



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년04월17일
 (11) 등록번호 10-1511908
 (24) 등록일자 2015년04월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 H02K 16/04 (2006.01) H02K 21/14 (2014.01)
 (21) 출원번호 10-2014-0073975
 (22) 출원일자 2014년06월18일
 심사청구일자 2014년06월18일
 (56) 선행기술조사문헌
 KR101265825 B1*
 KR1020120110275 A*
 JP5477161 B2*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
한양대학교 에리카산학협력단
 경기도 안산시 상록구 한양대학로 55
 (72) 발명자
권병일
 경기도 안산시 상록구 감골2로 12 (사동)상록수현
 대2차아파트 현대아파트 305동 1105호
토마스 안소니 리포
 미국 위스콘신 매디슨 위스콘신-매디슨 대학교 엔
 지니어링 드라이브 1415, 엔지니어링 홀 2557
조문량
 중국 산둥성 주칭시 시치아오지타운 시아오장지아
 증마을 62
 (74) 대리인
박상열

전체 청구항 수 : 총 5 항

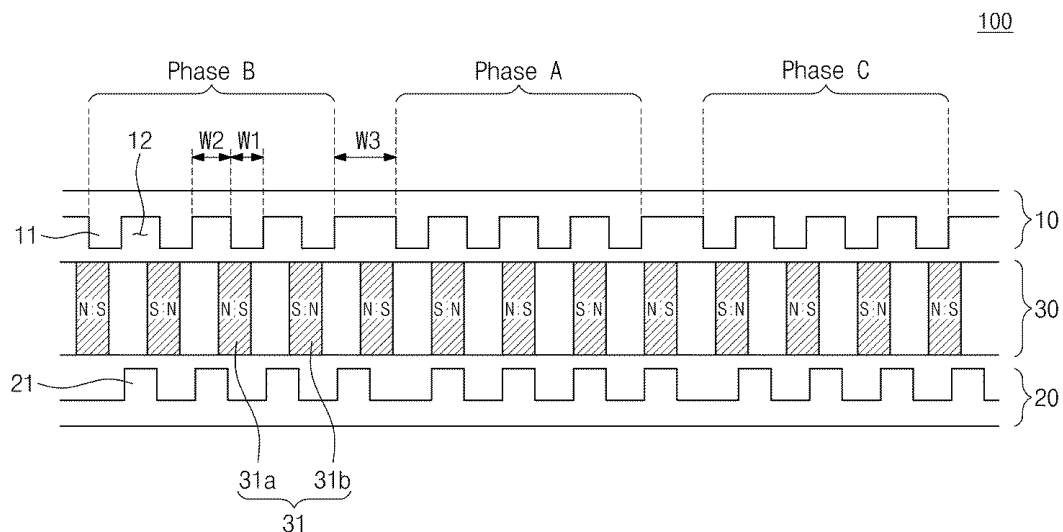
심사관 : 임영훈

(54) 발명의 명칭 **영구자석 전동기**

(57) 요약

영구자석 전동기가 개시된다. 영구자석 전동기는 원주 방향을 따라 복수의 제1치들이 서로 이격하여 형성되며, 상기 제1치들에 코일이 권선되는 제1고정자; 상기 제1고정자와 마주 배치되며, 원주 방향을 따라 복수의 제2치들이 서로 이격하여 형성되고, 상기 제2치들에 코일이 권선되는 제2고정자; 및 상기 제1고정자와 상기 제2고정자의 사이에 위치하며, 영구자석들이 자속 집중형(spoke type)으로 고정된 회전자를 포함하되, 상기 제1치들과 상기 제2치들은 개수 및 배열이 동일하며, 상기 제2고정자는 상기 제2치들이 상기 제1치들과 동일 선상에 배열되지 않도록 상기 제1고정자로부터 틀어져 배치된다.

대표도



명세서

청구범위

청구항 1

원주 방향을 따라 복수의 제1치들이 서로 이격하여 형성되며, 상기 제1치들에 코일이 권선되는 제1고정자;

상기 제1고정자와 마주 배치되며, 원주 방향을 따라 복수의 제2치들이 서로 이격하여 형성되고, 상기 제2치들에 코일이 권선되는 제2고정자; 및

상기 제1고정자와 상기 제2고정자의 사이에 위치하며, 영구자석들이 자속 집중형(spoke type)으로 고정된 회전자를 포함하되,

상기 제1치들과 상기 제2치들은 개수 및 배열이 동일하며,

상기 제2고정자는 상기 제2치들이 상기 제1치들의 사이 공간과 동일 직선상에 배열하도록 상기 제1고정자로부터 떨어져 배치되며,

상기 제1치들의 너비와 상기 제2치들의 너비는 각각 전기각 $\pi/2$ 를 가지고, 상기 제1치들의 사이 간격 및 상기 제2치들의 사이 간격은 각각 전기각 $\pi/2$ 를 가지며,

상기 제2치들은 상기 제1치들과 전기각 $\pi/2$ 만큼 떨어져 배치되며,

상기 제1치들은 복수의 그룹으로 구분되고, 각 그룹에는 상기 제1치들이 동일한 개수로 포함되며, 그룹과 그룹 사이에서 상기 제1치들의 사이 간격은 동일한 그룹 내에서 상기 제1치들의 사이 간격보다 크고,

상기 제2치들은 복수의 그룹으로 구분되고, 각 그룹에는 상기 제2치들이 동일한 개수로 포함되며, 그룹과 그룹 사이에서 상기 제2치들의 사이 간격은 동일한 그룹 내에서 상기 제2치들의 사이 간격보다 크며,

