(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0138206
(43) 공개일자 2024년09월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02K 21/22 (2014.01) *H02K 1/18* (2006.01)
H02K 1/2791 (2022.01) *H02K 3/28* (2006.01)
H02P 25/022 (2016.01)
(52) CPC특허분류
H02K 21/22 (2013.01)
H02K 1/187 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0031632
(22) 출원일자 2023년03월10일
심사청구일자 2023년03월10일

(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
이상헌
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50, 112동 809호
손홍선
울산광역시 울주군 범서읍 대리2길 46, 202동 805호 (구영지구푸르지오2단지)
(74) 대리인
전용준

전체 청구항 수 : 총 15 항

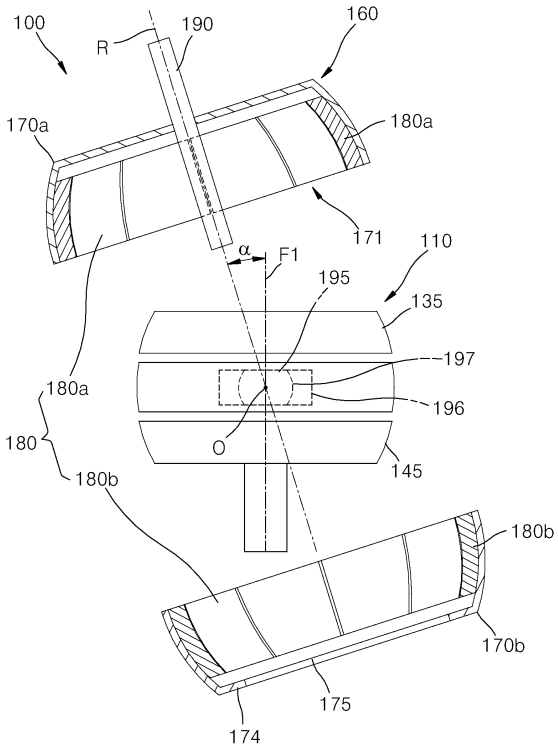
(54) 발명의 명칭 **틸팅 제어와 스피닝 제어가 동시에 가능한 외전형 ＢＬＤＣ 전동기**

(57) 요 약

기준축선 상에 배치되는 회전 구동 유닛과 틸팅 구동 유닛을 구비하는 고정자; 상기 고정자에 대해 회전축선을 중심으로 축회전하는 회전자; 및 상기 고정자와 상기 회전자를 결합하는 구면 베어링을 포함하며, 상기 구면 베어링은 상기 기준축선 상에 위치하는 기준점에 위치하며, 상기 회전축선은 상기 기준점을 통과하며, 상기 회전

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도2



구동 유닛은 상기 기준축선 상에서 상기 기준점에 위치하며, 상기 회전 구동 유닛은 상기 기준축선에 대해 원주방향을 따라서 차례대로 배치되고 각각이 반경방향 바깥으로 돌출되어서 형성되는 복수 개의 회전 구동 보빈들과, 상기 복수 개의 회전 구동 보빈들 각각에 권취되는 회전 구동 권선코일을 구비하며, 상기 틸팅 구동 유닛는 상기 기준축선에 대해 원주방향을 따라서 차례대로 배치되고 각각이 반경방향 바깥으로 돌출되어서 형성되는 상기 회전 구동 보빈과 동일한 개수의 틸팅 구동 보빈들과, 상기 복수 개의 틸팅 구동 보빈들 각각에 권취되는 틸팅 구동 권선코일을 구비하며, 상기 고정자는 상기 회전축선에 대해 원주방향을 따라서 차례대로 배치되고 상기 회전 구동 유닛과 상기 틸팅 구동 유닛을 둘러싸는 복수 개의 영구자석들을 구비하는 외전형 BLDC 전동기가 제공된다.

(52) CPC특허분류
H02K 1/2791 (2022.01)
H02K 3/28 (2013.01)
H02P 25/022 (2021.08)
H02K 2201/18 (2013.01)
H02K 2213/03 (2013.01)
H02P 2207/05 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711161010
과제번호 2020R1F1A1075857
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 개인기초연구(과기정통부)
연구과제명 다자유도 인휠 허브 모터 개발
기 여 율 1/2
과제수행기관명 울산과학기술원
연구기간 2022.03.01 ~ 2023.02.28
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1345348792
과제번호 2020R1A6A1A03040570
부처명 교육부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 이공학학술연구기반구축
연구과제명 환경감시 자율무인시스템 연구센터
기 여 율 2/5
과제수행기관명 울산과학기술원
연구기간 2022.03.01 ~ 2023.02.28
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1415181721
과제번호 00155776
부처명 산업통상자원부
과제관리(전문)기관명 한국산업기술평가관리원
연구사업명 헬리콥터전기식다중테일로터기술개발(R&D)
연구과제명 회전익기 테일로터용 최대추력 6,000 N 이상급 비선형 동적모델 역변환 제어기를 적용한 다중 전기식 통합추력시스템 기술 개발
기 여 율 1/10
과제수행기관명 한국항공우주산업주식회사
연구기간 2022.04.01 ~ 2022.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

기준축선 상에 배치되는 회전 구동 유닛과 틸팅 구동 유닛을 구비하는 고정자;

상기 고정자에 대해 회전축선을 중심으로 축회전하는 회전자; 및

상기 고정자와 상기 회전자를 결합하는 구면 베어링을 포함하며,

상기 구면 베어링은 상기 기준축선 상에 위치하는 기준점에 위치하며,

상기 회전축선은 상기 기준점을 통과하며,

상기 회전 구동 유닛은 상기 기준축선 상에서 상기 기준점에 위치하며,

상기 회전 구동 유닛은 상기 기준축선에 대해 원주방향을 따라서 차례대로 배치되고 각각이 반경방향 바깥으로 돌출되어서 형성되는 복수 개의 회전 구동 보빈들과, 상기 복수 개의 회전 구동 보빈들 각각에 권취되는 회전 구동 권선코일을 구비하며,

상기 틸팅 구동 유닛는 상기 기준축선에 대해 원주방향을 따라서 차례대로 배치되고 각각이 반경방향 바깥으로 돌출되어서 형성되는 상기 회전 구동 보빈과 동일한 개수의 틸팅 구동 보빈들과, 상기 복수 개의 틸팅 구동 보빈들 각각에 권취되는 틸팅 구동 권선코일을 구비하며,

상기 고정자는 상기 회전축선에 대해 원주방향을 따라서 차례대로 배치되고 상기 회전 구동 유닛과 상기 틸팅 구동 유닛을 둘러싸는 복수 개의 영구자석들을 구비하는,

외전형 BLDC 전동기.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 회전 구동 권선코일과 상기 틸팅 구동 권선코일은 3상 델타 결선 방식으로 권선되며,

상기 보빈의 개수 Q, 상기 영구자석의 쌍 개수 p를 갖는 QN2pP로 표현되는 구조에서, 상기 틸팅 구동 권선코일은 QN2(p+1)P 또는 QN2(p-1)P 구조의 회전 구동에 사용되는 방식으로 권선되는,

외전형 BLDC 전동기.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 복수 개의 틸팅 구동 보빈들은 원주방향을 따라서 상기 복수 개의 회전 구동 보빈들과 동일한 위상으로 배치되는,

외전형 BLDC 전동기.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 틸팅 구동 유닛은 두 개이며,

상기 두 개의 틸팅 구동 유닛들 사이에 상기 회전 구동 유닛이 배치되는,

외전형 BLDC 전동기.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 두 개의 틸팅 구동 유닛들 각각에 구비되는 두 틸팅 구동 권선코일들의 권선방향은 서로 반대인,

외전형 BLDC 전동기.

청구항 6

청구항 4에 있어서,

상기 고정자는 상기 기준점을 중심으로 하는 구(sphere)에서 상기 기준축선 방향 양단부를 잘라낸 형상을 갖는,

외전형 BLDC 전동기.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 영구자석에서 상기 고정자와 대향하는 면은 상기 고정자의 볼록한 외주 형상에 대응하여 오목하게 형성되는,

외전형 BLDC 전동기.

청구항 8

청구항 6에 있어서,

상기 고정자는 상기 고정자를 내부에 수용하고 상기 복수 개의 영구자석들이 고정되는 하우징을 더 구비하며,

상기 하우징은 분리 가능하게 결합되는 두 개의 하우징 부재를 구비하는,

외전형 BLDC 전동기.

