



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0028278

(43) 공개일자 2016년03월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

F16H 49/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0117179

(22) 출원일자 2014년09월03일

심사청구일자 2014년09월03일

(71) 출원인

조선대학교산학협력단

광주광역시 동구 필문대로 309 (서석동)

(72) 발명자

김용재

광주광역시 북구 천변우로79번길 25, 202동 901호(임동, 한국아텔리움 2차)

김성진

광주광역시 서구 내방로292번길 9-3 (내방동)

김찬호

광주광역시 서구 화개1로78번길 8, 505동 1201호(금호동, 금호5차호반리젠시빌)

(74) 대리인

특허법인아이엠

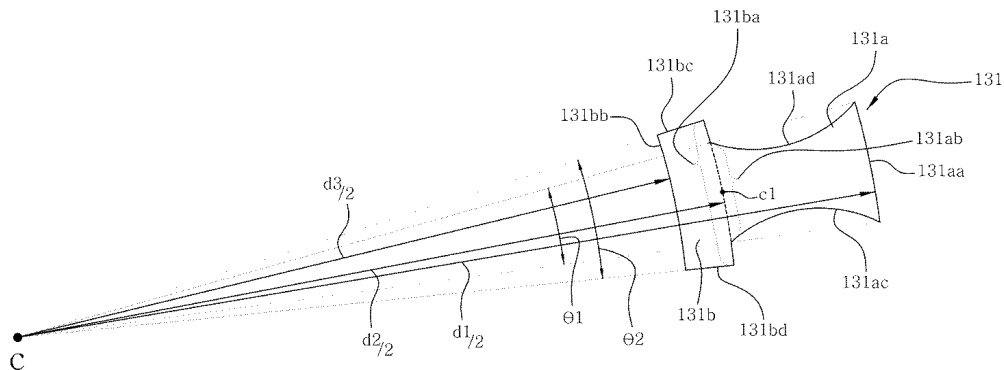
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 자속 집중형 폴 피스를 갖는 마그네틱 기어

(57) 요약

본 발명은 마그네틱 기어에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 로터를 사이에 위치하는 폴 피스의 형태를 개선하여 공극에 자속을 집중시킴으로써 전달 토크를 향상시킬 수 있고 토크 리플을 저감할 수 있는 자속 집중형 폴 피스를 갖는 마그네틱 기어에 관한 것이다.

대표도



명세서

청구범위

청구항 1

내측 로터(inner rotor), 상기 내측 로터와 이격되어 구비되는 외측 로터(outer roter) 및 상기 내측 로터와 상기 외측 로터 사이에 위치하고 상기 내측 로터에서 상기 외측 로터로 또는 상기 외측 로터에서 상기 내측 로터로 자속을 전달하는 서로 이격된 복수 개의 폴 피스(pole piece)가 구비되는 폴 피스 모듈을 포함하는 마그네틱 기어로서,

상기 각 폴 피스의 단면은,

제1 호(arc), 상기 제1 호와 중심의 위치 및 중심각은 동일하고 내경은 상기 제1 호의 내정보다 작은 제2 호 및 상기 제1 호와 상기 제2 호의 각 일단 및 각 타단을 연결하는 선으로 둘러싸인 제1 도형과,

상기 제2 호와 중심의 위치 및 내경은 동일하고 중심각은 상기 제2 호의 중심각보다 큰 제3 호, 상기 제3 호와 중심의 위치와 중심각은 동일하고 내경은 상기 제3 호의 내정보다 작은 제4 호 및 상기 제3 호와 상기 제4 호의 각 일단 및 각 타단을 연결하는 선으로 둘러싸인 제2 도형이 결합한 형상을 갖되,

상기 제2 호의 2등분 위치와 상기 제3 호의 2등분 위치는 서로 겹쳐지도록 결합한 형상을 갖는 것을 특징으로 하는 마그네틱 기어.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제4 호와 상기 제3 호의 수직 거리(이하, '제1 수직거리'라 함)는 아래의 수학식 1과 같이 상기 제4 호와 상기 제1 호의 수직 거리(이하, '제2 수직거리'라 함)에 13.5%보다는 크고 23.5%보다는 작은 것을 특징으로 하는 마그네틱 기어.

[수학식 1]

$$L_{pr} \times 0.135 \leq \alpha \leq L_{pr} \times 0.235$$

여기서, α 는 상기 제1 수직거리이고 L_{pr} 은 상기 제2 수직거리이다.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 제4 호의 중심각은 아래의 수학식 2와 같이 하나의 폴 피스를 사이에 둔 두 개의 폴피스의 제1 호들을 연결하는 가상 호의 중심각(이하, '기준각'이라 함)의 40%보다는 크고 50%보다는 작은 것을 특징으로 하는 마그네틱 기어.

[수학식 2]

$$0.4 \leq \frac{N_p}{360} \times \frac{2}{3} \times \beta \leq 0.5$$

여기서, β 는 상기 제4 호의 중심각이고 N_p 는 상기 폴 피스들의 개수이다.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 제1 도형에서 상기 제1 호 및 상기 제2 호를 연결하는 선은 상기 제1 도형의 중심부를 향해 오목한 곡선(이하, '오목 곡선'이라 함)인 것을 특징으로 하는 마그네틱 기어.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 오목 곡선의 양단을 연결하는 가상선분(이하, '제1 가상 선분'이라 함)의 2등분 위치에서 수직방향으로 상기 오목 곡선까지의 길이(이하, '오목 길이'라 함)는,

상기 오목 곡선의 상기 제1 호 측 일단에서 상기 제4 호에 수직방향으로 연결되는 가상선분(이하, '제2 가상 선분'이라 함)의 2등분 위치에서 수직방향으로 상기 제1 호의 2등분 위치와 상기 제4 호의 2등분 위치를 연결하는 가상선분(이하, '제3 가상 선분'이라 함)까지의 길이의 30%보다는 크고 40%보다는 작은 것을 특징으로 하는 마그네틱 기어.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 오목 길이는 아래의 수학적 식 3에 의해 계산되는 것을 특징으로 하는 마그네틱 기어.

[수학적 식 3]

$$0.3 \leq \frac{\gamma}{\frac{1}{4}(D_{pi} + D_{po}) \tan\left(\frac{90}{N_p}\right)} \leq 0.4$$

여기서, D_{pi} 는 상기 제4 호의 내경, D_{po} 는 상기 제1 호의 내경, N_p 는 풀 피스들의 개수이다.

청구항 7

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항의 마그네틱 기어를 적어도 두 개 포함하고,

상기 마그네틱 기어들 중, 제1 마그네틱 기어의 출력측 로터는 제2 마그네틱 기어의 입력측 로터에 직결되는 것을 특징으로 하는 멀티폴 타입 마그네틱 기어.

청구항 8

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항의 마그네틱 기어;

상기 마그네틱 기어의 내측 로터의 외측에 이격되어 구비되며 복수 개의 풀 피스를 갖는 적어도 하나의 내부 풀 피스 모듈; 및

상기 내부 풀 피스 모듈과 상기 마그네틱 기어의 풀 피스 모듈 사이에 구비되는 적어도 하나의 중간 로터;를 포함하는 것을 특징으로 하는 멀티레이어 타입 마그네틱 기어.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 마그네틱 기어에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 로터들 사이에 위치하는 폴 피스의 형태를 개선하여 공극에 자속을 집중시킴으로써 전달 토크를 향상시킬 수 있고 토크 리플을 저감할 수 있는 자속 집중형 폴 피스를 갖는 마그네틱 기어에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 마그네틱 기어는 자기력을 이용하여 비접촉식으로 동력을 전달하는 비접촉식 기어 장치로써 물리적인 접촉에 의해 동력을 전달하는 기어에 비해 노이즈 및 진동이 적고, 윤활유 주입이나 보수 점검이 불필요하며, 기계적인 마찰이 없어 안정성과 내구성이 높아 최근 연구가 활발하다.

[0003] 또한, 마그네틱 기어는 에너지 손실을 경감할 수 있으므로 고효율 구동이 가능하고 신뢰도 및 정확한 피크 토크의 전달이 가능하다.

[0004] 또한, 최근에는 풍력 터빈, 전기 자동차, 트랜스 미션 등 다양한 산업 전반에 걸쳐 마그네틱 기어의 적용하고자 하는 노력이 있다.