인접한 그룹들 간에 상기 제1치들의 사이 간격과 상기 제2치들의 사이간격은 전기각 $5\pi/6$ 를 갖는 영구자석 전 동기.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 제1고정자에 형성되는 상기 제1치들간의 사이 간격들의 개수와, 상기 제2고정자에 형성되는 상기 제2치들간의 사이 간격들의 개수와, 그리고 상기 회전자에 제공되는 상기 영구자석들의 개수는 아래의 수식에 의해 결정되는 영구자석 전 동기.

$$Q=3n_1 \cdot n_2$$

$$2p=3n_1 \cdot n_2+n_2$$

(n_1 : 단일의 상기 그룹에 포함되는 치들의 개수,

n_2 : 상기 제1치들 또는 상기 제2치들의 상기 그룹들의 개수,

Q : 상기 제1 및 제2고정자들에 각각 형성되는 상기 치들의 사이 간격 개수,

$2p$: 상기 영구자석의 극성 개수)

청구항 5

영구자석들이 자속 집중형(spoke type)으로 고정된 링 형상의 회전자;

상기 회전자의 내측에 배치되며, 외경을 따라 제1슬롯들이 서로 이격하여 형성되고, 상기 제1슬롯들에 코일이 삽입된 제1고정자;

상기 회전자의 외측에 배치되며, 내경을 따라 제2슬롯들이 서로 이격하여 형성되며, 상기 제2슬롯들에 코일이 삽입되는 제2고정자를 포함하되,

상기 제1슬롯들과 상기 제2슬롯들은 개수 및 배열이 동일하고,

상기 제2고정자는 상기 회전자의 반경방향으로 상기 제2슬롯들이 상기 제1슬롯들의 사이 영역과 동일 직선상에 배열되도록 상기 제1고정자로부터 떨어져 배치되며,

상기 제1슬롯들의 너비와 상기 제2슬롯들의 너비는 각각 전기각 $\pi/2$ 를 가지고, 상기 제1슬롯들의 사이 영역과 상기 제2슬롯들의 사이 영역은 각각 전기각 $\pi/2$ 를 가지며,

상기 제1슬롯들과 상기 제2슬롯들은 전기각 $\pi/2$ 만큼 떨어져 배치되며,

상기 제1슬롯들은 복수의 그룹으로 구분되고, 각 그룹에는 상기 제1슬롯들이 동일한 개수로 포함되며, 그룹과 그룹 사이에서 상기 제1슬롯들의 사이 간격은 동일한 그룹 내에서 상기 제1슬롯들의 사이 간격보다 크며,

상기 제2슬롯들은 복수의 그룹으로 구분되고, 각 그룹에는 상기 제2슬롯들이 동일한 개수로 포함되며, 그룹과 그룹 사이에서 상기 제2슬롯들의 사이 간격은 동일한 그룹 내에서 상기 제2슬롯들의 사이 간격보다 큰 영구자석 전동기.

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

제 5 항에 있어서,

상기 영구자석들 중 일부는 상기 회전자의 반경 방향으로 상기 제1슬롯들과 정렬되고 상기 제2슬롯들과 비정렬되며,

나머지 일부는 상기 제2슬롯들과 정렬되고 상기 제1슬롯들과 비정렬되는 영구자석 전동기.

청구항 9

제 1 항, 제 4 항, 제 5 항, 그리고 제 8 항 중 어느 하나의 항에 있어서,

상기 영구자석은 페라이트 자석이며,

상기 회전자의 원주 방향을 따라 서로 다른 극성의 상기 페라이트 자석이 교대로 반복하여 배열되는 영구자석 전동기.

발명의 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 영구자석 전동기에 관한 것으로, 보다 상세하게는 이중 고정자를 갖는 영구자석 전동기에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 희토류 자석을 이용한 영구자석 전동기(PMSM)는 희토류 자석의 우수한 특성으로 전기 자동차(EVs)와 하이브리드 전기자동차(HEVs)에 많이 사용되고 있다. 그러나 네오디뮴(Neodymium)과 드스프로슘(Dysprosium) 등의 희토류 물질은 높은 비용과 공급 제한 등의 이유로 영구자석 전동기의 대량 생산이 어렵다. 따라서, 고성능 전동기의

개발에서 회토류 자석의 사용량을 줄이거나, 회토류 자석의 미사용이 매우 중요하다.

- [0003] 유도 전동기(induction motors)와 스위치드 릴럭턴스 전동기(switched reluctance motors)와 비교하여, 페라이트 자석을 이용한 영구자석 전동기는 효율 및 진동 특성에서 좋은 대안이 될 수 있다. 특히, 페라이트 자석을 이용한 영구자석 전동기는 반응 토크(reaction torque)와 릴럭턴스 토크(reluctance torque) 기능을 모두 사용할 수 있는 특징을 가진다.
- [0004] 그러나, 페라이트 자석을 이용한 영구자석 전동기는 페라이트 자석의 낮은 특성 때문에 회토류 자석의 영구자석 전동기 보다 훨씬 낮은 토크밀도와 출력밀도를 갖는다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0005] (특허문헌 0001) 일본 공개특허 특개2012-50312

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0006] 본 발명은 제조 단가를 낮출 수 있는 영구자석 전동기를 제공한다.
- [0007] 또한, 본 발명은 고성능 영구자석 전동기를 제공한다.

