(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0133829
(43) 공개일자 2024년09월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02K 17/16 (2014.01) *H02K 1/14* (2006.01)
H02K 1/24 (2006.01) *H02K 3/32* (2014.01)
H02K 7/108 (2006.01) *H02P 25/08* (2016.01)
(52) CPC특허분류
H02K 17/16 (2024.05)
H02K 1/148 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0025982
(22) 출원일자 2023년02월27일
심사청구일자 2023년02월27일

(71) 출원인
계명대학교 산학협력단
대구광역시 달서구 달구벌대로 1095, 계명대학교 산학협력관 201호(신당동)
(72) 발명자
문주형
대구광역시 달서구 서당로3길 41(신당동) 바이올린 203호
강동우
경상북도 경산시 강변서로
박승우
대구광역시 달서구 선원남로 181(용산동, 성서5주공아파트) 507-603
(74) 대리인
특허법인아주

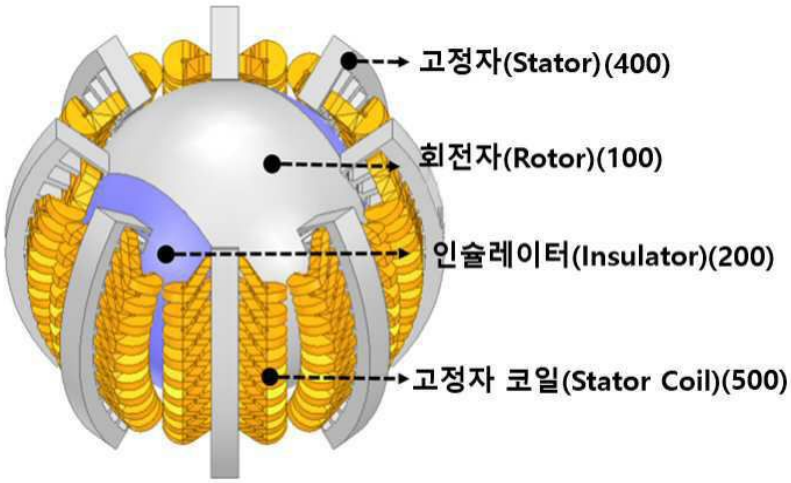
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 **다축제어 구형 전동기의 틸팅 토크 향상 및 조향 안정성 확대를 위한 설계 기술**

(57) 요 약

본 발명의 일 측면에 따른 전동기는 원주 방향을 기준으로 폐곡면 구조로 형성되며, 상기 원주 방향의 수직 방향을 기준으로 양측에 형성된 개구가 인슐레이터에 의해 폐쇄되도록 구성되는 회전자; 상기 회전자 및 상기 인슐레이터의 조립체의 외측에 구비되는 고정자; 및 적어도 부분적인 표면이 상기 조립체의 외측을 향해 노출되도록 상기 조립체에 매립되며, 자성을 기반으로 상기 회전자의 회전을 구속하는 홀딩 부재(Holding Member);를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대 표 도 - 도3



(52) CPC특허분류
H02K 1/246 (2013.01)
H02K 3/32 (2021.01)
H02K 7/1085 (2013.01)
H02P 25/08 (2013.01)
H02K 2201/18 (2013.01)
H02K 2203/00 (2013.01)
H02P 2207/01 (2013.01)
Y10S 388/907 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711153482
과제번호 2020R1F1A1075920
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 개인기초연구(과기정통부)
연구과제명 차세대 자율주행 로봇 구동용 90도 조향각 제어 가능한 신개념 스페리컬 트랙션 전동기 핵심 기술 개발
기 여 율 1/1
과제수행기관명 계명대학교
연구기간 2022.03.01 ~ 2023.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

원주 방향을 기준으로 폐곡면 구조로 형성되며, 상기 원주 방향의 수직 방향을 기준으로 양측에 형성된 개구가 인슐레이터에 의해 폐쇄되도록 구성되는 회전자;

상기 회전자 및 상기 인슐레이터의 조립체의 외측에 구비되는 고정자; 및

적어도 부분적인 표면이 상기 조립체의 외측을 향해 노출되도록 상기 조립체에 매립되며, 자성을 기반으로 상기 회전자의 회전을 구속하는 홀딩 부재(Holding Member);

를 포함하는 것을 특징으로 하는 전동기.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 고정자에 권선되는 고정자 코일;을 더 포함하고,

상기 홀딩 부재는, 상기 고정자 코일에 전류가 인가되어 유도된 유도 자극에 따른 자성을 기반으로 상기 회전자의 회전을 구속하는 것을 특징으로 하는 전동기.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 조립체의 내부 중심을 원점으로 하는 제1축 내지 제3축에 따른 3축 좌표계를 기준으로 상기 회전자가 제1축을 회전축으로 하여 회전할 때, 상기 홀딩 부재는, 상기 유도 자극에 따른 자성을 기반으로, 제2축을 회전축으로 하는 상기 회전자의 회전 또는 제3축을 회전축으로 하는 상기 회전자의 회전을 구속하는 것을 특징으로 하는 전동기.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 홀딩 부재는, 상기 유도 자극에 따라 형성되는 상기 고정자의 길이 방향 엣지 측과의 척력(斥力)을 통해 상기 제2축을 회전축으로 하는 상기 회전자의 회전을 구속하는 것을 특징으로 하는 전동기.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 홀딩 부재는, 상기 유도 자극에 따라 형성되는 상기 고정자 측과의 인력(引力)을 통해 상기 제1축 방향에 대한 상기 회전자의 변위를 구속하는 것을 특징으로 하는 전동기.

청구항 6

제3항에 있어서,

상기 고정자는 상기 조립체의 외측에서 상호 이격되어 연속적으로 배치되는 제1 내지 제K 고정자를 포함하고(K은 3 이상의 자연수),

상기 홀딩 부재는, 상기 유도 자극에 따라 형성되는 상기 제1 및 제K 고정자 측과의 척력(斥力)을 통해 상기 제3축을 회전축으로 하는 상기 회전자의 회전을 구속하는 것을 특징으로 하는 전동기.

청구항 7

제3항에 있어서,

상기 고정자는 상기 조립체의 외측에서 상호 이격되어 연속적으로 배치되는 제1 내지 제K 고정자를 포함하고(K는 3 이상의 자연수),

상기 홀딩 부재는, 상기 유도 자극에 따라 형성되는 상기 제L 고정자 측과의 인력(引力)을 통해 상기 제1축 방향에 대한 상기 회전자의 변위를 구속하는 것을 특징으로 하는 전동기(1 < L < K. L은 자연수).

청구항 8

제3항에 있어서,

상기 유도 자극에 따른 자성에 의해 발생하는 복원 토크가 상기 회전자에 작용하여 상기 제2축 또는 상기 제3축을 회전축으로 하는 상기 회전자의 회전이 구속되도록 구성되고,

상기 고정자 코일은, 상기 제2축 또는 상기 제3축을 회전축으로 하는 상기 회전자의 회전각이 미리 정의된 한계 회전각을 초과하지 않도록 하기 위한 복원 토크가 발생되는 턴 수로 상기 고정자에 권선되는 것을 특징으로 하는 전동기.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 홀딩 부재는 스틸(Steel) 재질로 형성되는 것을 특징으로 하는 전동기.

청구항 10

원주 방향을 기준으로 폐곡면 구조로 형성되며, 상기 원주 방향의 수직 방향을 기준으로 양측에 형성된 개구가 인슐레이터에 의해 폐쇄되도록 구성되는 회전자와; 상기 회전자 및 상기 인슐레이터의 조립체의 외측에 구비되는 고정자와; 적어도 부분적인 표면이 상기 조립체의 외측을 향해 노출되도록 상기 조립체에 매립되며, 자성을 기반으로 상기 회전자의 회전을 구속하는 홀딩 부재(Holding Member);를 포함하는 것을 특징으로 하는 전동기를 제어하기 위한 제어 장치로서,

상기 전동기의 제어를 위한 제어 데이터를 저장하는 메모리; 및

상기 메모리에 저장된 제어 데이터를 토대로 상기 전동기의 동작을 제어하는 프로세서;를 포함하고,

상기 프로세서는,

상기 고정자에 권선된 고정자 코일에 전류를 인가하여 유도 자극을 형성함으로써, 상기 유도 자극에 따라 상기 홀딩 부재와 상기 고정자 사이에 형성되는 자성을 기반으로 상기 회전자의 회전이 구속되도록 하는 것을 특징으로 하는 전동기 제어 장치.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 전동기는, 상기 조립체의 내부 중심을 원점으로 하는 제1축 내지 제3축에 따른 3축 좌표계를 기준으로 상기 회전자가 제1축을 회전축으로 하여 회전할 때, 상기 홀딩 부재가, 상기 유도 자극에 따른 자성을 기반으로, 제2축을 회전축으로 하는 상기 회전자의 회전 또는 제3축을 회전축으로 하는 상기 회전자의 회전을 구속하도록 구성되는 것을 특징으로 하는, 전동기 제어 장치.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 고정자 코일은 3상 코일로 구성되고,

상기 프로세서는, 상기 3상 코일에 각각 인가되는 전류를 제어하는 방식으로, 상기 홀딩 부재 및 상기 고정자의 길이 방향 엣지 측 간 척력(斥力)이 형성되도록 함으로써 상기 제2축을 회전축으로 하는 상기 회전자의 회전을 구속하고, 상기 홀딩 부재 및 상기 고정자 측 간 인력(引力)이 형성되도록 함으로써 상기 제1축 방향에 대한 상기 회전자의 변위를 구속하는 것을 특징으로 하는 전동기 제어 장치.

청구항 13

제11항에 있어서,

상기 고정자 코일은 3상 코일로 구성되고, 상기 고정자는 상기 조립체의 외측에서 상호 이격되어 연속적으로 배치되는 제1 내지 제K 고정자를 포함하며(K는 3 이상의 자연수),

상기 프로세서는, 상기 3상 코일에 각각 인가되는 전류를 제어하는 방식으로, 상기 홀딩 부재와 상기 제1 및 제K 고정자 측 간 척력(斥力)이 형성되도록 함으로써 상기 제3축을 회전축으로 하는 상기 회전자의 회전을 구속하고, 상기 홀딩 부재 및 상기 제L 고정자 측 간 인력(引力)이 형성되도록 함으로써 상기 제1축 방향에 대한 상기 회전자의 변위를 구속하는 것을 특징으로 하는 전동기 제어 장치(1 < L < K. L은 자연수).

청구항 14

제11항에 있어서,

상기 고정자 코일은 3상 코일로 구성되고, 상기 유도 자극에 따른 자성에 의해 발생하는 복원 토크가 상기 회전자에 작용하여 상기 제2축 또는 상기 제3축을 회전축으로 하는 상기 회전자의 회전이 구속되도록 구성되고,

상기 프로세서는, 상기 제2축 또는 상기 제3축을 회전축으로 하는 상기 회전자의 회전각이 미리 정의된 한계 회전각을 초과하지 않도록 하기 위한 복원 토크를 발생시킬 수 있는 크기의 전류를 상기 3상 코일에 각각 인가하는 것을 특징으로 하는 전동기 제어 장치.

청구항 15

원주 방향을 기준으로 폐곡면 구조로 형성되며, 상기 원주 방향의 수직 방향을 기준으로 양측에 형성된 개구가 인슐레이터에 의해 폐쇄되도록 구성되는 회전자와; 상기 회전자 및 상기 인슐레이터의 조립체의 외측에 구비되는 고정자와; 적어도 부분적인 표면이 상기 조립체의 외측을 향해 노출되도록 상기 조립체에 매립되며, 자성을 기반으로 상기 회전자의 회전을 구속하는 홀딩 부재(Holding Member);를 포함하는 것을 특징으로 하는 전동기를 제어하기 위한 제어 방법으로서,

프로세서가, 상기 전동기의 제어 지령을 수신하는 단계; 및

상기 프로세서가, 상기 수신한 제어 지령에 따라 상기 회전자를 회전시키되, 상기 고정자에 권선된 고정자 코일에 전류를 인가하여 유도 자극을 형성함으로써, 상기 유도 자극에 따라 상기 홀딩 부재와 상기 고정자 사이에 형성되는 자성을 기반으로 상기 회전자의 회전이 구속되도록 하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 전동기

제어 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 전동기, 전동기 제어 장치 및 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 다축 제어가 가능한 유도 전동기 및 그 제어 장치와 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 전동기(모터)는 전기적 에너지를 기계적 에너지로 변환시켜 회전 동력을 얻는 장치로서, 인가되는 전원의 종류에 따라서 교류 전동기와 직류 전동기로 구별되며, 그 중 유도 전동기는 교류 전동기의 일종으로서 산업 제반에 광범위하게 적용되고 있다.

[0004] 유도 전동기는 하우징 또는 프레임에 고정 설치되는 고정자(Stator)와, 고정자의 내부에 회전 가능하도록 배치하는 회전자를 포함하도록 구성된다. 이에 따라, 유도 전동기는 3상 코일이 권선된 고정자에 3상 교류 전류가 인가됨에 따라 회전 자계(유도 자계)가 형성되고, 회전 자계에 의해 회전자에 구비되는 도체바에 기전력이 발생되어 와전류가 흐르게 됨으로써 회전자가 회전하는 방식으로 동작한다. 즉, 고정자에 권선된 코일에 교류 전류를 인가하면 고정자의 내측에 설치된 회전자에 유기 전압이 유기되어 전류가 흐르게 되며, 플레밍의 왼손법칙에 의해 자극이 회전하는 방향과 동일한 방향으로 자속과 전류의 상호 작용에 의해 회전자에 회전 토크가 발생하여 회전자가 자극을 따라 회전하게 되는 원리이다.

[0005] 도 1에 도시된 것과 같이 종래의 유도 전동기의 회전자는 회전자 코어의 외주면의 안쪽에 형성된 다수 개의 슬롯 내부에 결합되는 다수 개의 도체바와, 각각의 도체바의 상하 양단측에서 각 도체바와 일체로 결합하는 엔드링(End-Ring)을 포함하도록 구성된다. 그러나, 종래의 유도 전동기에 구비되는 도체바 및 엔드링은 그 형상이 복잡하여 설계 및 제조가 어려운 문제가 존재하고, 또한 도체바 및 엔드링을 제조하기 위한 금형 설계의 복잡도도 증가되는 문제가 있으며, 구형(Spherical) 유도 전동기의 경우 이러한 설계 및 제조 복잡성은 가중된다.