[0005] 도 1은 일반적인 마그네틱 기어를 보여주는 것이고, 도 2는 일반적인 마그네틱 기어의 수직 단면을 보여주는 것이다.

[0006] 도 1 및 도 2를 참조하면, 종래의 마그네틱 기어(10)는 크게 내측 로터(11), 외측 로터(12), 내측 로터(11)와 외측 로터(12) 사이에 로터들(11,12)과 이격되어 위치하는 폴 피스 모듈(13)을 포함하여 구성된다.

[0007] 또한, 상기 내측 로터(11)는 내측 회전자(11b)와 내측 회전자(11b) 외부에 회전축을 중심으로 방사상으로 부착되는 자석(11a)을 포함하고, 상기 외측 로터(12)는 외측 회전자(12a)와 외측 회전자(12a) 내부에 회전축을 중심으로 방사상으로 부착되는 자석(12b)을 포함하며, 상기 폴 피스 모듈(13)은 회전축에 대해 방사상으로 등 간격 이격된 복수 개의 폴 피스(13a)를 포함한다.

[0008] 또한, 상기 내측 로터(11)와 상기 외측 로터(12)의 자석들은 각각 서로 반대방향(회전축을 향한 방향과 회전축의 반대방향을 향한 방향)으로 자력을 갖는 자석들이 서로 교대로 위치하며, 서로 반대방향을 자력을 갖는 두 개의 자석은 쌍극을 이룬다.

[0009] 또한, 상기 폴 피스 모듈(13)이 고정되어 있을 경우, 상기 내측 로터(11)와 상기 외측 로터(12)는 서로 반대방향으로 회전하게 되고, 어떤 로터가 입력 축이 되는지에 따라 감속기 또는 가속기로 이용된다.

[0010] 또한, 상기 외측 로터(12)는 저속으로 회전하고, 상기 내측 로터(11)는 고속으로 회전하며, 상기 외측 로터(12)의 쌍극수와 상기 내측 로터(11)의 쌍극수는 아래의 수학적 식 a와 같이 폴 피스들(13a)의 개수를 결정한다.

[0011] [수학적 식 a]

$$N_s = p_1 + p_2$$

[0012]

[0013] 여기서, N_s 는 폴 피스들(13a)의 개수, p_1 은 외측 로터(12)의 쌍극 수, p_2 은 내측 로터(11)의 쌍극 수를 의미한다.

[0014] 또한, 도 2를 예로 들면, 외측 로터(12)의 자석의 극수가 42극으로 쌍극 수가 21극이고 내측 로터(11)의 자석의 극수가 4극으로 쌍극 수가 2극이므로 폴 피스들(13a)의 개수는 각 로터의 쌍극 수 21극 및 2극을 더한 23개가 된다.

[0015] 또한, 마그네틱 기어(10)의 기어비는 아래의 수학적 식 b와 같이 로터들의 쌍극 수의 비로 결정된다.

[0016] [수학식 b]

$$G_r = \frac{p_1}{p_2}$$

[0017]

[0018] 또한, 마그네틱 기어(10)의 로터들의 속도비는 아래의 수학식 c와 같다.

[0019] [수학식 c]

$$w_2 = -G_r w_1$$

[0020]

[0021] 또한, 종래의 마그네틱 기어(1)의 폴 피스(13a)는 수직단면이 중심각은 서로 동일하고 직경은 다른 외측 호(13aa)와 내측 호(13ab), 그리고 외측 호(13aa)와 내측 호(13ab)의 각 일단을 연결하는 직선(13ac) 및 각 타단을 연결하는 직선(13ad)으로 둘러싸인 도형의 형태를 갖는다.

[0022] 그러나, 종래의 마그네틱 기어(10)는 이러한 폴 피스들(13a)의 형태적인 한계로 인해 외측 로터(12)와 폴 피스 모듈(13) 간, 내측 로터(11)와 폴 피스 모듈(13) 간의 공극에 자속을 집중시킬 수 없어 토크 전달이 낮고 토크 리플이 큰 문제점이 있다.

[0023] [선행기술문헌]

[0024] [특허문헌]

[0025] 1. 한국공개특허 제10-2013-0042564호, 자기 기어 장치 및 유지 부재

[0026] 2. 한국공개특허 제10-2014-0013087호, 자기 기어 장치

발명의 내용

해결하려는 과제

[0027] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로 폴 피스의 형상을 최적화하여 공극에 자속을 집중시킴으로써 토크 전달을 향상시키고 토크 리플은 낮게 하여 동력 전달률과 신뢰성을 향상시킬 수 있는 자속 집중형 폴 피스를 갖는 마그네틱 기어를 제공하는 것이다.

[0028] 본 발명의 목적들은 이상에서 언급한 목적들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0029] 상기의 목적을 달성하기 위하여 본 발명은 내측 로터(inner rotor), 상기 내측 로터와 이격되어 구비되는 외측 로터(outer rotor) 및 상기 내측 로터와 상기 외측 로터 사이에 위치하고 상기 내측 로터에서 상기 외측 로터로 또는 상기 외측 로터에서 상기 내측 로터로 자속을 전달하는 서로 이격된 복수 개의 폴 피스(pole piece)가 구비되는 폴 피스 모듈을 포함하는 마그네틱 기어로서, 상기 각 폴 피스의 단면은, 제1 호(arc), 상기 제1 호와 중심의 위치 및 중심각은 동일하고 내경은 상기 제1 호의 내경보다 작은 제2 호 및 상기 제1 호와 상기 제2 호의 각 일단 및 각 타단을 연결하는 선으로 둘러싸인 제1 도형과, 상기 제2 호와 중심의 위치 및 내경은 동일하고 중심각은 상기 제2 호의 중심각보다 큰 제3 호, 상기 제3 호와 중심의 위치와 중심각은 동일하고 내경은 상기 제3 호의 내경보다 작은 제4 호 및 상기 제3 호와 상기 제4 호의 각 일단 및 각 타단을 연결하는 선으로 둘러싸인 제2 도형이 결합한 형상을 갖되, 상기 제2 호의 2등분 위치와 상기 제3 호의 2등분 위치는 서로 겹쳐지도록 결합한 형상을 갖는 것을 특징으로 하는 마그네틱 기어를 제공한다.

[0030] 바람직한 실시예에 있어서, 상기 제4 호와 상기 제3 호의 수직 거리(이하, '제1 수직거리'라 함)는 아래의 수학

식 1과 같이 상기 제4 호와 상기 제1 호의 수직 거리(이하, '제2 수직거리'라 함)에 13.5%보다는 크고 23.5%보다는 작다.

[수학식 1]

$$L_{pr} \times 0.135 \leq \alpha \leq L_{pr} \times 0.235$$

여기서, α 는 상기 제1 수직거리이고 L_{pr} 은 상기 제2 수직거리이다.

바람직한 실시예에 있어서, 상기 제4 호의 중심각은 아래의 수학식 2와 같이 하나의 폴 피스를 사이에 둔 두 개의 폴피스의 제1 호들을 연결하는 가상 호의 중심각(이하, '기준각'이라 함)의 40%보다는 크고 50%보다는 작다.

[수학식 2]

$$0.4 \leq \frac{N_p}{360} \times \frac{2}{3} \times \beta \leq 0.5$$

여기서, β 는 상기 제4 호의 중심각이고 N_p 는 상기 폴 피스들의 개수이다.

바람직한 실시예에 있어서, 상기 제1 도형에서 상기 제1 호 및 상기 제2 호를 연결하는 선은 상기 제1 도형의 중심부를 향해 오목한 곡선(이하, '오목 곡선'이라 함)이다.

바람직한 실시예에 있어서, 상기 오목 곡선의 양단을 연결하는 가상선분(이하, '제1 가상 선분'이라 함)의 2등분 위치에서 수직방향으로 상기 오목 곡선까지의 길이(이하, '오목 길이'라 함)는, 상기 오목 곡선의 상기 제1 호 측 일단에서 상기 제4 호에 수직방향으로 연결되는 가상선분(이하, '제2 가상 선분'이라 함)의 2등분 위치에서 수직방향으로 상기 제1 호의 2등분 위치와 상기 제4 호의 2등분 위치를 연결하는 가상선분(이하, '제3 가상 선분'이라 함)까지의 길이의 30%보다는 크고 40%보다는 작다.

