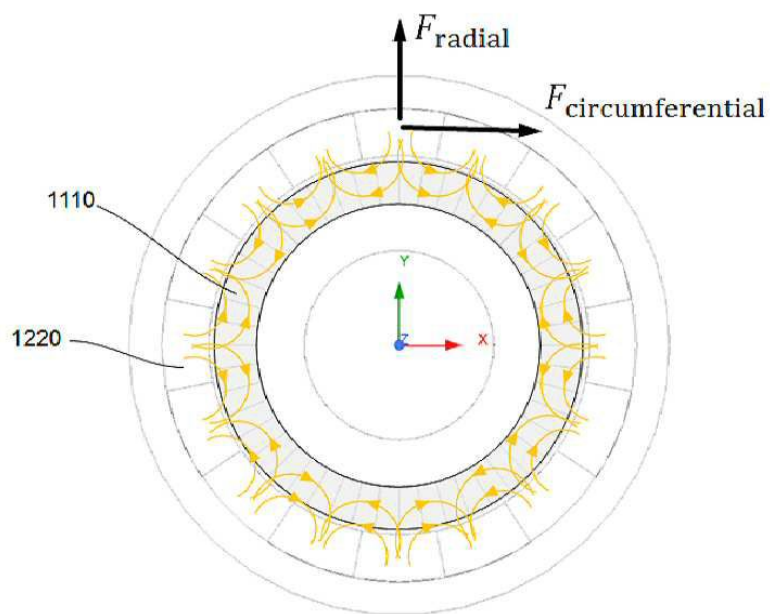




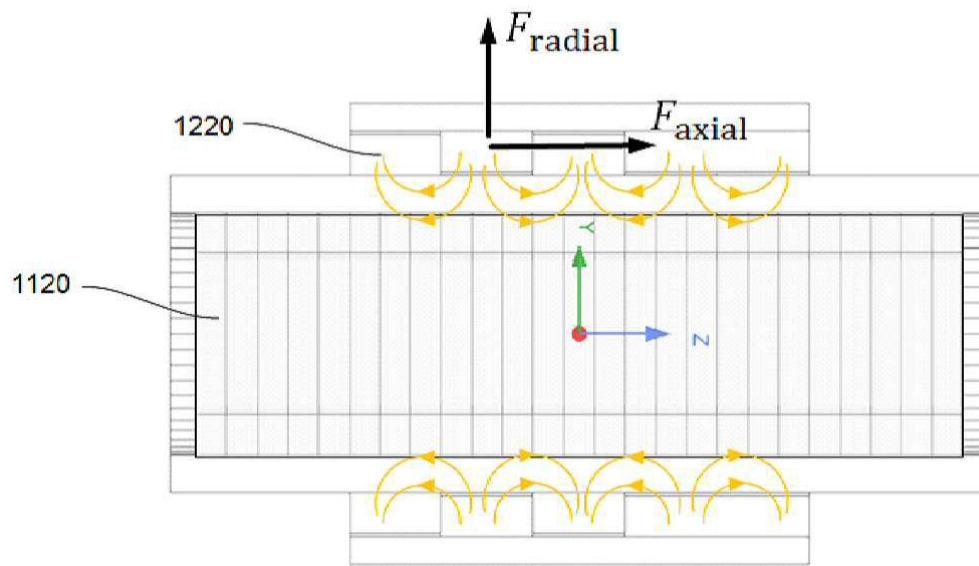
도면4



