(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2012 년 10 월 4 일 (04.10.2012)

WIPO | PCT

(10) 국제공개번호
WO 2012/134130 A2

(51) 국제특허분류:
H02K 1/28 (2006.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2012/002171

(22) 국제출원일: 2012 년 3 월 26 일 (26.03.2012)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:
10-2011-0028028 2011 년 3 월 29 일 (29.03.2011) KR

(71) 출원인 (US 을(를) 제외한 모든 지정국에 대하여): **한양대학교 산학협력단 (INDUSTRY-UNIVERSITY CO-OPERATION FOUNDATION HANYANG UNIVERSITY)** [KR/KR]; 서울 성동구 행당동 17 한양대학교 내, 133-070 Seoul (KR).

(72) 발명자; 겸

(75) 발명자/출원인 (US 에 한하여): **홍정표 (HONG, Jung-Pyo)** [KR/KR]; 서울 송파구 잠실동 35 트리지움 아파트 344 동 301 호, 138-891 Seoul (KR). **김성일 (KIM, Sung-Il)** [KR/KR]; 경상남도 창원시 의창구 소답동 52-4 초원빌라 108 호, 641-530 Gyeongsangnam-do (KR).

(74) 대리인: **유병욱 (YOO, Byung-Wook)** 등; 서울 강남구 역삼동 831-37 건암빌딩 302 호, 135-080 Seoul (KR).

(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

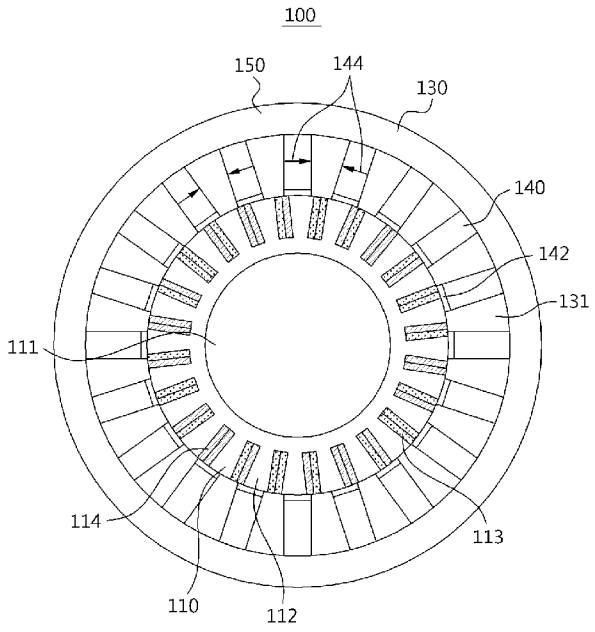
(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[다음 쪽 계속]

(54) **Title**: SPOKE-TYPE PERMANENT-MAGNET MOTOR

(54) **발명의 명칭** : 자속 집중형 영구자석 전동기

[Fig. 2]



(57) **Abstract**: According to the present invention, a spoke-type permanent-magnet motor comprises: a stator having stator slots arranged radially from the center of an insertion hole and stator cores arranged radially among the stator slots; a rotor which is arranged inside or outside the stator, and which has rotor cores arranged radially in the same direction as are the stator slots and the stator cores, and permanent magnets arranged radially among the rotor cores; first coupling members which are made of nonmagnetic materials, and which are arranged at the top and bottom of the rotor along the direction of the height of the rotor; and second coupling members which are made of nonmagnetic materials and arranged so as to penetrate through the rotor cores and the first coupling member. The spoke-type permanent-magnet motor of the present invention may provide high power density, and may be easily miniaturized.

(57) **요약서**: 본 발명에 따른 자속 집중형 영구자석 전동기는 삽입공의 중심을 기준으로 방사상으로 배치된 고정자 슬롯 및 상기 고정자 슬롯의 사이에 방사상으로 형성된 고정자 코어를 구비한 스테이터; 상기 스테이터의 내측 또는 외측에 제공되며, 상기 고정자 슬롯 및 상기 고정자 코어와 동일한 방향으로 방사상으로 배치된 회전자 코어 및 상기 회전자 코어 사이에 방사상으로 배치된 영구자석을 구비한 스포크 타입의 로터; 상기 로터의 높이 방향을 따라 상단 및 하단에 각각 제공되는 비자성체로 형성된 제 1 체결부재; 및 상기 회전자 코어와 상기 제 1 체결부재를 관통하도록 제공되는 비자성체로 형성된 제 2 체결부재;를 포함하여, 높은 출력 밀도를 낼 수 있고 용이하게 소형화를 구현할 수 있다.

WO 2012/134130 A2

공개:

— 국제조사보고서 없이 공개하며 보고서 접수 후 이를 별도 공개함 (규칙 48.2(g))

명세서

발명의 명칭: 자속 집중형 영구자석 전동기

기술분야

[1] 본 발명은 자속 집중형 영구자석 전동기에 관한 것으로, 보다 상세하게는 다극의 자속 집중형 스포크 타입(spoke type)으로 이루어진 아우터 로터 타입의 영구자석 모터에 관한 것이다.

배경기술

[2] 대한민국 등록특허공보 제10-548716호에 개시된 바와 같이 자속 집중형 모터(Spoke type motor)는 도 1에 도시한 바와 같이, 다수의 영구자석(3)을 갖춘 회전자(1)와, 회전자(1)의 외측을 포위하는 형태로 배치되며 코일이 권선되는 다수의 슬롯(2a)을 구비한 고정자(2)를 구비한다.

[3] 회전자(1)의 영구자석들(3)은 회전축(미도시)을 중심으로 방사형으로 배치된다. 회전자(1)는 이러한 영구자석들(3)을 지지함과 동시에 자속의 통로를 이루는 원통형 철심(4)을 구비한다. 철심(4)은 다수의 철판이 축방향으로 적층된 형태로 이루어지고 다수의 영구자석들(3)의 결합을 위한 다수의 자석결합공(4a)을 구비한다. 또 철심(4)은 회전축과 가까운 내주부에 자석들(3)을 지지하기 위한 지지부(4b)를 구비한다. 이러한 철심(4)은 지지부(4a)에 의해 일체로 연결된 형태이다.

[4] 하지만, 도 1에 도시된 모터의 회전자는 회전축과 가까운 철심의 내주부가 지지부(4a)에 의해 연결된 형태이기 때문에 지지부(4b)를 통하여 자속 누설이 생기는 문제가 있다. 즉 자성체인 지지부(4b)를 통하여 자속이 흐르기 때문에 자속 누설이 있었다. 종래에는 이러한 자속 누설을 감안하여 그 만큼 자석(3)의 크기를 크게 하거나 자석의 사용량을 늘이기도 하였으나 이런 경우 회전자(1)의 부피가 커지고 제조 비용도 상승하는 문제가 있었다. 특히, 고효율을 달성하기 위해 고가의 ND(네오디움)자석을 사용하는데 ND자석이 가격이 높아서 생산 비용이 상승하는 문제가 큰 해결 과제로 남아 있다.

[5] 또한, 스포크 타입 모터의 경우 자속 집중형이기 때문에 적은 양의 영구자석으로도 출력밀도를 높일 수 있는 장점은 있으나, 영구자석의 감자 현상이 다른 타입의 영구자석 전동기보다 쉽게 발생하는 문제도 있었다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

[6] 본 발명은 이너 스테이터 및 스포크 타입의 아우터 로터를 사용하는 방식의 자속 집중형 영구자석 전동기를 제공한다.

[7] 본 발명은 아우터 로터에 스포크 타입으로 영구자석을 배치함으로써 고출력 밀도의 자속 집중형 영구자석 전동기를 제공한다.

[8] 본 발명은 영구자석 내에 자성체를 삽입함으로써 영구자석의 감자 발생을 줄일

수 있는 자속 집중형 영구자석 전동기를 제공한다.

[9] 본 발명은 높은 출력밀도 때문에 기존 전동기 보다 소형화가 가능하며 희토류 영구자석을 사용하는 전동기와 동일한 크기 및 성능을 유지하면서도 페라이트 영구자석으로 대체할 수 있는 자속 집중형 영구자석 전동기를 제공한다.

[10] 본 발명은 역기전력을 증가시키고 누설 자속을 최소화할 수 있는 자속 집중형 영구자석 전동기를 제공한다.

[11] 본 발명은 릴럭턴스 토크를 발생시키고 이를 이용하여 출력 토크를 최대화할 수 있는 자속 집중형 영구자석 전동기를 제공한다.

[12] 본 발명은 영구자석의 사용량을 줄이더라도 동일한 출력 토크를 발생시킬 수 있는 자속 집중형 영구자석 전동기를 제공한다.

과제 해결 수단

[13] 상기한 과제를 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 자속 집중형 영구자석 전동기는, 중심을 기준으로 방사상으로 배치된 고정자 슬롯 및 상기 고정자 슬롯의 사이에 방사상으로 형성된 고정자 코어를 구비한 스테이터; 상기 스테이터의 내측 또는 외측에 제공되며, 상기 고정자 슬롯 및 상기 고정자 코어와 동일한 방향으로 방사상으로 배치된 회전자 코어 및 상기 회전자 코어 사이에 방사상으로 배치된 영구자석을 구비한 스포크 타입의 로터; 상기 로터의 높이 방향을 따라 상단 및 하단에 각각 제공되는 비자성체로 형성된 제1체결부재; 및 상기 회전자 코어와 상기 제1체결부재를 관통하도록 제공되는 비자성체로 형성된 제2체결부재;를 포함할 수 있다.

[14] 상기와 같이 구성함으로써, 높은 출력을 유지하면서도 소형화를 구현할 수 있고 희토류 영구자석을 사용하는 전동기와 동일한 크기 및 성능을 유지할 수 있다.

[15] 여기서, 상기 영구자석은 서로 마주 보는 방향으로 자화될 수 있으며, 이로 인해 영구자석 사이에 위치하는 회전자 코어에 극성이 형성될 수 있다.

[16] 상기 회전자 코어는 상기 로터의 외면에 제공되는 로터 하우징에 상기 회전자 코어의 일단이 연결 또는 분리 가능하도록 분할형으로 형성될 수 있다.

[17] 상기 회전자 코어의 일단에는 상기 하우징과의 연결을 위한 돌기 또는 홈이 형성되고, 상기 회전자 코어의 일단이 연결되는 상기 하우징에는 상기 회전자 코어의 돌기 또는 홈과 대응하는 홈 또는 돌기가 형성될 수 있다.

[18] 상기 영구자석은 상기 회전자 코어 사이에 압입되며, 상기 삽입공의 반경 방향을 따라 방사상으로 배치될 수 있다.

[19] 상기 삽입공의 반경 방향에 대한 상기 영구자석의 길이는 상기 회전자 코어의 길이 보다 짧게 형성될 수 있다.