바람직한 실시예에 있어서, 상기 오목 길이는 아래의 수학식 3에 의해 계산된다.

[수학식 3]

$$0.3 \leq \frac{\gamma}{\frac{1}{4}(D_{pi} + D_{po}) \tan\left(\frac{90}{N_p}\right)} \leq 0.4$$

여기서, D_{pi} 는 상기 제4 호의 내경, D_{po} 는 상기 제1 호의 내경, N_p 는 폴 피스들의 개수이다.

또한, 본 발명은 상기 마그네틱 기어를 적어도 두 개 포함하고, 상기 마그네틱 기어들 중, 제1 마그네틱 기어의 출력측 로터는 제2 마그네틱 기어의 입력측 로터에 직결되는 것을 특징으로 하는 멀티플 타입 마그네틱 기어를 더 제공한다.

또한, 본 발명은 상기 마그네틱 기어; 상기 마그네틱 기어의 내측 로터의 외측에 이격되어 구비되며 복수 개의 폴 피스를 갖는 적어도 하나의 내부 폴 피스 모듈; 및 상기 내부 폴 피스 모듈과 상기 폴 피스 모듈 사이에 구비되는 적어도 하나의 중간 로터;를 포함하는 것을 특징으로 하는 멀티레이어 타입 마그네틱 기어를 더 제공한다.

발명의 효과

본 발명은 다음과 같은 우수한 효과를 가진다.

본 발명의 마그네틱 기어에 의하면, 폴 피스의 단면 형태에 관한 변수 α, β, γ 를 한정하여 공극에 자속을 집중시킬 수 있어 토크 전달을 향상시키고 토크 리플은 낮게 함으로써 동력 전달률과 신뢰성을 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

[0048] 또한, 본 발명의 멀티플 타입 마그네틱 기어에 의하면, 두 개의 마그네틱 기어를 직결하여 작은 부피로도 큰 토크비를 제공할 수 있는 효과가 있다.

[0049] 또한, 본 발명의 멀티레이어 타입 마그네틱 기어에 의하면, 외측 로터와 내측 로터 사이에 중간 로터를 삽입하여 적은 개수의 자석을 이용하여 큰 토크비를 제공할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0050] 도 1은 일반적인 마그네틱 기어를 보여주는 도면,
 도 2는 일반적인 마그네틱 기어의 수직 단면을 보여주는 도면,
 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 마그네틱 기어를 설명하기 위한 도면,
 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 마그네틱 기어의 풀 피스 형태를 설명하기 위한 도면,
 도 5 내지 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 마그네틱 기어의 풀 피스의 형태를 결정하는 변수를 설명하기 위한 도면,
 도 8은 종래의 마그네틱 기어와 본 발명의 일 실시예에 따른 마그네틱 기어의 자속선도를 보여주는 도면,
 도 9는 종래의 마그네틱 기어와 본 발명의 일 실시예에 따른 마그네틱 기어의 내측 공극의 자속 밀도를 비교하기 위한 그래프,
 도 10은 종래의 마그네틱 기어와 본 발명의 일 실시예에 따른 마그네틱 기어의 외측 공극의 자속 밀도를 비교하기 위한 그래프,
 도 11은 종래의 마그네틱 기어와 본 발명의 일 실시예에 따른 마그네틱 기어의 내측 로터의 토크를 비교하기 위한 그래프,
 도 12는 종래의 마그네틱 기어와 본 발명의 일 실시예에 따른 마그네틱 기어의 외측 로터의 토크를 비교하기 위한 그래프,
 도 13은 종래의 마그네틱 기어와 본 발명의 일 실시예에 따른 마그네틱 기어의 정상상태에서 내측 로터의 토크를 비교하기 위한 그래프,
 도 14는 종래의 마그네틱 기어와 본 발명의 일 실시예에 따른 마그네틱 기어의 정상상태에서 외측 로터의 토크를 비교하기 위한 그래프,
 도 15는 본 발명의 다른 실시예에 따른 멀티플 타입 마그네틱 기어를 설명하기 위한 도면,
 도 16은 본 발명의 다른 실시예에 따른 멀티레이어 타입 마그네틱 기어를 설명하기 위한 도면,
 도 17은 본 발명의 다른 실시예에 따른 멀티레이어 타입 마그네틱 기어의 단면을 보여주는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0051] 본 발명에서 사용되는 용어는 가능한 현재 널리 사용되는 일반적인 용어를 선택하였으나, 특정한 경우는 출원인이 임의로 선정한 용어도 있는데 이 경우에는 단순한 용어의 명칭이 아닌 발명의 상세한 설명 부분에 기재되거나 사용된 의미를 고려하여 그 의미가 파악되어야 할 것이다.

[0052] 이하, 첨부한 도면에 도시된 바람직한 실시예들을 참조하여 본 발명의 기술적 구성을 상세하게 설명한다.

[0053] 그러나, 본 발명은 여기서 설명되는 실시예에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화 될 수도 있다. 명세서 전체에 걸쳐 동일한 참조번호는 동일한 구성요소를 나타낸다.

[0054] 도 3을 참조하면, 본 발명의 마그네틱 기어(100)는 외측 로터(110), 상기 외측 로터(110)의 내측에 상기 외측 로터(110)와 이격되어 구비되는 내측 로터(120) 및 상기 외측 로터(110)와 상기 내측 로터(120) 사이에 상기 외측 로터(110)와 상기 내측 로터(120)에 각각 이격되어 구비되는 풀 피스 모듈(130)을 포함하여 이루어진다.