과제의 해결 수단

- [0008] 본 발명의 실시예에 따른 영구자석 전동기는 원주 방향을 따라 복수의 제1치들이 서로 이격하여 형성되며, 상기 제1치들에 코일이 권선되는 제1고정자; 상기 제1고정자와 마주 배치되며, 원주 방향을 따라 복수의 제2치들이 서로 이격하여 형성되고, 상기 제2치들에 코일이 권선되는 제2고정자; 및 상기 제1고정자와 상기 제2고정자의 사이에 위치하며, 영구자석들이 자속 집중형(spoke type)으로 고정된 회전자를 포함하되, 상기 제1치들과 상기 제2치들은 개수 및 배열이 동일하며, 상기 제2고정자는 상기 제2치들이 상기 제1치들과 동일 선상에 배열되지 않도록 상기 제1고정자로부터 떨어져 배치된다.
- [0009] 또한, 상기 제2고정자는 하나의 상기 제2치의 너비만큼 상기 제1고정자로부터 떨어질 수 있다.
- [0010] 또한, 상기 제2치들은 상기 제1치들의 사이 공간과 동일 선상에 배열될 수 있다.
- [0011] 또한, 상기 제1치들은 복수의 그룹으로 구분되고, 각 그룹에는 상기 제1치들이 동일한 개수로 포함되며, 그룹과 그룹 사이에서 상기 제1치들의 사이 간격은 동일한 그룹 내에서 상기 제1치들의 사이 간격보다 클 수 있다.
- [0012] 또한, 영구자석들이 자속 집중형(spoke type)으로 고정된 링 형상의 회전자; 상기 회전자의 내측에 배치되며, 외경을 따라 제1슬롯들이 서로 이격하여 형성되고, 상기 제1슬롯들에 코일이 삽입된 제1고정자; 상기 회전자의 외측에 배치되며, 내경을 따라 제2슬롯들이 서로 이격하여 형성되며, 상기 제2슬롯들에 코일이 삽입되는 제2고정자를 포함하되, 상기 제1슬롯들과 상기 제2슬롯들은 개수 및 배열이 동일하고, 상기 제2고정자는 상기 회전자의 반경방향으로 상기 제2슬롯들이 상기 제1슬롯들과 동일 선상에 배열되지 않도록 상기 제1고정자로부터 떨어져 배치될 수 있다.
- [0013] 또한, 상기 제2고정자는 하나의 상기 제2슬롯의 너비만큼 상기 제1고정자로부터 떨어질 수 있다.
- [0014] 또한, 상기 제1슬롯들은 상기 회전자의 반경 방향으로 상기 제2슬롯들의 사이 영역들과 동일 선상에 배열될 수 있다.
- [0015] 또한, 상기 영구자석들 중 일부는 상기 회전자의 반경 방향으로 상기 제1슬롯들과 정렬되고 상기 제2슬롯들과 비정렬되며, 나머지 일부는 상기 제2슬롯들과 정렬되고 상기 제1슬롯들과 비정렬될 수 있다.
- [0016] 또한, 상기 영구자석은 페라이트 자석이며, 상기 회전자의 원주 방향을 따라 서로 다른 극성의 상기 페라이트 자석이 교대로 반복하여 배열될 수 있다.

발명의 효과

- [0017] 본 발명에 의하면, 희토류 자석을 대체하여 페라이트 자석을 사용가능하므로 영구자석 전동기의 제조 단가가 낮아진다.
- [0018] 또한, 본 발명에 의하면, 영구자석 전동기는 높은 토크/파워 밀도와 낮은 코깅토크/토크리플, 그리고 우수한 효율을 얻을 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0019] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 영구자석 전동기에서 제1고정자, 제2고정자, 그리고 회전자의 배치를 개념적으로 나타내는 도면이다.
- 도 2는 제1치들과 제2치들이 동일 선상에 정렬된 경우 자속을 나타내는 도면이다.
- 도 3의 (A)와 (B)는 제1치들과 제2치들이 동일 선상에 정렬되지 않은 경우 자속을 나타내는 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 영구자석 전동기를 설계하는 다양한 예를 나타내는 표이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 AFPMM을 나타내는 사시도이다.
- 도 6은 도 5의 AFPMM을 나타내는 분해 사시도이다.
- 도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 RFPMM을 나타내는 평면도이다.
- 도 8은 도 5의 AFPMM과 도 7의 RFPMM에서 자속 밀도 분포를 나타내는 도면이다.
- 도 9는 AFPMM과 RFPMM에서 측정된 코깅 토크(cogging torque)를 나타내는 그래프이다.
- 도 10은 AFPMM과 RFPMM의 회전각(rotational angle)에 따른 전자기 토크(electromagnetic torque)를 나타내는 도면이다.
- 도 11은 AFPMM과 RFPMM의 회전 속도에 따른 효율을 나타내는 그래프이다.
- 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 AFPMM과 RFPMM의 성능을 평가한 표이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0020] 이하, 본 발명의 실시예를 첨부된 도면들을 참조하여 더욱 상세하게 설명한다. 본 발명의 실시예는 여러 가지 형태로 변형할 수 있으며, 본 발명의 범위가 아래의 실시 예들로 한정되는 것으로 해석되어서는 안 된다. 본 실시예는 당업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 더욱 완전하게 설명하기 위해 제공되는 것이다. 따라서 도면에서의 요소의 형상은 보다 명확한 설명을 강조하기 위해 과장되었다.
- [0021] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 영구자석 전동기에서 제1고정자, 제2고정자, 그리고 회전자의 배치를 개념적으로 나타내는 도면이다. 발명의 이해를 돕기 위해, 도 1에서는 제1고정자의 치들의 배열과 제2고정자의 치들의 배열을 평면으로 나타내었다.
- [0022] 도 1을 참조하면, 영구자석 전동기(100)는 제1고정자(first stator, 10), 제2고정자(second stator, 20), 그리고 회전자(rotor, 30)를 포함한다. 제1고정자(10)와 제2고정자(20)는 계좌 코일이 권선되는 전동기(100)의 고정 부분이고, 회전자(30)는 전동기(100)의 회전하는 부분이다.
- [0023] 제1고정자(10)와 제2고정자(20)는 서로 마주 배치되고, 회전자(30)는 제1고정자(10)와 제2고정자(20)의 사이에 위치한다.
- [0024] 제1고정자(10)에는 제1치(11)들이 형성된다. 도시하지 않았지만, 제1치(11)들에는 코일(미도시)이 권선된다. 제1치(11)들은 제1고정자(10)의 원주방향을 따라 소정 간격으로 이격하여 배열된다. 제1치(11)들은 복수의 상 그룹(phase group)으로 구분된다. 각 상 그룹(Phase A, Phase B, Phase C)에 포함되는 제1치(11)들의 개수는 동일하다. 동일한 상 그룹에서 인접한 제1치(11)들 간의 간격(W2)은 서로 동일하다. 인접한 상 그룹 간의 제1치(11)들의 사이 간격은 동일 상 그룹 내의 제1치(11)들의 사이 간격(W3)보다 크게 제공될 수 있다.
- [0025] 실시예에 의하면, 영구자석 전동기(100)는 3상 영구자석 전동기가 제공되며, 제1치(11)들은 3개의 상 그룹, 즉