[20] 한편, 상기한 과제를 달성하기 위한 본 발명의 다른 실시예에 따른 자속 집중형 영구자석 전동기는, 중심을 기준으로 방사상으로 배치된 고정자 슬롯 및 상기 고정자 슬롯의 사이에 방사상으로 형성된 고정자 코어를 구비한 스테이터; 및

상기 스테이터의 내측 또는 외측에 제공되며, 상기 고정자 슬롯 및 상기 고정자 코어와 동일한 방향으로 방사상으로 배치된 회전자 코어 및 상기 회전자 코어 사이에 방사상으로 배치되고 상기 회전자 코어 보다 짧게 형성된 영구자석을 구비한 스포크 타입의 로터;를 포함할 수 있다.

[21] 상기와 같이 구성함으로써, 릴럭턴스 토크를 발생시킬 수 있게 되어 적은 양의 영구자석을 사용하더라도 출력이 저하되는 것을 방지할 수 있다.

[22] 여기서, 상기 회전자 코어와 상기 스테이터 사이의 간격은 상기 영구자석과 상기 스테이터 사이의 간격 보다 짧게 형성될 수 있다.

[23] 상기 스테이터에 근접한 상기 회전자 코어의 일단은 상기 영구자석의 폭 방향으로 돌출 형성될 수 있다.

[24] 상기 회전자 코어의 중간 부위의 폭은 상기 고정자 코어의 중간 부위의 폭 보다 크게 형성될 수 있다.

[25] 상기 고정자 코어의 중간 부위의 폭에 대한 상기 회전자 코어의 중간 부위의 폭의 비는 1.5 내지 2이다.

[26] 상기 로터에 형성되며 상기 회전자 코어의 일단이 연결되는 로터 하우징을 포함하고, 상기 로터의 높이 방향을 따라 상단 및 하단에 각각 제공되는 비자성체로 형성된 제1체결부재 및 상기 회전자 코어와 상기 제1체결부재를 관통하도록 제공되는 비자성체로 형성된 제2체결부재에 의해서 상기 하우징 및 상기 회전자 코어는 서로 결합될 수 있다.

[27] 상기 영구자석과 일체로 형성되거나 상기 영구자석에서 분리 가능하게 형성된 감자 방지부재를 포함할 수 있다.

[28] 상기 감자 방지부재는 상기 영구자석 내에 삽입되는 자성체로 형성될 수 있다.

[29] 상기 감자 방지부재는 상기 영구자석으로 흐르는 자속을 차단하고, 상기 감자 방지부재를 통해 자속이 형성될 수 있다.

[30] 상기 하우징은 비자성체로 형성될 수 있고, 상기 영구자석은 페라이트 계열로 형성될 수 있으며, 이로 인해 저비용의 페라이트 계열 영구자석을 사용하더라도 고효율의 전동기를 구현할 수 있다.

발명의 효과

[31] 이상 설명한 바와 같이, 본 발명에 따른 자속 집중형 영구자석 전동기는 이너 스테이터 및 스포크 타입의 아우터 로터를 사용하기 때문에 높은 출력 밀도를 유지할 수 있다.

[32] 본 발명에 따른 자속 집중형 영구자석 전동기는 소형화에 유리하며 저가의 페라이트 계열의 영구자석을 사용할 수 있기 때문에 생산 원가를 절감할 수 있다.

[33] 본 발명에 따른 자속 집중형 영구자석 전동기는 영구자석 내에 자성체를 삽입함으로써 영구자석의 불가역 감자 발생을 줄일 수 있으며, 약계자 제어를 용이하게 할 수 있다.

[34] 본 발명에 따른 자속 집중형 영구자석 전동기는 아우터 로터의 하우징을 비자성체로 형성하기 때문에 역기전력은 증가시키고 누설 자속은 최소화할 수 있다.

[35] 본 발명에 따른 자속 집중형 영구자석 전동기는 릴럭턴스 토크를 발생시키기 때문에 영구자석의 사용량을 줄이더라도 동일한 출력 토크를 발생시킬 수 있다.

[36] 본 발명에 따른 자속 집중형 영구자석 전동기는 회전자 코어와 고정자 코어의 폭의 비를 최적화함으로써 최대 토크를 얻을 수 있다.

도면의 간단한 설명

[37] 도 1은 종래 기술에 따른 모터의 일부 단면도이다.

[38] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 자속 집중형 영구자석 전동기를 개략적으로 도시한 도면이다.

[39] 도 3은 도 2에 따른 자속 집중형 영구자석 전동기의 아우터 로터를 도시한 도면이다.

[40] 도 4는 도 3에 따른 아우터 로터의 로터 하우징과 회전자 코어의 연결 구조를 도시한 도면이다.

[41] 도 5는 도 3에 따른 아우터 로터의 로터 하우징과 회전자 코어의 연결 구조의 변형예를 도시한 도면이다.

[42] 도 6은 도 3에 따른 아우터 로터의 영구자석에 감자 방지부재가 형성된 상태를 도시한 도면이다.

[43] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 d축 인덕턴스와 q축 인덕턴스를 나타낸 그래프이다.

[44] 도 8 내지 도 10은 도 6에 따른 영구자석에 감자 방지부재를 삽입하지 않은 경우와 삽입한 경우에 쇄교자속을 비교 도시한 그래프이다.

[45] 도 11은 도 6에 따른 영구자석에 감자 방지부재를 삽입한 경우와 삽입하지 않은 경우에 d축 인덕턴스를 비교 도시한 그래프이다.

[46] 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 자속 집중형 영구자석 전동기의 아우터 로터 하우징이 자성체인 경우에 자속 밀도와 역기전력을 도시한 그래프이다.

[47] 도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 자속 집중형 영구자석 전동기의 아우터 로터 하우징이 비자성체인 경우에 자속 밀도와 역기전력을 도시한 그래프이다.

[48] 도 14는 본 발명의 다른 실시예에 따른 자속 집중형 영구자석 전동기의 일부를 도시한 도면이다.

[49] 도 15는 회전자 코어와 영구자석의 길이가 동일한 전동기와 도 14에 따른 자속 집중형 영구자석 전동기에 있어서 전류 위상각과 토크를 비교한 그래프이다.

[50] 도 16은 도 14에 따른 자속 집중형 영구자석 전동기의 고정자 코어의 중간 부위의 폭에 대한 회전자 코어의 중간 부위의 폭의 비에 따른 토크의 크기 변화를 도시한 그래프이다.

발명의 실시를 위한 형태

[51] 이하에서, 본 발명에 따른 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 그러나, 본 발명이 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.

[52] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 자속 집중형 영구자석 전동기를 개략적으로 도시한 도면, 도 3은 도 2에 따른 자속 집중형 영구자석 전동기의 아우터 로터를 도시한 도면, 도 4는 도 3에 따른 아우터 로터의 로터 하우징과 회전자 코어의 연결 구조를 도시한 도면, 도 5는 도 3에 따른 아우터 로터의 로터 하우징과 회전자 코어의 연결 구조의 변형예를 도시한 도면, 도 6은 도 3에 따른 아우터 로터의 영구자석에 감자 방지부재가 형성된 상태를 도시한 도면, 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 d축 인덕턴스와 q축 인덕턴스를 나타낸 그래프, 도 8 내지 도 10은 도 6에 따른 영구자석에 감자 방지부재를 삽입하지 않은 경우와 삽입한 경우에 쇄교자속을 비교 도시한 그래프, 도 11은 도 6에 따른 영구자석에 감자 방지부재를 삽입한 경우와 삽입하지 않은 경우에 d축 인덕턴스를 비교 도시한 그래프, 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 자속 집중형 영구자석 전동기의 아우터 로터 하우징이 자성체인 경우에 자속 밀도와 역기전력을 도시한 그래프, 도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 자속 집중형 영구자석 전동기의 아우터 로터 하우징이 비자성체인 경우에 자속 밀도와 역기전력을 도시한 그래프이다.

[53] 우선 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 자속 집중형 영구자석 전동기(Permanent Magnet Motor, 100)는 회전축(미도시)의 외주면 둘레에 제공되는 이너 스테이터(innter stator, 110), 이너 스테이터(110)를 둘러싸도록 그 외주부에 제공되는 아우터 로터(outer rotor, 130)를 포함하여 구성될 수 있다. 여기서, 아우터 로터(130)의 회전력은 회전축에 전달되며, 회전력 전달을 위해 아우터 로터(130)는 회전축과 기계적으로 연결 또는 결합될 수 있다.

[54] 본 발명의 일 실시예에 따른 자속 집중형 영구자석 전동기(100)는 이너 스테이터와 아우터 로터를 포함하는 전동기 뿐만 아니라, 아우터 스테이터(outer stator)와 이너 로터(inner rotor)를 포함하는 전동기에도 적용될 수 있다. 즉, 본 발명의 일 실시예에 따른 자속 집중형 영구자석 전동기(100)는 스테이터의 내측 또는 외측에 로터가 형성될 수 있다. 이하에서는 편의를 위해 스테이터의 둘레 또는 외측에 로터가 배치되는 전동기를 예로 들어 설명한다.

[55] 본 발명의 일 실시예에 따른 자속 집중형 영구자석 전동기(100)의 이너 스테이터(110)는 그 가운데 부분에 회전축이 삽입될 수 있도록 회전축 삽입공(111)이 형성되며, 삽입공(111)의 중심을 기준으로 방사상으로 배치된 고정자 슬롯(113) 및 고정자 슬롯(113)의 사이에 방사상으로 형성된 고정자 코어(112)를 포함할 수 있다. 고정자 슬롯(113)에는 코일(114)이 권선된다.

[56] 도 2에 도시된 바와 같이 이너 스테이터(110)의 고정자 코어(112) 및 고정자 슬롯(113)은 서로 교대로 배치 또는 형성되며, 회전축 삽입공(111)의 중심을 지나는 반경 방향을 따라 방사상으로 제공될 수 있다. 여기서, 고정자 코어(112)

및 고정자 슬롯(113)은 반경 방향을 따라 방사상으로 배치되어 있기 때문에 이너 스테이터(110)가 스포크 타입(spoke type)으로 형성되어 있다고 볼 수도 있다.

[57] 한편, 이너 스테이터(110)의 외부 즉, 그 둘레를 감싸거나 포위하도록 아우터 로터(130)가 제공되는데, 아우터 로터(130)는 이너 스테이터(110)의 고정자 코어(112) 및 고정자 슬롯(113)의 둘레에 제공되며 고정자 슬롯(113) 및 고정자 코어(112)와 동일한 방향으로 방사상으로 배치되는 회전자 코어(131) 및 회전자 코어(131) 사이에 방사상으로 배치된 영구자석(140)을 포함할 수 있다.

[58] 여기서, 아우터 로터(130)의 회전자 코어(131) 및 영구자석(140)은 아우터 로터(130)의 반경 방향을 따라 방사상으로 형성되어 있어 있기 때문에 스포크 타입(spoke type)으로 형성된 것으로 볼 수 있다. 즉, 본 발명에 따른 자속 집중형 영구자석 전동기(100)는 아우터 로터(130)가 스포크 타입(spoke type)의 자속 집중형 구조를 가지는 것에 하나의 기술적 특징이 있다고 할 수 있다. 이와 같이, 아우터 로터(130)가 자속 집중형인 스포크 타입으로 형성되기 때문에 높은 출력 밀도 내지 자속 밀도를 유지할 수 있고, 전동기의 전체적인 크기를 줄일 수 있을 뿐만 아니라 필요한 영구자석의 양도 줄일 수 있으며, 희토류 영구자석을 사용하는 전동기와 동일한 크기 및 성능을 유지할 수 있다.