[0006] 한편, 도 2(a)에 도시된 1축 제어 방식의 유도 전동기를 벗어나, 최근에는 도 2(b)에 도시된 것과 같이 유도 전동기에 대한 다축 제어 방식이 제시되고 있으며, 구체적으로 유도 전동기의 회전자에 물리적인 회전축을 구비시킨 후, 회전축을 틸팅(Tilting)시켜 다축 제어를 구현하는 방식이 제시되고 있다. 그러나, 종래의 다축 제어 방식의 경우 물리적인 회전축을 구비시킨 후 회전축 자체를 틸팅시키는 2차원 틸팅 방식이기 때문에 다자유도를 구현하는데 한계가 존재한다.

[0007] 본 발명의 배경기술은 대한민국 공개특허공보 제10-2014-0083489호(2014.07.04. 공개)에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 전술한 문제점을 해결하기 위해 창안된 것으로서, 본 발명의 일 측면에 따른 목적은 도체바 및 엔드링을 제거하여 유도 전동기, 특히 구형 유도 전동기의 설계 및 제조 복잡성을 해소함과 동시에, 물리적인 회전축에 대한 틸팅 방식이 아닌 유도 자계 제어를 통한 회전축 틸팅 방식을 통해 유도 전동기의 다자유도를 구현할 수 있는, 전동기, 전동기 제어 장치 및 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0011] 본 발명의 일 측면에 따른 전동기는 원주 방향을 기준으로 폐곡면 구조로 형성되며, 상기 원주 방향의 수직 방향을 기준으로 양측에 형성된 개구가 인슐레이터에 의해 폐쇄되도록 구성되는 회전자; 상기 회전자 및 상기 인슐레이터의 조립체의 외측에 구비되는 고정자; 및 적어도 부분적인 표면이 상기 조립체의 외측을 향해 노출되도록 상기 조립체에 매립되며, 자성을 기반으로 상기 회전자의 회전을 구속하는 홀딩 부재(Holding Member);를 포

함하는 것을 특징으로 한다.

[0012] 본 발명에 있어 상기 고정자에 권선되는 고정자 코일;을 더 포함하고, 상기 홀딩 부재는, 상기 고정자 코일에 전류가 인가되어 유도된 유도 자극에 따른 자성을 기반으로 상기 회전자의 회전을 구속하는 것을 특징으로 한다.

[0013] 본 발명에 있어 상기 조립체의 내부 중심을 원점으로 하는 제1축 내지 제3축에 따른 3축 좌표계를 기준으로 상기 회전자가 제1축을 회전축으로 하여 회전할 때, 상기 홀딩 부재는, 상기 유도 자극에 따른 자성을 기반으로, 제2축을 회전축으로 하는 상기 회전자의 회전 또는 제3축을 회전축으로 하는 상기 회전자의 회전을 구속하는 것을 특징으로 한다.

[0014] 본 발명에 있어 상기 홀딩 부재는, 상기 유도 자극에 따라 형성되는 상기 고정자의 길이 방향 엣지 측과의 척력(斥力)을 통해 상기 제2축을 회전축으로 하는 상기 회전자의 회전을 구속하는 한다.

[0015] 본 발명에 있어 상기 홀딩 부재는, 상기 유도 자극에 따라 형성되는 상기 고정자 측과의 인력(引力)을 통해 상기 제1축 방향에 대한 상기 회전자의 변위를 구속하는 것을 특징으로 한다.

[0016] 본 발명에 있어 상기 고정자는 상기 조립체의 외측에서 상호 이격되어 연속적으로 배치되는 제1 내지 제K 고정자를 포함하고(K은 3 이상의 자연수), 상기 홀딩 부재는, 상기 유도 자극에 따라 형성되는 상기 제1 및 제K 고정자 측과의 척력(斥力)을 통해 상기 제3축을 회전축으로 하는 상기 회전자의 회전을 구속하는 것을 특징으로 한다.

[0017] 본 발명에 있어 상기 고정자는 상기 조립체의 외측에서 상호 이격되어 연속적으로 배치되는 제1 내지 제K 고정자를 포함하고(K는 3 이상의 자연수), 상기 홀딩 부재는, 상기 유도 자극에 따라 형성되는 상기 제L 고정자 측과의 인력(引力)을 통해 상기 제1축 방향에 대한 상기 회전자의 변위를 구속하는 것을 특징으로 한다(1 < L < K. L은 자연수).

[0018] 본 발명에 있어 상기 유도 자극에 따른 자성에 의해 발생하는 복원 토크가 상기 회전자에 작용하여 상기 제2축 또는 상기 제3축을 회전축으로 하는 상기 회전자의 회전이 구속되도록 구성되고, 상기 고정자 코일은, 상기 제2축 또는 상기 제3축을 회전축으로 하는 상기 회전자의 회전각이 미리 정의된 한계 회전각을 초과하지 않도록 하기 위한 복원 토크가 발생되는 턴 수로 상기 고정자에 권선되는 것을 특징으로 한다.

[0019] 본 발명에 있어 상기 홀딩 부재는 스틸(Steel) 재질로 형성되는 것을 특징으로 한다.

[0020] 본 발명의 일 측면에 따른 전동기 제어 장치는, 원주 방향을 기준으로 폐곡면 구조로 형성되며, 상기 원주 방향의 수직 방향을 기준으로 양측에 형성된 개구가 인슐레이터에 의해 폐쇄되도록 구성되는 회전자와; 상기 회전자 및 상기 인슐레이터의 조립체의 외측에 구비되는 고정자와; 적어도 부분적인 표면이 상기 조립체의 외측을 향해 노출되도록 상기 조립체에 매립되며, 자성을 기반으로 상기 회전자의 회전을 구속하는 홀딩 부재(Holding Member);를 포함하는 것을 특징으로 하는 전동기를 제어하기 위한 제어 장치로서, 상기 전동기의 제어를 위한 제어 데이터를 저장하는 메모리; 및 상기 메모리에 저장된 제어 데이터를 토대로 상기 전동기의 동작을 제어하는 프로세서;를 포함하고, 상기 프로세서는, 상기 고정자에 권선된 고정자 코일에 전류를 인가하여 유도 자극을 형성함으로써, 상기 유도 자극에 따라 상기 홀딩 부재와 상기 고정자 사이에 형성되는 자성을 기반으로 상기 회전자의 회전이 구속되도록 하는 것을 특징으로 한다.

[0021] 본 발명에 있어 상기 전동기는, 상기 조립체의 내부 중심을 원점으로 하는 제1축 내지 제3축에 따른 3축 좌표계를 기준으로 상기 회전자가 제1축을 회전축으로 하여 회전할 때, 상기 홀딩 부재가, 상기 유도 자극에 따른 자성을 기반으로, 제2축을 회전축으로 하는 상기 회전자의 회전 또는 제3축을 회전축으로 하는 상기 회전자의 회전을 구속하도록 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0022] 본 발명에 있어 상기 고정자 코일은 3상 코일로 구성되고, 상기 프로세서는, 상기 3상 코일에 각각 인가되는 전류를 제어하는 방식으로, 상기 홀딩 부재 및 상기 고정자의 길이 방향 엣지 측 간 척력(斥力)이 형성되도록 함으로써 상기 제2축을 회전축으로 하는 상기 회전자의 회전을 구속하고, 상기 홀딩 부재 및 상기 고정자 측 간 인력(引力)이 형성되도록 함으로써 상기 제1축 방향에 대한 상기 회전자의 변위를 구속하는 것을 특징으로 한다.

[0023] 본 발명에 있어 상기 고정자 코일은 3상 코일로 구성되고, 상기 고정자는 상기 조립체의 외측에서 상호 이격되어 연속적으로 배치되는 제1 내지 제K 고정자를 포함하며(K는 3 이상의 자연수), 상기 프로세서는, 상기 3상 코일에 각각 인가되는 전류를 제어하는 방식으로, 상기 홀딩 부재와 상기 제1 및 제K 고정자 측 간 척력(斥力)이

형성되도록 함으로써 상기 제3축을 회전축으로 하는 상기 회전자의 회전을 구속하고, 상기 홀딩 부재 및 상기 제L 고정자 측 간 인력(引力)이 형성되도록 함으로써 상기 제1축 방향에 대한 상기 회전자의 변위를 구속하는 것을 특징으로 한다(1 < L < K. L은 자연수).

[0024] 본 발명에 있어 상기 고정자 코일은 3상 코일로 구성되고, 상기 유도 자극에 따른 자성에 의해 발생하는 복원 토크가 상기 회전자에 작용하여 상기 제2축 또는 상기 제3축을 회전축으로 하는 상기 회전자의 회전이 구속되도록 구성되고, 상기 프로세서는, 상기 제2축 또는 상기 제3축을 회전축으로 하는 상기 회전자의 회전각이 미리 정의된 한계 회전각을 초과하지 않도록 하기 위한 복원 토크를 발생시킬 수 있는 크기의 전류를 상기 3상 코일에 각각 인가하는 것을 특징으로 한다.

[0025] 본 발명의 일 측면에 따른 전동기 제어 방법은, 원주 방향을 기준으로 폐곡면 구조로 형성되며, 상기 원주 방향의 수직 방향을 기준으로 양측에 형성된 개구가 인슐레이터에 의해 폐쇄되도록 구성되는 회전자와; 상기 회전자 및 상기 인슐레이터의 조립체의 외측에 구비되는 고정자와; 적어도 부분적인 표면이 상기 조립체의 외측을 향해 노출되도록 상기 조립체에 매립되며, 자성을 기반으로 상기 회전자의 회전을 구속하는 홀딩 부재(Holding Member);를 포함하는 것을 특징으로 하는 전동기를 제어하기 위한 제어 방법으로서, 프로세서가, 상기 전동기의 제어 지령을 수신하는 단계; 및 상기 프로세서가, 상기 수신한 제어 지령에 따라 상기 회전자를 회전시키되, 상기 고정자에 권선된 고정자 코일에 전류를 인가하여 유도 자극을 형성함으로써, 상기 유도 자극에 따라 상기 홀딩 부재와 상기 고정자 사이에 형성되는 자성을 기반으로 상기 회전자의 회전이 구속되도록 하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0027] 본 발명에 따를 때, 유도 전동기의 회전자를 그 원주 방향을 기준으로 폐곡면 구조로 형성하고 원주 방향의 수직 방향을 기준으로 양측에 형성된 개구가 인슐레이터에 의해 폐쇄되도록 구성하여 회전자의 내부에 자유 공간이 형성되도록 함으로써 종래의 도체바 및 엔드링의 적용없이 유도 전동기가 구현될 수 있으며, 이에 따라 유도 전동기의 설계 및 제조 복잡성이 해소될 수 있다.

[0028] 또한, 본 발명에 따를 때, 고정자 코일(고정자 권선)에 인가하는 전류 제어를 기반으로 유도 자계를 가변시키고 그에 따라 회전자의 회전축이 틸팅되도록 함으로써, 종래 물리적인 회전축 틸팅 방식에 따른 다축 제어 구현상의 한계를 극복하고 3차원적으로 제어 가능한 회전 자유도를 구현할 수 있다.

[0029] 또한, 본 발명에 따를 때, 회전자가 제1축 방향으로 회전할 때, 제1축 방향으로의 회전을 방해하는 제2축 또는 제3축 기준의 회전자 회전을 구속함으로써 전동기의 조향 및 구동 안정성을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0031] 도 1은 종래의 유도 전동기를 구성하는 도체바 및 엔드링의 구조를 보인 예시도이다.

도 2는 종래의 유도 전동기의 1축 및 다축 제어 방식을 보인 예시도이다.

도 3 내지 도 5는 본 실시예에 따른 유도 전동기의 구조를 보인 예시도이다.

도 6 내지 도 9는 본 실시예에 따른 유도 전동기의 동작 특성을 보인 예시도이다.

도 10 및 도 11은 본 실시예에 따른 유도 전동기의 다축 제어 방식을 보인 예시도이다.

도 12는 본 실시예에 따른 유도 전동기의 회전 기준이 되는 3축 직교 좌표계를 보인 예시도이다.

도 13은 본 실시예에 따른 유도 전동기의 홀딩 부재의 구조를 보인 예시도이다.

도 14 내지 도 17은 본 실시예에 따른 유도 전동기의 회전 구속 과정을 보인 예시도이다.

도 18은 본 실시예에 따른 전동기 제어 장치를 보인 블록구성도이다.

도 19는 본 실시예에 따른 전동기 제어 방법을 보인 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0032] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 전동기, 전동기 제어 장치 및 방법의 실시예를 설명한다. 이 과정에서 도면에 도시된 선들의 두께나 구성요소의 크기 등은 설명의 명료성과 편의상 과장되게 도시되어 있을 수 있다. 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.

[0034] **1. 유도 전동기의 구조**

[0035] 도 3 내지 도 5는 본 실시예에 따른 유도 전동기의 구조를 보인 예시도이다.

[0036] 도 3 내지 도 5를 참조하면, 본 실시예에 따른 유도 전동기는 회전자(Rotor)(100), 인슐레이터(Insulator)(200), 강성 보강 부재(300), 고정자(Stator)(400) 및 고정자 코일(Stator Coil)(500)을 포함한다.

[0037] 도 4에 도시된 것과 같이 회전자(100)는 원주 방향을 기준으로 폐곡면 구조로 형성되며, 원주 방향의 수직 방향을 기준으로 양측에 개구가 형성된다. 회전자(100)의 폐곡면은 그 중심점(후술하는 조립체의 내부 중심(무게 중심))을 기준으로 동일한 곡률을 갖는 구형(Spherical)으로 구현된다.

[0038] 도 4에 도시된 것과 같이 회전자(100)는 두 개의 레이어로 구성되며, 외측에 형성되는 제1 레이어는 기본적인 베이스 전도성 부재(110)에 해당하고, 내측에 형성되는 제2 레이어는 후술하는 고정자(400)에 의해 형성되는 유도 자계(즉, 고정자 토크)를 보강하기 위한 자계 보강 전도성 부재(120)에 해당한다. 본 실시예에서 베이스 전도성 부재(110)는 알루미늄(Aluminum) 재질로 구현되고, 자계 보강 전도성 부재(120)는 철(스틸, Steel) 재질로 구현된다.