- [0055] 또한, 상기 폴 피스 모듈(130)이 고정되어 있을 경우, 상기 외측 로터(110)와 상기 내측 로터(120)는 서로 다른 방향으로 회전하며 상기 외측 로터(110)에서 상기 내측 로터(120)로 또는 상기 내측 로터(120)에서 상기 외측 로터(110)로 회전력을 전달한다.
- [0056] 그러나, 상기 외측 로터(110)와 상기 내측 로터(120) 중, 어느 하나의 로터는 고정될 경우, 상기 폴 피스 모듈(130)과 고정되지 않은 다른 하나의 로터가 회전하며 동력을 전달할 수 있다.
- [0057] 이 경우, 상기 폴 피스 모듈(130)과 회전하는 로터의 회전방향은 동일하다.
- [0058] 또한, 도 3에서는 본 발명의 마그네틱 기어(100)가 원통 회전형의 마그네틱 기어인 것으로 도시하였으나 원판 회전형, 평판 리니어형, 원통 리니어형으로 제작이 가능하다.(예를 들면, 특허문헌 1의 원판 회전형, 평판 리니어형, 원통 리니어형의 형태를 참조할 수 있다.)
- [0059] 또한, 상기 외측 로터(110)는 외측 회전자(111)와 상기 외측 회전자(111) 내측에 쌍극을 이루며 부착되는 복수 개의 자석(112)을 포함하고, 상기 내측 로터(120)는 내측 회전자(121)와 상기 내측 회전자(121) 외측에 쌍극을 이루며 부착되는 복수 개의 자석(122)을 포함하여 이루어진다.
- [0060] 또한, 상기 폴 피스 모듈(130)은 회전 축(c)에 대해 방사상으로 서로 이격된 복수 개의 폴 피스(131)를 포함하여 이루어진다.
- [0061] 또한, 상기 폴 피스(131)는 자극편이라고도 하며, 자성체로써 상기 외측 로터(110)에서 상기 내측 로터(120)로 또는 상기 내측 로터(120)에서 상기 외측 로터(110)로 자속을 전달하는 역할을 한다.
- [0062] 또한, 상기 폴 피스들(131)은 폴 피스들(131) 간 및 폴 피스(131)와 상기 로터들(110,120)의 자석들 간을 서로 이격되게 유지하는 지지부재에 의해 고정된다.
- [0063] 또한, 상기 폴 피스들(131)의 개수는 상술한 수학식 a에 의해 결정되며, 기어비는 상술한 수학식 b와 같다.
- [0064] 또한, 상기 폴 피스들(131)과 상기 외측 로터(110)의 자석(112) 간에는 외측 공극(a1, outer airgap)이 존재하고 상기 폴 피스들(131)과 상기 내측 로터(120)의 자석(122) 간에는 내측 공극(a2, inner airgap)이 존재한다.
- [0065] 또한, 이러한 공극들(a1,a2)은 자기 회로에서 저항의 역할을 하는 것으로 자속이 집중되게 된다.
- [0066] 이하에서는 도 4를 참조하여 상기 폴 피스(131)의 형상을 상세히 설명한다.
- [0067] 도 4를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 마그네틱 기어(100)의 폴 피스(131)는 회전축(c)과 나란한 바 형상으로 그 수직 단면이 제1 도형(131a)과 제2 도형(131b)이 평면상에서 결합한 형상을 갖는다.
- [0068] 또한, 상기 제1 도형(131a)은 곡선인 제1 호(arc, 131aa), 상기 제1 호(131aa)와 중심(c)의 위치 및 중심각($\theta 1$)은 동일하고, 내경(d2)이 상기 제1 호(131aa)의 내경(d1)보다 작은 제2 호(131ab), 상기 제1 호(131aa)와 상기 제2 호(131ab)의 각 일단을 연결하는 선(131ac) 및 상기 제1 호(131aa)와 상기 제2 호(131ab)의 각 타단을 연결하는 선(131ad)으로 둘러싸인 평면 도형이다.
- [0069] 다시 말해서, 상기 제2 호(131ab)의 내경 반지름(d2/2)은 상기 제1 호(131aa)의 내경 반지름(d1/2)보다 작고, 곡률은 서로 동일하며, 중심(c)의 위치는 회전축(c)의 위치와 서로 일치한다.
- [0070] 또한, 상기 제1 호(131aa)와 상기 제2 호(131ab)를 연결하는 선들(131ac, 131ad)은 상기 제1 도형(131a)의 중심부를 향해 오목한 곡선(이하 '오목 곡선'이라 함)인 것이 바람직하다.
- [0071] 또한, 상기 제2 도형(131b)은 상기 제2 호(131ab)와 중심(c)의 위치 및 내경(d2)은 동일하고, 중심각($\theta 2$)은 상기 제2 호(131ab)의 중심각($\theta 1$)보다 큰 제3 호(131ba), 상기 제3 호(131ba)와 중심(c)의 위치 및 중심각($\theta 2$)의 크기는 동일하고, 내경(d3)은 상기 제3 호(131ba)의 내경(d2)보다 작은 제4 호(131bb), 상기 제3 호(131ba)와 상기 제4 호(131bb)의 각 일단을 연결하는 선(131bd) 및 상기 제3 호(131ba)와 상기 제4 호(131bb)의 각 타단을 연결하는 선(131bc)으로 둘러싸인 평면 도형이다.
- [0072] 다시 말해서, 상기 제2 호(131ab)와 상기 제3 호(131ba)의 내경 반지름(d2/2)은 서로 동일하고, 상기 제3 호(131ba)의 내경 반지름(d2/2)은 상기 제4 호(131bb)의 내경 반지름(d3/2)보다 크다.
- [0073] 또한, 상기 제3 호(131ba)와 상기 제4 호(131bb)의 각 단을 연결하는 선들(131bc, 131bd)은 직선인 것이 바람직

하다.

[0074] 또한, 상기 제1 도형(131a)과 상기 제2 도형(131b)은 상기 제2 호(131ab)의 2등분 위치(c1)와 상기 제3 호(131ba)의 2등분 위치(c1)가 서로 겹쳐지도록 평면상에서 결합하여 상기 폴 피스(131)의 단면 형상을 이룬다.

[0075] 도 5 내지 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 마그네틱 기어의 폴 피스의 형태 결정하는 변수를 설명하기 위한 것으로, 상기 폴 피스(131)의 형태를 결정하는 변수는 크게 세 가지이다.

[0076] 먼저, 도 5를 참조하면, 첫 번째 변수는 상기 제3 호(131ba)와 상기 제4 호(131bb)에 각각 수직인 직선의 거리(α , 이하 '제1 수직거리'라 함)이다.

[0077] 또한, 상기 제1 수직거리(α)는 상기 제4 호(131bb)와 상기 제1 호(131aa)에 각각 수직인 직선의 거리(L_{pr} ', 이하 '제2 수직거리'라 함)에 13.5%보다는 크고 23.5%보다는 작다.

[0078] 즉, 상기 제1 수직거리(α)는 아래의 수학적 식 1을 만족하도록 설계된다.

수학적 식 1

$$L_{pr} \times 0.135 \leq \alpha \leq L_{pr} \times 0.235$$

[0080] 다음, 도 6을 참조하면, 두 번째 변수는 상기 제4 호(131bb)의 중심각(β)이다.

[0081] 또한, 상기 제4 호(131bb)의 중심각(β)은 하나의 폴 피스(131)를 사이에 둔 두 개의 폴 피스(131', 131'')의 제1 호들(131'aa, 131''aa)의 마주보는 끝단을 연결하는 가상 호의 중심각(β' , 이하 '기준각'이라 함)의 40%보다는 크고 50%보다는 작다.

[0082] 즉, 상기 제4 호(131bb)의 중심각(β)은 아래의 수학적식2와 같이 기준각(β')의 40% 내지 50% 사이의 범위의 각도에서 설계된다.

수학적 식 2

$$0.4 \leq \frac{N_p}{360} \times \frac{2}{3} \times \beta \leq 0.5$$

[0084] 여기서, 여기서 N_p 는 상기 폴 피스들의 개수이다.

[0085] 다음, 도 7을 참조하면, 세 번째 변수는 어느 하나의 오목 곡선(131ac)의 양단을 연결하는 가상선분($\ell 1$, 이하 '제1 가상선분'이라 함)의 2등분 위치(c2)에서 수직방향으로 상기 어느 하나의 오목 곡선(131ac)까지의 길이(γ , 이하 '오목 길이'라 함)이다.

[0086] 또한, 상기 오목 길이(γ)는 상기 어느 하나의 오목 곡선(131ac)의 상기 제1 호(131aa) 측 일단(131ac')에서 상기 제4 호(131bb)에 수직으로 연결되는 가상선분($\ell 2$, 이하 '제2 가상선분'이라 함)의 2등분 위치(c3)에서 수직방향으로 상기 제1 호(131aa)의 2등분 위치(c4)와 상기 제4 호(131bb)의 2등분 위치(c5)를 잇는 가상선분($\ell 3$, 이하 '제3 가상선분'이라 함)까지의 길이(γ' , 이하 '기준 길이')에 30%보다는 크고 40%보다는 작다.

[0087] 즉, 상기 오목 길이(γ)는 아래의 수학적 식 3과 같이 상기 기준 길이(γ')의 30% 내지 40% 범위내에서 설계된다.

수학식 3

$$0.3 \leq \frac{\gamma}{\frac{1}{4}(D_{pi} + D_{po}) \tan\left(\frac{90}{N_p}\right)} \leq 0.4$$

[0088]

[0089]

여기서, D_{pi} 는 상기 제4 호(131bb)의 내경(d3), D_{po} 는 상기 제1 호(131aa)의 내경(d1), N_p 는 상기 풀 피스들(131)의 개수이다.

[0090]

또한, 수학식 3에서 분모는 상기 기준 길이(γ')를 의미하는 것으로 원점(c)를 중심으로 하는 직각 좌표계 상에서 상기 제1 가상선분($\ell 3$)을 x축으로 하여 점 c5 및 c4를 지나는 직선과 점 c3 및 c6을 지나는 직선의 교점의 y축 좌표값을 계산하기 위한 식이다. 그러나 상기 기준 길이(γ')은 다양한 방법으로 계산이 가능하다.

[0091]

도 8은 종래의 마그네틱 기어와 본 발명의 일 실시예에 따른 마그네틱 기어의 자속선도를 보여주는 것으로 10_flux는 종래의 마그네틱 기어(10)의 자속선도, 100_flux는 본 발명의 마그네틱 기어(100)의 자속선도를 보여주는 것이다.

[0092]

또한, 본 발명의 마그네틱 기어(100)는 변수 α 를 6mm, β 를 0.5deg, γ 를 1.43mm로 결정하여 설계하였다.