청구항 9

기준축선 상에 배치되는 회전 구동 유닛과 틸팅 구동 유닛을 구비하는 고정자;

상기 고정자에 대해 회전축선을 중심으로 축회전하는 회전자;

6개의 스위치들을 구비하는 3상 인버터 회로; 및

상기 스위치들 각각의 작동을 제어하는 제어부를 포함하며,

상기 기준축선과 상기 회전축선은 상기 회전 구동 유닛이 위치하는 기준점을 공유하며,

상기 회전축선은 상기 기준점을 중심으로 상기 기준축선에 기울어져서 상기 기준축선에 대한 상기 회전축선의 기울어진 방향인 방위각(δ)이 변경될 수 있으며,

상기 회전 구동 유닛은 상기 기준축선에 대해 원주방향을 따라서 차례대로 배치되고 각각이 반경방향 바깥으로 돌출되어서 형성되는 복수 개의 회전 구동 보빈들과, 상기 복수 개의 회전 구동 보빈들 각각에 권취되는 회전 구동 권선코일을 구비하며,

상기 틸팅 구동 유닛는 상기 기준축선에 대해 원주방향을 따라서 차례대로 배치되고 각각이 반경방향 바깥으로 돌출되어서 형성되는 상기 회전 구동 보빈과 동일한 개수의 틸팅 구동 보빈들과, 상기 복수 개의 틸팅 구동 보빈들 각각에 권취되는 틸팅 구동 권선코일을 구비하며,

상기 고정자는 상기 회전축선에 대해 원주방향을 따라서 차례대로 배치되고 상기 회전 구동 유닛과 상기 틸팅 구동 유닛을 둘러싸는 복수 개의 영구자석들을 구비하며,

상기 회전 구동 권선코일과 상기 틸팅 구동 권선코일은 상기 3상 인버터 회로에 의해 A상, B상, C상을 구비하는 3상 결선 방식으로 전원과 연결되며,

상기 제어부는 방위각(δ)의 설정 값에 대해 6 스탭 코뮤테이션(6-step commutation)을 수행하는,

외전형 BLDC 전동기.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 회전자의 회전각(δ_R)과 상기 방위각(δ)의 차이인 $\delta_R-\delta$ 값에 따라 상기 6 스탭 코뮤테이션이 수행되는,

외전형 BLDC 전동기.

청구항 11

청구항 10에 있어서,

상기 3상 인버터 회로에는 상기 B상과 상기 C상 사이에 위치하는 제1 노드, 상기 A상과 상기 B상 사이에 위치하는 제2 노드, 상기 C상과 상기 A상 사이에 위치하는 제3 노드가 형성되며,

상기 틸팅 구동 권선코일에 대한 상기 6 스탭 코뮤테이션은 상기 $\delta_R-\delta$ 값이 $-\pi/6$ 내지 $\pi/6$인 경우에 수행되는 제1 단계, 상기 $\delta_R-\delta$ 값이 $\pi/6$ 내지 $\pi/2$인 경우에 수행되는 제2 단계, 상기 $\delta_R-\delta$ 값이 $\pi/2$ 내지 $5\pi/6$인 경우에 수행되는 제3 단계, 상기 $\delta_R-\delta$ 값이 $5\pi/6$ 내지 $7\pi/6$인 경우에 수행되는 제4 단계, 상기 $\delta_R-\delta$ 값이 $7\pi/6$ 내지 $3\pi/2$인 경우에 수행되는 제5 단계, 상기 $\delta_R-\delta$ 값이 $3\pi/2$ 내지 $11\pi/6$인 경우에 수행되는 제6 단계를 구비하며,

상기 제1 단계에서 상기 제1 노드는 비활성화 상태, 상기 제2 노드는 전원 연결 상태, 상기 제3 노드는 접지 연결 상태이며,

사이 제2 단계에서 상기 제1 노드는 전원 연결 상태, 상기 제2 노드는 비활성화 상태, 상기 제3 노드는 접지 연결 상태이며,

상기 제3 단계에서 상기 제1 노드는 전원 연결 상태, 상기 제2 노드는 접지 연결 상태, 상기 제3 노드는 비활성화 상태이며,

상기 제4 단계에서 상기 제1 노드는 비활성화 상태, 상기 제2 노드는 접지 연결 상태, 상기 제3 노드는 전원 연결 상태이며,

상기 제5 단계에서 상기 제1 노드는 접지 연결 상태, 상기 제2 노드는 비활성화 상태, 상기 제3 노드는 전원 연결 상태이며,

상기 제6 단계에서 상기 제1 노드는 접지 연결 상태, 상기 제2 노드는 전원 연결 상태, 상기 제3 노드는 비활성화 상태인,

외전형 BLDC 전동기.

청구항 12

청구항 9에 있어서,

상기 보빈의 개수 Q, 상기 영구자석의 쌍 개수 p를 갖는 QN2pP로 표현되는 구조에서, 상기 틸팅 구동 권선코일은 QN2(p+1)P 또는 QN2(p-1)P 구조의 회전 구동에 사용되는 방식으로 권선되는,

외전형 BLDC 전동기.

청구항 13

청구항 9에 있어서,

상기 복수 개의 틸팅 구동 보빈들은 원주방향을 따라서 상기 복수 개의 회전 구동 보빈들과 동일한 위상으로 배치되는,

외전형 BLDC 전동기.

청구항 14

청구항 9에 있어서,

상기 틸팅 구동 유닛은 두 개이며,

상기 두 개의 틸팅 구동 유닛들 사이에 상기 회전 구동 유닛이 배치되는,

외전형 BLDC 전동기.

청구항 15

청구항 14에 있어서,

상기 두 개의 틸팅 구동 유닛들 각각에 구비되는 두 틸팅 구동 권선코일들의 권선방향은 서로 반대인,

외전형 BLDC 전동기.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 BLDC 전동기에 관하 것으로서, 더욱 상세하게는 틸팅 제어와 축회전 제어가 동시에 가능한 BLDC 전동기에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 본 발명의 기술분야와 관련된 특허문헌인 등록특허 제10-0401412호에는 3 자유도 운동을 구현할 수 있는 브러쉬리스 직류모터로서, 구형 케이스 내에 설치되어 제1 코일 및 제1, 2 영구자석을 구비함과 동시에 전원의 인가에 따라 상기 제1 코일 및 제1, 2 영구자석이 X, Y축 방향으로 자화력을 발생시키는 제1 고정자와, 상기 제1 고정자 내에 설치되어 제2 코일 및 제3 영구자석을 구비함과 동시에 전원의 인가에 따라 상기 제2 코일 및 제3 영구자석이 Z축 방향으로 자화력을 발생시키는 제2 고정자와, 상기 제2 고정자 내에 설치되어 상기 제1 고정자의 제1 코일 및 제1, 2 영구자석의 자화력에 따라 X, Y축 방향으로 상기 제2 영구자석과 함께 회전함과 동시에 상기 제2 고정자의 제2 코일 및 제3 영구자석의 자화력에 따라 Z축 방향으로 회전하는 회전자와, 상기 제1 코일과 제2 영구자석 사이에 설치되는 코일 커버와, 상기 코일 커버와 제2 영구자석의 접촉면 사이에 설치되어 상기 회전자를 회전시킬 수 있도록 한 베어링부와, 상기 제2 영구자석과 상기 회전부 사이에 설치되어 상기 제1 고정자의 자화력을 차폐시키는 자기 절연부를 포함하는 구성이 기재되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0003] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허공보 등록번호 10-0401412 (2003.10.17)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명의 목적은 틸팅과 축회전 제어가 가능한 외전형 BLDC 전동기를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0005] 상기한 본 발명의 해결하고자 하는 과제를 달성하기 위하여 본 발명의 일 측면에 따르면, 기준축선 상에 배치되는 회전 구동 유닛과 틸팅 구동 유닛을 구비하는 고정자; 상기 고정자에 대해 회전축선을 중심으로 축회전하는 회전자; 및 상기 고정자와 상기 회전자를 결합하는 구면 베어링을 포함하며, 상기 구면 베어링은 상기 기준축선 상에 위치하는 기준점에 위치하며, 상기 회전축선은 상기 기준점을 통과하며, 상기 회전 구동 유닛은 상기 기준축선 상에서 상기 기준점에 위치하며, 상기 회전 구동 유닛은 상기 기준축선에 대해 원주방향을 따라서 차례대로 배치되고 각각이 반경방향 바깥으로 돌출되어서 형성되는 복수 개의 회전 구동 보빈들과, 상기 복수 개의 회전 구동 보빈들 각각에 권취되는 회전 구동 권선코일을 구비하며, 상기 틸팅 구동 유닛는 상기 기준축선에 대해 원주방향을 따라서 차례대로 배치되고 각각이 반경방향 바깥으로 돌출되어서 형성되는 상기 회전 구동 보빈과

동일한 개수의 틸팅 구동 보빈들과, 상기 복수 개의 틸팅 구동 보빈들 각각에 권취되는 틸팅 구동 권선코일을 구비하며, 상기 고정자는 상기 회전축선에 대해 원주방향을 따라서 차례대로 배치되고 상기 회전 구동 유닛과 상기 틸팅 구동 유닛을 둘러싸는 복수 개의 영구자석들을 구비하는 외전형 BLDC 전동기가 제공된다.