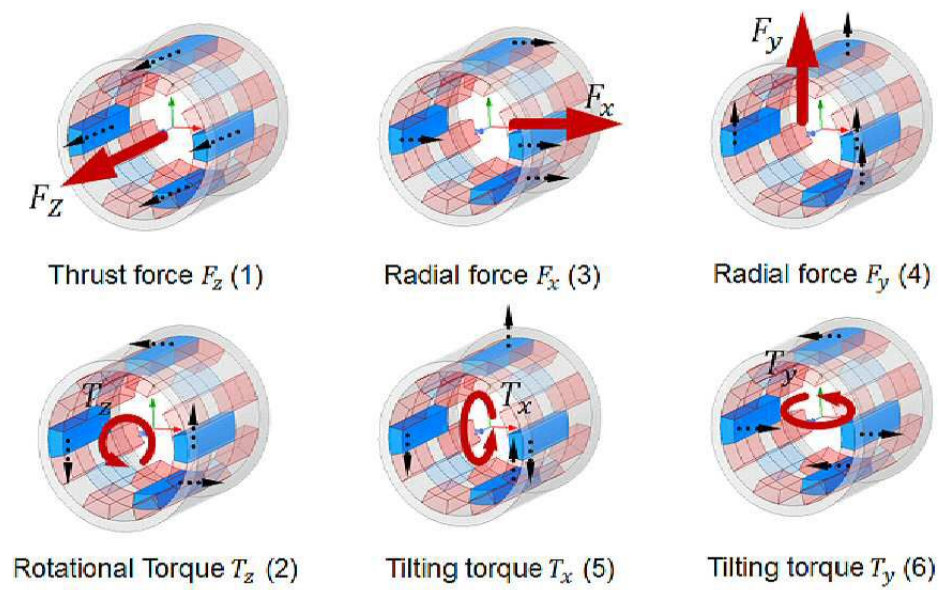
도면5



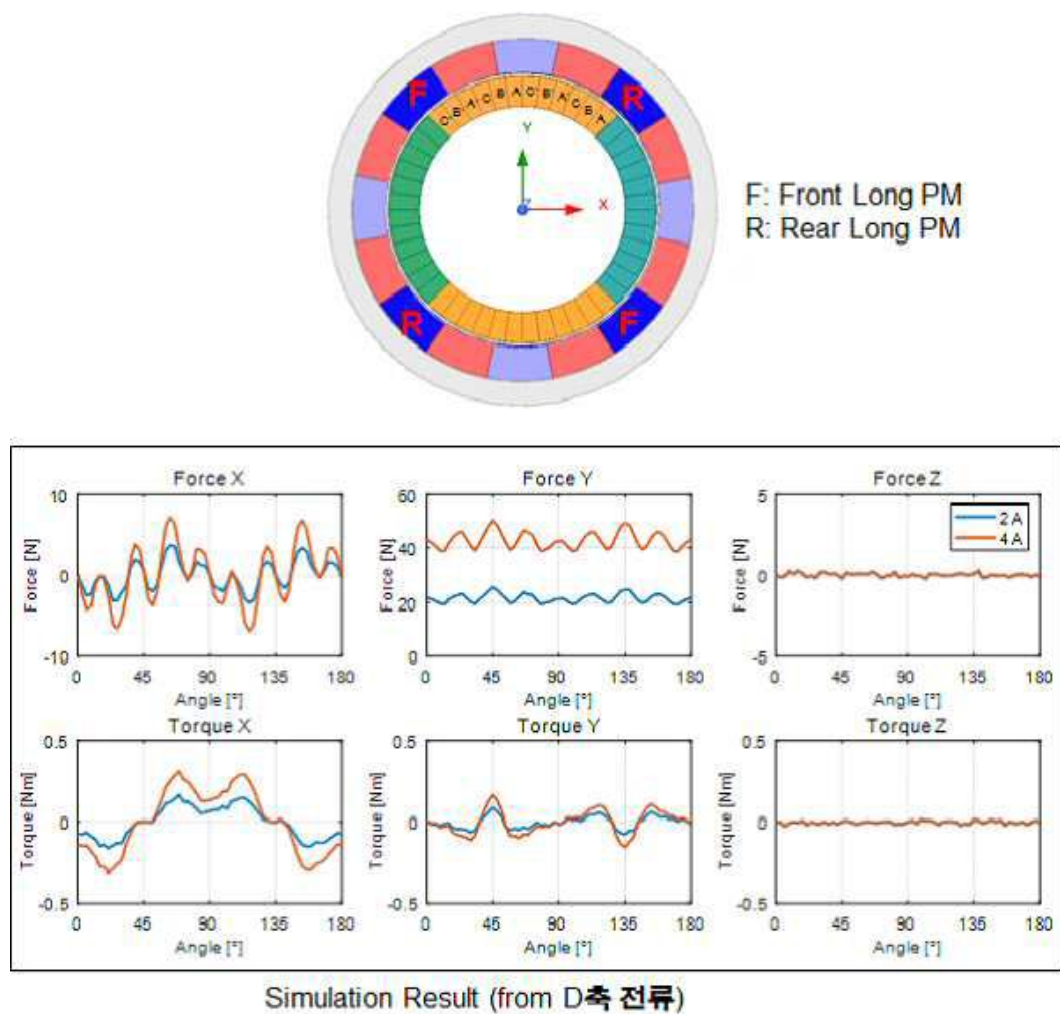
도면6



도면7



도면8



도면9