[0039] 인슐레이터(200)는 회전자(100)의 개구를 폐쇄하는 방식으로 회전자(100)와 조립되어 고정자 코일(500)에 흐르는 전류 및 외부 간의 절연을 수행하며, 플라스틱 재질로 구현된다. 구조 이해를 돕기 위해 도 4에는 회전자(100)의 일 측 개구는 개방되고 타 측 개구만이 인슐레이터(200)에 의해 폐쇄된 예시를 도시하였다. 회전자(100) 및 인슐레이터(200)의 조립체가 구형을 갖도록 하기 위해, 인슐레이터(200)는 회전자(100)와 동일한 곡률을 갖는 '잘린 구' 내지 '보울(bowl)' 형상으로 구현될 수 있다. 한편, 도 4에 도시된 것과 같이 회전자(100)의 최내측, 즉 자계 보강 전도성 부재(120)의 내측에는 유도 전동기의 강성(Stiffness)을 보강하기 위한 강성 보강 부재(300)가 형성될 수 있으며, 강성 보강 부재(300)는 인슐레이터(200)와 동일한 플라스틱 재질로 구현될 수 있다.

[0040] 도 3 및 도 5에 도시된 것과 같이 고정자(400)는 회전자(100) 및 인슐레이터(200)의 조립체(이하, 조립체로 표기한다)의 외측에 복수 개 구비된다. 각각의 고정자(400)는 고정자 바디(410), 고정자 바디(410)로부터 조립체 측으로 돌출되는 복수의 티스(teeth)(420), 및 복수의 티스(420) 사이의 슬롯(Slot)(430)을 포함하도록 구성된다.

[0041] 본 실시예에서는 조립체의 내부 중심을 기준으로 한 쌍의 고정자(400)가 조립체의 외측에 상호 대칭적으로 배치된다. 설명의 편의를 위해 한 쌍의 고정자(400)를 고정자 페어(SP: Stator Pair)로 정의한다. 이에 따라, 복수의 고정자(400)는 제1 내지 제N 고정자 페어를 포함하도록 구성될 수 있으며(N은 2 이상의 자연수), 도 3은 네 개의 고정자 페어가 구비되는 예시를 보이고 있다(즉, N = 4. 이하의 실시예에서는 N = 4인 경우를 예시로서 설명한다).

[0042] 고정자 코일(500)은 3상 코일로서, 고정자(400)의 슬롯(430)을 통해 권선되며, 동일한 고정자 페어를 구성하는 한 쌍의 고정자(400)에 권선되는 한 쌍의 고정자 코일(500)은 상호 연결되도록 구성된다. 이에 따라, 동일한 고정자 페어의 슬롯(430)을 통해 권선되는 한 쌍의 고정자 코일(500)에는 동일한 크기 및 위상을 갖는 전류가 인가된다. 후술하는 프로세서(20)의 제어에 의해 각 고정자 페어에 3상 전류가 인가되고, 3상 전류의 인가에 따라 각 고정자 페어에 의해 유도 자계(고정자 토크)가 형성되며, 각 고정자 페어에 의해 형성된 유도 자계에 따른 합성 토크가 회전자(100)에 작용하여 합성 토크 방향으로 회전자(100)가 회전하게 된다.

[0044] **2. 유도 전동기의 특성 검증**

[0045] 도 6 내지 도 9는 본 실시예에 따른 유도 전동기의 동작 특성을 보인 예시도이다.

[0046] 앞서 언급한 것과 같이 본 실시예의 유도 전동기의 회전자(100)는, 종래의 도체바 및 엔드링의 적용 구조가 아

닌, 폐곡면 구조의 링(Ring) 타입으로 형성되며, 이에 따라 그 설계 및 제조 복잡성이 해소된다. 회전자(100) 및 인슐레이터(200)의 접합 지점을 포함하는 접합 평면은 조립체의 내부에서 자유 공간(Free Space)으로 형성된다.

[0047] 도 6A는 회전자(100)를 70㎜의 두께를 갖는 링 타입으로 모델링한 상태에서 하나의 고정자 페어에 소정 크기 및 위상을 갖는 3상 전류를 인가하였을 때 회전자(100)에 작용하는 토크의 크기를 보이고 있다(상기한 접합 평면이 자유 공간). 그리고, 도 6B 및 도 6C는 회전자(100)의 양측 개구가 전폐된 경우로서 그 두께가 각각 70㎜ 및 50㎜인 경우 하나의 페어에 소정 크기 및 위상을 갖는 3상 전류를 인가하였을 때 회전자(100)에 작용하는 토크의 크기를 보이고 있다(상기한 접합 평면이 전폐). 도 6A의 회전자는 상기한 접합 평면이 자유 공간으로 형성됨에 따라 본 실시예의 회전자 구조에 대응하며, 도 6B 및 도 6C는 상기한 접합 평면이 전폐됨에 따라 회전자 도체바가 엔드링을 통해 일체로 결합되는 종래의 회전자 구조에 대응한다. 도 6의 각 경우에서 합성 토크는 각각 1.1926[Nm], 1.1921[Nm] 및 1.1830[Nm]으로 나타났으며, 즉 각 경우에 대하여 합성 토크의 유의미한 변화는 나타나지 않음을 확인할 수 있다. 이는, 종래의 도체바 및 엔드링 구조의 회전자와 동등한 수준의 합성 토크가 확보될 수 있음과 동시에 도체바 및 엔드링의 제거를 통해 설계 및 제조 복잡성이 해소될 수 있음을 나타낸다.

[0049] 유도 전동기의 성능은 합성 토크의 크기 및 리플을 통해 검증될 수 있다. 합성 토크의 크기가 클수록 전동기의 구동력이 향상될 수 있으며, 합성 토크의 리플이 작을수록 전동기의 진동을 저감시켜 제어 용이성이 향상될 수 있다.

[0050] 관련하여, 도 7A는 종래의 도체바/엔드링 적용 유도 전동기 구조(이하, 종래 구조) 및 본 실시예의 도체바/엔드링 제거 유도 전동기 구조의 예시를 보이고 있고(이하 본 구조), 도 7B는 종래 구조(Bar type) 및 본 구조(Ring type)에 대한 합성 토크 리플을 보이고 있다. 도 7B에 도시된 것과 같이 합성 토크의 크기 측면에서는 본 구조 대비 종래 구조가 더 우수한 특성을 갖고, 과도 상태를 지난 후 정상 상태에서 합성 토크의 리플 측면에서는 종래 구조 대비 본 구조가 더 우수한 특성을 가짐을 확인할 수 있다.

[0051] 종래 구조 대비 열화된 토크 크기 성능은 고정자(400)의 재질 및 구조에 의해 보상될 수 있다. 도 8은 고정자(400)의 재질이 'Vacuum'(즉, Slotless), 'Steel'(철, 강판) 및 'Electric Steel'(전기 강판)으로 채용되었을 경우 합성 토크 성능을 보이고 있다. 도 8에 도시된 것과 같이 'Electric Steel'(전기 강판) 재질의 고정자의 경우 와전류 손실이 감소되어 합성 토크의 크기가 타 재질 대비 더 큰 값으로 확보될 수 있음을 확인할 수 있으며, 이에 본 실시예에서는 고정자(400)의 재질로서 전기 강판을 채용한다. 나아가, 고정자(400)는 미리 정의된 두께를 갖는 고정자 슬라이스가 복수 개 적층된 Stacked Slices 구조를 가질 수 있다. 즉, 전기 강판 재질의 매우 얇은 슬라이스를 적층시키고, 각 슬라이스 사이를 절연 구조로 형성하는 방식으로 고정자(400)를 구성함으로써, 절연 구조가 적용될 수 없는 Steel 재질 대비 와전류 손실을 효과적으로 감소시켜 합성 토크의 크기를 증가시킬 수 있다.

[0053] 도 9는 고정자 페어의 수(즉, N의 값)에 따른 합성 토크의 크기를 보이고 있다. 도 9에 도시된 것과 같이 고정자 페어의 수가 증가할수록 합성 토크의 크기가 증가함을 알 수 있다. 본 실시예의 고정자 페어의 수는 요구되는 합성 토크의 크기와 함께 제조 편의성 등을 종합적으로 고려하여 설계자의 의해 적절한 값으로 선택될 수 있다.

[0055] **3. 유도 전동기의 다축 제어**

[0056] 도 10 및 도 11은 본 실시예에 따른 유도 전동기의 다축 제어 방식을 보인 예시도이다.

[0057] 앞서 언급한 것과 같이 본 실시예의 유도 전동기는, 각 고정자 페어에 3상 전류가 인가되고, 3상 전류의 인가에 따라 각 고정자 페어에 의해 유도 자계(고정자 토크)가 형성되며, 각 고정자 페어에 의해 형성된 유도 자계에 따른 합성 토크가 회전자(100)에 작용하여 합성 토크 방향으로 회전자(100)가 회전하는 방식으로 동작한다.

[0058] 다축 제어를 위해, 본 실시예에서는 각 고정자 페어에 형성되는 유도 자계를 가변시켜 회전자(100)의 회전축을 틸팅(Tilting)시키는 구성을 채용한다. 즉, 제1 내지 제N 고정자 페어의 각 고정자 코일(500)에 인가되는 3상 전류의 크기 및 위상이 가변되고, 그에 따라 유도 자계가 가변되어 합성 토크의 크기 및 방향이 가변되며, 결과

적으로 회전자(100)의 회전축이 틸팅되는 방식으로 다축 제어가 구현된다.

[0059] 제1 내지 제N 고정자 페어에 속한 어느 하나의 제M 고정자 페어를 기준으로 설명하면, 먼저 제M 고정자 페어에 의해 형성되는 유도 자계가 감소되는 경우, 제M 고정자 페어를 구성하는 두 개의 고정자(400)를 연결하는 직선과 회전자(100)의 회전축이 이루는 예각이 감소하도록 회전자(100)의 회전축이 틸팅된다.

[0060] 도 10을 참조하여 구체적인 예시로 설명한다. 도 10A는 제1 내지 제3 고정자 페어(SP1 - SP3)에 소정 크기 및 위상을 갖는 3상 전류가 인가되어 합성 토크의 방향이 정좌측으로 형성된 상태를 보이고 있다(현재 회전축은 ①번 직선). 이때, 제1 고정자 페어(SP1, 전술한 제M 고정자 페어에 대응)의 고정자 코일(500)에 인가되는 3상 전류의 크기가 감소되어 제1 고정자 페어(SP1)에 의해 유도 자계가 감소되는 경우, 도 10B와 같이 합성 토크의 방향은 좌하측으로 변경된다(실시예의 이해를 돕기 위해 도 10B는 제1 고정자 페어(SP1)에 의한 유도 자계가 제거된 예시를 도시하였다). 결과적으로, 도 10C와 같이 회전자(100)의 회전축이 반시계 방향으로 틸팅되고 회전자(100)는 틸팅된 회전축(③번 직선)에 따라 회전하게 된다. 위 과정은, 제1 고정자 페어(SP1)를 구성하는 두 개의 고정자(400)의 중심을 연결하는 직선(②번 직선)과 변경 전 회전축(①번 직선) 간의 예각이 감소하도록 회전자(100)의 회전축이 틸팅되는 것으로 정량적으로 표현될 수 있다.

[0061] 다음으로, 제M 고정자 페어에 의해 형성되는 유도 자계가 증가되는 경우, 제M 고정자 페어를 구성하는 두 개의 고정자(400)를 연결하는 직선과 회전자(100)의 현재 회전축이 이루는 예각이 증가하도록 회전자(100)의 회전축이 틸팅된다.

[0062] 도 11을 참조하여 구체적인 예시로 설명한다. 도 11A는 제1 내지 제3 고정자 페어(SP1 - SP3)에 소정 크기 및 위상을 갖는 3상 전류가 인가되어 합성 토크의 방향이 정좌측으로 형성된 상태를 보이고 있다(현재 회전축은 ①번 직선). 이때, 제3 고정자 페어(SP3, 전술한 제M 고정자 페어에 대응)의 고정자 코일(500)에 인가되는 3상 전류의 크기가 증가되어 제3 고정자 페어(SP3)에 의해 유도 자계가 증가되는 경우, 도 11B와 같이 합성 토크의 방향은 좌하측으로 변경된다. 결과적으로, 도 11C와 같이 회전자(100)의 회전축이 반시계 방향으로 틸팅되고 회전자(100)는 틸팅된 회전축(③번 직선)에 따라 회전하게 된다. 위 과정은, 제3 고정자 페어(SP3)를 구성하는 두 개의 고정자(400)의 중심을 연결하는 직선(②번 직선)과 변경 전 회전축(①번 직선) 간의 예각이 증가하도록 회전자(100)의 회전축이 틸팅되는 것으로 정량적으로 표현될 수 있다.

[0064] **4. 유도 전동기의 조향 안정화 토폴로지**

[0065] 도 12는 본 실시예에 따른 유도 전동기의 회전 기준이 되는 3축 직교 좌표계를 보인 예시도이고, 도 13은 본 실시예에 따른 유도 전동기의 홀딩 부재의 구조를 보인 예시도이며, 도 14 내지 도 17은 본 실시예에 따른 유도 전동기의 회전 구속 과정을 보인 예시도이다.

[0066] 위에서 설명한 것과 같이 본 실시예는 물리적인 회전축을 적용하지 않고 유도 자계 가변 방식의 회전축 틸팅 방식을 통해 다축 제어를 구현한다. 이 경우, 물리적인 회전축이 구비되지 않음으로 인해 유도 전동기의 조향 불안정성이 야기될 수 있다. 도 12를 참조하여 구체적인 예시로서 설명하면, 유도 전동기의 회전자(100)가 X축을 회전축으로 회전하고 있는 상태에서 Y축 또는 Z축을 회전축으로 하는 회전력이 발생할 경우, 이는 정상적인 X축 기준의 회전자(100)의 회전을 방해하는 요인이 되며, 따라서 유도 전동기의 조향 및 구동 불안정성을 야기하게 된다.

[0067] 이에, 본 실시예는 유도 전동기의 내부 중심(즉, 회전자(100) 및 인슐레이터(200)의 조립체의 내부 중심)을 원점으로 하는 제1축 내지 제3축에 따른 3축 직교 좌표계를 기준으로 회전자(100)가 제1축(도 12에서 X축)을 회전축으로 하여 회전할 때, 자성을 기반으로 제2축(도 12에서 Y축) 또는 제3축(도 12에서 Z축)을 회전축으로 하는 회전자(100)의 회전을 구속하여 유도 전동기의 조향 및 구동 안정성을 향상시키는 구성을 채용한다.

[0068] 이를 위한 구성으로서, 본 실시예의 유도 전동기는 자성을 기반으로 회전자(100)의 회전을 구속하는 홀딩 부재(Holding Member)(600)를 포함한다. 도 13A에 예시로서 도시된 원리에 따라 홀딩 부재(600)는 조립체 내부에 삽입되도록 구성될 수 있다. 구체적으로, 도 13B에 도시된 것과 같이 홀딩 부재(600)는 적어도 부분적인 표면이 조립체의 외측을 향해 노출되도록 조립체에 매립된다. 홀딩 부재(600)는 조립체의 내부 중심을 관통하도록 형성되는 단일의 바(bar) 형태로 구성되어 길이 방향 단부의 해당하는 면이 조립체의 외측을 향해 노출되도록 구성될 수도 있고, 일정 두께를 갖는 두 개의 서브 홀딩 부재(600)로 구분되어 조립체에서 상호 대척점에 위치하도록 구성될 수도 있다.

