



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년10월25일  
(11) 등록번호 10-1911978  
(24) 등록일자 2018년10월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H02K 1/27 (2006.01) H02K 21/14 (2014.01)  
(21) 출원번호 10-2014-0099747  
(22) 출원일자 2014년08월04일  
심사청구일자 2017년10월13일  
(65) 공개번호 10-2015-0016906  
(43) 공개일자 2015년02월13일  
(30) 우선권주장  
13/958,693 2013년08월05일 미국(US)  
(56) 선행기술조사문헌  
US20100277028 A1\*  
CN201742192 U\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
제네럴 일렉트릭 컴퍼니  
미국, 뉴욕 12345, 쉐넬타디, 원 리버 로드  
(72) 발명자  
래디 파텔 해그래스  
미국 뉴욕주 12309 니스카유나 리서치 서클 1  
엘 리파이에 아이만 모하메드 파우지  
미국 뉴욕주 12309 니스카유나 리서치 서클 1  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
김태홍

전체 청구항 수 : 총 18 항

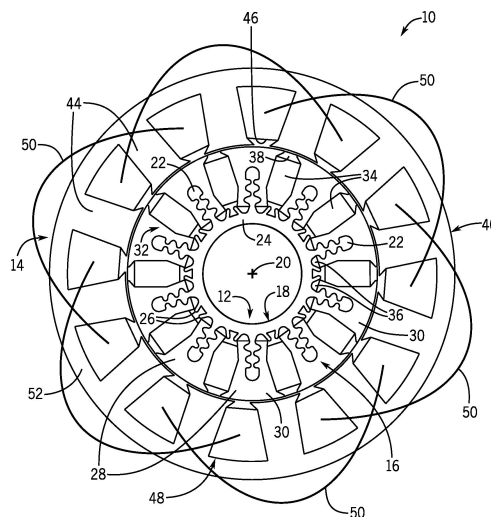
심사관 : 정재현

(54) 발명의 명칭 토크 리플을 감소시킨 스포크 영구 자석 머신 및 그 제조 방법

(57) 요약

내부 영구 자석 머신은 샤프트를 구비한 로터 어셈블리를 포함하고, 이 샤프트는 샤프트 본체로부터 반경방향으로 외측으로 연장되며 샤프트 본체에 대해 원주방향으로 그리고 샤프트 본체의 축방향 길이를 따라 형성되는 복수의 돌출부를 포함한다. 복수의 적층판 스택은 상기 복수의 돌출부를 내부에 수용하기 위해 샤프트에 대해 원주방향으로 배열되며, 상기 적층판 스택의 각각은 샤프트의 길이를 따라 축방향으로 배열되는 복수의 적층판 그룹을 포함하고, 적층판 스택들 사이에는 영구 자석이 배치된다. 적층판 각각은 개개의 샤프트 돌출부를 수용하기 위해 내부에 형성된 샤프트 돌출부 컷을 포함하고, 복수의 적층판 스택의 각각마다, 개개의 적층판 그룹의 적층판에 형성된 샤프트 돌출부 컷은 인접한 적층판 그룹 내의 적층판에 형성된 샤프트 돌출부 컷으로부터 각도 오프셋된다.

대표도 - 도1a



(72) 발명자

허 금 강

미국 뉴욕주 12309 니스카유나 리서치 서클 1

알렉산더 제임스 펠레그리노

미국 뉴욕주 12309 니스카유나 리서치 서클 1

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

내부 영구 자석(internal permanent magnet) 머신에 있어서,  
스테이터 어셈블리로서,

복수의 스테이터 티스(teeth)를 포함하는 스테이터 코어와,

교류 전류에 의해 여자될 때에 스테이터 자기장을 생성하기 위하여 상기 복수의 스테이터 티스에 대해 감긴 스테이터 권선을 포함하는 스테이터 어셈블리와,

상기 스테이터 어셈블리에 의해 규정된 캐비티 내에 배치되며, 상기 스테이터 어셈블리에 대해 회전하도록 구성된 로터 어셈블리로서,

샤프트 본체로부터 반경방향 외측으로 연장되며, 샤프트 본체에 대해 원주방향으로 그리고 샤프트 본체의 축방향 길이를 따라 형성되는 복수의 돌출부를 포함하는 샤프트와,