[0093]

도 8을 참조하면, 종래의 마그네틱 기어(10)의 자속선도(10_flux)보다 본 발명의 마그네틱 기어(100)의 자속선도(100_flux)가 밀도가 더 높은 것을 알 수 있다.

[0094]

도 9는 종래의 마그네틱 기어(10)와 본 발명의 일 실시예에 따른 마그네틱 기어(100)의 내측 공극(a2)의 자속 밀도를 비교하기 위한 그래프로써 종래의 마그네틱 기어(10)의 내측 공극 자속 밀도(Conventional Model Inner Airgap)는 최대값이 1.6T이나 본 발명의 마그네틱 기어(100)의 내측 공극 자속 밀도(Optimal Model Inner Airgap)는 최대값이 1.78T로 0.16T상승하였음을 확인하였다.

[0095]

도 10은 종래의 마그네틱 기어(10)와 본 발명의 일 실시예에 따른 마그네틱 기어(100)의 외측 공극의 자속 밀도를 비교하기 위한 그래프로써 종래의 마그네틱 기어(10)의 외측 공극 자속 밀도(Conventional Model Outer Airgap)는 최대값이 0.79T이나 본 발명의 마그네틱 기어(100)의 외측 공극 자속 밀도(Optimal Model Outer Airgap)는 최대값이 0.83T로 0.04T상승하였음을 확인하였다.

[0096]

도 11은 종래의 마그네틱 기어(10)와 본 발명의 일 실시예에 따른 마그네틱 기어(100)의 내측 로터의 토크를 비교하기 위한 그래프(토크-각도 곡선)로써, 본 발명의 마그네틱 기어(100)의 내측 로터 토크(Inner Torque_Optimal Model)의 최대값이 18.97Nm로 종래의 마그네틱 기어(10)의 내측 로터 토크(Inner Torque_Basic Model)의 최대값 18.47Nm보다 0.5Nm 증가하였음을 알 수 있다.

[0097]

도 12는 종래의 마그네틱 기어(10)와 본 발명의 일 실시예에 따른 마그네틱 기어(100)의 외측 로터의 토크를 비교하기 위한 그래프로써, 본 발명의 일 실시예에 따른 마그네틱 기어(100)의 외측 로터 토크(Outer Torque_Optimal Model)의 최대값이 196.81Nm로 종래의 마그네틱 기어(10)의 외측 로터 토크(Outer Torque_Basic Model)의 최대값 190.99Nm보다 5.82Nm 증가하였음을 알 수 있다.

[0098]

도 13은 정상상태에서 종래의 마그네틱 기어(10)와 본 발명의 일 실시예에 따른 마그네틱 기어(100)의 정상상태에서 내측 로터의 토크를 비교하기 위한 그래프로써, 본 발명의 마그네틱 기어(100)의 토크 파형은 18.6939Nm로써 종래의 마그네틱 기어(10)의 토크 파형 18.16Nm보다 증가하였음을 알 수 있고, 토크 리플의 경우 3.75%에서 0.90%로 저감되어 토크리플 또한 매우 우수함을 확인하였다.

[0099]

도 14는 정상상태에서 종래의 마그네틱 기어(10)와 본 발명의 일 실시예에 따른 마그네틱 기어(100)의 외측 로터의 토크를 비교하기 위한 그래프로써, 본 발명의 마그네틱 기어(100)의 토크 파형은 196.07Nm로써 종래의 마그네틱 기어(10)의 토크 파형 190.52Nm보다 증가하였음을 알 수 있고, 토크 리플의 경우 0.06%에서 0.11%로 소폭 증가하기는 하였으나 내측 로터의 토크리플을 포함한 전체적인 토크리플은 저감되었음을 알 수 있다.

[0100]

이는 상용되고 있는 전동기의 리플율이 5%이하인 것을 감안하면 매우 적은 리플율을 가지고 있음을 알 수 있다.

- [0101] 도 15는 본 발명의 다른 실시예에 따른 멀티플 타입 마그네틱 기어를 설명하기 위한 도면이다.
- [0102] 도 15를 참조하면, 본 발명의 다른 실시예에 따른 멀티플 타입 마그네틱 기어(200)는 본 발명의 일 실시예에 따른 마그네틱 기어(100)가 복수 개 직렬로 연결된 형태이다.
- [0103] 또한, 도 15에서는 두 개의 마그네틱 기어(100, 100')가 직렬된 듀얼 타입의 마그네틱 기어를 도시하였으나 세 개 이상의 마그네틱 기어들이 직렬되어 구성될 수 있다.
- [0104] 또한, 듀얼 타입의 경우, 제1 마그네틱 기어(100)의 출력축(110a)이 제2 마그네틱 기어(110')의 입력축(130'a)에 연결된다.
- [0105] 또한, 상기 제1 마그네틱 기어(100)에서 상기 제2 마그네틱 기어(100')로 동력이 전달될 경우 경우에는 감속기로, 상기 제2 마그네틱 기어(100')에서 상기 제1 마그네틱 기어(100)로 동력이 전달될 경우에는 가속기로 동작한다.
- [0106] 또한, 상기 제1 마그네틱 기어(100)의 내측 로터(130)와 외측 로터(110)의 기어비가 1:10이고, 상기 제2 마그네틱 기어(100')의 내측 로터(130')와 외측 로터(110')의 기어비가 1:10일 경우 전체 기어비는 1:100이 되고 토크 비도 1:100이 된다.
- [0107] 즉, 종래의 마그네틱 기어(10)를 1:100의 토크비를 갖도록 설계하고자 할 경우, 외측 로터의 쌍극 수가 내측 로터의 쌍극 수보다 100배 많아야 하므로 대형화가 불가피하나, 본 발명의 멀티플 타입 마그네틱 기어(200)는 두 개의 마그네틱 기어를 이용하여 소형으로 고 토크비를 구현할 수 있는 장점이 있다.
- [0108] 도 16은 본 발명의 다른 실시예에 따른 멀티레이어 타입 마그네틱 기어를 설명하기 위한 도면이고, 도 17은 본 발명의 다른 실시예에 따른 멀티레이어 타입 마그네틱 기어의 단면을 보여주는 도면이다.
- [0109] 도 16 및 도 17을 참조하면, 본 발명의 다른 실시예에 따른 멀티플 타입 마그네틱 기어(300)는 본 발명의 일 실시예에 따른 마그네틱 기어(100)에 내부 폴 피스 모듈(310) 및 중간 로터(320)를 포함하여 구성된다.
- [0110] 또한, 상기 내부 폴 피스 모듈(310)과 상기 중간 로터(320)의 개수에는 한정이 없으며, 원하는 기어비에 따라 설계자가 임의의 개수로 구성할 수 있다. 다만, 상기 내부 폴 피스 모듈(310)과 상기 중간 로터(320)는 한 쌍으로 서로 개수가 동일하여야 한다.
- [0111] 또한, 상기 내부 폴 피스 모듈(310)은 상기 마그네틱 기어(100)의 내측 로터(120)의 외측에 이격되어 구비되며, 복수 개의 내부 폴 피스(311)를 갖는다.
- [0112] 또한, 상기 내부 폴 피스(311)의 형태 역시 상기 폴 피스(131)의 단면과 동일하게 변수 α , β , γ 를 한정하여 설계될 수 있다.
- [0113] 또한, 상기 중간 로터(320)는 상기 내부 폴 피스 모듈(310)과 상기 폴 피스 모듈(130) 사이에서 상기 내부 폴 피스 모듈(310) 및 상기 폴 피스 모듈(130)과 각각 이격되어 구비된다.
- [0114] 즉, 본 발명의 다른 실시예에 따른 멀티플 타입 마그네틱 기어(200)는 상기 내측 로터(120)가 회전하면, 상기 내부 폴 피스 모듈(311)이 상기 중간 로터(320)로 자속을 전달하고, 상기 중간 로터(320)의 지속은 상기 폴 피스 모듈(130)에 의해 상기 외측 로터(110)로 전달되어 회전하는 형태이다.
- [0115] 또한, 상기 내측 로터(120)에서 상기 외측 로터(110)를 향해 구동력이 전달될 경우 가속기로, 상기 외측 로터(110)에서 상기 내측 로터(120)를 향해 구동력이 전달될 경우 감속기로 동작한다.
- [0116] 따라서, 본 발명의 멀티플 타입 마그네틱 기어(200)에 의하면 종래의 마그네틱 기어(10)가 구현하고자 하는 기어비를 외측 로터(110), 중간 로터(320) 및 내측 로터(120)가 분담하게 되므로 종래의 마그네틱 기어(10)보다 자석의 극수비를 적게 하면서도 원하는 기어비를 구현할 수 있는 장점이 있다.
- [0117] 이상에서 살펴본 바와 같이 본 발명은 바람직한 실시예를 들어 도시하고 설명하였으나, 상기한 실시예에 한정되지 아니하며 본 발명의 정신을 벗어나지 않는 범위 내에서 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 다양한 변경과 수정이 가능할 것이다.