[0069] 조립체의 외측에 노출되는 홀딩 부재(600)의 두 개의 표면에는 각각 N극 및 S극의 자극이 유도된다(홀딩 부재에 대한 유도 자극의 유도는 로렌츠의 힘(Lorentz Force) 및 패러데이 유도 법칙(Faraday's Law of Induction)에 따른다). 구체적으로, 홀딩 부재(600)는 고정자 코일(500)에 전류가 인가되어 유도된 유도 자극에 따른 자성을 기반으로 회전자(100)의 회전을 구속하는 기능을 수행한다. 홀딩 부재(600)의 재질로는 스틸(Steel)이 채용될 수 있다. 홀딩 부재(600)의 자성을 기반으로 회전자(100)의 구속이 이루어지는 점에서 홀딩 부재(600)를 영구 자석으로 구현하는 방안도 고려될 수 있으나, 이 경우 영구 자석의 상시 자성으로 인해 회전자(100)의 정상적인 회전(즉, 도 10A 및 도 11A와 같은 정상적인 유도 전동기의 구동)까지 구속될 수 있는 점을 고려하여, 본 실시예에서는 회전자(100)의 구속이 필요한 경우에만 자성이 유도되도록 구성하기 위해 홀딩 부재(600)를 스틸 재질로 구현한다.

[0070] 도 14를 참조하여 회전자(100)의 회전이 구속되는 과정을 구체적으로 설명한다. 도 14의 X축, Y축, Z축은 도 12의 X축, Y축, Z축에 따른다.

[0071] 도 14A는 회전자(100)가 제1축(X축)을 회전축으로 하여 회전할 때, 제2축(Y축)을 회전축으로 하는 회전자(100)의 회전이 구속되는 원리를 보이고 있다. 프로세서(20)에 의해 고정자 코일(500), 즉 3상 코일로 인가되는 각 직류 전류의 크기 및 위상이 제어됨에 따라, 홀딩 부재(600)에는 제1 자극(예: N극)이 유도되고, 고정자(400)의 길이 방향을 기준으로 그 중심(자세히는, 중심 부분 중 조립체로 향하는 측)에는 제2 자극(예: S극), 그리고 엣지(Edge)에는 제1 자극이 유도된다. 이에 따라, 홀딩 부재(600)는 유도 자극에 따라 형성되는 고정자(400)의 길이 방향 엣지 측과의 척력(斥力)을 통해 제2축(Y축)을 회전축으로 하는 회전자(100)의 회전을 구속한다. 즉, 홀딩 부재(600) 및 고정자(400) 길이 방향 엣지 측 간의 척력에 의해 유도 전동기에는 제2축(Y축)을 회전축으로 하는 회전자(100)의 회전을 구속하는 복원 토크(T_Y)가 형성되며, 이에 따라 제2축(Y축)을 회전축으로 하는 회전자(100)의 회전이 구속된다. 또한, 홀딩 부재(600)는 유도 자극에 따라 형성되는 고정자(400) 측과의 인력(引力)을 통해 제1축(X축) 방향에 대한 회전자(100)의 변위를 구속한다. 즉, 홀딩 부재(600) 및 고정자(400) 길이 방향 중심 간의 인력에 의해 유도 전동기의 제1축(X축) 방향(도 14A 기준 상하 방향)으로의 변위가 구속된다.

[0072] 도 14B는 회전자(100)가 제1축(X축)을 회전축으로 하여 회전할 때, 제3축(Z축)을 회전축으로 하는 회전자(100)의 회전이 구속되는 원리를 보이고 있다. 제3축(Z축) 기준 회전자(100)의 회전 구속을 위해 제1 내지 제K 고정자가 사용된다(K는 3 이상의 자연수. 실시예의 이해를 돕기 위해 K가 3인 예시로서 설명한다). 프로세서(20)에 의해 제1 내지 제3 고정자(401 - 403)의 각 고정자 코일(500)로 인가되는 각 직류 전류의 크기 및 위상이 제어됨에 따라, 홀딩 부재(600)에는 제1 자극(예: N극)이 유도되고, 중앙에 위치한 제2 고정자(402)에는 제2 자극이 유도되며(예: S극), 엣지에 위치한 제1 및 제3 고정자(401, 403)에는 제1 자극이 유도된다. 이에 따라, 홀딩 부재(600)는 유도 자극에 따라 형성되는 제1 및 제3 고정자(401, 403) 측과의 척력(斥力)을 통해 제3축(Z축)을 회전축으로 하는 회전자(100)의 회전을 구속한다. 즉, 홀딩 부재(600)와 제1 및 제3 고정자(401, 403) 측 간의 척력에 의해 유도 전동기에는 제3축(Z축)을 회전축으로 하는 회전자(100)의 회전을 구속하는 복원 토크(T_Z)가 형성되며, 이에 따라 제3축(Z축)을 회전축으로 하는 회전자(100)의 회전이 구속된다. 또한, 홀딩 부재(600)는 유도 자극에 따라 형성되는 제1 고정자(401) 측과의 인력(引力)을 통해 제1축(X축) 방향에 대한 회전자(100)의 변위를 구속한다. 즉, 홀딩 부재(600) 및 제1 고정자(401) 측 간의 인력에 의해 유도 전동기의 제1축(X축) 방향(도 14B 기준 상하 방향)으로의 변위가 구속된다.

[0073] 도 15 및 하기 표 1은 제2축(Y축) 및 제3축(Z축)을 회전축으로 하는 회전자(100)의 회전각이 +10[deg]로 형성된 경우 회전자(100)에 작용하는 복원 토크의 실험데이터를 보이고 있다('+'는 반시계 방향을 나타내며 '-'는 시계 방향을 나타낸다).

[0074] 도 15A는 제2축(Y축)을 회전축으로 하는 회전자(100)의 회전각이 +10[deg]로 형성된 상태를 보이고 있다. 하기 표 1에 따를 때 복원 토크(T_Y)가 +527.7[mNm]로 형성되어, 반시계 방향으로 회전자(100)를 복원시키는 토크가 발생됨을 확인할 수 있으며, 이에 따라 제2축(Y축)을 회전축으로 하는 회전자(100)의 회전이 구속됨을 확인할 수 있다. 반면, 홀딩 부재(600)가 적용되지 않을 경우 복원 토크(T_Y)가 -2.3[mNm]으로 형성되어, 오히려 시계 방향으로 회전자(100)의 회전을 야기하는 토크가 발생된다.

[0075] 도 15B는 제3축(Z축)을 회전축으로 하는 회전자(100)의 회전각이 +10[deg]로 형성된 상태를 보이고 있다. 하기 표 1에 따를 때 복원 토크(T_Z)가 +135.1[mNm]로 형성되어, 반시계 방향으로 회전자(100)를 복원시키는 토크가 발생됨을 확인할 수 있으며, 이에 따라 제3축(Z축)을 회전축으로 하는 회전자(100)의 회전이 구속됨을 확인할

수 있다. 반면, 홀딩 부재(600)가 적용되지 않을 경우 복원 토크(T_Z)가 -1.5[mNm]으로 형성되어, 오히려 시계 방향으로 회전자(100)의 회전을 야기하는 토크가 발생된다.

표 1

[0076]

	T_Y[mNm]	T_Z[mNm]
홀딩 부재 미적용	-2.3	-1.5
홀딩 부재 적용	+527.7	+135.1

[0077] 도 16 및 하기 표 2는 제2축(Y축) 및 제3축(Z축)을 회전축으로 하는 회전자(100)의 회전각이 -10[deg]로 형성된 경우 회전자(100)에 작용하는 복원 토크의 실험데이터를 보이고 있다('+'는 반시계 방향을 나타내며 '-'는 시계 방향을 나타낸다).

[0078] 도 16A는 제2축(Y축)을 회전축으로 하는 회전자(100)의 회전각이 -10[deg]로 형성된 상태를 보이고 있다. 하기 표 2에 따를 때 복원 토크(T_Y)가 -564.6[mNm]로 형성되어, 시계 방향으로 회전자(100)를 복원시키는 토크가 발생됨을 확인할 수 있으며, 이에 따라 제2축(Y축)을 회전축으로 하는 회전자(100)의 회전이 구속됨을 확인할 수 있다. 반면, 홀딩 부재(600)가 적용되지 않을 경우 복원 토크(T_Y)가 -2.9[mNm]으로 형성되어, 홀딩 부재(600)가 적용되는 경우 대비 충분치 않은 복원 토크(T_Y)가 발생된다.

[0079] 도 16B는 제3축(Z축)을 회전축으로 하는 회전자(100)의 회전각이 -10[deg]로 형성된 상태를 보이고 있다. 하기 표 2에 따를 때 복원 토크(T_Z)가 -85[mNm]로 형성되어, 시계 방향으로 회전자(100)를 복원시키는 토크가 발생됨을 확인할 수 있으며, 이에 따라 제3축(Z축)을 회전축으로 하는 회전자(100)의 회전이 구속됨을 확인할 수 있다. 반면, 홀딩 부재(600)가 적용되지 않을 경우 복원 토크(T_Z)가 +2.7[mNm]으로 형성되어, 오히려 반시계 방향으로 회전자(100)의 회전을 야기하는 토크가 발생된다.

표 2

[0080]

	T_Y[mNm]	T_Z[mNm]
홀딩 부재 미적용	-2.9	+2.7
홀딩 부재 적용	-564.6	-85

[0081] 한편, 고정자 코일(500)은 제2축(Y축) 또는 제3축(Z축)을 회전축으로 하는 회전자(100)의 회전각이 미리 정의된 한계 회전각을 초과하지 않도록 하기 위한 복원 토크가 발생되는 턴 수로 고정자(400)에 권선되어 있을 수 있다. 여기서, 한계 회전각은, 제2축(Y축) 또는 제3축(Z축)을 회전축으로 하여 형성된 회전각을 제거할 수 있는 회전각 상한치를 의미한다.

[0082] 도 17은 제2축(Y축) 및 제3축(Z축)을 회전축으로 하는 회전자(100)의 회전각에 따라 나타나는 복원 토크 특성을 도시하고 있다. 제2축(Y축)을 회전축으로 하여 형성된 회전자(100)의 회전각을 제거하기 위한 최소의 복원 토크가 420[mNm](회전각 15[deg]에 대응)이고, 제3축(Z축)을 회전축으로 하여 형성된 회전자(100)의 회전각을 제거하기 위한 최소의 복원 토크가 24.4[mNm](15[deg]에 대응)일 경우, 제2축(Y축) 또는 제3축(Z축)을 회전축으로 하여 형성된 회전자(100)의 회전각이 15[deg]를 초과하면 최소의 복원 토크가 확보될 수 없으며, 이는 제2축(Y축) 또는 제3축(Z축)을 회전축으로 하는 회전자(100)의 회전이 구속될 수 없음을 의미한다.

[0083] 위와 같은 현상을 방지하기 위해, 고정자 코일(500)은 제2축(Y축) 또는 제3축(Z축)을 회전축으로 하는 회전자(100)의 회전각이 미리 정의된 한계 회전각(도 17에서 15[deg])을 초과하지 않도록 하기 위한 복원 토크(도 17에서 420[mNm](T_Y), 24.4[mNm](YZ))가 발생되는 턴 수로 고정자(400)에 권선되어 있을 수 있다. 이에 따라, 제2축(Y축) 또는 제3축(Z축)을 회전축으로 하는 회전자(100)의 회전각이 한계 회전각을 벗어나기 이전에 회전자(100)를 복원시키는데 충분한 복원 토크가 발생하여 회전자(100)의 회전이 구속될 수 있다.

[0085] **5. 유도 전동기의 제어 장치 및 방법**

[0086] 도 18은 본 실시예에 따른 전동기 제어 장치를 보인 블록구성도이다. 전동기 제어 장치는 앞서 설명한 유도 전

동기를 제어하는 장치에 해당하며, 유도 전동기의 제어를 위해 필요한 제어 데이터(예: 고정자 페어의 수, 유도 전동기의 구동을 위해 요구되는 최소 합성 토크, 유도 전동기의 최대 합성 토크, 회전자(100)의 회전 구속을 위한 최소 복원 토크, 회전자(100)의 한계 회전각 등)를 저장하는 메모리(10)와, 메모리(10)에 저장된 제어 데이터를 토대로 전동기의 동작을 제어하는 프로세서(20)를 포함한다. 메모리(10)는 판독 전용 메모리(ROM: Read-Only Memories), 랜덤 액세스 메모리(RAM: Random Access Memories), 소거 가능 프로그래밍 가능 판독-전용 메모리(EPROM: Erasable Programmable Read-Only Memory), 전기적 소거가능 프로그래밍 가능 판독-전용 메모리(EEPROM: Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory), 플래시 메모리 등으로 구현될 수 있다. 프로세서(20)는 중앙 처리 장치(CPU: Central Processing Unit) 또는 SoC(System on Chip)로 구현될 수 있으며, 운영 체제 또는 어플리케이션을 구동하여 프로세서(20)에 연결된 복수의 하드웨어 또는 소프트웨어 구성요소들을 제어할 수 있고, 각종 데이터 처리 및 연산을 수행할 수 있다. 프로세서(20)는 메모리(10)에 저장된 적어도 하나의 명령을 실행시키고, 그 실행 결과 데이터를 메모리(10)에 저장하도록 구성될 수 있다.

[0087] 프로세서(20)는 유도 전동기에 대한 제어 지령(프로세서(20)와 연결된 입출력 인터페이스를 통한 사용자의 조작일 수도 있고, 유도 전동기에 대하여 메모리(10)에 미리 정의된 동작 알고리즘에 따른 제어 지령일 수도 있다)을 수신한 경우, 수신된 제어 지령에 따라 각 고정자 페어에 3상 전류를 인가함으로써(즉, 유도 전동기에 연결된 인버터를 제어하는 방식으로 인버터로부터 3상 전류가 고정자 페어에 인가되도록 함으로써), 3상 전류의 인가에 따라 각 고정자 페어에 의해 유도 자계가 형성되도록 하고, 각 고정자 페어에 의해 형성된 유도 자계에 따른 합성 토크가 회전자(100)에 작용하여 합성 토크 방향으로 회전자(100)가 회전하도록 한다. 또한, 프로세서(20)는 각 고정자 페어에 형성되는 유도 자계를 가변시켜 회전축을 틸팅시킴으로써 전동기에 대한 다축 제어를 수행한다.