상기 복수의 돌출부를 내부에 수용하기 위해 샤프트에 대해 원주방향으로 배열되는 복수의 적층판 스택으로서, 상기 복수의 적층판 스택의 각각은 샤프트의 길이를 따라 축방향으로 배열되는 복수의 적층판 그룹을 포함하고, 상기 복수의 적층판 그룹의 각각은 복수의 적층판을 포함하는 것인 복수의 적층판 스택과,

토크를 형성하기 위하여 상기 스테이터 자기장과 상호작용하는 자기장을 생성하도록 구성되는 복수의 영구 자석으로서, 각각의 영구 자석은 인접한 적층판 스택들의 개개 쌍 사이에 배치되는 것인 복수의 영구 자석을 포함하는 로터 어셈블리

를 포함하며,

상기 복수의 적층판 그룹은 제1 적층판 그룹과, 제2 적층판 그룹과, 제3 적층판 그룹을 포함하고, 상기 제2 적층판 그룹은 상기 제1 적층판 그룹과 상기 제3 적층판 그룹 사이에 축방향으로 위치 결정되며,

상기 복수의 적층판의 각각은 개개의 샤프트 돌출부를 수용하기 위해 내부에 형성된 샤프트 돌출부 컷을 포함하고, 상기 제1 적층판 그룹의 적층판에 형성된 샤프트 돌출부 컷은 제1 각도 방향으로 중심으로부터 오프셋되고, 상기 제3 적층판 그룹의 적층판에 형성된 샤프트 돌출부 컷은 상기 제1 각도 방향과 반대방향인 제2 각도 방향으로 중심으로부터 오프셋되는 것인 내부 영구 자석 머신.

#### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 샤프트는 복수의 돌출부가 샤프트 본체와 일체로 형성되어 있는 단일의 연속형 샤프트를 포함하는 것인 내부 영구 자석 머신.

#### 청구항 3

제1항에 있어서, 인접한 적층판 스택들의 개개 쌍 사이에 배치된 각각의 영구 자석은 다수의 자석 블록들을 포함하는데, 자석 블록은 적층판 그룹의 각각에 대응하는 것인 내부 영구 자석 머신.

#### 청구항 4

제3항에 있어서, 상기 복수의 적층판 스택은 집합적으로 로터 코어를 형성하고, 상기 복수의 적층판 스택의 각각은 상기 로터 코어의 로터 폴을 형성하는 것인 내부 영구 자석 머신.

#### 청구항 5

삭제

#### 청구항 6

제1항에 있어서, 상기 제2 적층판 그룹의 적층판에 형성된 샤프트 돌출부 컷은 그 적층판 상의 중심에 있도록 형성되는 것인 내부 영구 자석 머신.

#### 청구항 7

삭제

#### 청구항 8

제6항에 있어서, 상기 제1 적층판 그룹의 적층판과 상기 제3 적층판 그룹의 적층판에 형성된 샤프트 돌출부 컷은, 상기 제2 적층판 그룹의 적층판에 형성된 샤프트 돌출부 컷에 대해 대칭으로 형성되도록 중심으로부터 같은 각도만큼 오프셋되는 것인 내부 영구 자석 머신.

#### 청구항 9

제6항에 있어서, 상기 제1 적층판 그룹의 적층판과 상기 제3 적층판 그룹의 적층판에 형성된 샤프트 돌출부 컷은, 상기 제2 적층판 그룹의 적층판에 형성된 샤프트 돌출부 컷에 대해 비대칭으로 형성되도록 중심으로부터 상이한 각도만큼 오프셋되는 것인 내부 영구 자석 머신.

#### 청구항 10

제1항에 있어서, 인접한 적층판 그룹들의 적층판들에 형성된 샤프트 돌출부 컷들 간의 각도 오프셋은 스테이터 슬롯 피치의 절반 이하인 것인 내부 영구 자석 머신.

#### 청구항 11

제1항에 있어서, 상기 스테이터 어셈블리와 로터 어셈블리는 분산된 권선을 갖는 세그먼트형 스포크 전기 모터(segmented spoke electric motor)를 구성하는 것인 내부 영구 자석 머신.