[0006] 상기한 본 발명의 해결하고자 하는 과제를 달성하기 위하여, 본 발명의 다른 측면에 따르면, 기준축선 상에 배치되는 회전 구동 유닛과 틸팅 구동 유닛을 구비하는 고정자; 상기 고정자에 대해 회전축선을 중심으로 축회전하는 회전자; 6개의 스위치들을 구비하는 두 개의 3상 인버터 회로; 및 상기 스위치들 각각의 작동을 제어하는 제어부를 포함하며, 상기 기준축선과 상기 회전축선은 상기 회전 구동 유닛이 위치하는 기준점을 공유하며, 상기 회전축선은 상기 기준점을 중심으로 상기 기준축선에 기울어져서 상기 기준축선에 대한 상기 회전축선의 기울어진 방향인 방위각(δ)이 변경될 수 있으며, 상기 회전 구동 유닛은 상기 기준축선에 대해 원주방향을 따라서 차례대로 배치되고 각각이 반경방향 바깥으로 돌출되어서 형성되는 복수 개의 회전 구동 보빈들과, 상기 복수 개의 회전 구동 보빈들 각각에 권취되는 회전 구동 권선코일을 구비하며, 상기 틸팅 구동 유닛는 상기 기준축선에 대해 원주방향을 따라서 차례대로 배치되고 각각이 반경방향 바깥으로 돌출되어서 형성되는 상기 회전 구동 보빈과 동일한 개수의 틸팅 구동 보빈들과, 상기 복수 개의 틸팅 구동 보빈들 각각에 권취되는 틸팅 구동 권선코일을 구비하며, 상기 고정자는 상기 회전축선에 대해 원주방향을 따라서 차례대로 배치되고 상기 회전 구동 유닛과 상기 틸팅 구동 유닛을 둘러싸는 복수 개의 영구자석들을 구비하며, 상기 회전 구동 권선코일과 상기 틸팅 구동 권선코일은 상기 3상 인버터 회로에 의해 A상, B상, C상을 구비하는 3상 결선 방식으로 전원과 연결되며, 상기 제어부는 방위각(δ)의 설정 값에 대해 6 스탭 코뮤테이션(6-step commutation)을 수행하는 외전형 BLDC 전동기가 제공된다.

발명의 효과

[0007] 본 발명에 의하면 앞서서 기재한 본 발명의 목적을 모두 달성할 수 있다. 구체적으로, 코일이 권선된 고정자와 영구자석을 구비하는 회전자를 구비하고 QN2pP 구조를 갖는 외전형 BLDC 전동기에서 고정자와 회전자가 구면 베어링에 의해 결합되고, 상기 고정자가 상기 회전자를 축회전 구동시키는 회전 구동 유닛과 상기 회전자를 틸팅 구동 시키는 틸팅 구동 유닛을 구비하고, 상기 틸팅 구동 유닛에 QN2(p+1)P 또는 QN2(p-1)P 구조에 회전 구동을 위해 통상적으로 적용되는 권선법이 사용됨으로써, 불균형 자기력에 의한 틸팅 토크가 발생할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0008] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 외전형 BLDC 전동기를 도시한 사시도이다.

도 2는 도 1에 도시된 외전형 BLDC 전동기의 주요 구성을 분해하여 도시한 분해도이다.

도 3은 도 2의 회전 구동 유닛을 영구자석들과 함께 도시한 평면도이다.

도 4는 도 2의 제1 틸팅 구동 유닛을 영구자석과 함께 도시한 평면도이다.

도 5는 도 2의 제2 틸팅 구동 유닛을 영구자석과 함께 도시한 평면도이다.

도 6 내지 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 회전자의 권선도를 도시한 것이다.

도 9는 도 1에 도시된 외전형 BLDC 전동기의 구동을 제어하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 3상 인버터 회로를 도시한 것이다.

도 10 및 도 11은 도 1에 도시된 외전형 BLDC 전동기의 틸팅 구동을 개략적으로 설명하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0009] 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 실시예의 구성 및 작용을 상세히 설명한다.

[0010] 도 1 및 도 2에는 본 발명의 일 실시예에 따른 외전형 BLDC(Brushless Direct Current) 전동기의 개략적인 구성이 사시도 및 분해도로서 각각 도시되어 있다. 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 외전형 BLDC 모터(100)는 기준점(O)을 통과하는 기준축선(F) 상에 배치되는 고정자(110)와, 고정자(110)에 대해 기준점(O)을 통과하는 회전축선(R)을 중심으로 축회전하는 회전자(160)와, 고정자(110)와 회전자(160)를 결합시키는 구면 베어링(195)을 포함한다. 회전형 BLDC 모터(100)는 회전축선(R)이 기준축선(F)에 대해 기울어질 수 있으며, 기준축선(F)에 대한 회전축선(R)의 기울어진 정도인 경사각(α)과 기울어진 방향인 방위각(δ)이 조절될 수 있다. 본 발명에서 틸팅(tilting)은 기준축선(F)에 대해 회전축선(R)이 기울어진 것을 의미한다. 이러한

구성의 외전형 BLDC 모터(100)는 구동장치가 바퀴에 함께 설치되는 인휠(In-Wheel) 시스템에 조향 기능을 함께 수행하는 구동장치 등에 활용될 수 있다.

[0011] 일반적으로 BLDC 전동기는 코일이 권취되는 보빈의 수와 영구자석 쌍의 수에 따라서 QN2pP의 구조를 갖는 것으로 표현된다. 여기서, Q는 코일이 권취되는 보빈의 수이며, p는 영구자석 쌍의 수이다. 본 실시예에서 외전형 BLDC 모터(100)는 12개의 보빈과 5개의 영구자석 쌍을 갖는 12N10P의 구조인 것을 하나로 예로 하여 설명된다.

[0012] 고정자(110)는 기준점(O)을 통과하는 기준축선(F) 상에 배치되어서 고정된다. 고정자(110)는 회전자(160)의 축회전을 위한 회전 구동 자기장을 발생시키는 회전 구동 유닛(120)과, 회전자(160)의 틸팅을 위한 제1 틸팅 구동 자기장을 발생시키는 제1 틸팅 구동 유닛(130)과, 회전자(160)의 틸팅을 위한 제2 틸팅 구동 자기장을 발생시키는 제2 틸팅 구동 유닛(140)을 구비한다. 고정자(110)는 대체로 기준점(O)을 중심으로 하는 구(sphere)에서 기준축선(F) 방향 양단부를 기준축선(F)과 직각인 방향으로 잘라낸 형상을 갖는다.

[0013] 회전 구동 유닛(120)은 회전자(160)의 축회전을 위한 회전 구동 자기장을 발생시킨다. 회전 구동 유닛(120)은 기준축선(F) 상에 기준축선(F)을 중심으로 하여 배치된다. 회전 구동 유닛(120)은 기준축선(F) 상에서 제1 틸팅 구동 유닛(130)과 제2 틸팅 구동 유닛(140)의 사이에 위치한다. 도 2와 도 3을 참조하면, 회전 구동 유닛(120)은 회전 구동 코어(121)와, 회전 구동 코어(121)에 권취되는 회전 구동 권선코일(126)를 구비한다.

[0014] 회전 구동 코어(121)는 고리 형태의 회전 구동 요크부(122)와, 회전 구동 요크부(122)로부터 반경방향 바깥으로 돌출되어서 형성되는 복수 개의 회전 구동 보빈(124)들을 구비한다.

[0015] 회전 구동 요크부(122)는 기준축선(F)을 중심으로 하는 원형의 고리 형태이다. 회전 구동 요크부(122)의 중심에는 구면 베어링(195)이 결합된다. 회전 구동 요크부(122)의 외주면에는 복수 개의 회전 구동 보빈(124)들이 배치된다.

[0016] 복수 개의 회전 구동 보빈(124)들은 회전 구동 요크부(122)의 외주면으로부터 기준축선(F)에 대해 반경방향 바깥으로 돌출되어서 형성되며, 원주방향을 따라서 등간격으로 배치된다. 복수 개의 회전 구동 보빈(124)들 각각에 회전 구동 권선코일(126)이 권취된다. 본 실시예에서 회전 구동 보빈(124)은 12N10P 구조에 대응하여 12개이다. 회전 구동 보빈(124)의 끝단(125)은 기준점(O)으로부터 기준축선(F)을 따라 멀어지는 양방향으로 가면서 반경이 줄어드는 곡면을 갖는다.

[0017] 회전 구동 권선코일(126)은 회전 구동 코어(121)에 구비되는 복수 개의 회전 구동 보빈(124)들 각각에 권취되어서 형성된다. 본 실시예에서 회전 구동 권선코일(126)은 3상 결선 방식으로 권선되는데, 통상적인 12N10P 구조의 BLDC에 적용되는 3상 델타 결선 방식으로 권선된다. 12N10P 구조가 아닌 일반적인 QN2pP 구조의 BLDC의 경우에도 QN2pP 구조에 통상적으로 적용되는 3상 결선 방식으로 권선된다.

[0018] 제1 틸팅 구동 유닛(130)은 회전자(160)의 틸팅을 위한 제1 틸팅 구동 자기장을 발생시킨다. 제1 틸팅 구동 유닛(130)은 기준축선(F) 상에 기준축선(F)을 중심으로 하여 회전 구동 유닛(120)의 제1 단(도 2에서 상단)에 인접하여 위치한다. 도 2와 도 4를 참조하면, 제1 틸팅 구동 유닛(130)은 제1 틸팅 구동 코어(131)와, 제1 틸팅 구동 코어(131)에 권취되는 제1 틸팅 구동 권선코일(136)를 구비한다.