부호의 설명

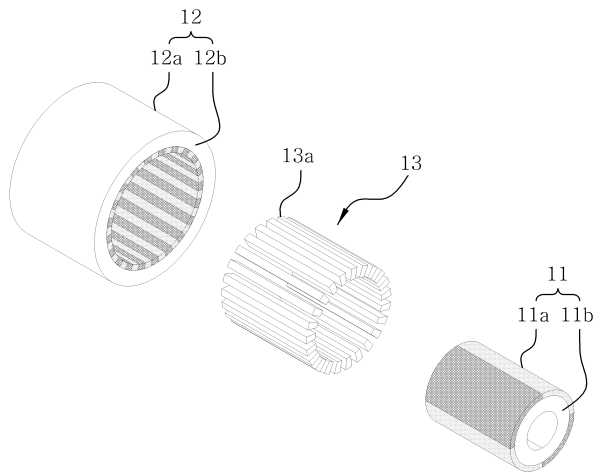
[0118]

100:마그네틱 기어	110:외측 로터
111:외측 회전자	120:내측 로터
121:내측 회전자	112, 122:자석
130:폴 피스 모듈	131:폴 피스
200:멀티폴 타입 마그네틱 기어	300:멀티레이어 타입 마그네틱 기어
310:내부 폴 피스 모듈	311:내부 폴 피스
320:중간 로터	