[0088] 도 10을 참조하여 구체적인 예시로서 설명하면, 도 10A와 같이 현재 회전자(100)의 회전축이 ①번 직선에 해당하는 상태에서 제어 지령에 따라 회전축을 제1 방향(반시계 방향)으로 틸팅시켜야 하는 경우, 제1 고정자 페어(SP1)에 의해 형성되는 유도 자계를 감소시키는 방안과, 제3 고정자 페어(SP3)에 의해 형성되는 유도 자계를 증가시키는 방안이 고려될 수 있다. 이때, 제어 지령에 따라 합성 토크의 크기를 감소시켜야 하는 경우(예: 현재 합성 토크의 크기가 유도 전동기의 최대 합성 토크 크기인 경우 등), 프로세서(20)는 도 10B와 같이 현재 회전축(①번 직선)을 기준으로 제1 방향으로 가장 가깝게 위치한 제1 고정자 페어(SP1, 전술한 제M 고정자 페어에 대응)에 의해 형성되는 유도 자계를 감소시켜 합성 토크의 크기를 감소시킴과 동시에 회전축을 제1 방향으로 틸팅시킨다. 이에 따라, 도 10C와 같이 회전자(100)의 회전축이 제1 방향으로 틸팅되고 회전자(100)는 틸팅된 회전축(③번 직선)에 따라 회전하게 된다.

[0089] 또한, 프로세서(20)는, 상기한 제어 지령에 따라, 회전자(100)의 회전축을 제1 방향으로 틸팅시키는 경우로서 합성 토크의 크기를 증가시켜야 하는 경우, 회전자(100)의 현재 회전축을 기준으로 제1 방향과 반대 방향인 제2 방향에 위치한 제M 고정자 페어에 의해 형성되는 유도 자계를 증가시킨다.

[0090] 도 11을 참조하여 구체적인 예시로서 설명하면, 도 11A와 같이 현재 회전자(100)의 회전축이 ①번 직선에 해당하는 상태에서 제어 지령에 따라 회전축을 제1 방향(반시계 방향)으로 틸팅시켜야 하는 경우, 제1 고정자 페어(SP1)에 의해 형성되는 유도 자계를 감소시키는 방안과, 제3 고정자 페어(SP3)에 의해 형성되는 유도 자계를 증가시키는 방안이 고려될 수 있다. 이때, 제어 지령에 따라 합성 토크의 크기를 증가시켜야 하는 경우(예: 경사로 진입을 위해 더 큰 합성 토크가 필요한 경우 등), 프로세서(20)는 현재 회전축(①번 직선)을 기준으로 제2 방향(시계 방향)으로 가장 가깝게 위치한 제3 고정자 페어(SP3, 전술한 제M 고정자 페어에 대응)에 의해 형성되는 유도 자계를 증가시켜 합성 토크의 크기를 증가시킴과 동시에 회전축을 제1 방향으로 틸팅시킨다. 이에 따라, 도 11C와 같이 회전자(100)의 회전축이 제1 방향으로 틸팅되고 회전자(100)는 틸팅된 회전축(③번 직선)에 따라 회전하게 된다.

[0091] 한편, 프로세서(20)는 고정자(400)에 권선된 고정자 코일(500)에 전류를 인가하여 유도 자극을 형성함으로써, 유도 자극에 따라 홀딩 부재(600)와 고정자(400) 사이에 형성되는 자성을 기반으로 회전자(100)의 회전이 구속되도록 한다.

[0092] 구체적으로, 프로세서(20)는 고정자 코일(500), 즉 3상 코일에 각각 인가되는 전류를 제어하는 방식으로, 홀딩 부재(600) 및 고정자(400)의 길이 방향 엣지 측 간 척력(斥力)이 형성되도록 함으로써 제2축(Y축)을 회전축으로 하는 회전자(100)의 회전을 구속하고, 홀딩 부재(600) 및 고정자(400) 측 간 인력(引力)이 형성되도록 함으로써 제1축(X축) 방향에 대한 회전자(100)의 변위를 구속한다.

[0093] 또한, 프로세서(20)는 3상 코일에 각각 인가되는 전류를 제어하는 방식으로, 홀딩 부재(600)와 제1 및 제K 고정

자 측 간 척력(斥力)이 형성되도록 함으로써 제3축(Z축)을 회전축으로 하는 회전자(100)의 회전을 구속하고, 홀딩 부재(600) 및 제L 고정자 측 간 인력(引力)이 형성되도록 함으로써 제1축(X축) 방향에 대한 회전자(100)의 변위를 구속한다(본 실시예에서는 K는 3, L은 2인 예시로 설명하였다).

[0094] 또한, 프로세서(20)는 제2축(Y축) 또는 제3축(Z축)을 회전축으로 하는 회전자(100)의 회전각이 미리 정의된 한계 회전각을 초과하지 않도록 하기 위한 복원 토크를 발생시킬 수 있는 크기의 전류를 3상 코일에 각각 인가하도록 구성될 수 있다. 즉, 제2축(Y축) 또는 제3축(Z축)을 회전축으로 하는 회전자(100)의 회전각이, 도 17에 도시된 한계 회전각인 15[deg]를 초과하지 않도록 하기 위한 복원 토크(420[mNm](T_Y), 24.4[mNm](T_Z))를 발생시킬 수 있는 크기의 전류를 3상 코일에 각각 인가하도록 구성될 수 있다.

[0096] 도 19는 본 실시예에 따른 전동기 제어 방법을 보인 흐름도이다. 도 19에 도시된 것과 같이 본 실시예의 전동기 제어 방법은 프로세서(20)가 전동기의 제어 지령을 수신하는 S10 단계와, 프로세서(20)가 S10 단계에서 수신한 제어 지령에 따라 전동기를 제어하는 S20 단계를 포함한다. S20 단계에서, 프로세서(20)는 수신한 제어 지령에 따라 회전자(100)를 회전시키되, 고정자(400)에 권선된 고정자 코일(500)에 전류를 인가하여 유도 자극을 형성함으로써, 유도 자극에 따라 홀딩 부재(600)와 고정자 사이에 형성되는 자성을 기반으로 회전자(100)의 회전이 구속되도록 한다.

[0098] 이와 같이 본 발명에 따를 때, 유도 전동기의 회전자를 그 원주 방향을 기준으로 폐곡면 구조로 형성하고 원주 방향의 수직 방향을 기준으로 양측에 형성된 개구가 인슐레이터(200)에 의해 폐쇄되도록 구성하여 회전자의 내부에 자유 공간이 형성되도록 함으로써 종래의 도체바 및 엔드링의 적용없이 유도 전동기가 구현될 수 있으며, 이에 따라 유도 전동기의 설계 및 제조 복잡성이 해소될 수 있다.

[0099] 또한, 본 발명에 따를 때, 고정자 코일(고정자 권선)에 인가하는 전류 제어를 기반으로 유도 자계를 가변시키고 그에 따라 회전자의 회전축이 틸팅되도록 함으로써, 종래 물리적인 회전축 틸팅 방식에 따른 다축 제어 구현상의 한계를 극복하고 3차원적으로 제어 가능한 회전 자유도를 구현할 수 있다.

[0100] 또한, 본 발명에 따를 때, 회전자가 제1축 방향으로 회전할 때, 제1축 방향으로의 회전을 방해하는 제2축 또는 제3축 기준의 회전자 회전을 구속함으로써 전동기의 조향 및 구동 안정성을 향상시킬 수 있다.

[0101] 본 명세서에서 설명된 구현은, 예컨대, 방법 또는 프로세스, 장치, 소프트웨어 프로그램, 데이터 스트림 또는 신호로 구현될 수 있다. 단일 형태의 구현의 맥락에서만 논의(예컨대, 방법으로서만 논의)되었더라도, 논의된 특징의 구현은 또한 다른 형태(예컨대, 장치 또는 프로그램)로도 구현될 수 있다. 장치는 적절한 하드웨어, 소프트웨어 및 펌웨어 등으로 구현될 수 있다. 방법은, 예컨대, 컴퓨터, 마이크로프로세서, 집적 회로 또는 프로그래밍가능한 로직 디바이스 등을 포함하는 프로세싱 디바이스를 일반적으로 지칭하는 프로세서 등과 같은 장치에서 구현될 수 있다. 프로세서는 또한 최종-사용자 사이에 정보의 통신을 용이하게 하는 컴퓨터, 셀 폰, 휴대용/개인용 정보 단말기(personal digital assistant: "PDA") 및 다른 디바이스 등과 같은 통신 디바이스를 포함한다.

[0102] 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 기술적 보호범위는 아래의 특허청구범위에 의해서 정하여져야 할 것이다.