[0019] 제1 틸팅 구동 코어(131)는 고리 형태의 제1 틸팅 구동 요크부(132)와, 제1 틸팅 구동 요크부(132)로부터 반경방향 바깥으로 돌출되어서 형성되는 복수 개의 제1 틸팅 구동 보빈(134)들을 구비한다. 제1 틸팅 구동 코어(131)은 회전 구동 코어(121)에 고정되도록 적절한 결합 구조에 의해 결합된다.

[0020] 제1 틸팅 구동 요크부(132)는 기준축선(F)을 중심으로 하는 원형의 고리 형태이다. 제1 틸팅 구동 요크부(132)의 외주면에는 복수 개의 제1 틸팅 구동 보빈(134)들이 배치된다. 제1 틸팅 구동 보빈(134)의 끝단은 기준점(O)으로부터 기준축선(F)을 따라서 멀어지는 방향으로 가면서 반경이 줄어드는 곡면을 갖는다.

[0021] 복수 개의 제1 틸팅 구동 보빈(134)들은 제1 틸팅 구동 요크부(132)의 외주면으로부터 기준축선(F)에 대해 반경방향 바깥으로 돌출되어서 형성되며, 원주방향을 따라서 등간격으로 배치된다. 복수 개의 제1 틸팅 구동 보빈(134)들 각각에 제1 틸팅 구동 권선코일(136)이 권취된다. 본 실시예에서 제1 틸팅 구동 보빈(134)은 12N10P 구조에 대응하여 12개이다. 12개의 제1 틸팅 구동 보빈(134)들은 원주방향을 따라서 등간격으로 배치된다.

[0022] 제1 틸팅 구동 권선코일(136)은 제1 틸팅 구동 코어(131)에 구비되는 복수 개의 제1 틸팅 구동 보빈(134)들 각각에 권취되어서 형성된다. 본 실시예에서 제1 틸팅 구동 권선코일(136)은 3상 델타 결선 방식으로 권선되는데, 통상적인 12N12P 또는 12N8P의 BLDC에 적용되는 3상 델타 결선 방식으로 권선된다. 12N10P 구조가 아닌 일반적인 QN2pP 구조의 BLDC의 경우에도 QN2(p+1)P 또는 QN2(p-1)P구조에 통상적으로 적용되는 3상 결선 방식으로 권

선된다. 이러한 권선은 제1 틸팅 구동 자기력을 발생시키기 위한 것이다. 이는 회전자(160)가 발생시키는 자기장의 기본 주파수와 1만큼 차이나는 자기장을 발생시켜서, 이에 따라 발생하는 불균형 자기력(Unbalaced Magnetic Force)으로 틸팅 토크를 발생시킨다.

[0023] 제2 틸팅 구동 유닛(140)은 회전자(160)의 틸팅을 위한 제2 틸팅 구동 자기장을 발생시킨다. 제2 틸팅 구동 유닛(140)은 기준축선(F) 상에 기준축선(F)을 중심으로 하여 회전 구동 유닛(120)의 제2 단(도 2에서 하단)에 인접하여 위치한다. 도 2와 도 5를 참조하면, 제2 틸팅 구동 유닛(140)은 제2 틸팅 구동 코어(141)와, 제2 틸팅 구동 코어(141)에 권취되는 제2 틸팅 구동 권선코일(146)를 구비한다.

[0024] 제2 틸팅 구동 코어(141)는 고리 형태의 제2 틸팅 구동 요크부(142)와, 제2 틸팅 구동 요크부(142)로부터 반경 방향 바깥으로 돌출되어서 형성되는 복수 개의 제2 틸팅 구동 보빈(144)들을 구비한다. 제2 틸팅 구동 코어(141)은 회전 구동 코어(121)에 고정되도록 적절한 결합 구조에 의해 결합된다.

[0025] 제2 틸팅 구동 요크부(142)는 기준축선(F)을 중심으로 하는 원형의 고리 형태이다. 제2 틸팅 구동 요크부(142)의 외주면에는 복수 개의 제2 틸팅 구동 보빈(144)들이 배치된다. 제2 틸팅 구동 보빈(144)의 끝단은 기준점(O)으로부터 기준축선(F)을 따라서 멀어지는 방향으로 가면서 반경이 줄어드는 곡면을 갖는다.

[0026] 복수 개의 제2 틸팅 구동 보빈(144)들은 제2 틸팅 구동 요크부(142)의 외주면으로부터 기준축선(F)에 대해 반경 방향 바깥으로 돌출되어서 형성되며, 원주방향을 따라서 등간격으로 배치된다. 복수 개의 제2 틸팅 구동 보빈(144)들 각각에 제2 틸팅 구동 권선코일(146)이 권취된다. 본 실시예에서 제2 틸팅 구동 보빈(144)은 12N10P 구조에 대응하여 12개이다. 12개의 제2 틸팅 구동 보빈(144)들은 원주방향을 따라서 회전 구동 유닛(120)에 구비되는 복수 개의 회전 구동 보빈(124)들과 동일한 위상으로 배치된다.

[0027] 제2 틸팅 구동 권선코일(146)은 제2 틸팅 구동 코어(141)에 구비되는 복수 개의 제2 틸팅 구동 보빈(144)들 각각에 권취되어서 형성된다. 본 실시예에서 제2 틸팅 구동 권선코일(144)은 3상 델타 결선 방식으로 권선되는데, 통상적인 12N12P 또는 12N8P의 BLDC에 적용되는 3상 결선 방식으로 권선된다. 12N10P 구조가 아닌 일반적인 QN2pP 구조의 BLDC의 경우에도 QN2(p+1)P 또는 QN2(p-1)P구조에 통상적으로 적용되는 3상 결선 방식으로 권선된다. 이러한 권선은 제1 틸팅 구동 자기력을 발생시키기 위한 것이다. 제2 틸팅 구동 권선코일(146)은 제1 틸팅 구동 권선코일(146)과 권선 방향만 다를 뿐이다. 그에 따라, 제1 틸팅 구동 유닛(130)과 제2 틸팅 구동 유닛(140)은 우력(couple of force)을 발생시켜서 틸팅을 위한 토크가 형성된다.

[0028] 고정자(110)에는 기준축선(F)을 따라서 연장되는 고정 샤프트(159)가 결합되어서 고정된다.

[0029] 도 1 및 도 2를 참조하면, 회전자(160)는 구면 베어링(195)에 결합되어서 고정자(110)에 대해 기준점(O)을 통과하는 회전축선(R)을 중심으로 축회전한다. 회전자(160)는 고정자(110)를 수용하는 하우징(170)과, 하우징(170)에 설치되는 복수 개의 영구자석(180)들과, 하우징(170)에 고정되는 회전 샤프트(190)를 구비한다.

[0030] 하우징(170)은 내부에 고정자(110)를 수용하는 고정자 수용 공간(171)을 제공한다. 하우징(170)은 제1 단부벽(172)과, 제1 단부벽(172)과 대향하는 제2 단부벽(175)와, 제1 단부벽(172)과 제2 단부벽(174) 사이를 연결하는 측벽(176)을 구비한다.

[0031] 제1 단부벽(172)은 회전축선(R)과 대체로 직각을 이루며 배치된다. 제1 단부벽(172)은 고정자(110)를 사이에 두고 제2 단부벽(174)과 대향한다. 제1 단부벽(172)에 회전 샤프트(190)가 결합된다.

[0032] 제2 단부벽(174)은 회전축선(R)과 대체로 직각을 이루며 배치된다. 제2 단부벽(174)은 고정자(110)를 사이에 두고 제1 단부벽(172)과 대향한다 제2 단부벽(174)의 중심에는 관통구(175)가 형성된다. 관통구(175)를 통해 고정 샤프트(159)가 통과한다.

[0033] 측벽(176)은 제1 단부벽(172)과 제2 단부벽(174)을 연결하며 고정자(110)의 외주면을 에워싼다. 측벽(176)의 내벽면은 고정자(110)의 구형에 대응하는 구형의 일부를 형성한다. 측벽(176)의 내벽면에 복수 개의 영구자석(180)들이 결합되어서 고정된다.

[0034] 하우징(170)은 회전축선(R) 상에서 양측에 위치하는 제1 하우징 부재(170a)와 제2 하우징 부재(170b)가 결합되어서 구성된다. 제1 하우징 부재(170a)는 제1 단부벽(172)과, 제1 단부벽(172)과 연결되는 측벽(176)의 일부를 구비한다. 제2 하우징 부재(170b)는 제2 단부벽(174)과, 제2 단부벽(174)과 연결되는 측벽(176)의 일부를 구비한다.