#### 청구항 12

내부 영구 자석 머신을 조립하는 방법에 있어서,

복수의 스테이터 티스를 구비한 스테이터 코어와, 교류 전류에 의해 여자될 때에 스테이터 자기장을 생성하기 위하여 상기 스테이터 티스 상에 감긴 스테이터 권선을 포함하는 스테이터 어셈블리를 제공하는 단계와,

상기 스테이터 어셈블리에 의해 형성된 캐비티 내에서 회전 가능한 로터 어셈블리를 제공하는 단계

를 포함하고,

상기 로터 어셈블리를 제공하는 단계는,

복수의 돌출부를 포함하는 샤프트를 제공하는 단계로서, 상기 돌출부는 회전하는 샤프트의 축방향 길이를 따라 반경방향으로 연장되며 샤프트에 대해 원주방향으로 형성되는 것인 샤프트 제공 단계와,

복수의 적층판 스택이 샤프트의 둘레에 원주방향으로 위치 결정되도록 그리고 복수의 적층판 스택의 각이 샤프트의 축방향 길이를 따라 복수의 적층판 그룹으로 배열되도록, 상기 샤프트의 복수의 샤프트 돌출부 상에 복수의 적층판 스택을 배치하는 단계로서, 상기 복수의 적층판 그룹은 제1 적층판 그룹과, 제2 적층판 그룹과, 제3 적층판 그룹을 포함하고, 상기 제2 적층판 그룹은 상기 제1 적층판 그룹과 상기 제3 적층판 그룹 사이에 축방향으로 위치 결정되는 것인 배치 단계와,

상기 제1 적층판 그룹의 적층판에 형성된 샤프트 돌출부 컷이 제1 각도 방향으로 중심으로부터 오프셋되고, 상기 제3 적층판 그룹의 적층판에 형성된 샤프트 돌출부 컷이 상기 제1 각도 방향과 반대방향인 제2 각도 방향으로 중심으로부터 오프셋되도록, 상기 복수의 적층판 스택 내의 각각의 적층판에 샤프트 돌출부 컷을 형성하는 단계로서, 상기 샤프트 돌출부 컷은 개개의 샤프트 돌출부를 수용하도록 구성되는 것인 형성 단계와,

상기 복수의 적층판 스택에 의해 규정되는 개구부 내에 복수의 영구 자석을 고정시키는 단계로서, 상기 복수의 영구 자석은 토크를 형성하기 위해 스테이터 자기장과 상호 작용하는 자기장을 생성하는 것인 고정 단계를 포함하는 것인 내부 영구 자석 머신 조립 방법.

### 청구항 13

제12항에 있어서, 상기 샤프트를 제공하는 단계는, 상기 샤프트를 단일 일체형 샤프트로서 돌출시키는 단계를 포함하는 것인 내부 영구 자석 머신 조립 방법.

### 청구항 14

삭제

### 청구항 15

제12항에 있어서, 상기 샤프트 돌출부 컷을 형성하는 단계는, 적층판에 샤프트 돌출부 컷을 레이저 커팅하는 단계를 포함하는 것인 내부 영구 자석 머신 조립 방법.

### 청구항 16

제12항에 있어서, 상기 복수의 적층판 스택의 각각마다, 개개의 적층판 그룹 내의 적층판에 형성된 샤프트 돌출부 컷은 인접한 적층판 그룹 내의 적층판에 형성된 샤프트 돌출부 컷으로부터 각도 오프셋되는 것인 내부 영구 자석 머신 조립 방법.

### 청구항 17

제16항에 있어서, 인접한 적층판 그룹들의 샤프트 돌출부 컷들 간의 각도 오프셋은 스테이터 슬롯 피치의 절반인 것인 내부 영구 자석 머신 조립 방법.