부호의 설명

[0104] 100: 회전자

110: 베이스 전도성 부재

120: 자계 보강 전도성 부재

200: 인슐레이터

300: 강성 보강 부재

400: 고정자

410: 고정자 바디

420: 티스

430: 슬롯

500: 고정자 코일

600: 홀딩 부재

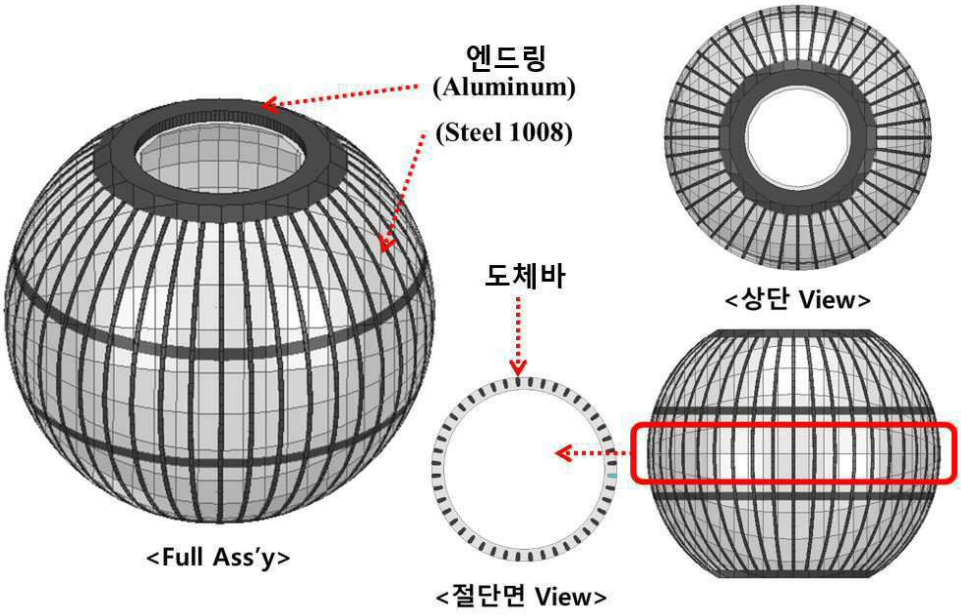
SP: 고정자 페어

10: 메모리

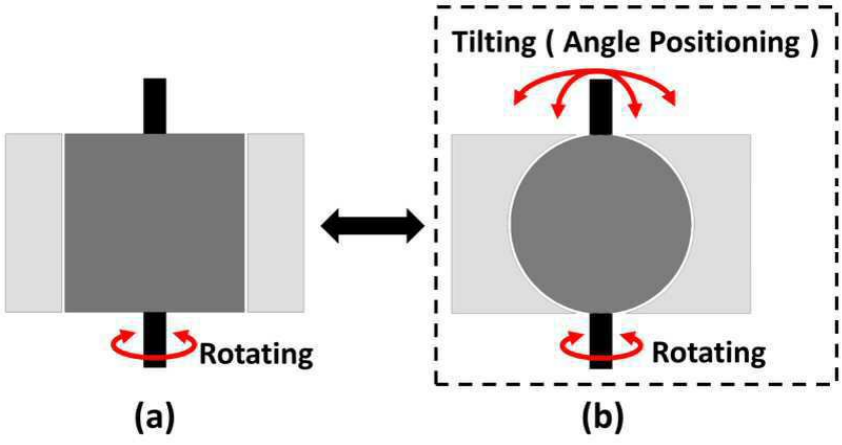
20: 프로세서

도면

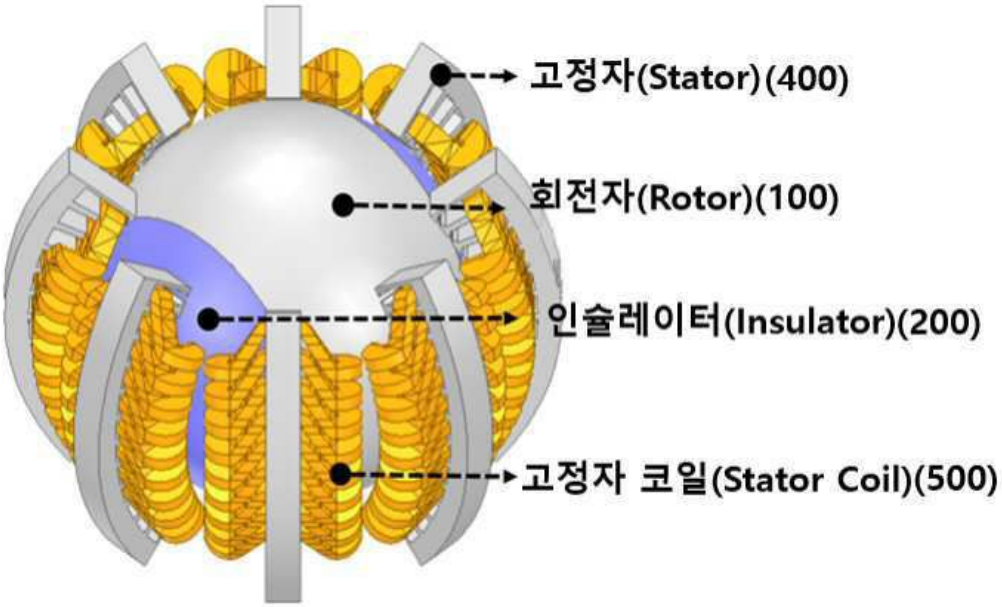
도면1



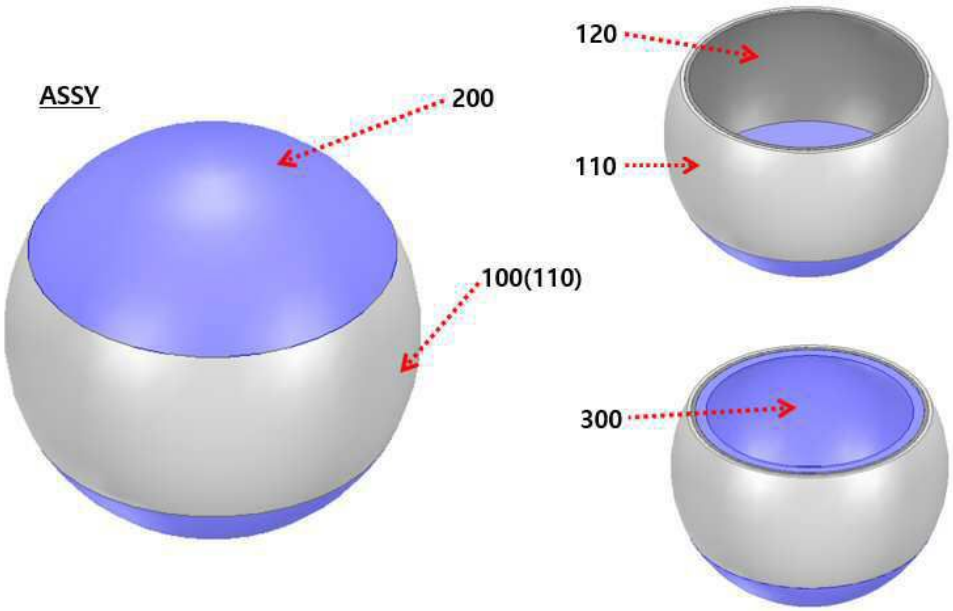
도면2



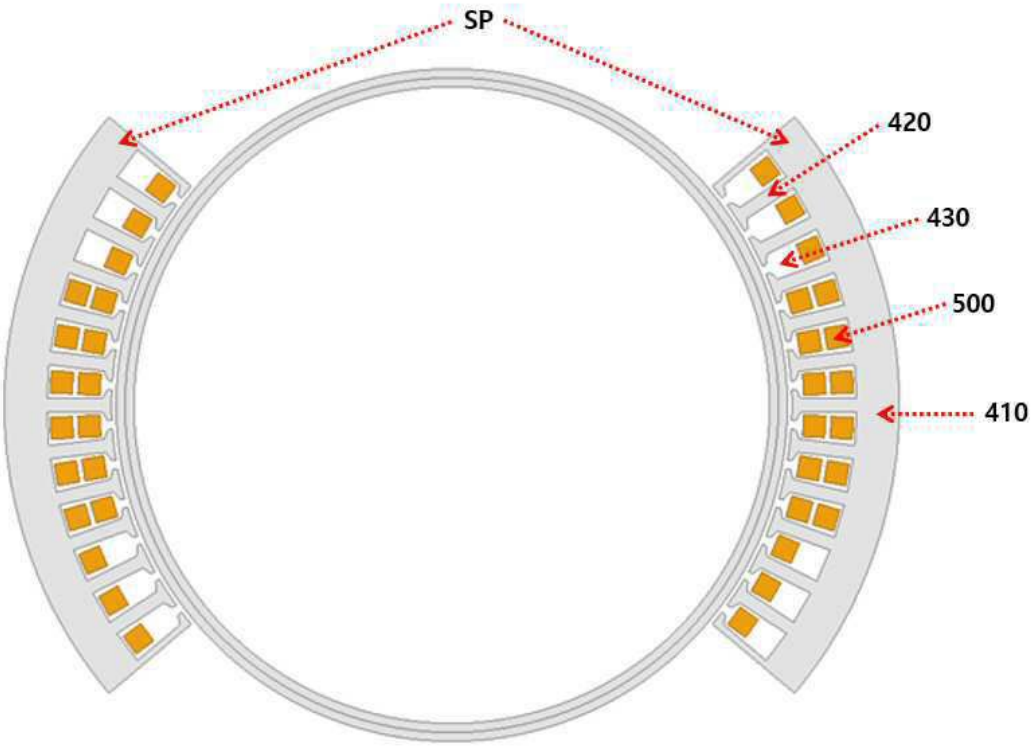
도면3


고정자(Stator)(400)
회전자(Rotor)(100)
인슐레이터(Insulator)(200)
고정자 코일(Stator Coil)(500)

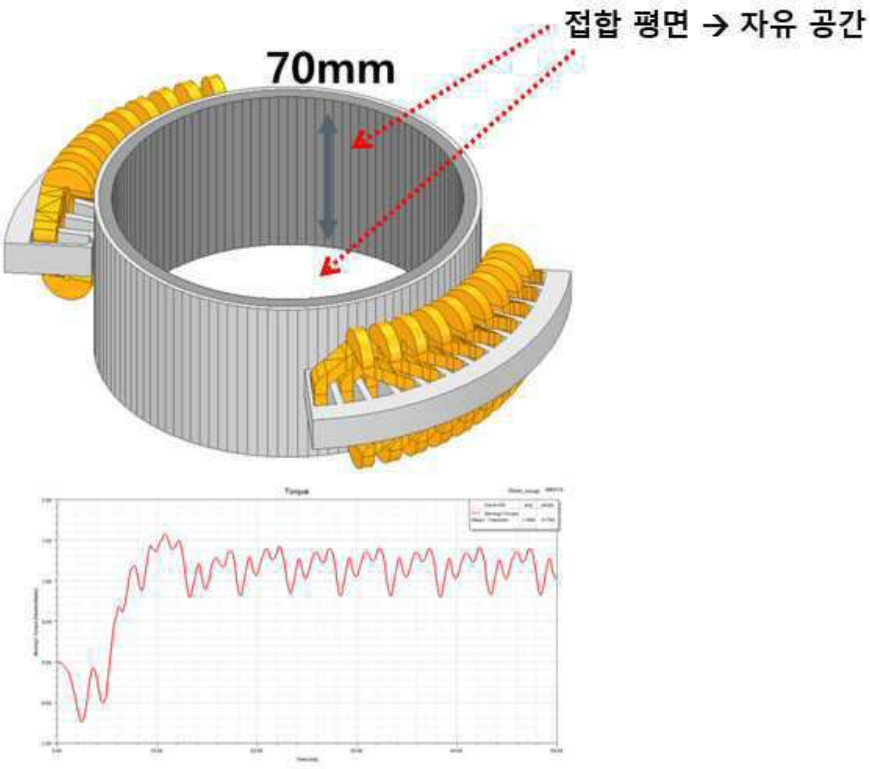
도면4


ASSY
200
100(110)
120
110
300

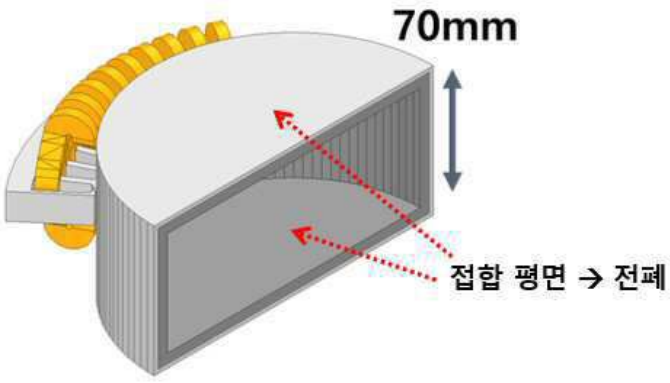
도면5

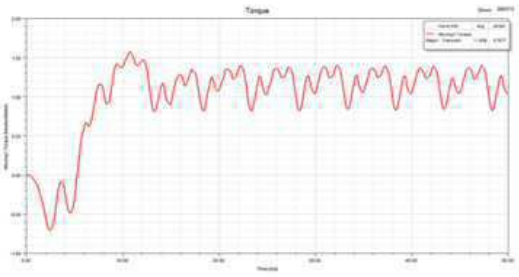


도면6a



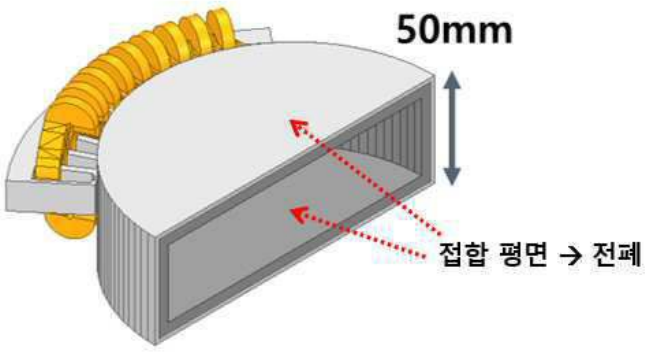
도면6b

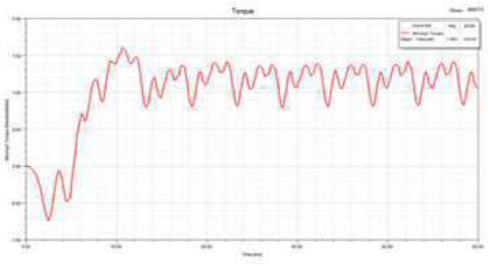




Torque= 1.1921 [Nm]

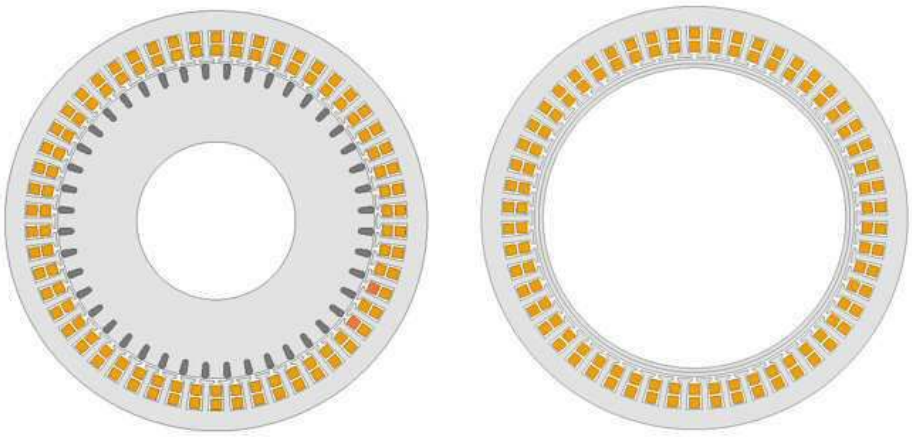
도면6c





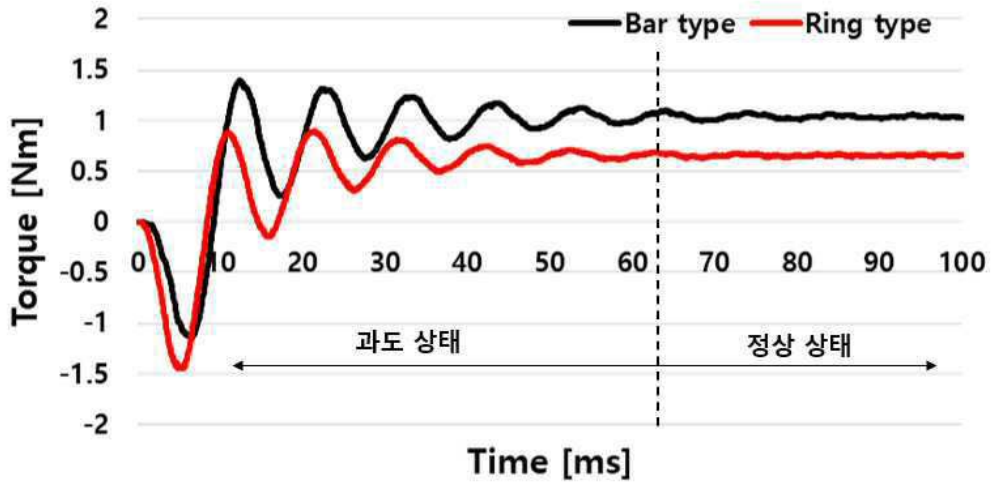
Torque= 1.1830 [Nm]

도면7a

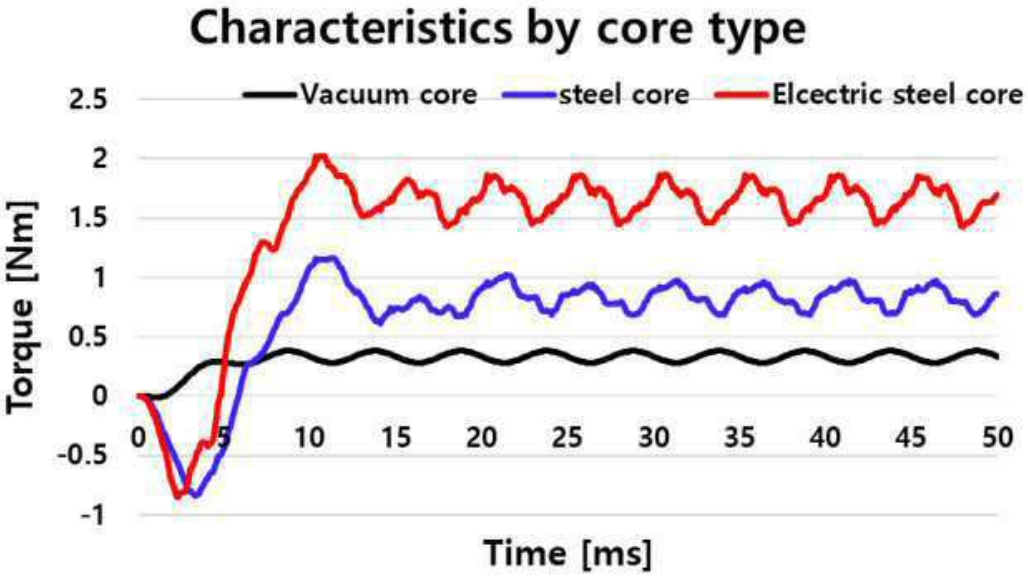


<종래 구조: Bar type>　　<본 구조: Ring type>

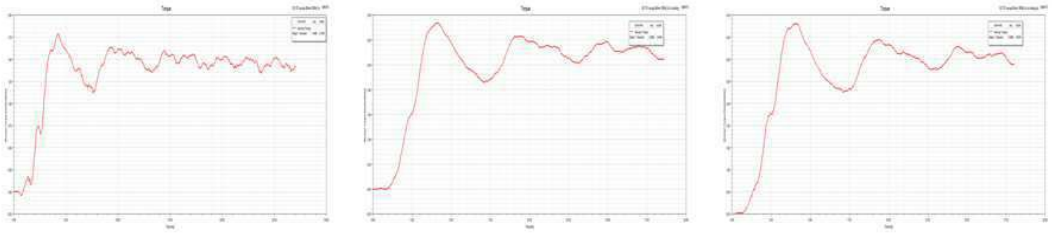
도면7b



도면8



도면9



1 stator pair

1.45 [Nm]