[0035] 복수 개의 영구자석(180)들은 하우징(170)의 측벽(176)의 내벽면에 회전축선(R)에 대한 원주방향을 따라서 차례

대로 등간격을 이루며 배치되도록 결합되어서 고정된다. 도 2내지 도 5를 참조하면, 복수 개의 영구자석(180)들은 복수 개의 회전 구동 보빈(124), 복수 개의 제1 틸팅 구동 보빈(134) 및 복수 개의 제2 틸팅 구동 보빈(144)과 대향한다. 영구자석(180)은 복수 개의 회전 구동 보빈(124), 복수 개의 제1 틸팅 구동 보빈(134) 및 복수 개의 제2 틸팅 구동 보빈(144)과 대향하는 면이 고정자(110)의 볼록한 외주 형상에 대응하여 오목하게 형성된다. 복수 개의 영구자석(180)들은 원주방향을 따라서 N극과 S극이 교대로 안쪽을 향하도록 형성된다. 본 실시예에서 영구자석(180)은 12N10P 구조에 대응하여 10개이다. 복수 개의 영구자석(180)들은 회전 구동 권선코일(126)과 상호작용하여 회전자(160)의 축회전을 위한 회전 구동 토크를 발생시키며, 복수 개의 영구자석(180)들은 제1 틸팅 구동 권선코일(136) 및 제2 틸팅 구동 권선코일(146)과 상호작용하여 회전자(160)의 틸팅을 위한 틸팅 구동 토크를 발생시킨다.

[0036] 하나의 영구자석(180)은 제1 하우징 부재(170a)에 결합되는 제1 영구자석 유닛(180a)과 제2 하우징 부재(170b)에 결합되는 제2 영구자석 유닛(180b)이 연속적으로 연결되어서 구성된다.

[0037] 회전 샤프트(190)는 회전축선(R)을 따라서 연장되고, 하우징(170)의 제1 단부벽(172)을 통과하며 하우징(170)에 고정된다. 회전 샤프트(190)는 구면 베어링(195)에 결합된다.

[0038] 구면 베어링(Spherical bearing)(195)은 기준점(O)에 위치하여 고정자(110)와 회전자(160)를 결합시킨다. 구면 베어링(195)은 외륜(196)과, 외륜의 내부에 설치되어서 외륜에 대해 3 자유도의 회전이 가능한 내륜(197)을 구비하는 통상적인 구성으로 이루어진다. 구면 베어링(195)의 외륜(196)은 고정자(110)의 회전 구동 요크부(122)에 결합되어서 고정되고, 구면 베어링(195)의 내륜(197)은 회전 샤프트(190)에 결합되어서 고정된다.

[0039] 도 6 내지 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 회전자의 권선도를 도시한 것이다. 도 6 내지 도 8은 본 발명에 따른 외전형 BLDC 전동기가 36N42P 구조인 경우에 회전자의 권선도를 도시한 것으로서, 도 6은 회전 구동 유닛에 적용되는 권선도이고, 도 7은 제1 틸팅 구동 유닛에 적용되는 권선도이며, 도 8은 제2 틸팅 구동 유닛에 적용되는 권선도이다.

[0040] 도 7에 도시된 회전 구동 유닛에 적용되는 권선도는 통상적인 36N42P 구조 BLDC의 회전 구동에 적용되는 3상 델타 결선 방식의 권선방법이다. 도 7을 참조하면, 1번부터 36번까지의 보빈에 U상의 권선, V상의 권선 및 W상의 권선이 교대로 번갈아 이루어지고, U상의 권선, V상의 권선 및 W상의 권선 각각이 연속된 두 개의 보빈에 위치한다.

[0041] 도 8에 도시된 제1 틸팅 구동 유닛에 적용되는 권선도는 통상적인 36N40P 구조 BLDC의 회전 구동에 적용되는 3상 델타 결선 방식의 권선방법이다. 1번부터 36번까지의 보빈에 U상의 권선, V상의 권선 및 W상의 권선이 교대로 번갈아 이루어지고, U상의 권선, V상의 권선 및 W상의 권선 각각이 연속된 세 개의 보빈에 위치한다.

[0042] 도 9에 도시된 제2 틸팅 구동 유닛에 적용되는 권선도는 통상적인 36N40P 구조 BLDC의 회전 구동에 적용되는 3상 델타 결선 방식의 권선방법이다. 1번부터 36번까지의 보빈에 U상의 권선, V상의 권선 및 W상의 권선이 교대로 번갈아 이루어지고, U상의 권선, V상의 권선 및 W상의 권선 각각이 연속된 세 개의 보빈에 위치한다. 다만, 제2 틸팅 구동 유닛은 제1 틸팅 구동 유닛과 권선 방향이 반대이다. 이는 제1 틸팅 구동 유닛과 제2 틸팅 구동 유닛이 서로 반대방향으로 자기장을 생성하여 틸팅 토크를 발생시키 위함이다.

[0043] 도 9는 도 1에 도시된 외전형 BLDC 전동기의 구동을 제어하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 3상 인버터 회로를 도시한 것이다. 도 9에 도시된 3상 인버터 회로는 6개의 MOSFET 스위치를 이용하는 통상적인 3상 델타 결선 구조의 6 스텝 코뮤테이션(6-step commutation) 회로이다. 도시되지는 않았으나, 외전형 BLDC 전동기는 6개의 MOSFET 스위치의 작동을 제어하는 제어기를 더 포함한다.

[0044] 아래 표 1은 외전형 BLDC 전동기(100)의 회전 구동을 위한 회전 구동 권선코일(126)의 도 9의 3상 인버터 회로를 이용한 6-step commutation의 6 단계 정류 테이블이다.

표 1

[0045]

Step	δ_R	1	2	3
1	$-\pi/6 < \delta_R < \pi/6$	0	+	-
2	$\pi/6 < \delta_R < \pi/2$	+	0	-
3	$\pi/2 < \delta_R < 5\pi/6$	+	-	0
4	$5\pi/6 < \delta_R < 7\pi/6$	0	-	+

5	$7\pi/6 < \delta_R < 3\pi/2$	-	0	+
6	$3\pi/2 < \delta_R < 11\pi/6$	-	+	0

[0046] 표 1에서 δ_R은 0 - 2π 범위에서 기준 회전 위치에 대한 회전자의 회전각으로 전기각으로 표기한다. 0은 도 9의 회로에서 노드(node)의 비활성화를 의미하고, +는 노드의 전원 인가를 의미하며, -는 노드의 접지를 의미한다. 예를 들어서, $-\pi/6 < \delta_R < \pi/6$인 경우에 도 9에서 1번 노드는 비활성화 상태이고, 2번 노드에는 전원이 연결되며, 3번 노드에는 접지가 연결된다.

[0047] 아래 표 2는 외전형 BLDC 전동기(100)의 회전 구동을 위한 제1 틸팅 구동 권선코일(136) 및 제2 틸팅 구동 권선코일(146)의 도 9의 3상 인버터 회로를 이용한 6-step commutation의 6 단계 정류 테이블이다.

표 2

[0048]

Step	$\delta_R-\delta$	1	2	3
1	$-\pi/6 < \delta_R-\delta < \pi/6$	0	+	-
2	$\pi/6 < \delta_R-\delta < \pi/2$	+	0	-
3	$\pi/2 < \delta_R-\delta < 5\pi/6$	+	-	0
4	$5\pi/6 < \delta_R-\delta < 7\pi/6$	0	-	+
5	$7\pi/6 < \delta_R-\delta < 3\pi/2$	-	0	+
6	$3\pi/2 < \delta_R-\delta < 11\pi/6$	-	+	0

[0049] 표 2에서 δ_R은 0 - 2π 범위에서 기준 회전 위치에 대한 회전자의 회전각으로 전기각으로 표기한다. 0은 도 9의 회로에서 노드의 비활성화를 의미하고, +는 노드의 전원 인가를 의미하며, -는 노드의 접지를 의미한다. 방위각(δ)은 0 - 2π 범위에서 기준 회전 위치에 대한 회전축선(R)의 기울어진 방향으로서, 외전형 BLDC 모터의 사용자에 의해 필요에 따라 입력되는 설정 값이다. 아울러, 기준축선(F)에 대한 회전축선(R)의 기울어진 정도인 경사각(α)은 인버터에 입력되는 PWM duty cycle에 의해 제어될 수 있다. 예를 들어서, $\pi/6 < \delta_R-\delta < \pi/2$인 경우에 도 9에서 1번 노드에는 전원이 연결되고, 2번 노드는 비활성화 상태이며, 3번 노드에는 접지가 연결된다.

[0050] 도 10 및 도 11은 도 1에 도시된 외전형 BLDC 전동기의 틸팅 구동을 개략적으로 설명하는 도면이다.