[59] 여기서, 이너 스테이터(110)의 고정자 코어(112)와 아우터 로터(130)의 회전자 코어(131)는 자유단(free end)가 서로 마주 보도록 형성될 수 있고, 회전자 코어(131)의 사이에 배치된 영구자석(140)의 일단과 고정자 코어(112) 사이에는 공극(air gap, 142)이 형성될 수 있다. 이와 같이, 영구자석(140)의 일단과 고정자 코어(112) 사이에 공극(142)이 형성될 수 있도록 영구자석(140)의 길이가 회전자 코어(131)의 길이 보다 짧게 형성되는 것이 바람직하다. 즉, 회전축 삽입공(111) 또는 아우터 로터(130)의 반경 방향에 대한 영구자석(140)의 길이를 회전자 코어(131)의 길이 보다 짧게 형성함으로써 영구자석(140)과 고정자 코어(112) 사이에 공극(142)을 형성할 수 있다.

[60] 영구자석(140)은 서로 마주 보는 방향으로 자화되어 있음을 알 수 있다. 즉, 도 2를 참조하면, 영구자석(140)의 자화방향(144)은 서로 마주 보는 방향을 향하거나 서로 멀어지는 방향으로 형성되어 있음을 알 수 있다. 이와 같이, 영구자석(140)의 자화방향(144)이 서로 마주 보도록 형성되어 있기 때문에 영구자석(140) 사이에 배치된 회전자 코어(131)가 실질적인 극성(즉, N극 및 S극)을 띠는 구조가 될 수 있다.

[61] 도 3 및 도 4에는 아우터 로터(130)의 회전자 코어(131)와 로터 하우징(150)의 연결 구조가 도시되어 있다.

[62] 우선 도 3을 참조하면, 회전자 코어(131)와 영구자석(140)은 서로 교대로 번갈아 가면서 배치되어 있음을 알 수 있다. 여기서, 영구자석(140)은 회전자 코어(131) 사이에 압입되며, 회전축 삽입공(111) 또는 아우터 로터(130)의 반경 방향을 따라 방사상으로 배치될 수 있다. 영구자석(140)이 회전자 코어(131) 사이에 압입될 수 있도록 회전자 코어(131) 사이의 간격은 영구자석(140)의 폭

보다 작게 형성되는 것이 바람직하다. 영구자석(140)은 아우터 로터(130)의 높이 방향으로 압입되거나 아우터 로터(130)의 스테이터 삽입공(137) 쪽에서 압입될 수도 있다.

[63] 도 3에 도시된 영구자석(140)은 대략 직사각형을 가지는 반면 회전자 코어(131)는 대략 사다리꼴 형상을 가짐을 알 수 있다. 반대로 영구자석(140)의 사다리꼴 형상을 가지고 회전자 코어(131)가 직사각형을 가지도록 형성할 수도 있다. 즉, 영구자석(140)과 회전자 코어(131)의 형상은 다양하게 선택될 수 있으며, 생산성 측면에서 회전자 코어(131)와 영구자석(140)은 각각 동일한 모양으로 형성되는 것이 바람직하다.

[64] 한편, 영구자석(140)과 회전자 코어(131)의 고정 방식은 압입에 한정되는 것은 아니며, 별도의 보조 구조물을 사용하여 양자를 서로 고정할 수도 있다. 예를 들면, 영구자석(140) 및 회전자 코어(131)의 상단 및 하단에 고정링(미도시)을 체결할 수도 있고, 영구자석(140) 및 회전자 코어(131)를 고정하기 위해 스테이터 삽입공(137)에 영구자석(140) 및 회전자 코어(131)를 외측으로 밀어 주는 압입링(미도시)을 설치할 수도 있다.

[65] 도 3에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 자속 집중형 영구자석 전동기(100)의 아우터 로터(130)는 회전자 코어(131)의 일단이 연결되는 로터 하우징(150)을 포함할 수 있다. 즉, 아우터 로터(130)의 회전자 코어(131)는 로터 하우징(150)에서 분리 가능하도록 분할형 코어로 형성될 수 있다.

[66] 도 4에는 아우터 로터(130)의 로터 하우징(150)과 회전자 코어(131)의 연결 구조가 도시되어 있다. 도 4를 참조하면, 로터 하우징(150)은 원통형으로 형성되며, 회전자 코어(131)의 일단과 접하는 로터 하우징(150)의 내주면에는 결합홈(151)이 형성될 수 있다. 로터 하우징(150)의 내주면 쪽에 있는 회전자 코어(131)의 일단에는 결합홈(151)에 끼워지도록 동일한 형상을 가지는 결합돌기(132)가 형성될 수 있다. 이 때, 로터 하우징(150)의 내주면에 결합돌기(미도시)가 형성되고, 회전자 코어(131)의 일단에 결합홈(미도시)이 형성될 수도 있다.

[67] 도 4를 참조하면, 결합홈(151) 및 결합돌기(132)가 대략 사각형 모양을 가지는데, 반드시 이러한 형상에 한정되는 것은 아니며 원형, 타원형 등 다양한 형태로 형성될 수 있음은 당연하다. 로터 하우징(150)과 회전자 코어(131)의 체결 방식은 로터 하우징(150)의 상단 또는 하단 쪽에서 회전자 코어(131)를 슬라이딩시켜 밀어 넣는 방식을 사용할 수 있다.

[68] 한편, 도 5에는 아우터 로터(130)의 로터 하우징(150)과 회전자 코어(131)를 연결하는 구조의 변형예가 도시되어 있다. 도 5를 참조하면, 로터 하우징(150)과 회전자 코어(131)와 접촉하도록 아우터 로터(130)의 높이 방향을 따라 상단 및 하단에 제공되며 링 형상으로 형성된 제1체결부재(152)를 마련하고, 상단 및 하단에 있는 제1체결부재(152)는 제1체결부재(152) 및 회전자 코어(131)를 관통하는 제2체결부재(153)에 의해서 견고하게 고정될 수 있다. 도 5에는 링

형상의 제1체결부재(152) 및 제2체결부재(153)의 일부 단면도가 도시되어 있다.

[69] 제2체결부재(153)가 아우터 로터(130)의 상단 및 하단에 제공된 제1체결부재(152)를 조이기 위해서는 영구자석(140) 또는 회전자 코어(131)를 관통해야 하는데, 영구자석(140)을 관통하는 경우에는 영구자석의 양이 줄어 성능 저하의 가능성이 있기 때문에 회전자 코어(131)를 관통하도록 형성하는 것이 바람직하다.

[70] 여기서, 제1체결부재(152) 및 제2체결부재(153)는 비자성체로 형성되는 것이 바람직하다. 또한, 제2체결부재(153)는 리벳(rivet) 체결 방식으로 상단 및 하단의 제1체결부재(152)를 단단하게 조임으로써 로터 하우징(150)과 회전자 코어(131)를 서로 연결할 수 있다. 이 때, 제1체결부재(152) 및 제2체결부재(153)만 사용할 수도 있고, 경우에 따라서는 제1 및 제2체결부재(152,153)와 함께 도 4에 도시된 연결 구조를 함께 사용할 수도 있다.

[71] 본 발명의 일 실시예에 따른 전동기(100)의 제1 및 제2 체결부재(152,153)는 스테이터의 내측에 로터가 배치되는 경우에 로터의 양단을 지지하거나 체결하는데 사용될 수도 있다. 이 경우에 스테이터의 내측에 배치되는 로터는 분할형 회전자 코어로 형성될 수 있다.

[72] 또한, 로터 하우징(150)은 역기전력(Back EMF)을 증가시키고 누설자속을 줄이기 위해서 비자성체로 형성될 수 있다. 이 때, 로터 하우징(150)의 강성이 충분히 유지될 수 있도록 비자성체인 강화 플라스틱 또는 스테인레스 스틸(SUS)을 사용하여 로터 하우징(150)을 형성할 수 있다. 다만, 강화 플라스틱 또는 스테인레스 스틸은 비자성체의 한 예시일 뿐 반드시 이에 한정되는 것은 아님을 밝혀 둔다.

[73] 도 12 및 도 13을 참조하면, 로터 하우징(150)을 자성체로 형성하는 경우와 비자성체로 형성하는 경우에 대해서 자속밀도 및 역기전력을 비교하는 그래프가 도시되어 있다.

[74] 먼저 도 12에는 로터 하우징(150)을 자성체로 형성한 경우에 있어서 자속밀도 및 역기전력에 대한 그래프가 도시되어 있다. 도 12의 (a)의 우측 그래프를 보면 코일의 쇄교자속 또는 자속밀도(flux density)가 희박함을 알 수 있다. 코일 부분에는 쇄교자속 또는 자속밀도의 크기를 나타내는 점들이 희박하게 분포하여 희미하게 반면에, 로터 하우징(150) 근처에는 점들이 밀집하여 진하게 표시됨을 알 수 있다. 또한, (b)를 참조하면 역기전력의 크기가 대략 -0.2V와 +0.2V 사이의 값을 가짐을 알 수 있다.

[75] 다음으로 도 13에는 로터 하우징(150)을 본 발명과 같이 비자성체로 형성한 경우에 있어서 자속밀도 및 역기전력에 관한 그래프가 도시되어 있다. 도 13의 (a)의 우측 그래프를 보면 도 12에 비하여 코일의 쇄교자속 또는 자속밀도가 높음을 알 수 있다. 코일 부분에는 쇄교자속 또는 자속밀도의 크기를 나타내는 점들이 밀집하여 진하게 표시된 반면에, 로터 하우징(150) 근처에는 점들이 희박하게 분포하여 희미하게 표시됨을 알 수 있다. 또한, (b)를 참조하면

역기전력의 크기가 -30V와 +30V 사이의 값을 가짐을 알 수 있다. 이로부터 로터 하우징(150)을 비자성체로 형성하는 경우에 누설자속을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 역기전력을 크게 할 수 있음을 확인할 수 있다.

[76] 도 6을 참조하면, 영구자석(140)에 감자 방지부재(145)가 형성되어 있음을 볼 수 있다. 감자 방지부재(145)는 영구자석(140)의 감자 발생을 줄이기 위한 것으로 스포크 타입의 자속 집중형 전동기의 경우 다른 타입의 전동기 보다 영구자석의 감자(減磁)가 쉽게 발생하는 현상을 방지하기 위한 것이다. 여기서, 감자(減磁)란 자화(磁化)되어 있는 것을 전혀 자화되지 않는 상태로 만드는 것 또는 어느 정도 자화의 정도를 약하게 하는 것을 말한다.

[77] 감자 방지부재(145)는 영구자석(140)과 일체로 형성되거나 영구자석(140)에서 분리 가능하게 형성될 수도 있다. 예를 들면, 영구자석(140)의 생산 단계에서 감자 방지부재(145)를 영구자석(140)과 일체로 제조할 수도 있고, 영구자석(140)만 따라 생산한 후에 후가공을 통해 감자 방지부재(145)를 영구자석에 삽입할 수도 있다.