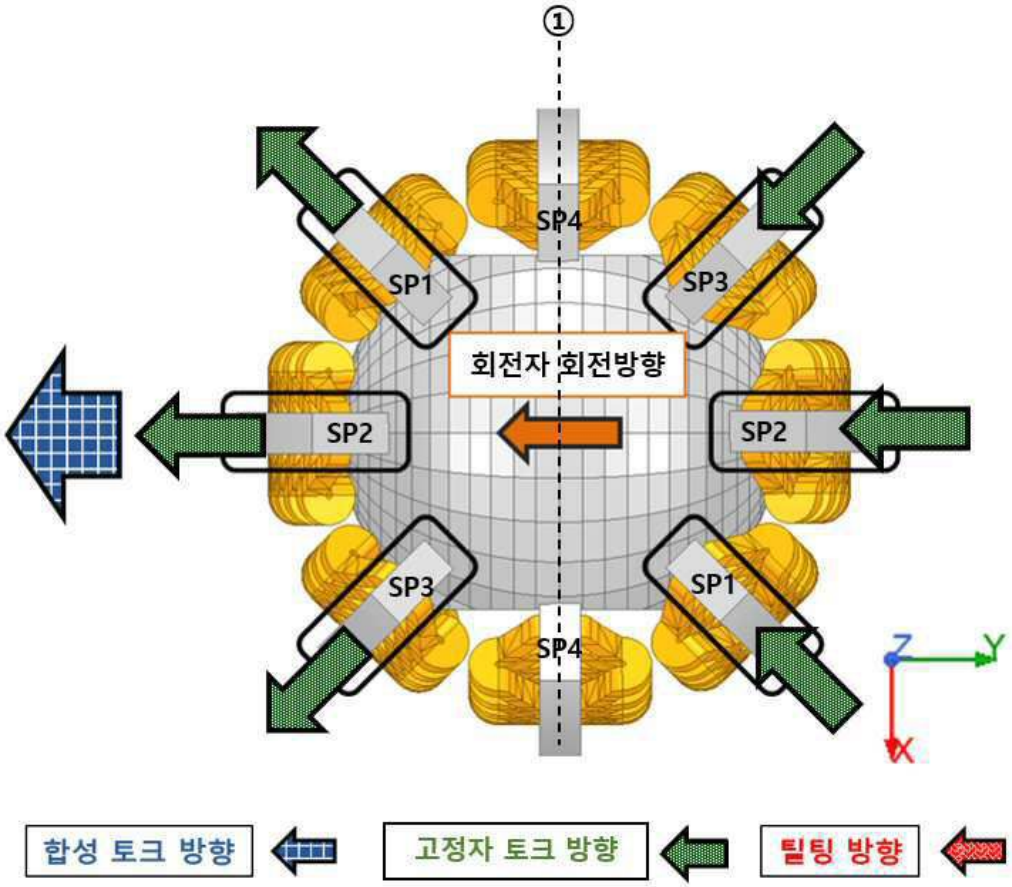
2 stator pair

2.76 [Nm]

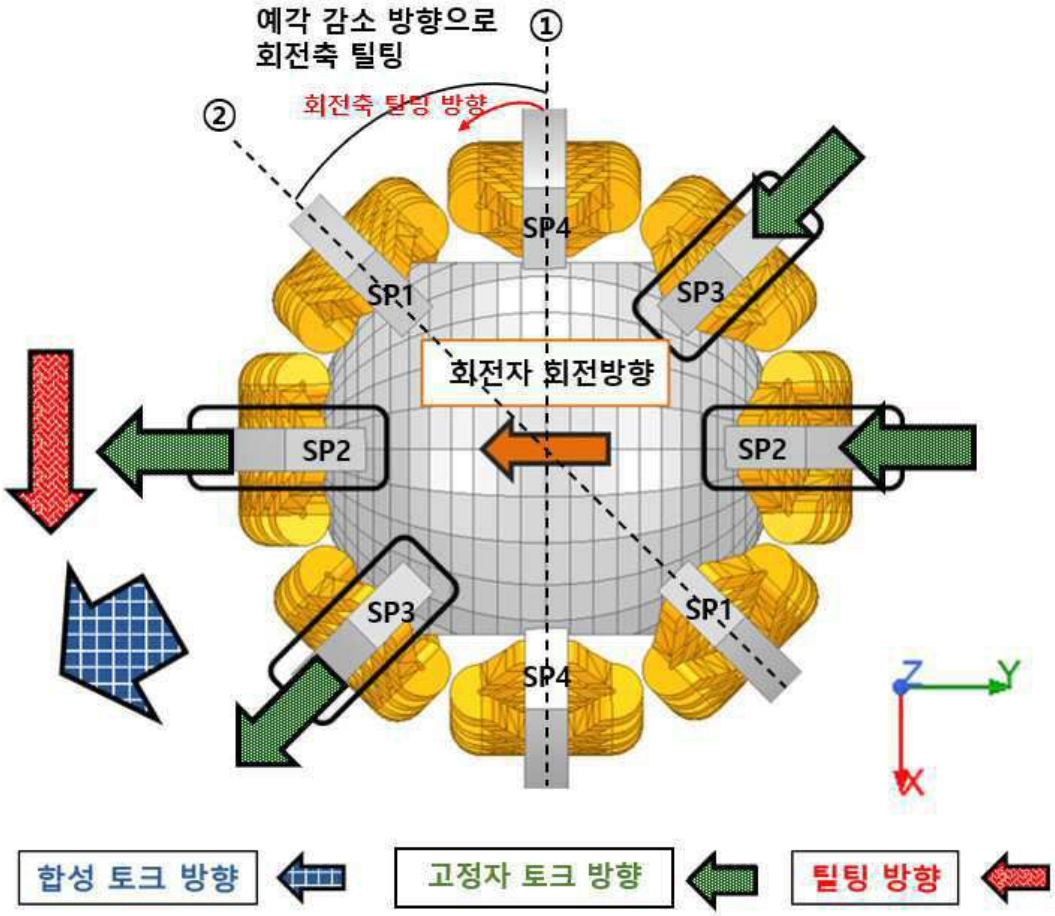
3 stator pair

3.53 [Nm]

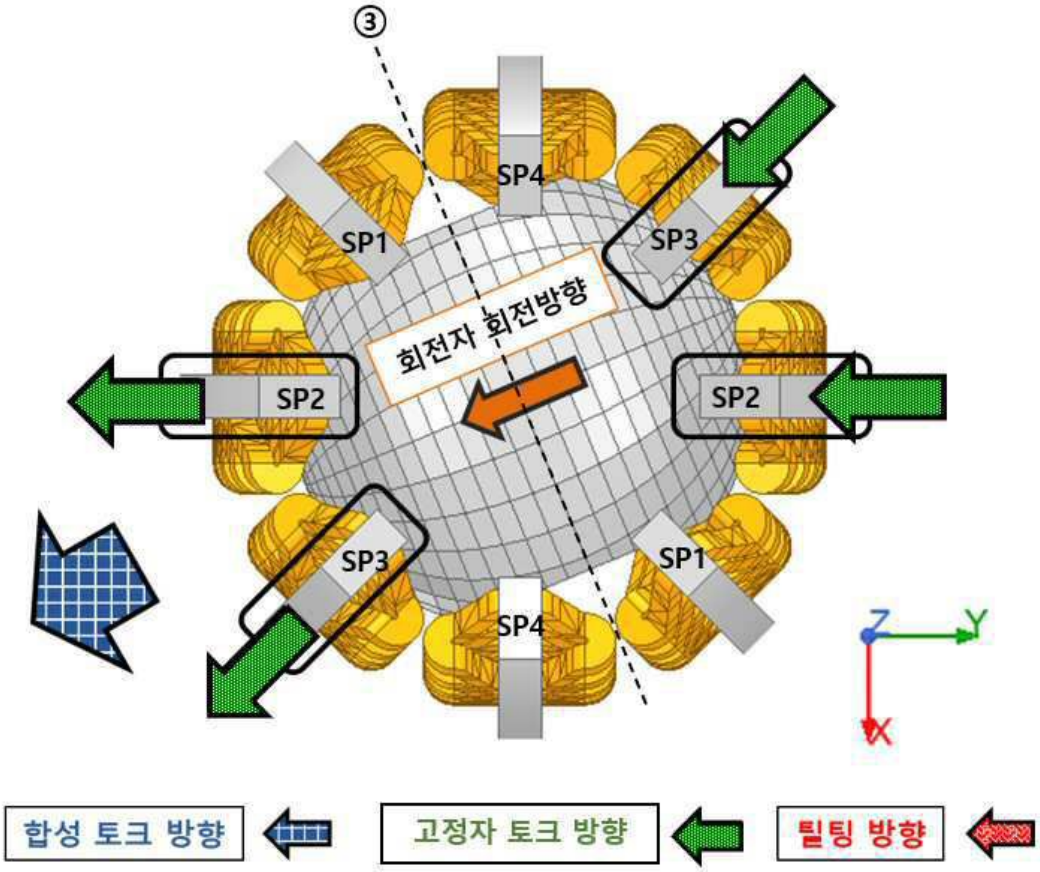
도면10a



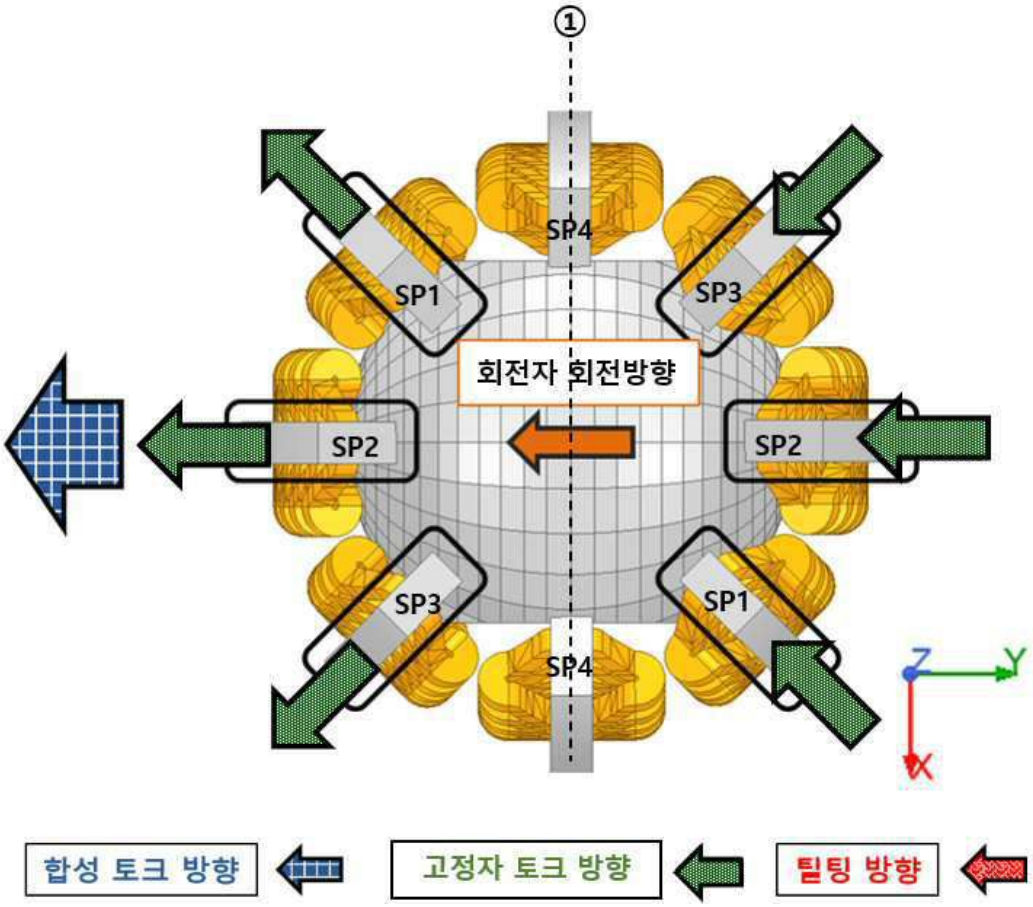
도면10b


예각 감소 방향으로
회전축 틸팅
①
②
회전축 틸팅 방향
SP4
SP1
SP3
회전자 회전방향
SP2
SP2
SP3
SP1
SP4
Z
Y
X
합성 토크 방향
고정자 토크 방향
틸팅 방향