[0051] 도 10은 방위각(δ)이 0° 인 경우를 설명하는 것으로서, (a)는 δ_R가 0° 일 때 제1 틸팅 구동 유닛(130) 또는 제2 틸팅 구동 유닛(140)에 의해 영구자석(180)들 각각이 받는 힘, 그에 의한 총합(F) 및 총합(F)에 의해 발생하는 틸팅 토크(T)를 보여주고, (b)는 δ_R가 60° 일 때 제1 틸팅 구동 유닛(130) 또는 제2 틸팅 구동 유닛(140)에 의해 영구자석(180)들 각각이 받는 힘, 그에 의한 총합(F) 및 총합(F)에 의해 발생하는 틸팅 토크(T)를 보여주며, (c)는 δ_R가 120° 일 때 제1 틸팅 구동 유닛(130) 또는 제2 틸팅 구동 유닛(140)에 의해 영구자석(180)들 각각이 받는 힘, 그에 의한 총합(F) 및 총합(F)에 의해 발생하는 틸팅 토크(T)를 보여준다. 도 10에서 확인되는 바와 같이 δ가 0° 에서 계속 유지(즉, 도 10에서 F와 C가 일치)된다.

[0052] 도 11은 방위각(δ)이 45° 인 경우를 설명하는 것으로서, (a)는 δ_R가 45° 일 때 제1 틸팅 구동 유닛(130) 또는 제2 틸팅 구동 유닛(140)에 의해 영구자석(180)들 각각이 받는 힘, 그에 의한 총합(F) 및 총합(F)에 의해 발생하는 틸팅 토크(T)를 보여주고, (b)는 δ_R가 105° 일 때 제1 틸팅 구동 유닛(130) 또는 제2 틸팅 구동 유닛(140)에 의해 영구자석(180)들 각각이 받는 힘, 그에 의한 총합(F) 및 총합(F)에 의해 발생하는 틸팅 토크(T)를 보여주며, (c)는 δ_R가 165° 일 때 제1 틸팅 구동 유닛(130) 또는 제2 틸팅 구동 유닛(140)에 의해 영구자석(180)들 각각이 받는 힘, 그에 의한 총합(F) 및 총합(F)에 의해 발생하는 틸팅 토크(T)를 보여준다. 도 11에서 확인되는 바와 같이 δ가 45° 에서 계속 유지(즉, 도 11에서 F와 C 사이의 각도가 45°)된다.

[0053] 이상 실시예를 통해 본 발명을 설명하였으나, 본 발명은 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 실시예는 본 발명의 취지 및 범위를 벗어나지 않고 수정되거나 변경될 수 있으며, 본 기술분야의 통상의 기술자는 이러한 수정과 변경도 본 발명에 속하는 것임을 알 수 있을 것이다.