상 A그룹(Phase A), 상 B그룹(Phase B), 그리고 상 C그룹(Phase C)으로 구분된다. 각 상 그룹에는 제1치(11)들이 4개씩 포함된다. 제1치(11)들의 너비(W1)는 전기각 $\pi/2$ 를 가지며, 인접한 제1치(11)들의 사이 간격(W2)은 전기각 $\pi/2$ 를 가진다. 그리고 인접한 상 그룹 간에 제1치(11)들 사이 간격(W3)은 전기각 $5\pi/6$ 를 가진다.

[0026] 제2고정자(20)에는 제2치(21)들이 형성된다. 도시하지 않았지만, 제2치(21)들에는 코일이 권선된다. 제2치(21)들은 제2고정자(20)의 원주방향을 따라 소정 간격으로 이격하여 배열된다. 제2치(21)들은 제1치(11)들과 동일한 개수 및 배열을 갖는다. 제2치(21)들은 제1치(11)들과 동일하게 복수의 상 그룹(phase group)으로 구분된다. 각 상 그룹에 포함되는 제2치(21)들의 개수는 동일하다. 동일한 상 그룹에서 인접한 제2치(21)들 간의 간격은 서로 동일하다. 인접한 상 그룹 간의 제2치(21)들의 사이 간격은 동일 상 그룹 내의 제2치(21)들의 사이 간격보다 크게 제공될 수 있다.

[0027] 제2치(21)들의 너비는 제1치(11)들의 너비(W1)와 같게 제공된다. 동일한 상 그룹 내에서 제2치(21)들의 사이 간격은 동일한 상 그룹 내에서의 제1치(11)들의 사이 간격(W2)과 동일하다. 인접한 상 그룹 간의 제2치(21)들의 사이 간격은 인접한 상 그룹 간의 제1치(11)들의 사이 간격(W3)과 동일하다. 실시예에 의하면, 동일한 상 그룹 내에서 제2치(21)들의 사이 간격은 전기각 $\pi/2$ 를 갖고, 인접한 상 그룹 간에 제2치(21)들 사이 간격은 전기각 $5\pi/6$ 를 가진다.

[0028] 회전자(30)는 제1고정자(10)와 제2고정자(20) 사이에 위치하며, 제1고정자(10) 및 제2고정자(20)와 소정 공극(airgap)을 유지한다. 회전자(30)에는 영구자석(31)들이 삽입 및 고정된다. 영구자석(31)들은 자속 집중형 배열(spoke type array)로 회전자의 원주방향을 따라 서로 이격하여 배치된다. 영구자석(31)들은 극성이 반대로 교대로 반복하여 배치된다. NS의 영구자석(31a)에는 SN의 영구자석(31b)이 인접하여 배치되고, SN의 영구자석(31b)에는 NS의 영구자석(31a)이 인접하여 배치된다. 실시예에 의하면, 영구자석(31)은 페라이트 영구자석(ferrite permanent magnet)이 사용된다.

[0029] 제2고정자(20)는 제2치(21)들이 제1치(11)들과 동일 선상에 배열되지 않도록 제1고정자(10)로부터 틀어져 배치된다. 제2고정자(20)는 제2치(21)의 너비만큼 제1고정자(10)로부터 틀어져 배치된다. 이에 의해 제2치(21)들은 제1치(11)들의 사이 공간(slot, 12)과 동일 선상에 배치된다.

[0030] 도 2는 제1치들과 제2치들이 동일 선상에 정렬된 경우 자속을 나타내는 도면이고, 도 3의 (A)와 (B)는 제1치들과 제2치들이 동일 선상에 정렬되지 않은 경우 자속을 나타내는 도면이다.

[0031] 도 2를 참조하면, 제1치들(11)과 제2치(21)들이 정렬된 상태에서 회전자(30)가 회전할 경우 자속(magnet flux, MF1, MF2)은 제1치(11)들과 제2치(21)들 양쪽으로 형성된 공극을 따라 동시에 흐른다.

[0032] 반면, 도 3과 같이 제1치(11)들과 제2치(21)들이 비정렬되는 경우, 대부분의 자속(MF)은 최소 자기 저항 원리(minimum reluctance principle)에 의해 제1치(11)들과 제2치(21)들 중 어느 하나의 방향으로 공극을 따라 흐르며, 이 경우 자속은 최대 자속(maximum flux)으로 나타난다. 구체적으로 (A)경우 자속(MF)은 제1치(11)들 측으로 형성된 공극을 따라 최대 자속으로 흐르고, (b)경우 자속(MF)은 제2치(21)들 측으로 형성된 공극을 따라 최대 자속으로 흐르게 된다. 도 3의 실시예에서는 도 2의 예보다 높은 역기전력(back EMF) 값을 가지며, 코일들에 정현파 전류(sinudoidal currents)가 적용될 때 높은 출력 토크를 얻을 수 있다.