도면

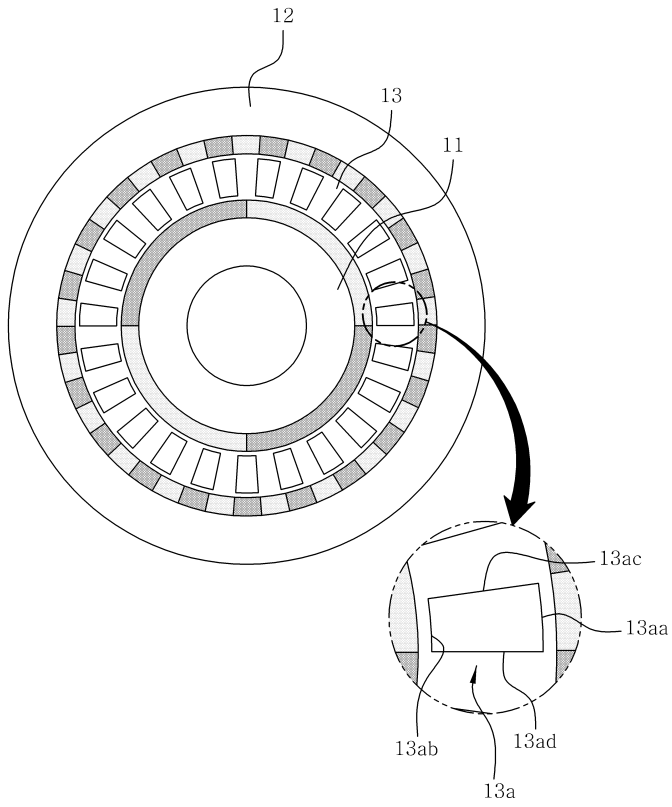
도면1

10



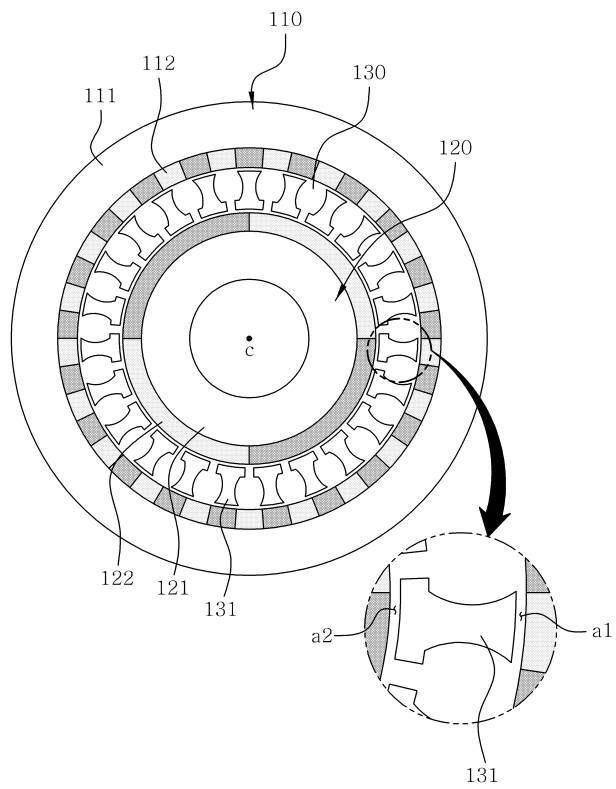
도면2

10a

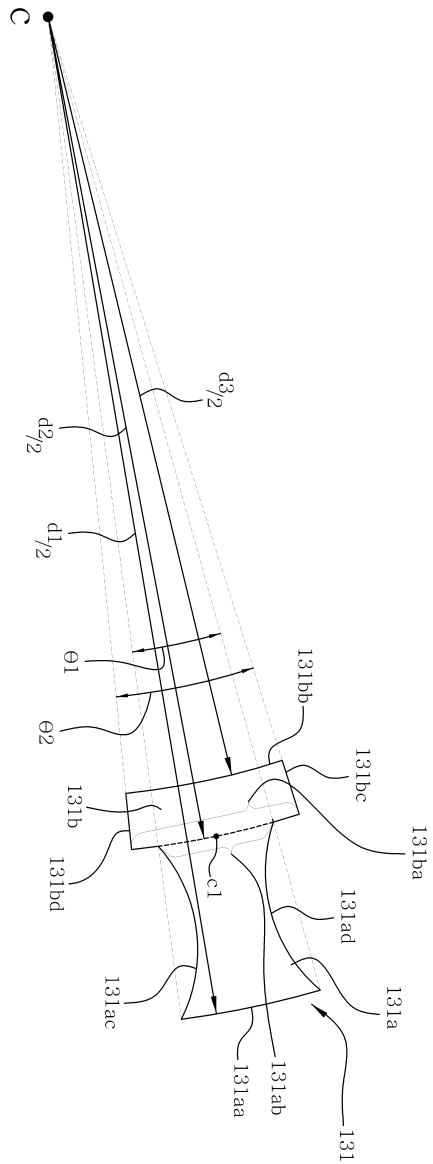


도면3

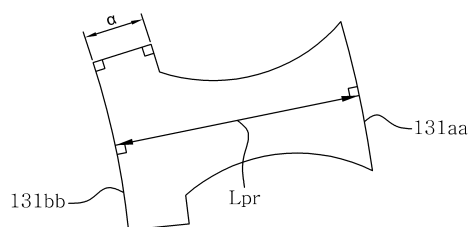
100



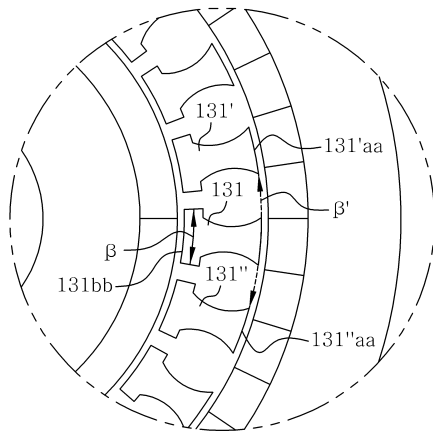
도면4



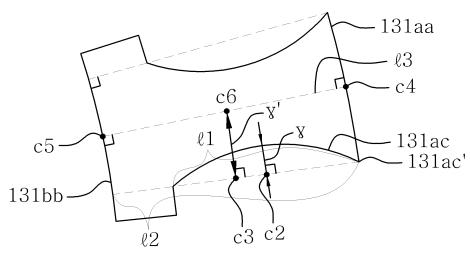
도면5



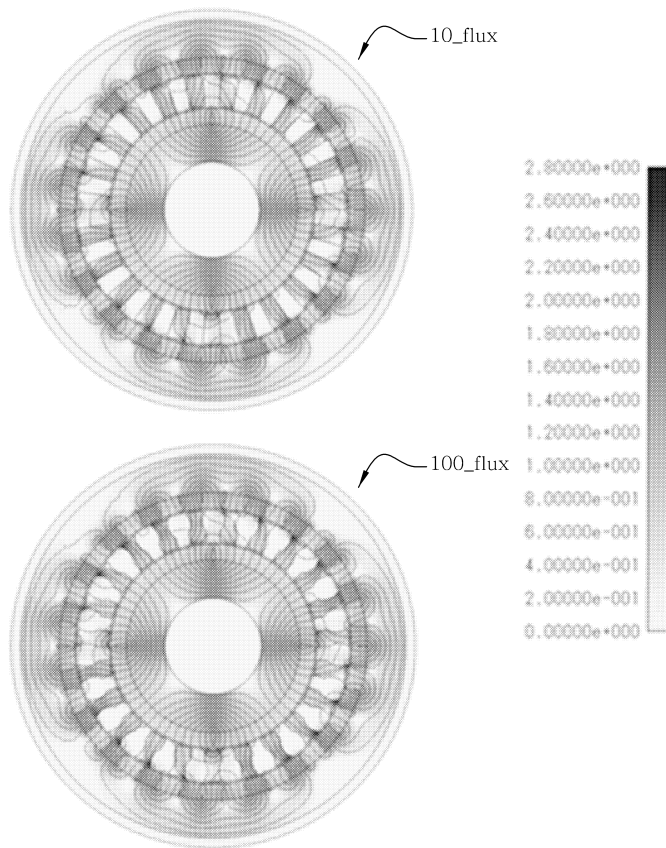
도면6



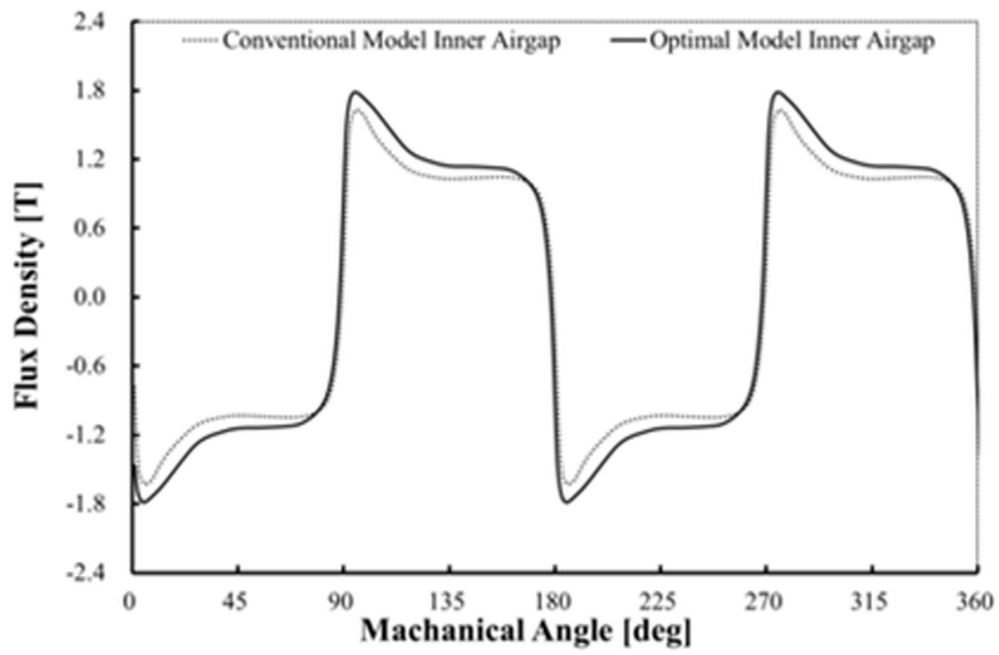