### 청구항 18

내부 영구 자석 머신에 이용되는 로터 어셈블리에 있어서,

샤프트 본체와, 상기 샤프트 본체로부터 반경방향 외측으로 연장되는 복수의 돌출부를 구비하는 샤프트로서, 상기 복수의 돌출부는 샤프트의 축방향 길이를 따라 그리고 샤프트에 대해 원주방향으로 형성되는 것인 샤프트와,

방사형 돌출부 상에 배치된 복수의 적층판 스택으로서, 상기 복수의 적층판 스택의 각각은 샤프트를 따라 축방향으로 배열된 복수의 적층판 그룹을 포함하고, 상기 복수의 적층판 그룹의 각각은 복수의 적층판을 포함하는 것인 복수의 적층판 스택과,

상기 복수의 적층판 스택 사이에 배치된 복수의 영구 자석

을 포함하고,

복수의 적층판 그룹 각각의 적층판의 형상은 상이하며,

상기 복수의 적층판의 각각은 개개의 샤프트 돌출부를 수용하기 위해 내부에 형성된 샤프트 돌출부 컷을 포함하고, 상기 복수의 적층판 스택의 각각마다, 개개의 적층판 그룹 내의 적층판에 형성된 샤프트 돌출부 컷은 인접한 적층판 그룹 내의 적층판에 형성된 샤프트 돌출부 컷으로부터 각도 오프셋되는 것인 로터 어셈블리.

### 청구항 19

삭제

### 청구항 20

제18항에 있어서, 인접한 적층판 그룹들의 샤프트 돌출부 컷들 간의 각도 오프셋은 단일 스테이터 슬롯 시프트와 동등한 전기 각도만큼 순수 로터 시프트(net rotor shift)를 도입하는 것인 로터 어셈블리.

### 청구항 21

제18항에 있어서, 상기 샤프트는 복수의 돌출부가 샤프트 본체와 일체로 형성된 단일의 연속형 샤프트를 포함하는 것인 로터 어셈블리.

### 청구항 22

제18항에 있어서, 인접한 적층판 스택들의 개개 쌍 사이에 배치된 영구 자석은 다수의 자석 블록들을 포함하고, 각각의 영구 자석을 형성하는 자석 블록은 토크 리플을 감소시키기 위해, 상기 로터 어셈블리가 회전하는 동안 상이한 시각에 동일한 스테이터 코일을 통과하도록 서로 각도 오프셋되는 것인 로터 어셈블리.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] <정부의 라이선스 권리>

[0002] 본 발명은 미국 에너지부에서 수여하는 계약번호 DE-EE0005573하의 정부 지원으로 이루어졌다. 이에 정부는 본 발명에 소정의 권리를 갖는다.

[0003] <발명의 분야>

[0004] 본 발명의 실시형태는 개괄적으로 전기 머신에 관한 것이며, 보다 구체적으로는 단일 돌출형 로터 샤프트와 블록 자석을 여전히 사용하면서, 토그 리플을 감소시키기 위해 로터 적층판이 머신의 축방향 길이를 따라 시프트되는 스포크 로터 영구 자석 전기 머신에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0005] 내부 영구 자석(internal permanent magnet, IPM) 모터나 제너레이터 등의 IPM 머신은 비행기, 자동차 및 산업 이용을 비롯한 다양한 응용분야에서 광범위하게 이용되고 있으며, 현재 하이브리드 자동차 응용분야에 채용되는 바람직한 머신이다. 그러므로, 경량의 고효율 밀도의 IPM 머신에 대한 요건에 의해, 출력 대 경량비를 최대화하기 위해 고속 모터 및 제너레이터가 설계되고 있다. 그러므로, 고속의 머신 속도, 고효율 밀도, 크기 및 비용 경감을 제공하는 IPM 머신의 수요가 증가하는 것이 경향이다.

[0006] 종래의 IPM 머신에서는, 복수의 영구 자석이 로터의 복수의 적층판 내부에 매립되어 있다. 로터 내의 기계적 응력이 복수의 브릿지부와 중심 포스트부에 집중된다. 고속의 응용분야의 경우, 복수의 브릿지부 및 중심 포스트부의 두께는 로터 및 여러 기타 부품의 기계적 강도를 강화하기 위해서는 증가해야 한다. 두께가 증가하면 복수의 브릿지부와 중심 포스트부에 자속 누설이 더 많이 생기고, 그러한 누설이 머신 출력 밀도를 상당히 감소시키기 때문에 결과적으로 머신의 효율이 저하된다.