[0033] 본 발명에 따라 영구자석 전동기(100)를 설계할 경우, 고정자(10, 20)에 형성되는 슬롯(치와 치 사이 공간, 12)들의 수와 영구자석(31)의 수는 아래의 수식에 의해 정해진다. 수식은 3상 영구자석 전동기를 기준으로 정의하였다.

[0034]
$$Q = 3n_1n_2$$

[0035]
$$2p = 3n_1n_2 + n_2$$

[0036] 여기서, n_1 은 하나의 상 그룹에 포함된 치들의 개수이고, n_2 는 동일한 상 그룹의 개수이다. Q는 고정자에 형성되는 슬롯들의 수이고, 2p는 영구자석 극성의 개수이다. 위 수식들에 따라 영구자석 전동기는 도 4와 같이 설계될 수 있다.

- [0037] 상술한 영구자석 전동기(100)는 축방향 자속형 영구자석 전동기(axial flux permanent magnet motor, 이하 AFPMM라 한다)와 방사 방향 영구자석 전동기(radial flux permanent magnet motor, RFPMM)에 적용될 수 있다.
- [0038] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 AFPMM을 나타내는 사시도이고, 도 6은 도 5의 AFPMM을 나타내는 분해 사시도이다.
- [0039] 도 5 및 도 6을 참조하면, AFPMM(200)은 제1고정자(first stator, 210), 제2고정자(second stator, 220), 그리고 회전자(rotor, 230)를 포함한다.
- [0040] 제1고정자(210)는 대체로 링 형상을 가지며, 일면에 제1치들(first teeth, 211)이 형성된다. 제1치(211)들은 제1고정자(210)의 원주방향 따라 소정 간격으로 이격하여 배열된다. 제1치(211)들은 동일한 형상 및 사이즈를 갖는다. 제1치(211)들에는 코일(212)이 각각 권선된다.
- [0041] 제2고정자(220)는 제1고정자(210)에 대응하는 형상을 가지며, 일면에는 제2치(221)들(second teeth)이 형성된다. 제2치(221)들이 형성된 제2고정자(220)의 일면과 제1치(211)들이 형성된 제1고정자(210)의 일면은 서로 마주 배치된다. 제2치(221)들은 제2고정자(220)의 원주방향을 따라 소정 간격으로 이격하여 배열된다. 제2치(221)들에는 코일(222)이 각각 권선된다.
- [0042] 제1치(211)들과 제2치(221)들은 상술한 도 1의 실시예와 동일하게 배열된다.
- [0043] 회전자(230)는 제1고정자(210)와 제2고정자(220) 사이에 배치된다. 회전자(230)는 제1고정자(210) 및 제2고정자(220)와 소정 공극(airgap)을 유지한다. 회전자(230)는 링 형상을 가지며, 영구자석(231)들이 삽입 및 고정된다. 영구자석(231)들은 자속 집중형 배열(spoke type array)로 회전자(230)의 원주방향을 따라 서로 이격하여 배치된다.
- [0044] 도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 RFPMM를 나타내는 평면도이다.
- [0045] 도 7을 참조하면, RFPMM(300)은 제1고정자(first stator, 310), 제2고정자(second stator, 320), 그리고 회전자(rotor, 330)를 포함한다.
- [0046] 회전자(330)는 링 형상을 가지며, 영구자석(331)들이 삽입 및 고정된다. 영구자석(331)들은 자속 집중형 배열(spoke type array)로 회전자(330)의 원주방향을 따라 서로 이격하여 제공된다.
- [0047] 제1고정자(310)는 회전자(330)의 내경보다 작은 외경을 갖는 링 형상으로 제공되며, 회전자(330)의 내측에 위치한다. 제1고정자(310)는 회전자(330)와 동일한 중심을 갖는다. 제1고정자(310)와 회전자(330) 사이에는 공극이 형성된다. 제1고정자(310)에는 제1치(311)들이 형성된다. 제1치(311)들은 제1고정자(310)의 외경을 따라 원주방향으로 서로 이격하여 형성된다. 제1치(311)들에는 코일(312)들이 권선된다.
- [0048] 제2고정자(320)는 회전자(330)의 외경보다 큰 외경을 갖는 링 형상으로 제공되며, 회전자(330)의 외측에 위치한다. 제2고정자(320)는 회전자(330)와 동일한 중심을 갖는다. 제2고정자(320)와 회전자(330) 사이에는 공극이 형성된다. 제2고정자(320)에는 제2치(321)들이 형성된다. 제2치(321)들은 제2고정자(320)의 내경을 따라 원주방향으로 서로 이격하여 형성된다. 제2치(321)들에는 코일(322)들이 권선된다.
- [0049] 제1치들(311)과 제2치(321)들은 상술한 도 1의 실시예와 동일하게 배열된다.
- [0050] 도 8은 도 5의 AFPMM과 도 7의 RFPMM에서 자속 밀도 분포를 나타내는 도면이다. 도 8은 하중이 없는 조건에서 상 A그룹(Phase A)에서의 최대 자속의 위치에 따른 자속 밀도 분포를 보여준다. 도 8을 참조하면, 상 A그룹(Phase A)에서 대부분의 자속은 제1고정자(210) 측으로 공극을 따라 발생한다. 이는 제1고정자(210) 및 제2고정자(220) 양 측으로 공극을 따라 자속이 발생하는 경우보다 높은 자속 밀도를 갖는다.
- [0051] 도 9는 AFPMM와 RFPMM에서 측정된 코깅 토크(cogging torque)를 나타내는 그래프이다. 도 9를 참조하면, AFPMM와 RFPMM에서 코깅 토크가 전체적으로 최소화된다. 그리고 코깅 토크의 최고 점과 최저 점의 차이(peak to peak

value)는 각각 1.826Nm과 1.135Nm으로 나타난다. RFPMM의 코깅 토크가 AFPMM보다 크게 나타나는데, 이는 RFPMM의 공극이 AFPMM보다 작게 제공되었기 때문인 것으로 이해된다.