[78] 도 6의 (b)에는 영구자석(140)에 후가공을 통해 감자 방지부재(145)를 삽입할 수 있는 방지부재 삽입홈(147)을 형성한 영구자석(140)이 일례로 도시되어 있다. 영구자석(140)에 방지부재 삽입홈(147)을 가공하고, 방지부재 삽입홈(147)에 형합하는 감자 방지부재(145)를 압입 방식으로 삽입할 수도 있다. 다만, 도시된 영구자석(140)과 감자 방지부재(145)의 결합 구조는 일 예시에 불과하여, 설계 사항에 따라 다양하게 변경될 수 있음을 밝혀 둔다.

[79] 여기서, 감자 방지부재(145)로는 영구자석(140) 내에 삽입되거나 장착될 수 있는 자성체를 이용할 수 있다. 영구자석(140)에 자성체로 형성된 감자 방지부재(145)를 삽입하거나 장착함으로써 불가역 감자 발생을 줄일 수 있다. 또한, 감자 방지부재(145)를 형성함으로써 d축 인덕턴스(inductance)가 증가하여 약계자 제어를 용이하게 할 수 있다.

[80] 본 발명의 일 실시예에 따른 자속 집중형 영구자석 전동기(100)의 경우 아우터 로터(130)를 구성하는 영구자석(140)에 자성체로 형성된 감자 방지부재(145)를 삽입 또는 장착함으로써 이너 스테이터(110)의 코일(113)에서 발생한 코일 기자력이 영구자석(140)을 통해 흐르는 것이 아니라 감자 방지부재(145)를 통해 흐르기 때문에, 그 만큼 영구자석(140)이 코일 기자력에 의해 감자되는 것을 방지할 수 있다.

[81] 도 6을 참조하면, 감자 방지부재(145)는 로터 하우징(150) 보다는 이너 스테이터(110) 또는 고정자 코어(112) 쪽에 가깝게 위치하는 경우에 대해서 도시되어 있으나, 감자 방지부재(145)는 이너 스테이터(110)에 근접한 위치 뿐만 아니라 설치위치 제한 없이 영구자석(140)에 삽입 또는 형성되어 있기만 하면 영구자석(140)의 감자를 방지할 수 있다.

[82] 이와 같이 감자 방지부재(145)는 영구자석(140)으로 흐르는 자속 또는 코일 기자력을 차단함으로써 감자 방지부재(145)를 통해 자속 또는 코일 기자력이

형성되게 할 수 있다.

[83] 한편, 도 7에는 본 발명의 일 실시예에 따른 자속 집중형 영구자석 전동기(100)의 아우터 로터(130)의 전류 위상각에 따른 d축 및 q축 인덕턴스 그래프가 도시되어 있다. 도 7을 참조하면 q축 인덕턴스가 d축 인덕턴스 보다 큼을 알 수 있는데, 본 발명의 일 실시예에 따른 자속 집중형 영구자석 전동기(100)는 이와 같이 d축과 q축의 인덕턴스의 차이로 인해 릴럭턴스 토크를 발생시키는 구조이다.

[84] 또한, 도 8 내지 도 10에는 영구자석에 자성체로 형성된 감자 방지부재가 없는 전동기(도 8 참조)와 있는 전동기(도 9 및 도 10 참조)에 대해서 영구자석에 의한 쇄교자속 양을 비교한 그래프가 도시되어 있다. 도 8을 참조하면, 우선 감자 방지부재가 없는 전동기(도 8)의 경우는 감자해석 전(Before Demagnetization Analysis)과 감자해석 후(After Demagnetization Analysis)에 있어서 영구자석에 의한 쇄교자속의 양이 차이가 있음을 알 수 있다. 즉, 도 8의 그래프에서 각도가 1도에서 3도 사이, 그리고 13도에서 16도 사이에서의 쇄교자속을 보면 감자해석 전을 의미하는 가는 실선과 감자해석 후를 의미하는 굵은 실선이 일치하지 않음을 알 수 있다. 이는 감자해석 후에 영구자석이 감자되었음을 의미하는 것이다.

[85] 반면에, 감자 방지부재가 있는 전동기 중에서 감자 방지부재가 영구자석의 대략 가운데 부분에 형성된 전동기의 경우(도 9)는 감자 방지부재가 없는 전동기에 비하여 쇄교자속의 양은 다소 감소하였으나, 감자해석 전과 감자해석 후의 영구자석에 의한 쇄교자속의 양에 차이가 없음을 알 수 있다. 즉, 감자해석 전을 의미하는 가는 실선과 감자해석 후를 의미하는 굵은 실선이 일치함을 알 수 있다. 마찬가지로 감자 방지부재가 있는 전동기 중에서 감자 방지부재가 하우징 쪽에 가까이 형성된 전동기의 경우(도 10)도 감자해석 전과 감자해석 후의 영구자석에 의한 쇄교자속의 양에 차이가 없음을 알 수 있다.

[86] 여기서, 도 9의 경우에는 감자 방지부재(145)가 영구자석(140)의 대략 가운데 부분에 형성되고 감자 방지부재(145)의 두께는 0.35mm이며 그 양단에 인접한 영구자석(140) 부분을 제거하여 감자 방지부재(145)의 양단 주위 또는 둘레에 공기(Air)가 있도록 하고 감자해석을 하였다. 또한, 도 10의 경우에는 감자 방지부재(145)가 하우징(150)에 가깝도록 영구자석(140)의 끝단 부분에 형성되고 감자 방지부재(145)의 두께는 0.35mm이며 그 양단에 인접한 영구자석(140) 부분을 제거하여 감자 방지부재(145)의 양단에 공기(Air)가 있도록 하고 감자해석을 하였다. 다만, 도 10은 도 9와 비교하여 공기가 감자 방지부재(145)의 일측 즉, 감자 방지부재(145)와 영구자석(140) 사이에는 공기가 있으나 감자 방지부재(145)와 하우징(150) 사이에는 공기가 상대적으로 적도록 하고 감자해석을 하였다.

[87] 이와 같이, 감자 방지부재(145)의 형성 위치, 두께, 모양, 감자 방지부재 주변에 공기의 존재 유무 등에 따라 감자 특성이 다소 달라질 수는 있으나, 감자

방지부재가 없는 경우와 비교할 때 감자해석 전과 후에 있어서 쇄교자속에 차이가 없음을 확인할 수 있다.

[88] 도 11에는 영구자석에 감자 방지부재를 삽입하지 않은 전동기(Non-magnetic material in PM)와 영구자석에 감자 방지부재를 삽입한 전동기(Magnetic material in PM)의 d축 인덕턴스를 비교한 그래프가 도시되어 있다. 도 11을 참조하면, 영구자석에 감자 방지부재를 삽입한 경우가 그렇지 않은 경우 보다 d축 인덕턴스가 큰 것을 알 수 있다.

[89] 이와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 자속 집중형 영구자석 전동기(100)는 이너 스테이터(110)와 아우터 로터(130)를 자속 집중형인 스포크 타입으로 형성하고 로터 하우징(150)을 비자성체로 형성하며 영구자석(140)에 자성체로 형성된 감자 방지부재(145)를 삽입함으로써, 영구자석(140)을 페라이트 계열로 형성하더라도 희토류 영구자석을 사용하는 전동기와 동일한 크기 및 성능을 유지할 수 있다.

[90] 이하에서는 도면을 참조하여 본 발명의 다른 실시예에 따른 자속 집중형 영구자석 전동기(200)에 대해서 설명한다.

[91] 도 14는 본 발명의 다른 실시예에 따른 자속 집중형 영구자석 전동기의 일부를 도시한 도면, 도 15는 회전자 코어와 영구자석의 길이가 동일한 전동기와 도 14에 따른 자속 집중형 영구자석 전동기에 있어서 전류 위상각과 토크를 비교한 그래프, 도 16은 도 14에 따른 자속 집중형 영구자석 전동기의 고정자 코어의 중간 부위의 폭에 대한 회전자 코어의 중간 부위의 폭의 비에 따른 토크의 크기 변화를 도시한 그래프이다.

[92] 이하에서 설명할 본 발명의 다른 실시예에 따른 자속 집중형 영구자석 전동기(200)는 상기에서 설명한 도 2에 도시된 본 발명의 일 실시예에 따른 자속 집중형 영구자석 전동기(100)와 비교할 때 회전자 코어와 영구자석의 길이, 그리고 회전자 코어 및 고정자 코어의 모양만 상이할 뿐 다른 부분은 동일하다. 이하에서는 도 2에 도시된 자속 집중형 영구자석 전동기(100)와 다른 부분을 중심으로 설명하며, 도 2에 도시된 자속 집중형 영구자석 전동기(100)와 동일한 부분에 대해서는 동일한 도면부호를 이용하여 설명한다.

[93] 도 14에 도시된 바와 같이, 본 발명의 다른 실시예에 따른 자속 집중형 영구자석 전동기(200)는 회전축(미도시)이 삽입되는 회전축 삽입공(111)을 구비하며, 삽입공(111)의 중심을 기준으로 방사상으로 배치된 고정자 슬롯(113) 및 고정자 슬롯(113)의 사이에 방사상으로 형성된 고정자 코어(212)를 구비한 이너 스테이터(210) 및 이너 스테이터(210)의 둘레에 제공되며, 고정자 슬롯(113) 및 고정자 코어(212)와 동일한 방향으로 방사상으로 배치된 회전자 코어(231) 및 회전자 코어(231) 사이에 방사상으로 배치되고 회전자 코어(231) 보다 짧게 형성된 영구자석(240)을 구비한 스포크 타입의 아우터 로터(230)를 포함할 수 있다. 고정자 슬롯(113)에는 고정자 코일(214)이 권선될 수 있다.

[94] 도 14를 참조하면, 본 발명의 다른 실시예에 따른 자속 집중형 영구자석

전동기(200)는 도 2에 도시된 전동기(100)와 마찬가지로 스테이터(고정자)가 내측에 형성되고 그 외측에 로터(회전자)가 형성되는 외전형 전동기이며, 회전자 코어(231), 고정자 코어(212) 및 영구자석(240) 모두 전동기(200)의 반경 방향을 따라 일정한 길이를 가지며 전동기(200)의 원주방향을 따라 방사상으로 배치된 스포크(spoke) 타입으로 형성되어 있다. 이와 같이, 회전자 코어(231), 영구자석(240) 및 고정자 코어(212)를 스포크 타입으로 형성함으로써 자속을 집중시킬 수 있고 영구자석의 사용량을 줄이더라도 성능은 그대로 유지할 수 있다.

[95] 본 발명의 다른 실시예에 따른 자속 집중형 영구자석 전동기(200)의 아우터 로터(230)는 최외각에 형성된 원통 형상의 하우징(250) 및 하우징(250)에서 분리 가능하도록 형성된 분할형 회전자 코어(231)를 포함할 수 있다. 즉, 회전자 코어(231)의 일단은 하우징(250)에 연결될 수 있다. 여기서, 하우징(250)은 비자성체로 형성될 수 있으며, 하우징(250)과 회전자 코어(231)의 체결 구조 내지 방식은 도 2에 도시된 전동기(100)와 동일하다.