부호의 설명

[0054] 100: 외전형 BLDC 전동기 110: 고정자

120: 회전 구동 유닛 121: 회전 구동 코어

122: 회전 구동 요크부 124: 회전 구동 보빈

126: 회전 구동 권선코일 130: 제1 틸팅 구동 유닛

131: 제1 틸팅 구동 코어 132: 제1 틸팅 구동 요크부

134: 제1 틸팅 구동 보빈 136: 제1 틸팅 구동 권선코일

140: 제2 틸팅 구동 유닛 141: 제2 틸팅 구동 코어

142: 제2 틸팅 구동 요크부 144: 제2 틸팅 구동 보빈

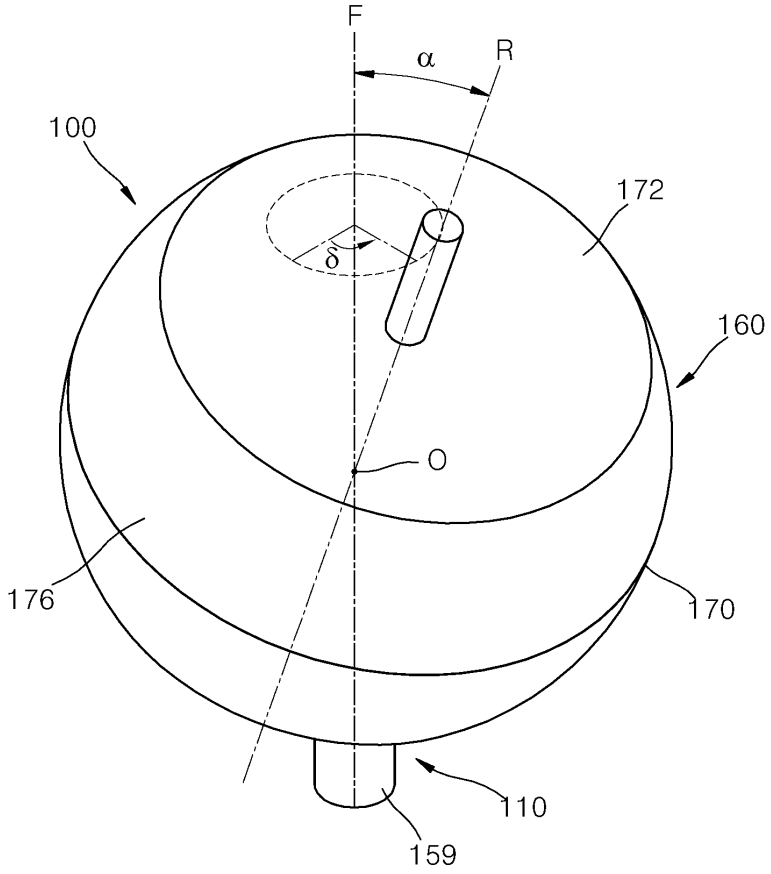
146: 제2 틸팅 구동 권선코일 160: 회전자

170: 하우징 180: 영구자석

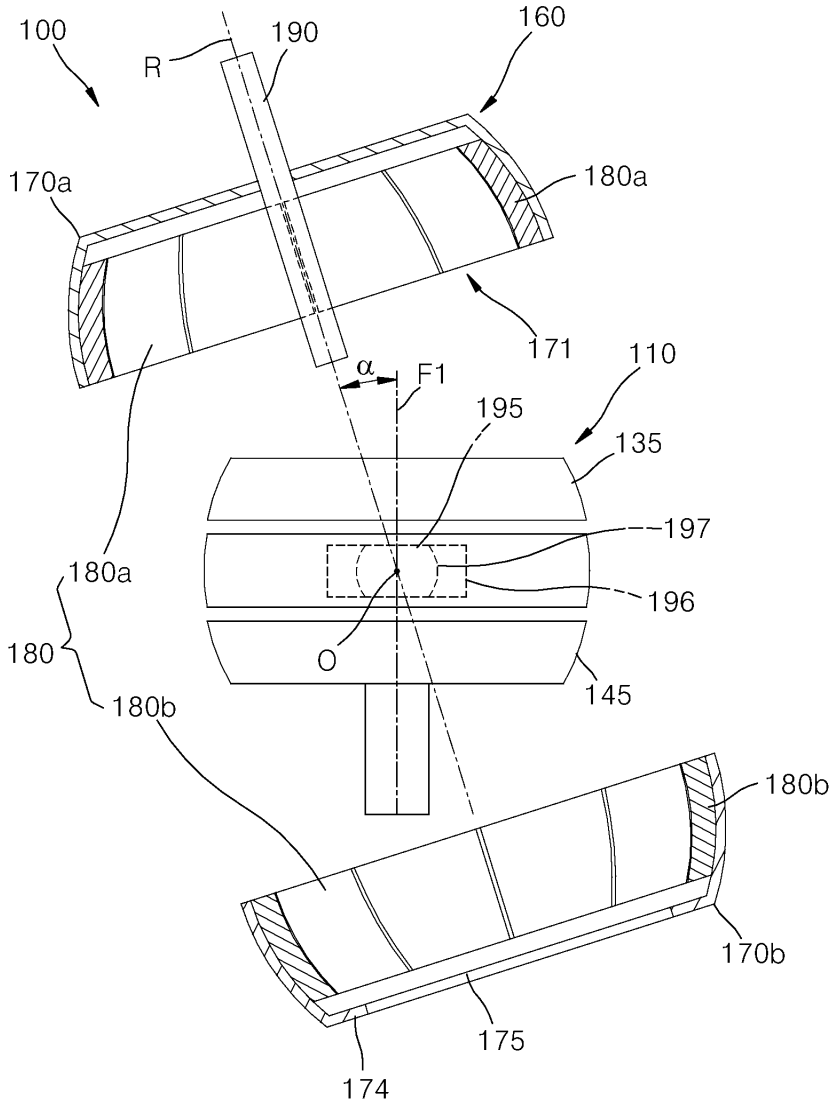
190: 회전 샤프트 195: 구면 베어링

도면

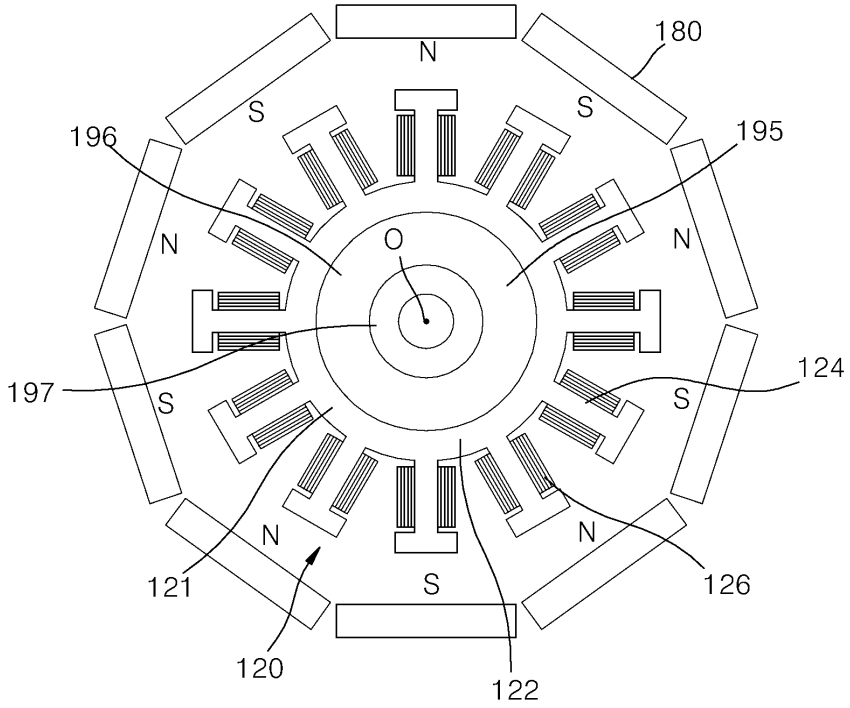
도면1



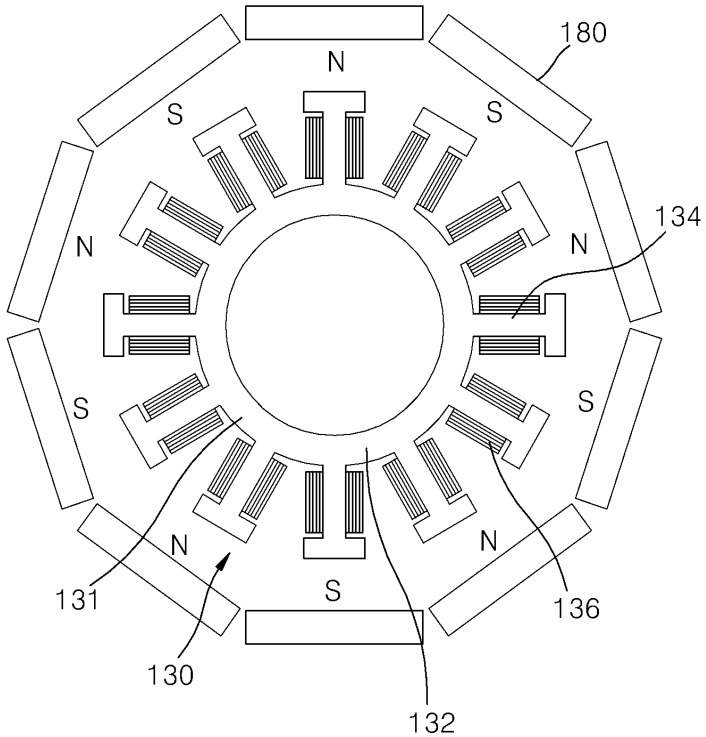
도면2


100
R
190
160
170a
180a
171
α
F1
110
195
135
197
180a
196
180
O
145
180b
180b
170b
175
174

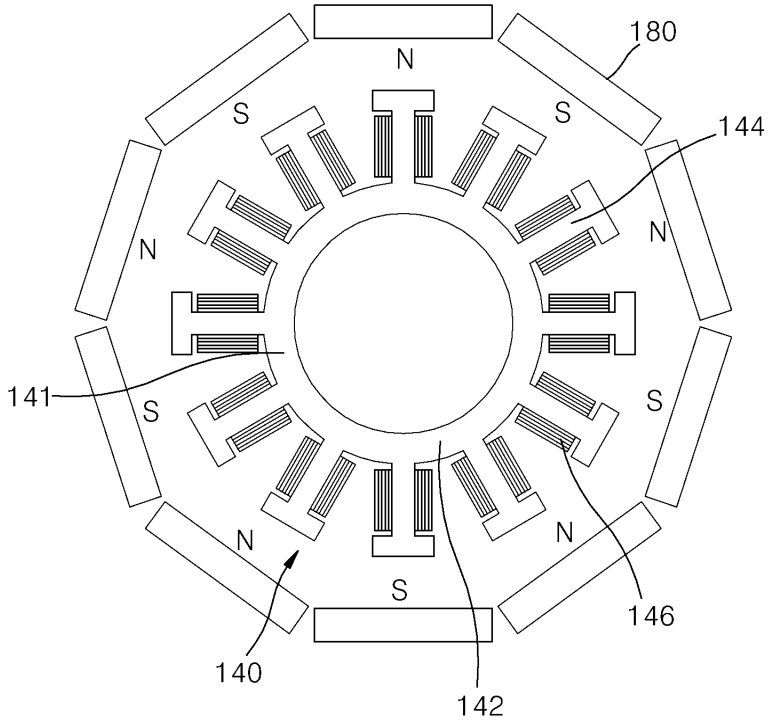
도면3


180
N
S
S
196
195
N
O
N
197
S
S