[0052] 도 10은 AFPMM와 RFPMM의 회전각(rotational angle)에 따른 전자기 토크(electromagnetic torque)를 나타내는 도면이다. 도 10은 회전 각에 따른 순간 토크를 보여준다. 토크 리플 비(torque ripple ratio)는 평균 토크 값에 대한 토크의 최고 점과 최고 점의 차로 정의한다. 토크 리플 비는 AFPMM의 경우 5.5%로 나타나고 RFPMM의 경우 10.0%로 나타난다. 이는 AFPMM와 RFPMM의 공극의 차이 때문으로 이해된다.

[0053] 도 11은 AFPMM와 RFPMM의 회전 속도에 따른 효율을 나타낸다. 효율은 아래 식에 의해 정의된다.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{out} + P_{copper} + P_{iron}}$$

[0054]

[0055] 여기서 P_{copper}와 P_{iron}는 일정 전압 하중에서의 copper loss와 iron loss를 의미한다.

[0056]

[0057] 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 AFPMM와 RFPMM의 성능을 평가한 표이다. 도 12를 참조하면, AFPMM와 RFPMM의 성능은 유한 요소 해석(FEM)에 따라 평가하였다. 실시예에 따른 AFPMM와 RFPMM은 상용화된 HEV에 적용될 경우 토크/파워 밀도(torque/power density)와 효율(efficiency) 등의 성능에서 희토류 자석이 사용된 전동기(target)에 경쟁적인 성능을 가지는 것으로 나타났다. 결과적으로 본 발명에 따라 페라이트 자석이 적용된 AFPMM와 RFPMM은 희토류 자석이 사용된 전동기를 대체할 수 있는 좋은 대안이 될 수 있을 것으로 기대된다.

[0058] 상기 실시예들에서는 회전자의 영구자석으로 페라이트 자석이 사용되는 것으로 설명하였으나, 이에 한정되지 않으며 희토류 자석이 사용될 수 있다.

[0059] 이상의 상세한 설명은 본 발명을 예시하는 것이다. 또한 전술한 내용은 본 발명의 바람직한 실시 형태를 나타내어 설명하는 것이며, 본 발명은 다양한 다른 조합, 변경 및 환경에서 사용할 수 있다. 즉 본 명세서에 개시된 발명의 개념의 범위, 저술한 개시 내용과 균등한 범위 및/또는 당업계의 기술 또는 지식의 범위내에서 변경 또는 수정이 가능하다. 저술한 실시예는 본 발명의 기술적 사상을 구현하기 위한 최선의 상태를 설명하는 것이며, 본 발명의 구체적인 적용 분야 및 용도에서 요구되는 다양한 변경도 가능하다. 따라서 이상의 발명의 상세한 설명은 개시된 실시 상태로 본 발명을 제한하려는 의도가 아니다. 또한 첨부된 청구범위는 다른 실시 상태도 포함하는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

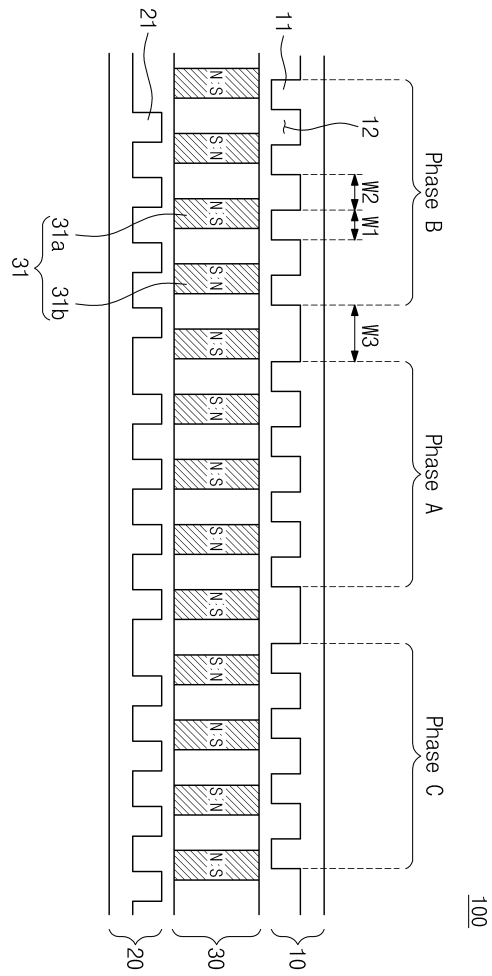
- [0060] 100: 영구자석 전동기
 10, 210, 310: 제1고정자
 11, 211, 311: 제1치
 20, 220, 320: 제2고정자
 21, 221, 321: 제2치
 30, 230, 330: 회전자
 31, 231, 331: 영구자석
 200: AFPMM