[96] 한편, 회전자 코어(231)의 형태가 도 2에 도시된 전동기(100)와 비교할 때 상이하다. 도 14에 도시된 바와 같이, 회전자 코어(231)의 길이(L1)가 영구자석(240)의 길이(L2) 보다 짧게 형성될 수 있다. 즉, 회전자 코어(231) 및 영구자석(240)이 하우징(250)에 체결되거나 밀착된 상태에서 회전자 코어(231)와 이너 스테이터(210) 사이의 간격은 영구자석(240)과 이너 스테이터(210) 사이의 간격 보다 짧게 형성될 수 있다. 따라서, 영구자석(240)과 이너 스테이터(210) 사이에는 보다 큰 에어갭(air-gap)이 형성될 수 있다.

[97] 여기서, 이너 스테이터(210)에 근접한 회전자 코어(231)의 일단(233)은 영구자석(240)의 폭 방향으로 돌출 형성될 수 있다. 즉, 회전자 코어(231)의 이너 스테이터(210) 측 일단의 폭 방향 모서리부(233)는 영구자석(240)을 향하여 돌출 형성될 수 있다. 이와 같이, 이너 스테이터(210) 쪽 회전자 코어(231)의 일단 내지 모서리부(233)가 영구자석(240)을 향하여 돌출 형성됨으로써 회전자 코어(231)에 의한 영구자석(240)의 결합 또는 압입 상태를 견고하게 유지할 수 있고, 고정자 코어(212)와 회전자 코어(231) 사이의 자기 플럭스 흐름 경로를 쉽게 형성할 수도 있다.

[98] 상기한 바와 같이, 영구자석(240) 보다 회전자 코어(231)를 길게 형성함으로써, 이너 스테이터(210)와 대면하는 아우터 로터(230)의 내주면을 비곡면(non-surface) 타입으로 형성할 수 있다. 이해를 돕기 위해서, 영구자석과 회전자 코어의 길이가 거의 동일한 경우에는 이너 스테이터와 대면하는 아우터 로터의 내주면이 대략 곡면(surface) 타입으로 형성된다고 할 수 있다.

[99] 본 발명의 다른 실시예에 따른 자속 집중형 영구자석 전동기(200)는 영구자석(240) 보다 회전자 코어(231)의 길이를 길게 하여 아우터 로터(230)의 내주면을 비곡면 타입으로 형성함으로써 마그네틱 토크(magnetic torque) 뿐만 아니라 릴럭턴스 토크(reluctance torque)도 발생시킬 수 있고, 이로 인해

영구자석의 사용량을 최대한 줄이면서도 출력 밀도를 높일 수 있다. 즉, 아우터 로터(230)의 내주면을 비곡면 타입으로 형성함으로써 마그네틱 토크와 릴럭턴스 토크를 발생시켜 더 적은 양의 영구자석을 사용하더라도 동일한 토크를 얻을 수 있다.

[100] 도 15의 (a)에는 영구자석과 회전자 코어의 길이가 동일한 곡면 타입의 아우터 로터를 사용하는 전동기에 대하여 전류 위상각(current angle, 가로축)과 출력 토크(torque, 세로축)가 도시되어 있다. 도 15의 (a)를 참조하면, 전류 위상각이 0도일 때에는 거의 60Nm의 토크(즉, 마그네틱 토크)가 발생하지만, 전류 위상각이 25도가 될 때에는 오히려 토크가 60Nm 보다 작아짐을 알 수 있다. 따라서, 곡면 타입의 아우터 로터 영구자석 전동기는 전류 위상각이 0도 일 때 발생하는 마그네틱 토크만을 이용할 수 있을 뿐 전류 위상각이 생기게 되면 오히려 토크가 떨어지므로 릴럭턴스 토크를 이용할 수 없음을 알 수 있다.

[101] 반면에 본 발명의 다른 실시예에 따른 비곡면 타입의 자속 집중형 영구자석 전동기(200)의 경우에는 도 15의 (b)에 도시된 바와 같이, 전류 위상각이 0도일 때의 마그네틱 토크는 대략 50Nm 정도가 되는데, 전류 위상각이 25도가 될 때에는 출력 토크가 약 60Nm가 됨을 알 수 있다. 즉, 전류 위상각이 생긴 경우에 오히려 토크가 커지게 되는데, 이는 릴럭턴스 토크가 발생해서 마그네틱 토크와 릴럭턴스 토크가 합해져 전체적인 출력 토크가 증가하기 때문이다.

[102] 따라서, 본 발명의 다른 실시예에 따른 자속 집중형 영구자석 전동기(200)는 곡면 타입의 아우터 로터 영구자석 전동기와 동일한 크기에서 영구자석 사용량을 줄였음에도 불구하고 릴럭턴스 토크를 발생시킬 수 있기 때문에 곡면 타입의 아우터 로터 영구자석 전동기와 거의 동일한 토크를 확보할 수 있다. 즉, 회전자 코어의 길이를 동일하게 하는 경우에, 본 발명의 다른 실시예에 따른 자속 집중형 영구자석 전동기(200)의 영구자석(240)의 길이가 곡면 타입의 영구자석의 길이 보다 짧기 때문에 본 발명의 다른 실시예에 따른 전동기(200)에서 사용되는 영구자석의 양을 곡면 타입의 전동기 보다 적게 할 수 있다. 하지만, 적은 양의 영구자석을 사용하면서도 동일한 출력을 유지할 수 있다. 도 15를 참조하면 비곡면 타입의 아우터 로터(230)를 가지는 본 발명의 다른 실시예에 따른 자속 집중형 영구자석 전동기(200)는 영구자석의 사용량이 줄었음에도 불구하고 전류 위상각이 25도 일 때의 토크가 곡면 타입 전동기에서 전류 위상각이 0도 일 때의 마그네틱 토크와 거의 동일함을 알 수 있다.

[103] 만약, 동일한 양의 영구자석을 사용한다면 본 발명의 다른 실시예에 따른 자속 집중형 영구자석 전동기(200)가 곡면 타입 전동기 보다 훨씬 큰 출력을 낼 수 있음은 당연하다.

[104] 한편, 도 14를 참조하면, 본 발명의 다른 실시예에 따른 자속 집중형 영구자석 전동기(200)는 회전자 코어(231)의 폭(W1)을 고정자 코어(212)의 폭(W2) 보다 크게 형성한다. 보다 자세히 설명하면, 회전자 코어(231)의 중간 부위의 폭(W1)은 고정자 코어(212)의 중간 부위의 폭(W2) 보다 크게 형성되는 것이

바람직하다. 이와 같이, 회전자 코어(231)의 중간 부위의 폭(W1)을 고정자 코어(212)의 중간 부위의 폭(W2) 보다 크게 형성함으로써 출력 토크를 증가시킬 수 있다.

[105] 도 16에는 고정자 코어(212)의 중간 부위의 폭(W2)에 대한 회전자 코어(231)의 중간 부위의 폭(W1)의 비의 변화에 따른 토크 변화가 도시되어 있다. 도 16을 참조하면, 고정자 코어(212)의 중간 부위의 폭(W2)에 대한 회전자 코어(231)의 중간 부위의 폭(W1)의 비가 1.5 내지 2인 경우에 상대적으로 토크가 큰 것을 알 수 있다. 즉, 고정자 코어(212)의 중간 부위의 폭(W2)에 대한 회전자 코어(231)의 중간 부위의 폭(W1)의 비가 1.5 내지 2일 때 57.5Nm 보다 큰 토크를 낼 수 있다.

[106] 여기서, 고정자 코어(212)의 중간 부위의 폭(W2)에 대한 회전자 코어(231)의 중간 부위의 폭(W1)의 비가 1.69(도 16에서 점선 참조)일 때 최대 토크가 발생함을 알 수 있다. 이와 같이, 본 발명의 다른 실시예에 따른 자속 집중형 영구자석 전동기(200) 또는 이와 유사한 구조를 가지는 전동기에서 최대 토크를 발생시키는 회전자 코어(231) 및 고정자 코어(212)의 폭의 비가 존재하므로, 이러한 최적 비율을 선택하여 최대 토크를 얻을 수 있다.

[107] 또한, 본 발명의 다른 실시예에 따른 자속 집중형 영구자석 전동기(200)는 하우징(250)과 회전자 코어(231)의 체결을 위해서 도 2에 도시된 전동기(100)와 동일한 체결 구조를 가진다. 즉, 아우터 로터(230)의 높이 방향을 따라 상단 및 하단에 각각 제공되는 비자성체로 형성된 제1체결부재(152) 및 회전자 코어(231)와 제1체결부재(152)를 관통하도록 제공되는 비자성체로 형성된 제2체결부재(153)에 의해서 하우징(250) 및 상기 회전자 코어(231)는 서로 결합될 수 있다. 여기서, 제1 및 제2체결부재(152,153)는 도 2에 도시된 전동기와 동일하므로 반복적인 설명은 생략한다.

[108] 뿐만 아니라, 본 발명의 다른 실시예에 따른 자속 집중형 영구자석 전동기(200)의 영구자석(240)도 감자 방지부재(145)를 포함할 수 있다. 감자 방지부재(145)의 형상, 형성 위치, 효과 등은 도 2에 도시된 전동기(100)와 동일하므로 반복적인 설명은 생략한다.

[109]

[110] 이상과 같이 본 발명의 일실시예에서는 구체적인 구성 요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

산업상 이용가능성

[111] 본 발명은 철도, 자동차, 선박 등의 수송 수단의 견인용 모터 또는 압축기, 블로워, 펌프용 구동 모터 등에 적용될 수 있다.

청구범위

[청구항 1] 중심을 기준으로 방사상으로 배치된 고정자 슬롯 및 상기 고정자 슬롯의 사이에 방사상으로 형성된 고정자 코어를 구비한 스테이터;
상기 스테이터의 내측 또는 외측에 제공되며, 상기 고정자 슬롯 및 상기 고정자 코어와 동일한 방향으로 방사상으로 배치된 회전자 코어 및 상기 회전자 코어 사이에 방사상으로 배치된 영구자석을 구비한 스포크 타입의 로터;
상기 로터의 높이 방향을 따라 상기 로터의 상단 및 하단에 각각 제공되는 비자성체로 형성된 제1체결부재; 및
상기 회전자 코어와 상기 제1체결부재를 관통하도록 제공되는 비자성체로 형성된 제2체결부재;
를 포함하는 것을 특징으로 하는 자속 집중형 영구자석 전동기.

[청구항 2] 제1항에 있어서,
상기 영구자석은 서로 마주 보는 방향으로 자화된 것을 특징으로 하는 자속 집중형 영구자석 전동기.

[청구항 3] 제1항에 있어서,상기 회전자 코어는, 상기 로터의 외면에 제공되는 로터 하우징에 상기 회전자 코어의 일단이 연결 또는 분리 가능하도록 분할형으로 형성된 것을 특징으로 하는 자속 집중형 영구자석 전동기.