[0007] IPM 머신에 스포크 로터를 사용하면, 브릿지부와 중심 포스트부의 필요성을 없앴으로써 IPM 머신 내의 전자기 및 기계적 요건을 완화시킬 수 있다. 이에 머신 출력 밀도가 실질적으로 증가한다. 또한, 스포크 구성(spoke configuration)이 자속 집중 효과를 가지므로, 머신 출력 밀도가 한층 더 증가한다. 샤프트 상에 로터 적층판을 도브테일식으로 배치하면, 로터 외경의 속도를 높여, 머신 출력 밀도를 더욱 증가시킬 수 있다. 로터 어셈블리 및 연관된 여러 구성요소들이 최대의 출력 밀도 및 최소의 와전류 손실을 제공하도록 구성될 수 있다. 더욱이, 스포크 로터를 구비한 IPM 머신은 체적, 크기, 및 비용의 경감이란 면에서 효과적이다. 그렇기 때문에 스포크 로터 IPM 머신은 고효율 영구 자석 머신을 가능하게 한다.

[0008] 그러나, 권선이 분산된 스포크 전기 모터는 토크 리플(torque ripple)이 높다는 문제가 있다. 토크 리플은 과도 손실로 이어지고 드라이브트레인(drivetrain)에서의 기계적 문제뿐만 아니라 머신의 제어 복잡성을 증가시키기 때문에 전기 모터에서 바람직하지 않은 것이다. 권선이 분산된 스테이터를 구비한 모터는 대개 높은 토크 리플에 직면하고, 더욱이 권선이 분산된 스테이터와 함께 스포크 로터를 사용하면 추가 고조파가 더해져, 토크 리플이 더욱 증가한다.

[0009] 토크 리플을 감소시키기 위한 표준적 접근방식은 슬롯 피치만큼 스테이터의 시프팅을 포함하는데, 표준 기법은 슬롯의 절반만큼 스테이터 시프팅을 도입한다. 유감스럽게도, 축을 따라 스테이터를 시프팅하거나 스테핑하면 슬롯 내의 절연 재료에 응력이 가해져 머신에서 토크량(torque content)이 저감될 수 있다. 또한, 스테이터 시프팅은 모터의 강고성 및 신뢰성에 영향을 미치는 슬롯 절연에 간섭할 수 있는 선예한 엿지를 생성한다.

[0010] 토크 리플을 감소시키는 다른 방법을 절연에 따른 문제를 없애는 로터 시프팅으로서 알려져 있지만, 로터 시프팅은 로터의 구조를 복잡하게 하여, 시프팅된 로터 적층판에 자석을 수동 삽입해야 할뿐만 아니라 보다 복잡한 샤프트를 초래하기 때문에 곤란하다. 로터 구조에 돌출형 샤프트를 사용하면 제조 복잡성을 줄일 수 있지만, 여

전히 상이한 축방향 위치에서의 자석의 수동 삽입 또는 상이한 축방향 길이에 대한 돌기를 필요로 할 수 있다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0011] 따라서, 기존의 스테이터 시프팅 및 로터 시프팅 기법 및 구조에 연관된 우려를 없애면서 토크 리플을 감소시킬 수 있는 구조를 갖는 스포크 영구 자석 머신을 제공하는 것이 바람직하다.