212, 222, 312, 322: 코일

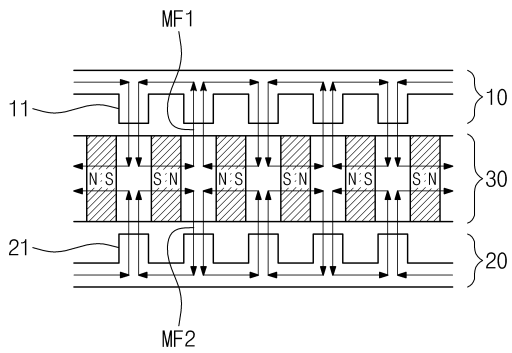
300: RFPMM

도면

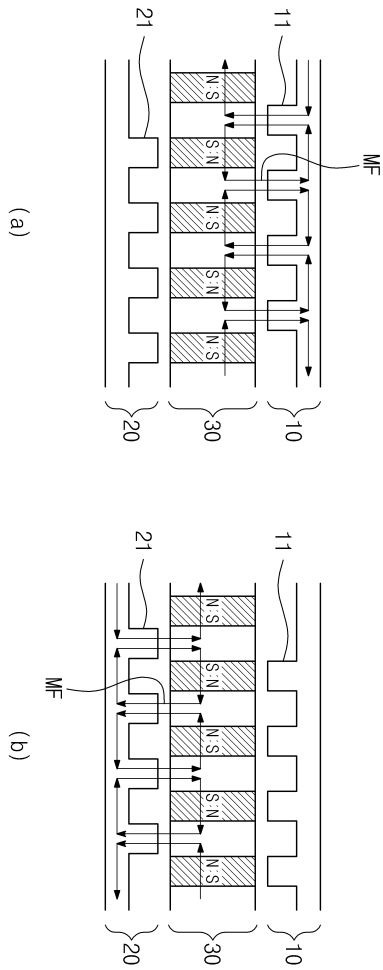
도면1



도면2



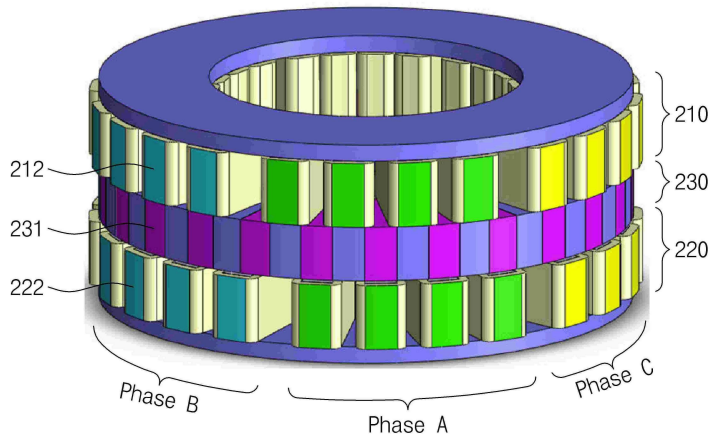
도면3



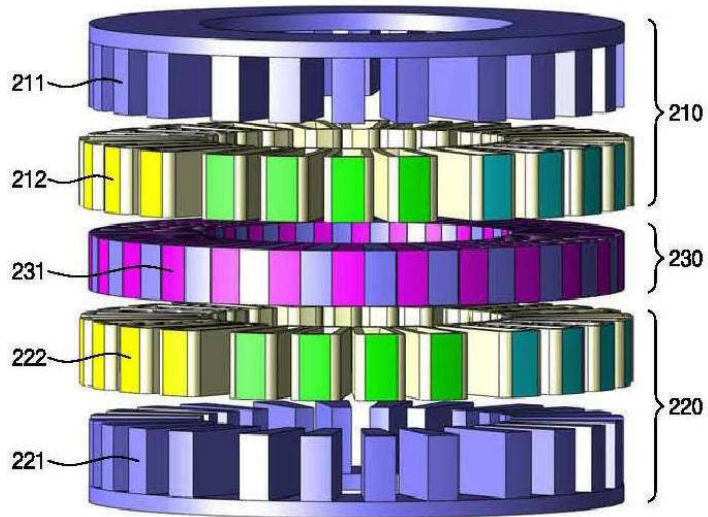
도면4

Model	n_1	n_2	$2p$	Q
...
	4	2	26	24
...	4	4	52	48
...	4	6	78	72
...	5	2	32	30
...	5	3	48	45
...	5	4	64	60
...	5	5	80	75
...	5	6	96	90
...	6	2	38	36
...	6	4	76	72
...