[청구항 4] 제3항에 있어서,
상기 회전자 코어의 일단에는 상기 하우징과의 연결을 위한 돌기 또는 홈이 형성되고,
상기 회전자 코어의 일단이 연결되는 상기 하우징에는 상기 회전자 코어의 돌기 또는 홈과 대응하는 홈 또는 돌기가 형성된 것을 특징으로 하는 자속 집중형 영구자석 전동기.

[청구항 5] 제4항에 있어서,
상기 영구자석은 상기 회전자 코어 사이에 압입되며, 상기 삽입공의 반경 방향을 따라 방사상으로 배치된 것을 특징으로 하는 자속 집중형 영구자석 전동기.

[청구항 6] 제3항에 있어서,
상기 삽입공의 반경 방향에 대한 상기 영구자석의 길이는 상기 회전자 코어의 길이 보다 짧은 것을 특징으로 하는 자속 집중형 영구자석 전동기.

[청구항 7] 중심을 기준으로 방사상으로 배치된 고정자 슬롯 및 상기 고정자 슬롯의 사이에 방사상으로 형성된 고정자 코어를 구비한 스테이터; 및

상기 스테이터의 내측 또는 외측에 제공되며, 상기 고정자 슬롯 및 상기 고정자 코어와 동일한 방향으로 방사상으로 배치된 회전자 코어 및 상기 회전자 코어 사이에 방사상으로 배치되고 상기 회전자 코어 보다 짧게 형성된 영구자석을 구비한 스포크 타입의 로터;

를 포함하는 자속 집중형 영구자석 전동기.

[청구항 8] 제7항에 있어서,

상기 회전자 코어와 상기 스테이터 사이의 간격은 상기 영구자석과 상기 스테이터 사이의 간격 보다 짧게 형성된 것을 특징으로 하는 자속 집중형 영구자석 전동기.

[청구항 9] 제8항에 있어서,

상기 스테이터에 근접한 상기 회전자 코어의 일단은 상기 영구자석의 폭 방향으로 돌출 형성된 것을 특징으로 하는 자속 집중형 영구자석 전동기.

[청구항 10] 제8항에 있어서,

상기 회전자 코어의 중간 부위의 폭은 상기 고정자 코어의 중간 부위의 폭 보다 크게 형성된 것을 특징으로 하는 자속 집중형 영구자석 전동기.

[청구항 11] 제10항에 있어서,

상기 고정자 코어의 중간 부위의 폭에 대한 상기 회전자 코어의 중간 부위의 폭의 비는 1.5 내지 2인 것을 특징으로 하는 자속 집중형 영구자석 전동기.

[청구항 12] 제8항에 있어서,

상기 로터에 형성되며, 상기 회전자 코어의 일단이 연결되는 로터 하우징;을 포함하고,

상기 로터의 높이 방향을 따라 상단 및 하단에 각각 제공되는 비자성체로 형성된 제1체결부재 및 상기 회전자 코어와 상기 제1체결부재를 관통하도록 제공되는 비자성체로 형성된 제2체결부재에 의해서 상기 하우징 및 상기 회전자 코어는 서로 결합되는 것을 특징으로 하는 자속 집중형 영구자석 전동기.

[청구항 13] 제1항에 있어서,

상기 영구자석과 일체로 형성되거나 상기 영구자석에서 분리 가능하게 형성된 감자 방지부재를 포함하는 자속 집중형 영구자석 전동기.

[청구항 14] 제13항에 있어서,

상기 감자 방지부재는 상기 영구자석 내에 삽입되는 자성체인 것을 특징으로 하는 자속 집중형 영구자석 전동기.

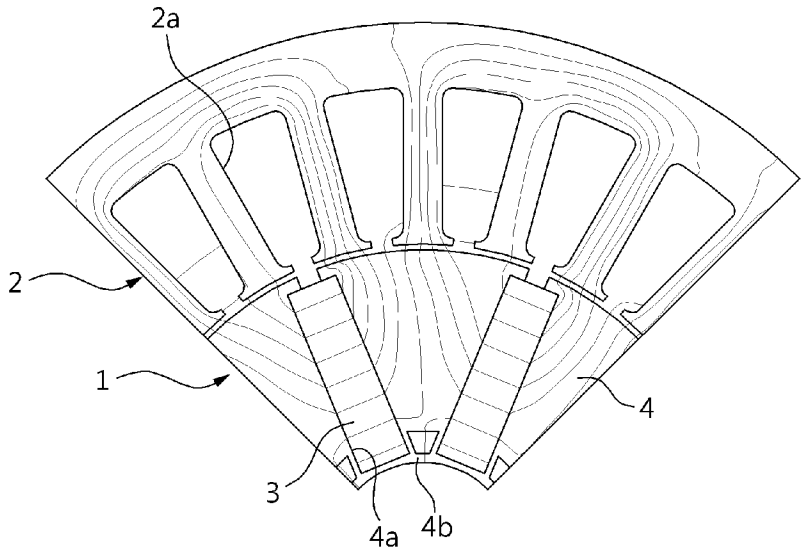
[청구항 15] 제14항에 있어서,

상기 감자 방지부재는 상기 영구자석으로 흐르는 자속을 차단하고, 상기 감자 방지부재를 통해 자속이 형성되는 것을 특징으로 하는 자속 집중형 영구자석 전동기.

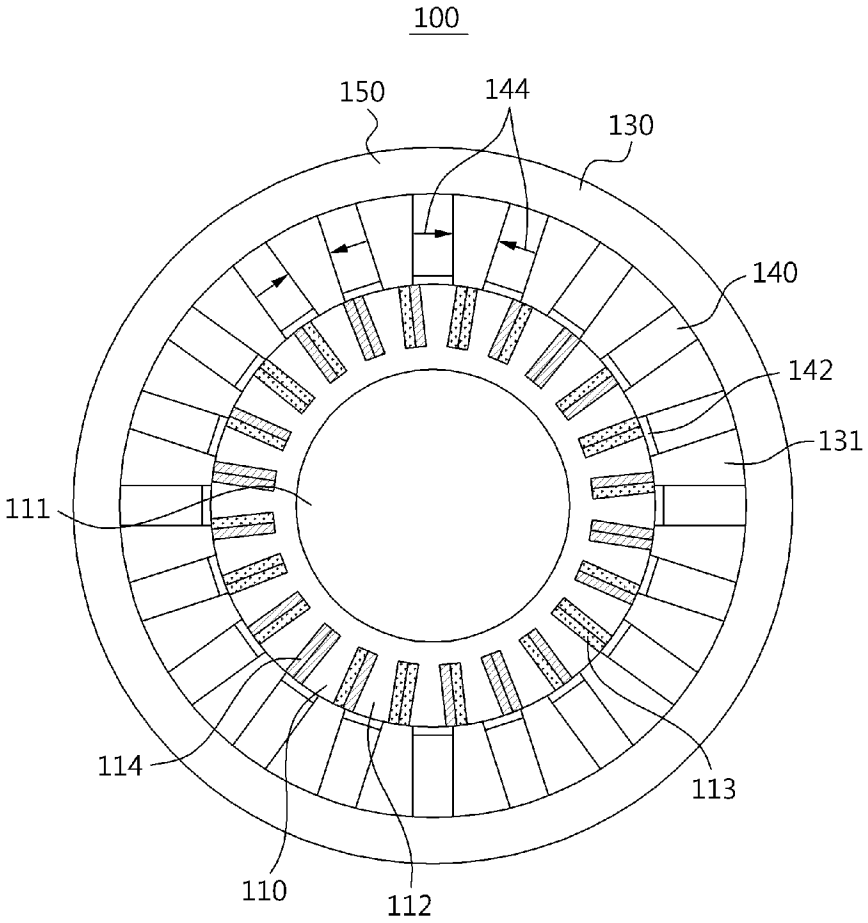
[청구항 16] 제14항에 있어서,
상기 하우징은 비자성체로 형성된 것을 특징으로 하는 자속 집중형 영구자석 전동기.

[청구항 17] 제13항에 있어서,
상기 영구자석은 페라이트 계열인 것을 특징으로 하는 자속 집중형 영구자석 전동기.

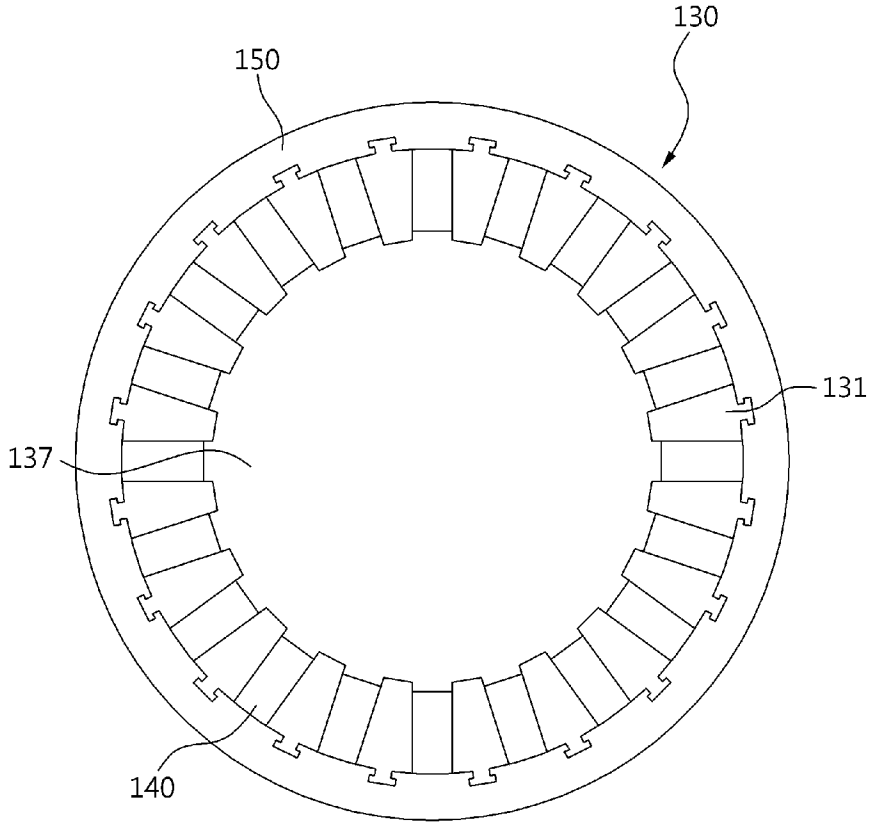
[Fig. 1]



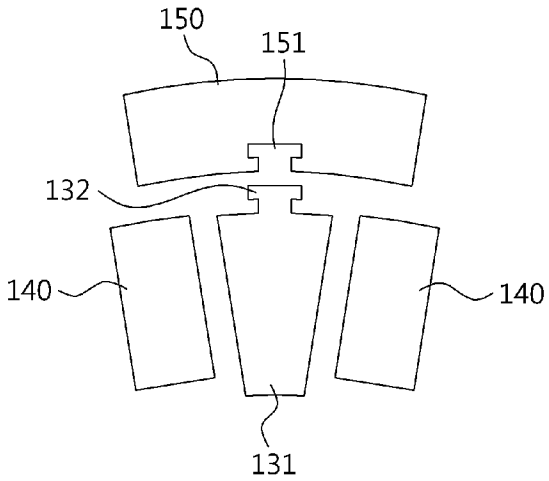
[Fig. 2]