도면7



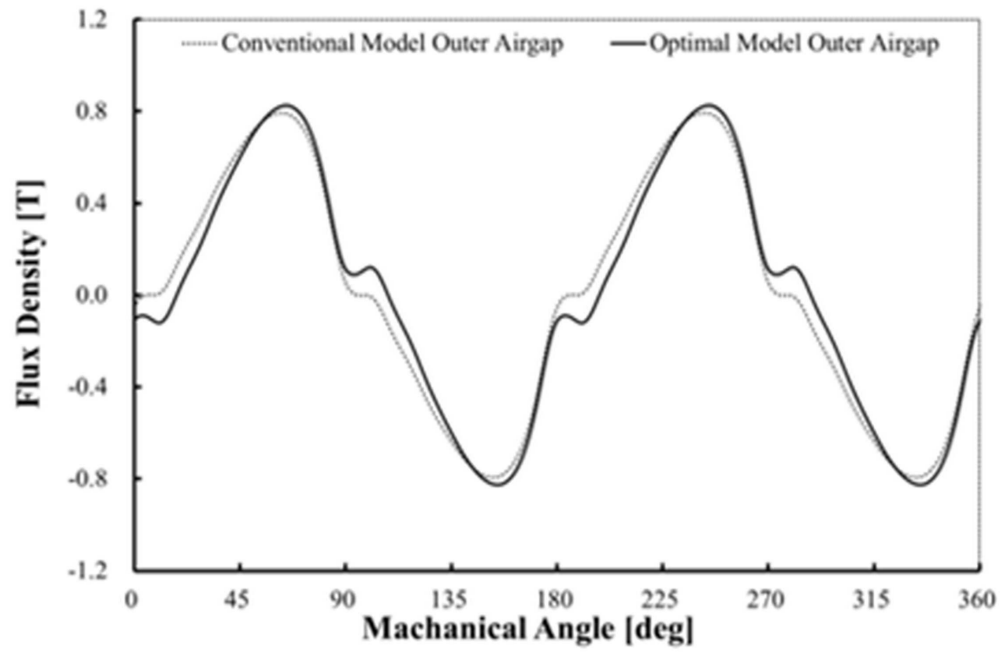
도면8



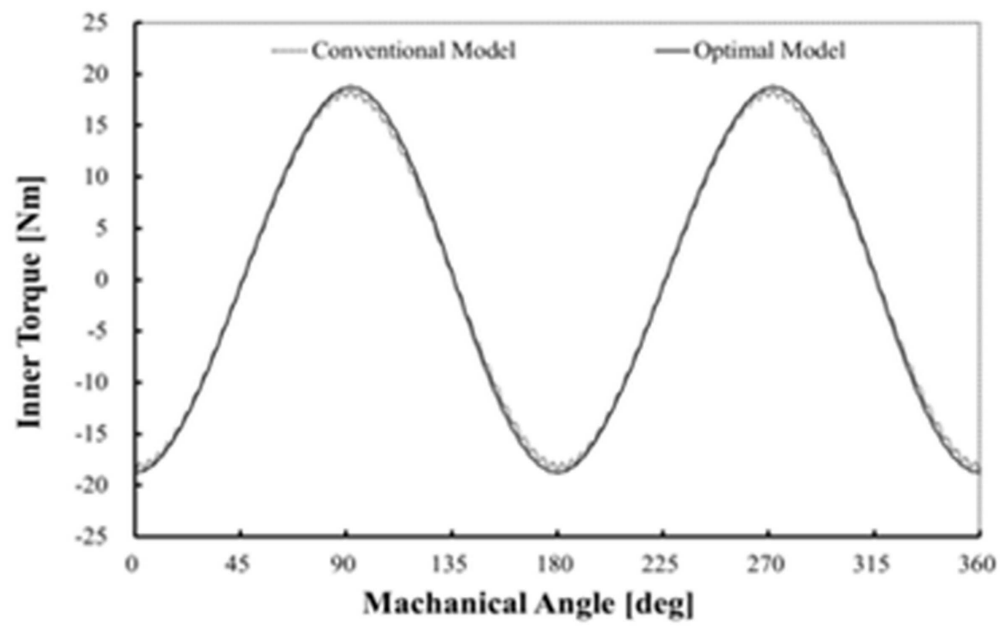
도면9



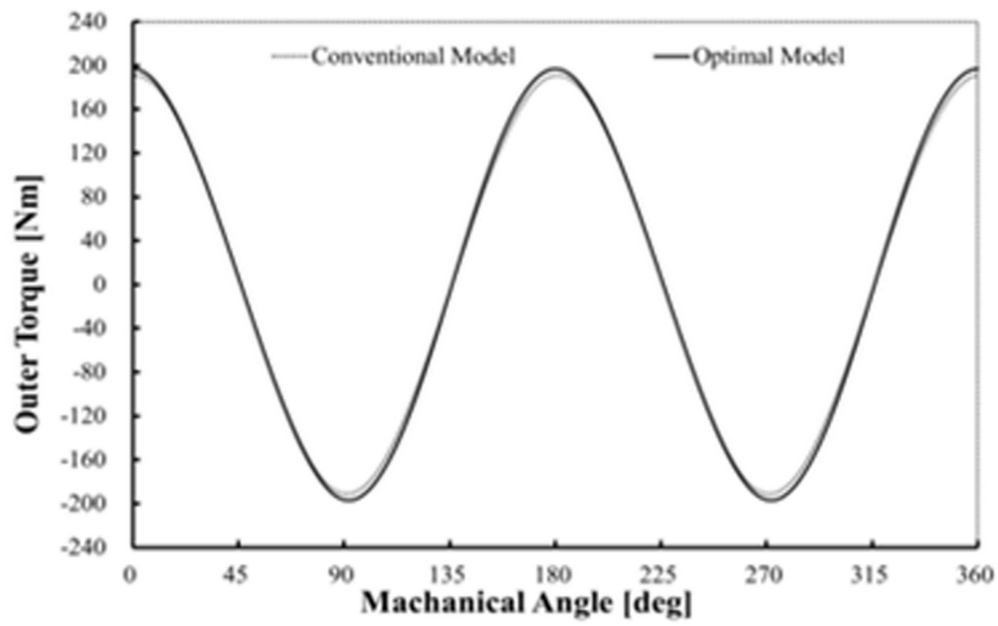
도면10



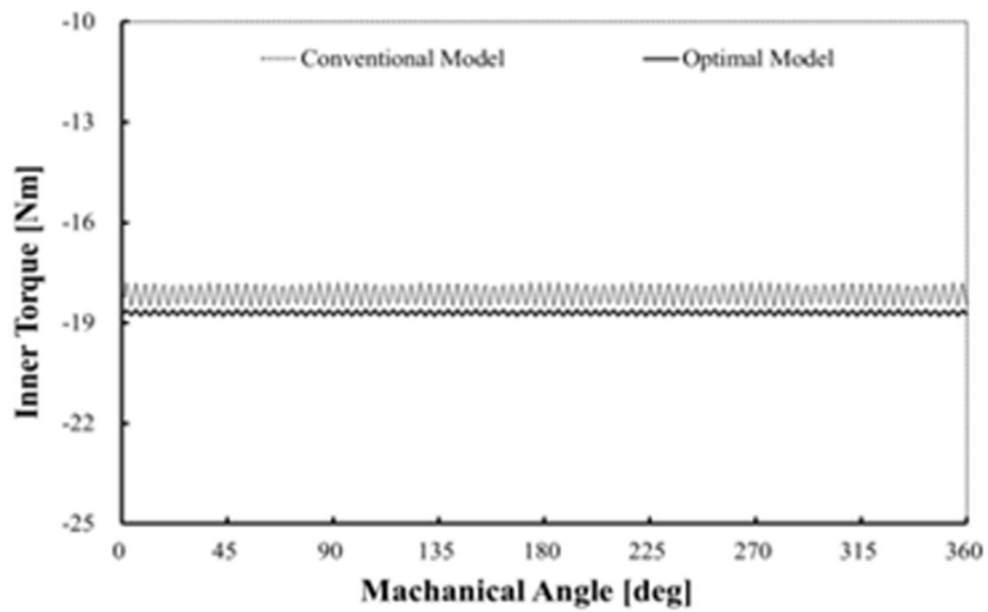
도면11



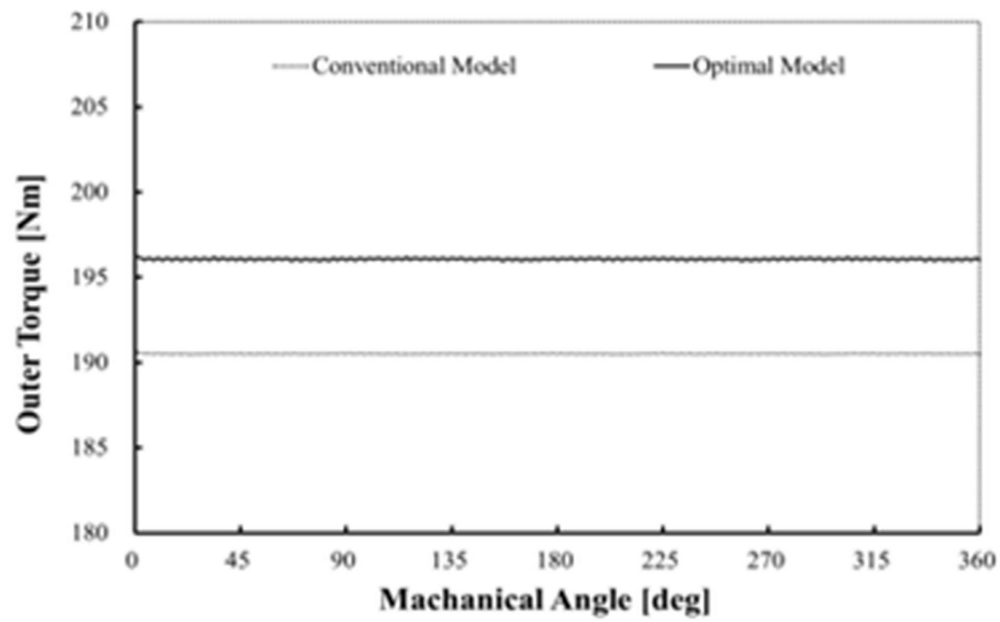
도면12



도면13

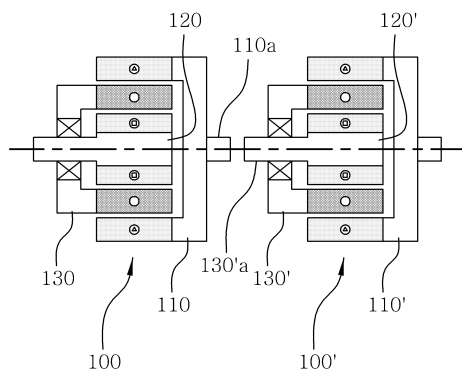


도면14



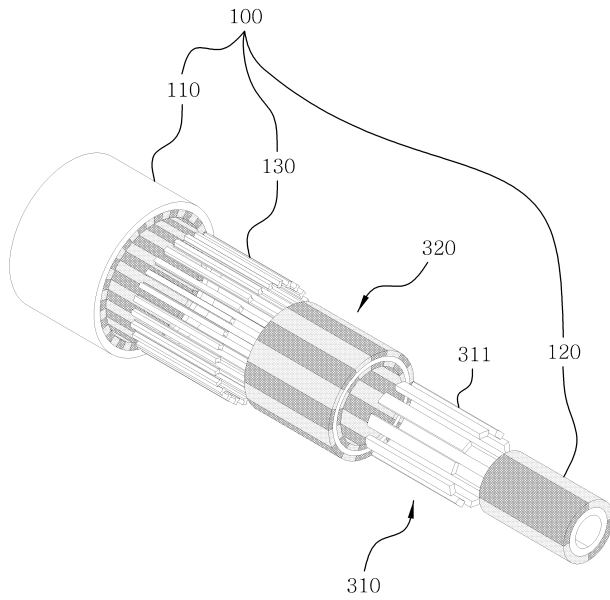
도면15

200



도면16

300



도면17