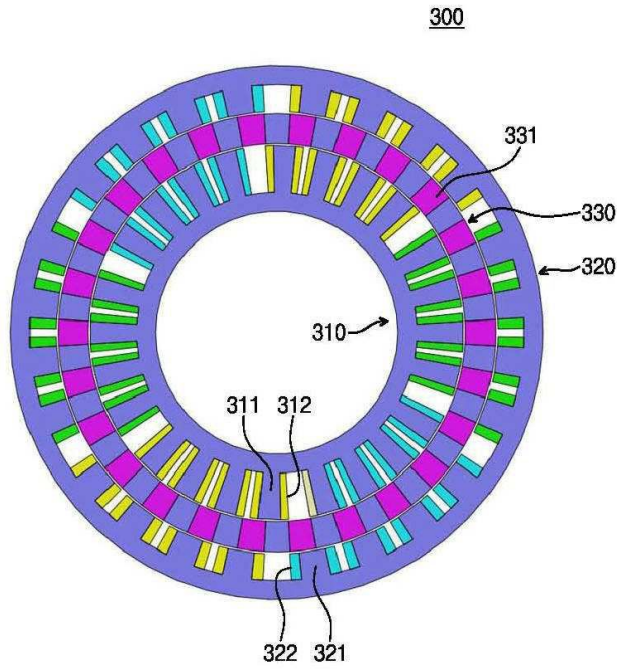
도면5



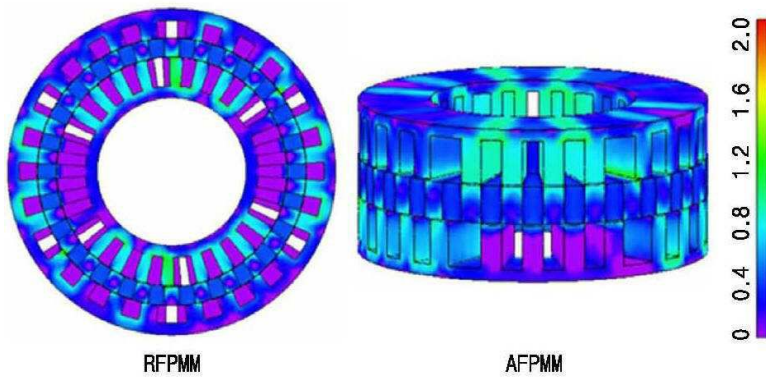
도면6



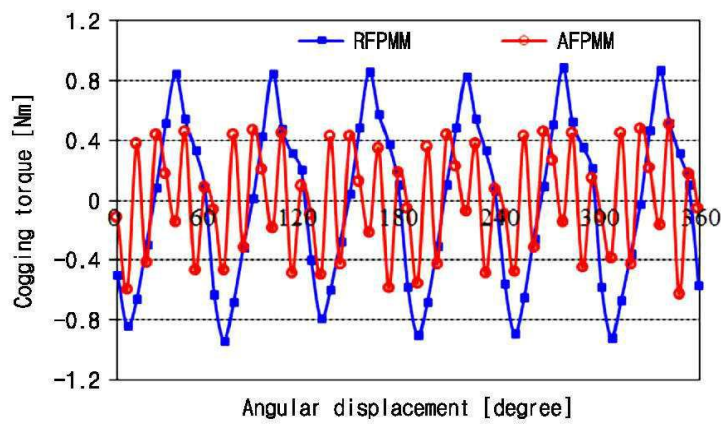
도면7



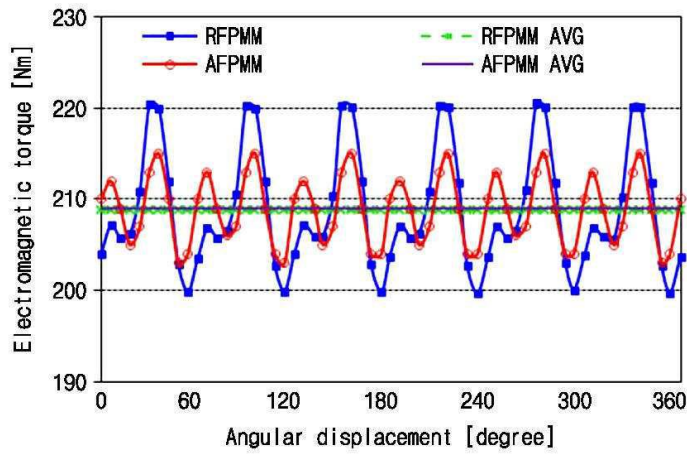
도면8



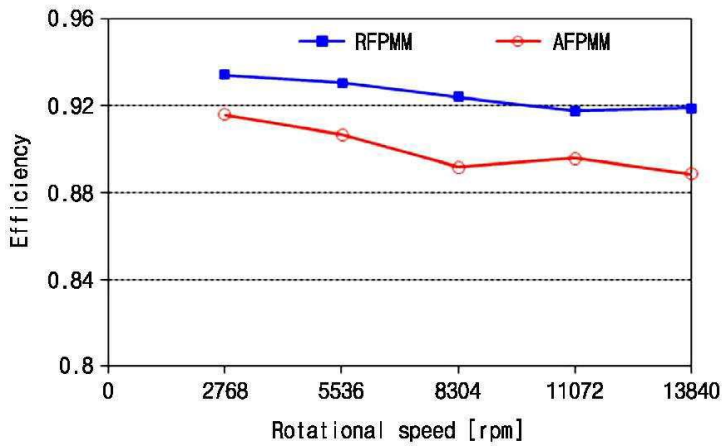
도면9



도면10



도면11



도면12

Item	Unit	Target	DSRFPMM	DSAFPMM
Cogging torque	Nm	-	1.826	1.135
Max. torque	Nm	207	208.8	208.8
Torque ripple	%	-	10.0	5.5
Max. output power	kW	60	60.5	60.5
Current density	A/mm ²	19	18	18
Efficiency@2768rpm	%	91	93.4	91.6
Max. power density	kW/L	10.2	10.24	10.24
Max. torque density	Nm/L	35	35.33	35.33
Magnet weight	kg	-	2.25	2.22
Core weight	kg	-	19.11	14.92
Power-weight ratio	kW/kg	-	2.5	2.8
Torque-weight ratio	Nm/kg	-	8.5	9.6

【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 명세서

【보정세부항목】 식별번호 [0026]의 2번째줄

【변경전】

원주방향틀

【변경후】

원주방향을

【직권보정 2】

【보정항목】 명세서

【보정세부항목】 식별번호 [0041]의 3번째줄

【변경전】

제1고장자(210)

【변경후】

제1고정자(210)

【직권보정 3】

【보정항목】 명세서

【보정세부항목】 식별번호 [0011]의 2번째줄

【변경전】

상기 1치들의

【변경후】

상기 제1치들의

【직권보정 4】

【보정항목】 명세서

【보정세부항목】 식별번호 [0031]의 2번째줄

【변경전】

회전자(20)

【변경후】

회전자(30)

【직권보정 5】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 제5항의 16번째줄

【변경전】

상기 제1슬롯들의

【변경후】

상기 제1슬롯들의

【직권보정 6】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 제5항의 14번째줄

【변경전】

상기 제1슬롯들이

【변경후】

상기 제1슬롯들이