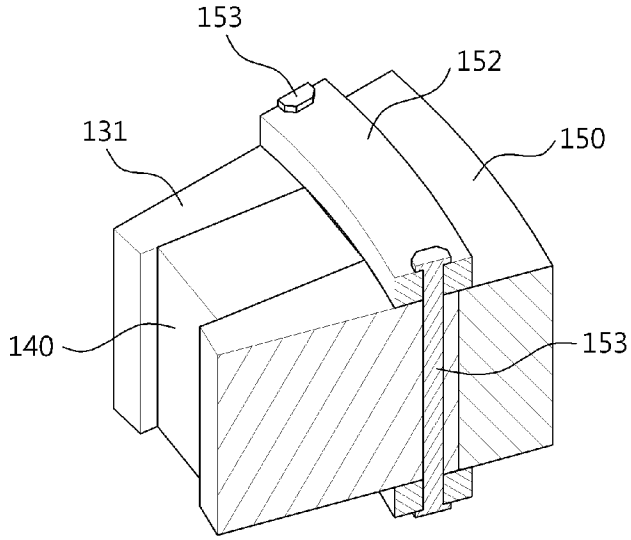
[Fig. 3]



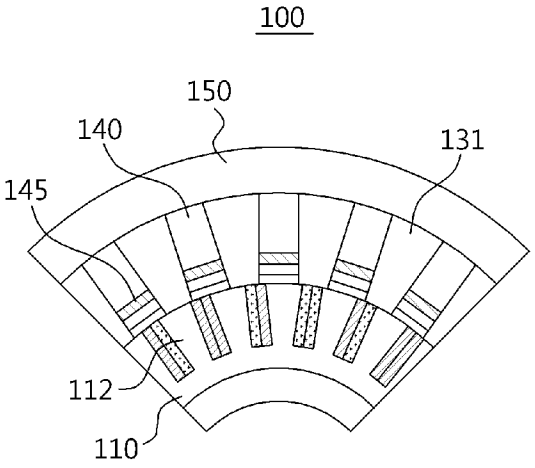
[Fig. 4]



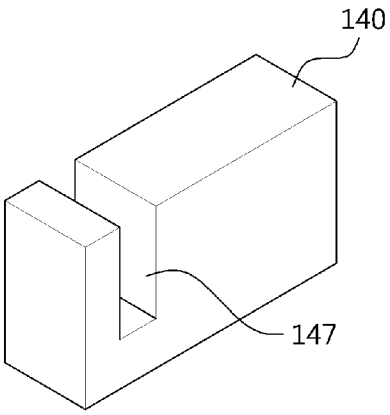
[Fig. 5]



[Fig. 6]

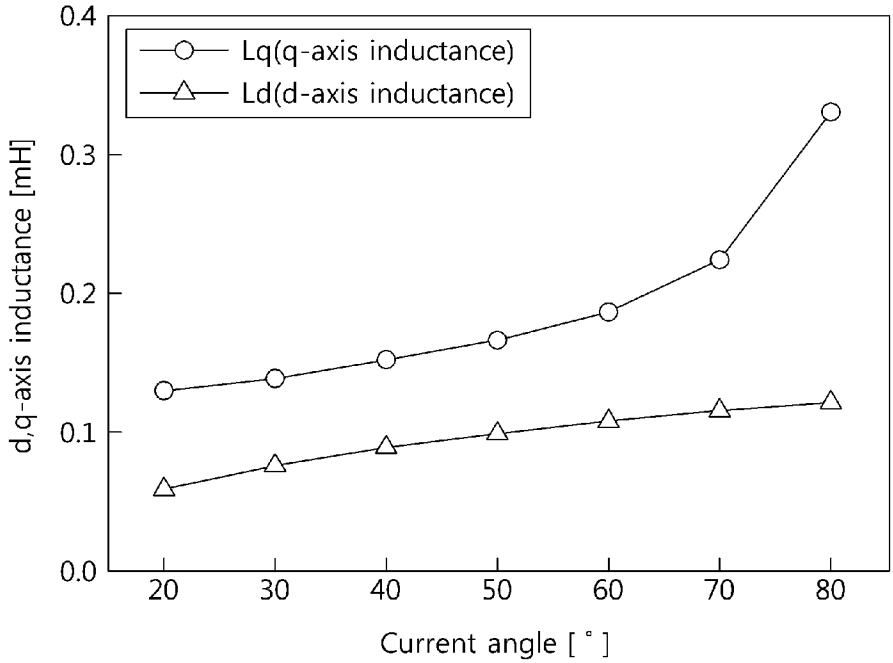


(a)

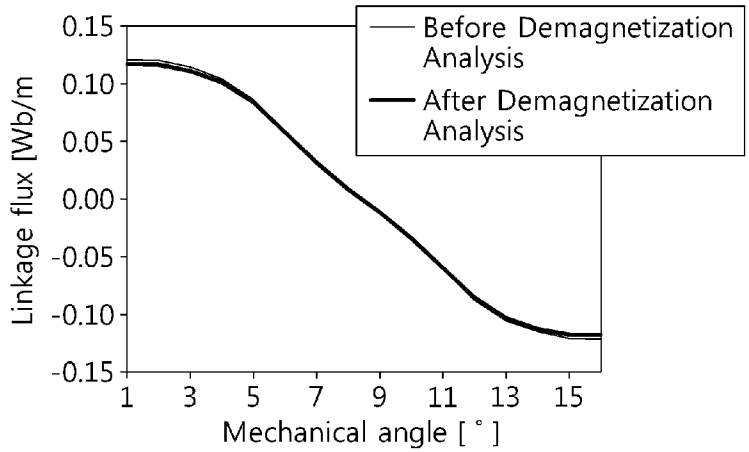


(b)

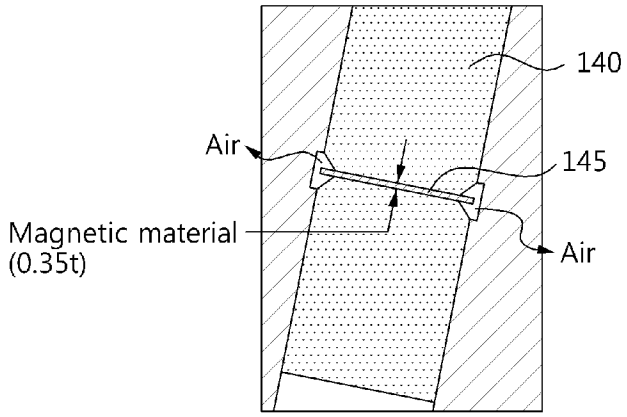
[Fig. 7]

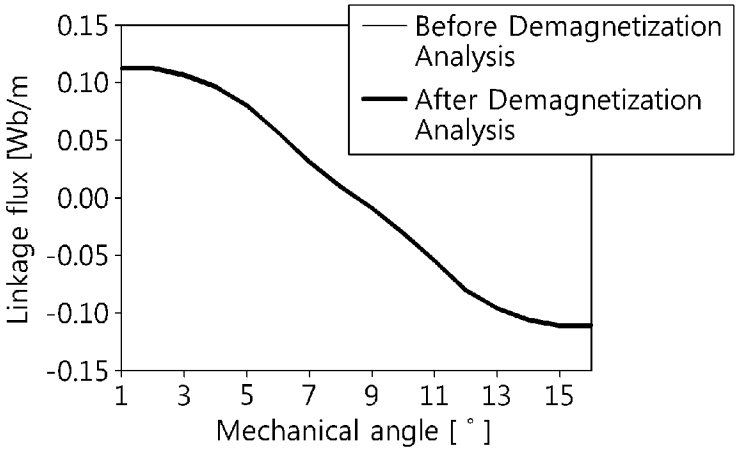

Lq(q-axis inductance)
Ld(d-axis inductance)
d,q-axis inductance [mH]
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
20
30
40
50
60
70
80
Current angle [°]

[Fig. 8]

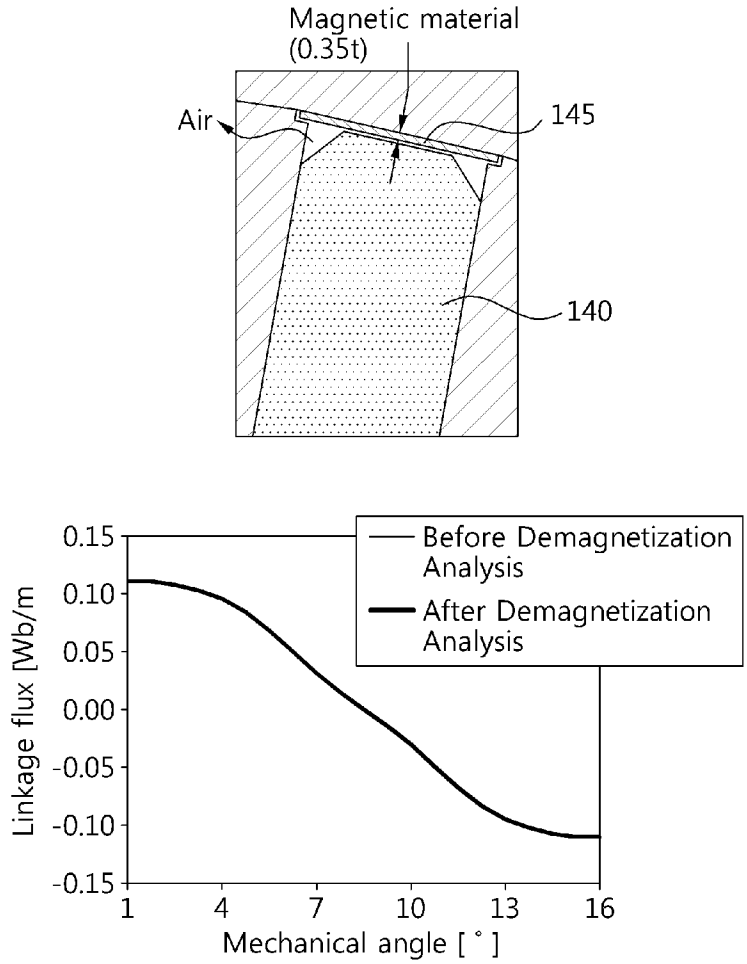

Before Demagnetization Analysis
After Demagnetization Analysis
Linkage flux [Wb/m
0.15
0.10
0.05
0.00
-0.05
-0.10
-0.15
1
3
5
7
9
11
13
15
Mechanical angle [°]

[Fig. 9]