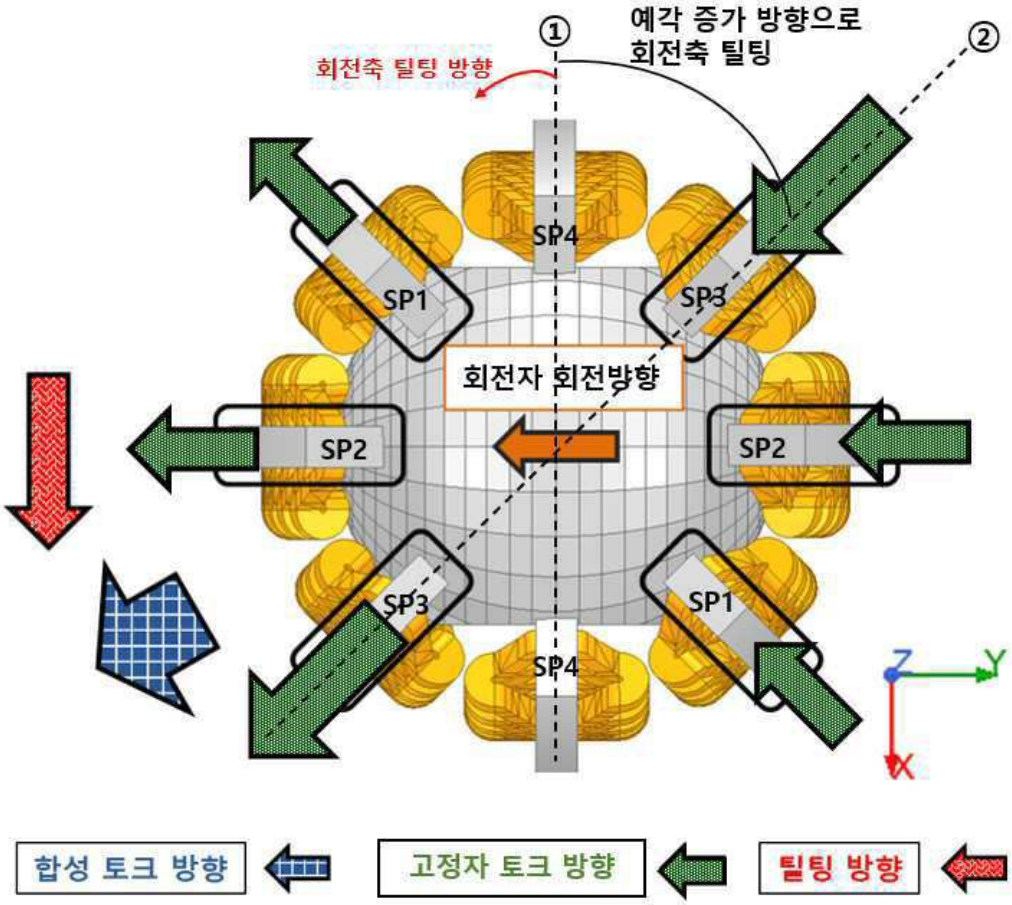
도면10c


③
SP4
SP1
SP3
회전자 회전방향
SP2
SP2
SP3
SP1
SP4
Z
Y
X
합성 토크 방향
고정자 토크 방향
틸팅 방향

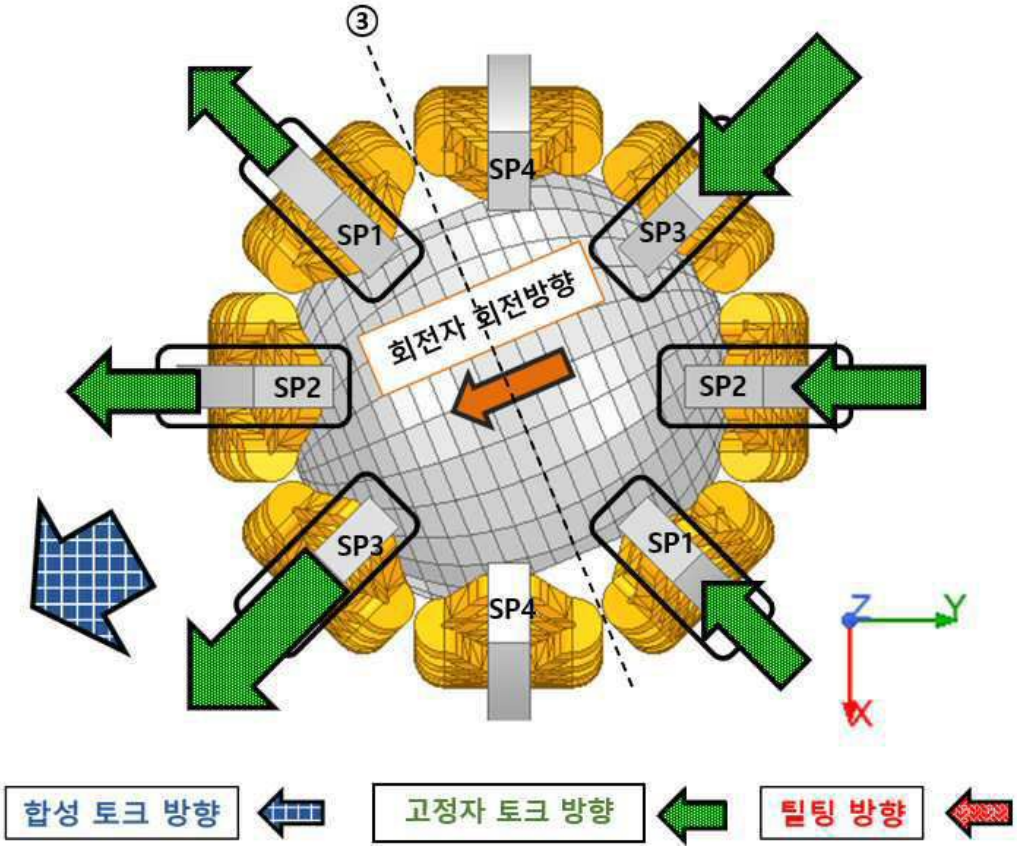
도면11a


①
SP4
SP1
SP3
회전자 회전방향
SP2
SP2
SP3
SP1
SP4
Z
Y
X
합성 토크 방향
고정자 토크 방향
틸팅 방향

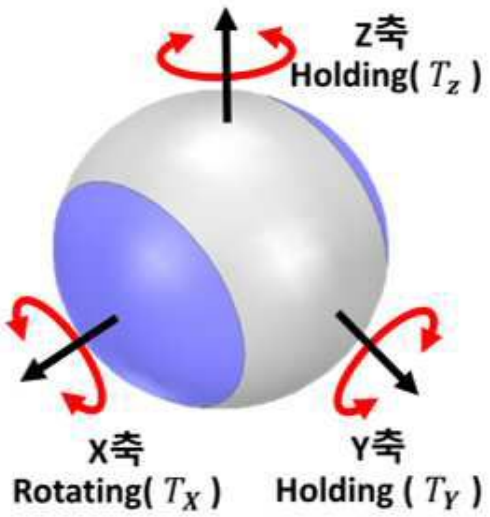
도면11b


①
②
예각 증가 방향으로
회전축 틸팅
회전축 틸팅 방향
SP4
SP1
SP3
회전자 회전방향
SP2
SP2
SP3
SP1
SP4
Z
Y
X
합성 토크 방향
고정자 토크 방향
틸팅 방향

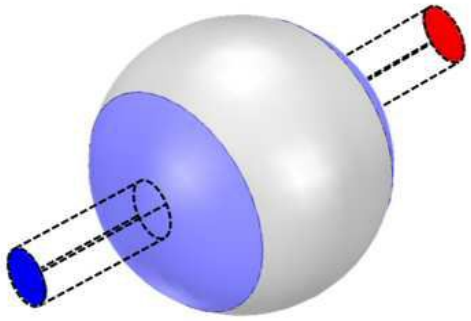
도면11c


③
SP4
SP1
SP3
회전자 회전방향
SP2
SP2
SP3
SP1
SP4
Z
Y
X
합성 토크 방향
고정자 토크 방향
틸팅 방향

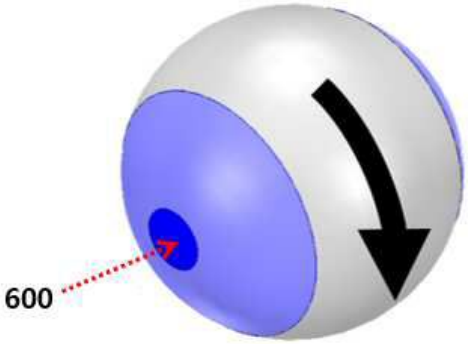
도면12


Z축
Holding(T_z)
X축
Rotating(T_X)
Y축
Holding (T_Y)

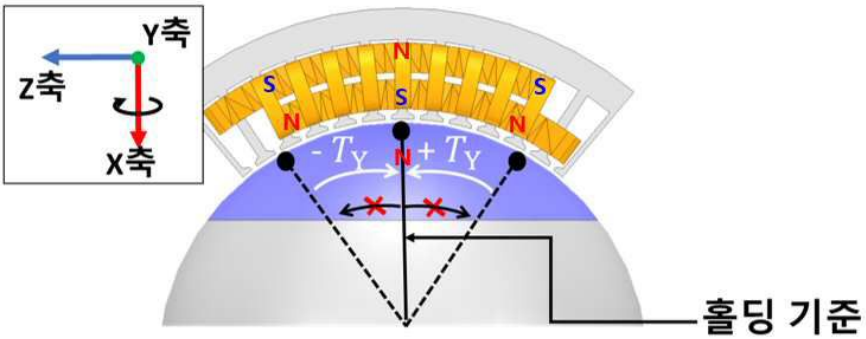
도면13a



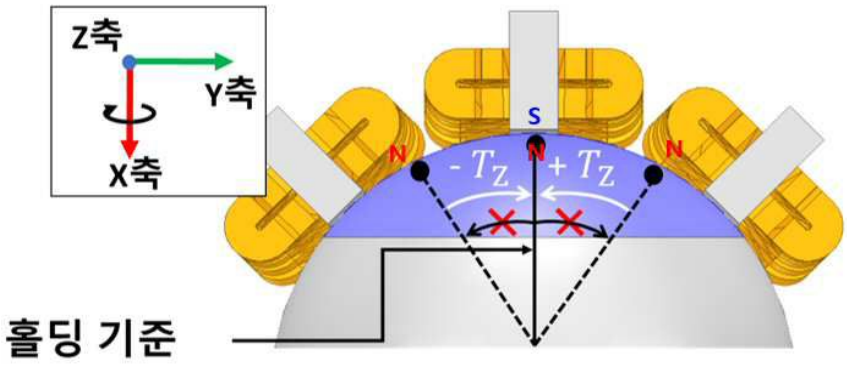
도면13b



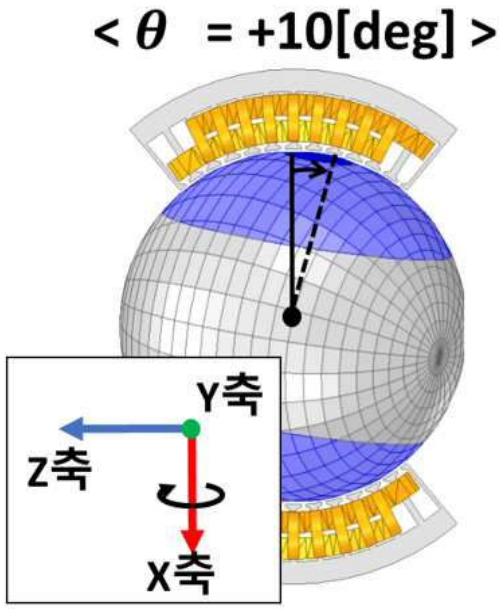
도면14a



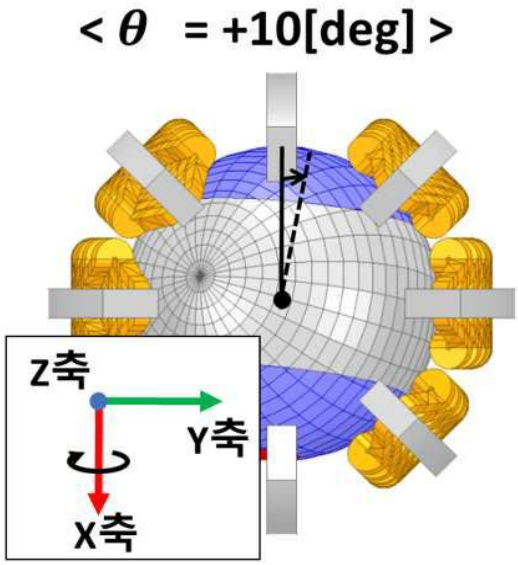
도면14b



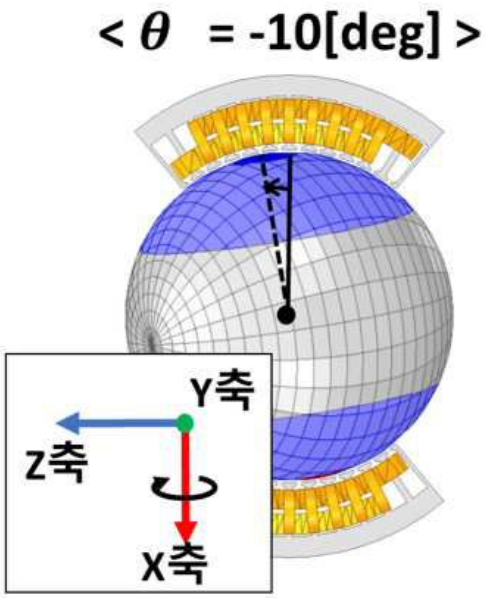
도면15a



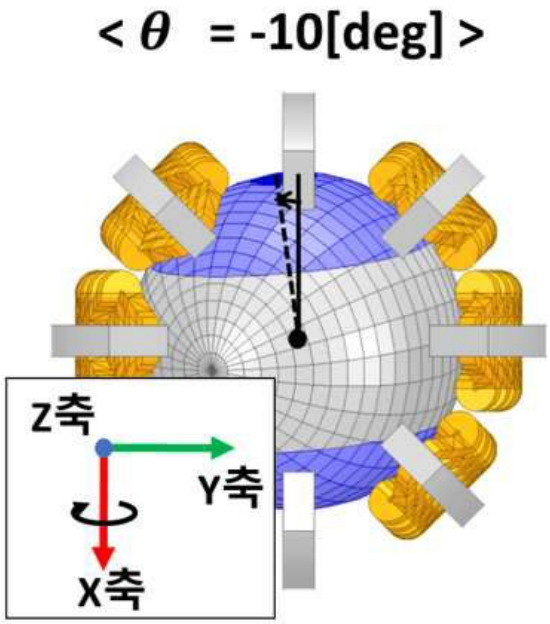
도면15b



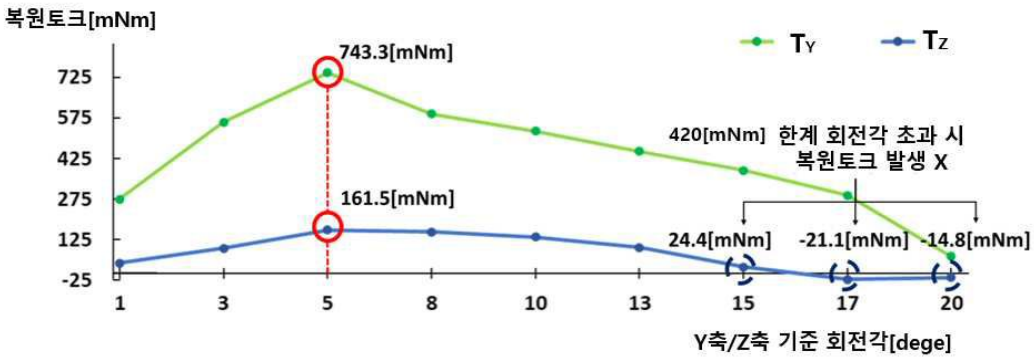
도면16a



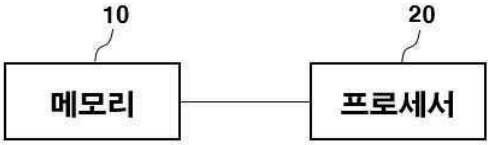
도면16b



도면17



도면18



도면19