124
N
N
121
S
126
120
122

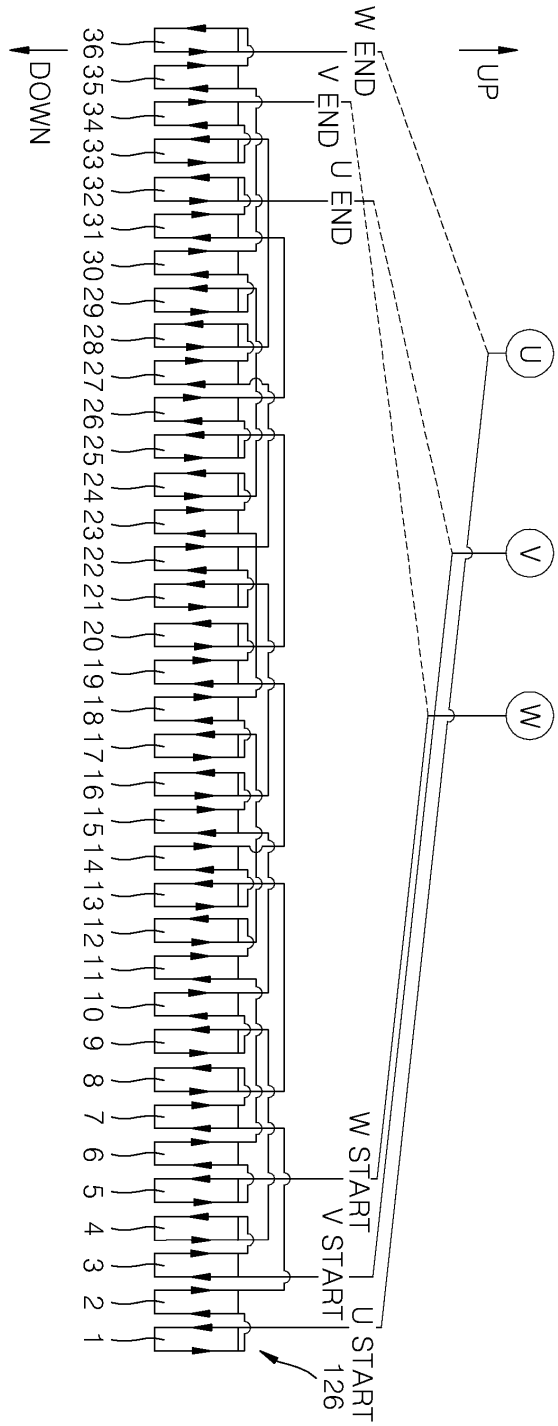
도면4


180
N
S
S
N
134
N
S
S
N
N
131
S
136
130
132

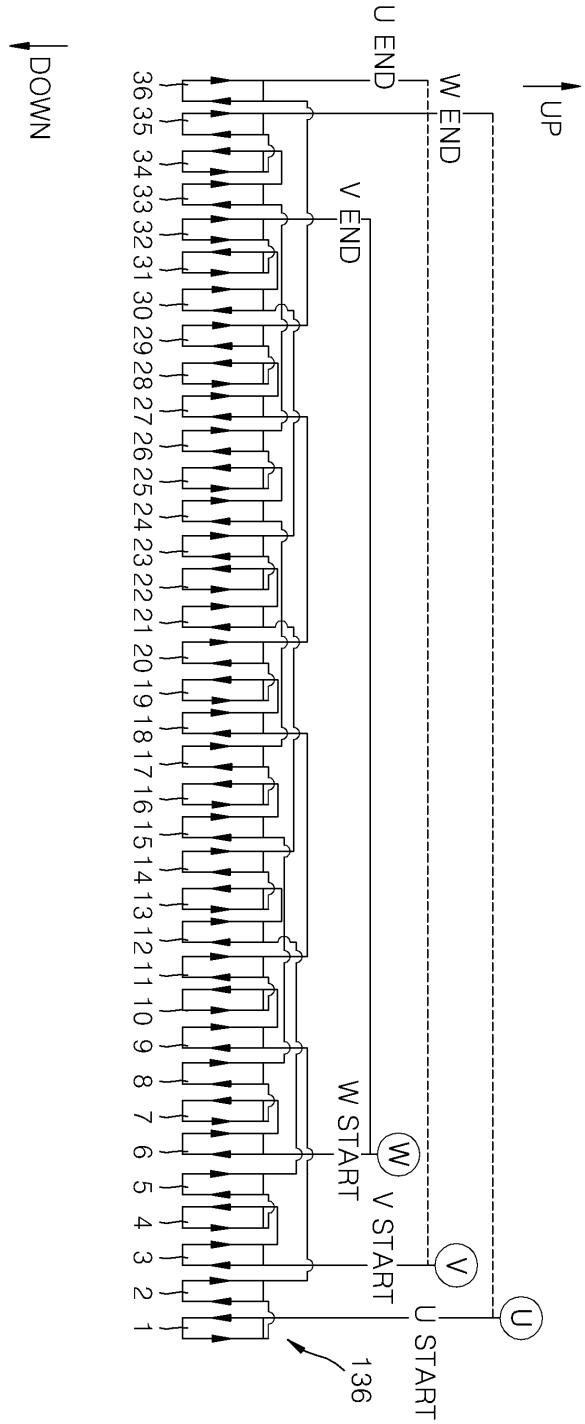
도면5



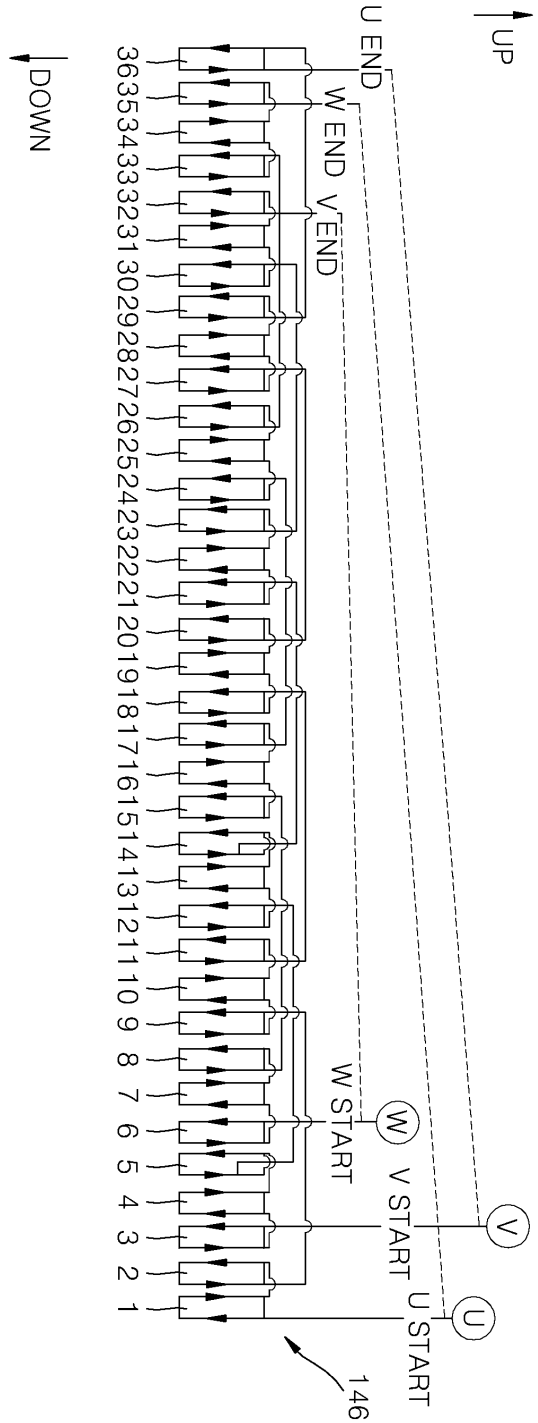
도면6


DOWN
UP
W END
V END
U END
U
V
W
W START
V START
U START
126
36 35 34 33 32 31 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

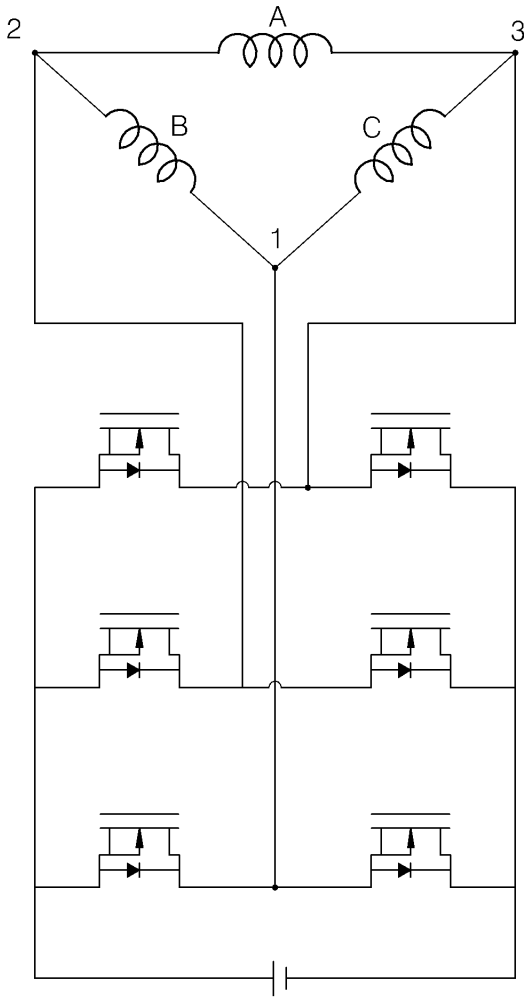
도면7


DOWN
UP
U END
W END
V END
W START
V START
U START
136
36 35 34 33 32 31 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

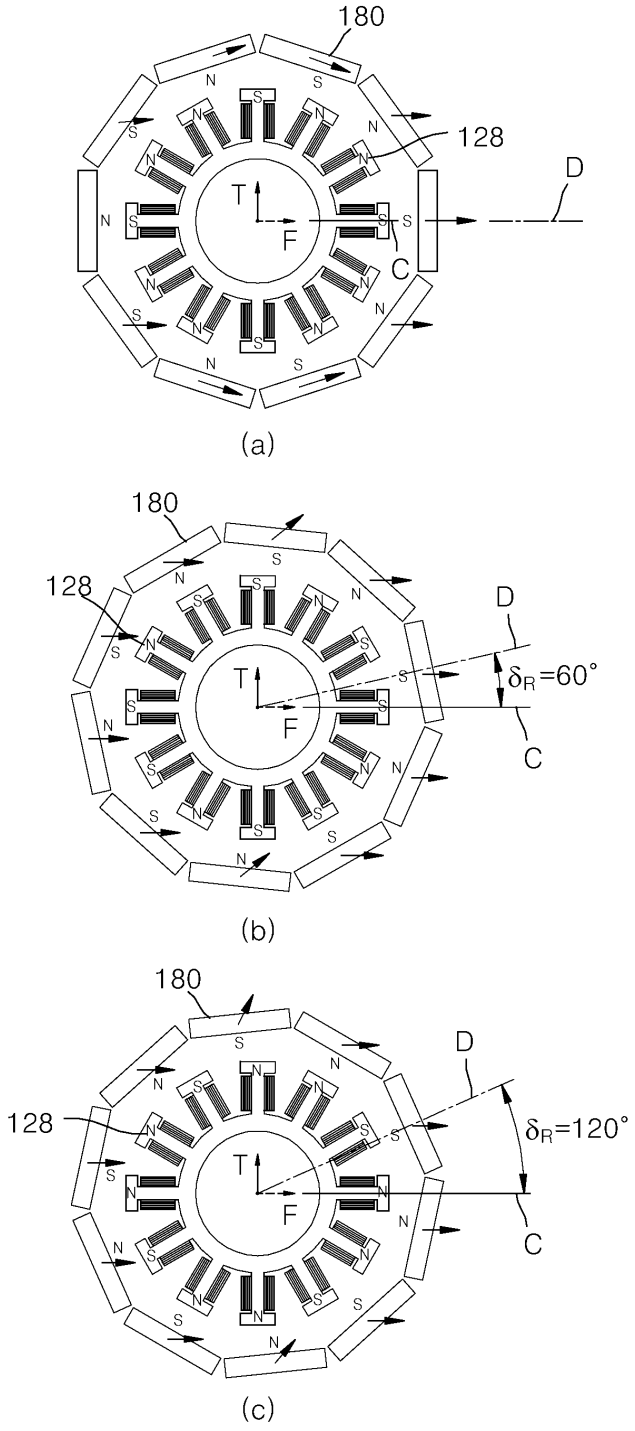
도면8


UP
DOWN
U END
W END
V END
W START
V START
U START
W
V
U
146
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36

도면9



도면10



도면11