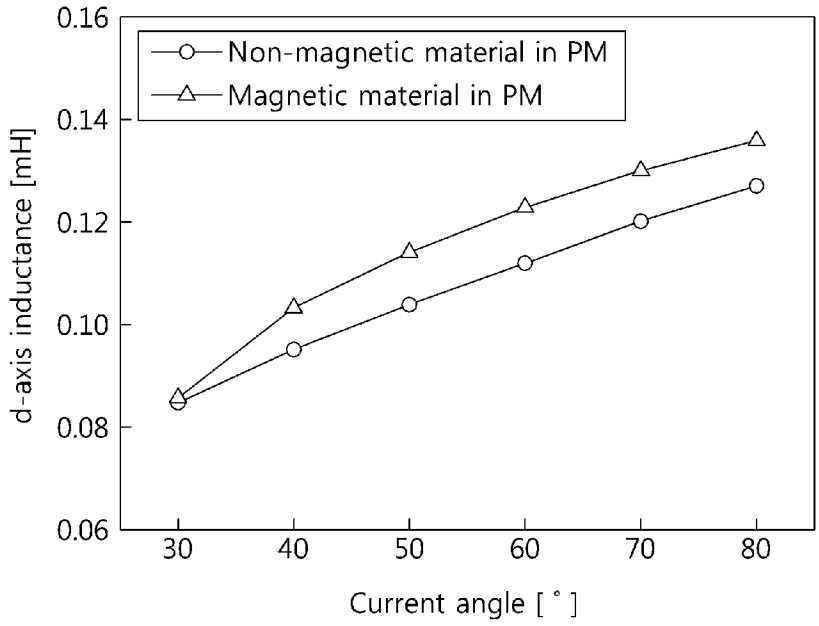

140
Air
145
Magnetic material
(0.35t)
Air


Before Demagnetization Analysis
After Demagnetization Analysis
Linkage flux [Wb/m
0.15
0.10
0.05
0.00
-0.05
-0.10
-0.15
1
3
5
7
9
11
13
15
Mechanical angle [°]

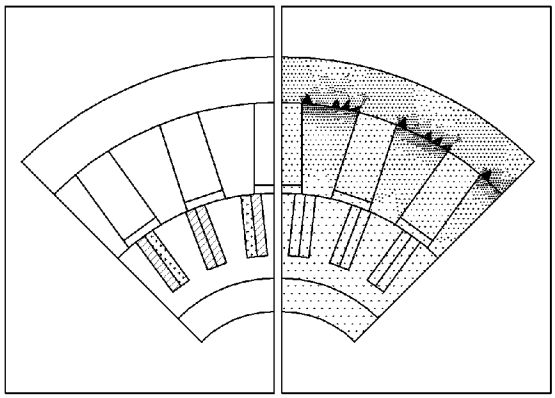
[Fig. 10]


Magnetic material
(0.35t)
Air
145
140
Before Demagnetization Analysis
After Demagnetization Analysis
Linkage flux [Wb/m
0.15
0.10
0.05
0.00
-0.05
-0.10
-0.15
1
4
7
10
13
16
Mechanical angle [°]

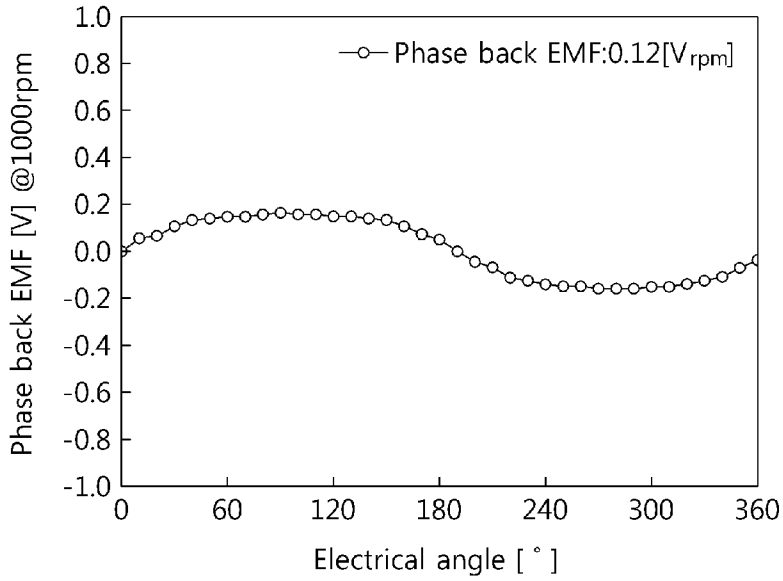
[Fig. 11]


Non-magnetic material in PM
Magnetic material in PM
d-axis inductance [mH]
0.16
0.14
0.12
0.10
0.08
0.06
30
40
50
60
70
80
Current angle [°]

[Fig. 12]

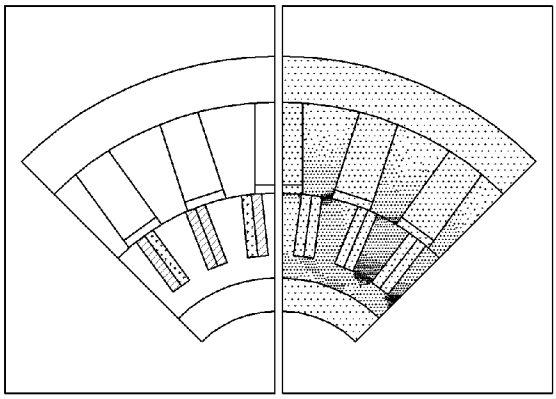


(a)

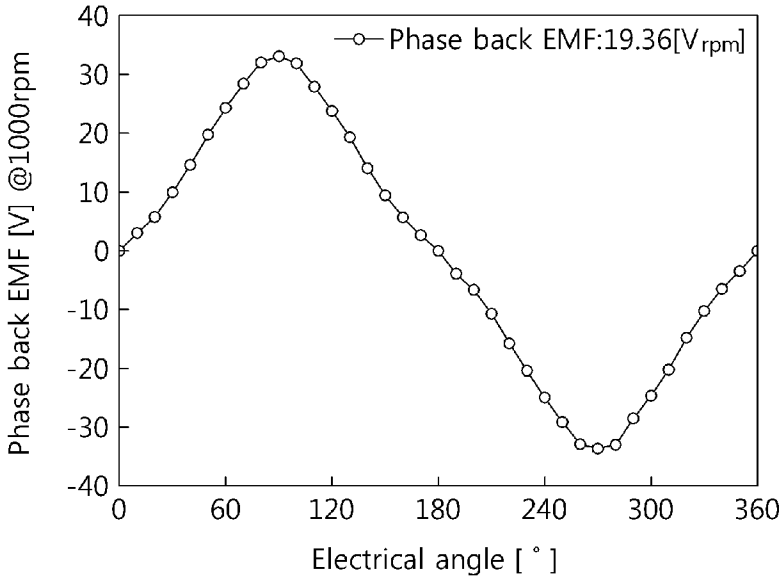

Phase back EMF:0.12[Vrpm]
Phase back EMF [V] @1000rpm
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
-0.2
-0.4
-0.6
-0.8
-1.0
0
60
120
180
240
300
360
Electrical angle [°]

(b)

[Fig. 13]

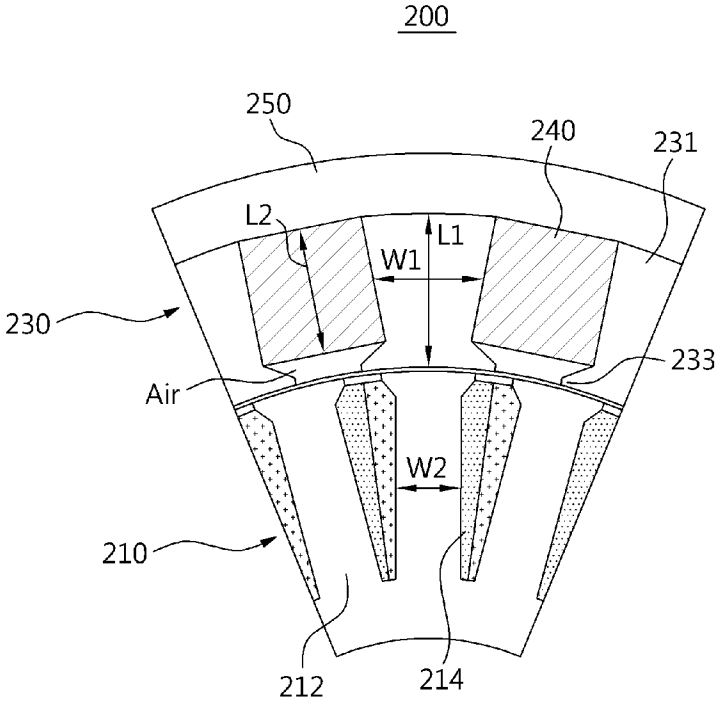


(a)

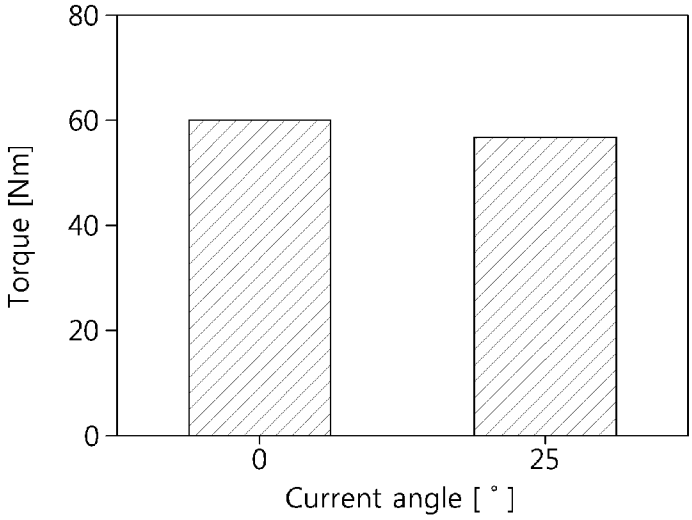

Phase back EMF:19.36[Vrpm]
Phase back EMF [V] @1000rpm
40
30
20
10
0
-10
-20
-30
-40
0
60
120
180
240
300
360
Electrical angle [°]

(b)

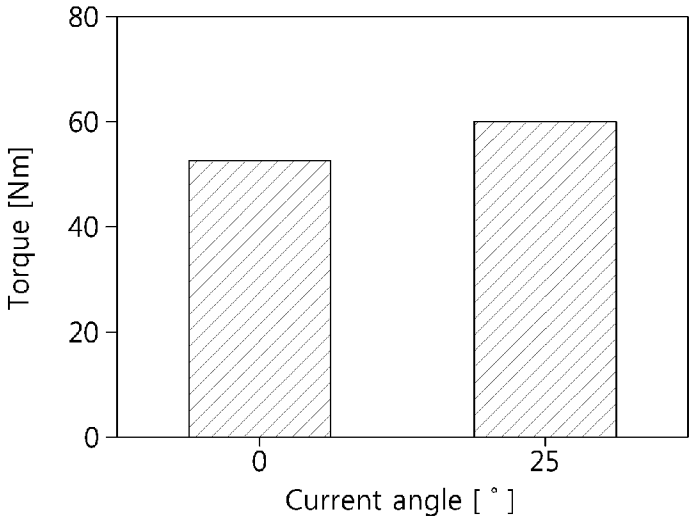
[Fig. 14]



[Fig. 15]



(a)



(b)

[Fig. 16]