### 과제의 해결 수단

[0012] 본 발명의 일 양태에 따르면, 내부 영구 자석 머신은 복수의 스테이터 티스(teeth)와, 교류 전류에 의해 여자될 때에 스테이터 자기장을 생성하기 위하여, 그 복수의 스테이터 티스에 대해 감긴 스테이터 권선을 포함하는 스테이터 코어를 포함하는 스테이터 어셈블리를 포함한다. 내부 영구 자석 머신은 또한, 스테이터 어셈블리에 의해 규정되는 캐비티 내에 배치되며 상기 스테이터 어셈블리에 대해 회전하도록 구성된 로터 어셈블리를 포함하고, 로터 어셈블리는, 샤프트 본체로부터 반경방향 외측으로 연장되고 샤프트 본체에 대해 원주방향으로 그리고 샤프트 본체의 축방향 길이를 따라 형성되는 복수의 돌출부를 포함하는 샤프트와, 상기 복수의 돌출부를 내부에 수용하기 위해 샤프트에 대해 원주방향으로 배열된 복수의 적층판 스택으로서, 그 각각은 샤프트의 길이를 따라 축 방향으로 배열된 복수의 적층판 그룹을 포함하고, 복수의 적층판 그룹의 각각은 복수의 적층판을 포함하는 것인 복수의 적층판 스택과, 토크를 형성하기 위해 스테이터 자기장과 상호 작용하는 자기장을 생성하도록 구성된 복수의 영구 자석을 포함하고, 각각의 영구 자석은 인접한 적층판 스택들의 개개의 쌍 사이에 배치된다. 복수의 적층판 각각은 개개의 샤프트 돌출부를 수용하기 위해 내부에 형성된 샤프트 돌출부 컷을 포함하고, 복수의 적층판 스택의 각각마다, 개개의 적층판 그룹 내의 적층판에 형성된 샤프트 돌출부 컷은 인접한 적층판 그룹 내의 적층판에 형성된 샤프트 돌출부 컷으로부터 각도 오프셋된다.

[0013] 본 발명의 다른 양태에 따르면, 내부 영구 자석 머신을 조립하는 방법은 복수의 스테이터 티스(teeth)와, 교류 전류에 의해 여자될 때에 스테이터 자기장을 생성하기 위하여, 그 스테이터 티스 상에 감긴 스테이터 권선을 구비하는 스테이터 코어를 포함하는 스테이터 어셈블리를 제공하는 단계와, 상기 스테이터 어셈블리에 의해 형성된 캐비티 내에서 회전 가능한 로터 어셈블리를 제공하는 단계를 포함한다. 로터 어셈블리를 제공하는 단계는, 회전하는 샤프트의 축방향 길이를 따라 반경방향으로 연장되며 샤프트에 대해 원주방향으로 형성되는 복수의 돌출부를 포함하는 샤프트를 제공하는 단계와, 복수의 적층판 스택이 샤프트 둘레에 원주방향으로 위치 결정되도록 그리고 복수의 적층판 스택의 각각이 샤프트의 축방향 길이를 따라 복수의 적층판 그룹으로 배열되도록 샤프트의 복수의 샤프트 돌출부 상에 복수의 적층판 스택을 배치하는 단계를 포함하며, 복수의 적층판 스택은, 각각의 적층판 스택 내의 인접한 적층판 그룹들이 서로에 대해 각도 오프셋을 갖도록 샤프트 상에 위치 결정되는 식으로 샤프트의 복수의 샤프트 돌출부 상에 배치된다. 로터 어셈블리를 제공하는 단계는, 복수의 적층판 스택에 의해 규정되는 개구부 내에 복수의 영구 자석을 고정시키는 단계를 더 포함하고, 복수의 영구 자석은 토크를 형성하기 위해 스테이터 자기장과 상호 작용하는 자기장을 생성한다.

[0014] 본 발명의 또 다른 양태에 따르면, 내부 영구 자석 머신에 이용되는 로터 어셈블리는 샤프트 본체와, 샤프트 본체로부터 반경방향 외측으로 연장되는 복수의 돌출부를 구비하는 샤프트를 포함하는데, 복수의 돌출부는 샤프트의 축방향 길이를 따라 그리고 샤프트에 대해 원주방향으로 형성된다. 또한, 로터 어셈블리는 방사형 돌출부 상에 배치된 복수의 적층판 스택을 포함하는데, 복수의 적층판 스택의 각각은 샤프트를 따라 축방향으로 배열된 복수의 적층판 그룹을 포함하고, 복수의 적층판 그룹의 각각은 복수의 적층판과, 복수의 적층판 스택들 사이에 배치된 복수의 영구 자석을 포함한다. 적층판 스택 내의 복수의 적층판 그룹 각각의 적층판의 형상은 적층판 스택 내의 복수의 적층판 그룹 중 다른 그룹의 적층판의 형상과는 상이하다.

[0015] 기타 다른 특징 및 효과는 이하의 상세한 설명 및 도면으로부터 분명해질 것이다.

### 도면의 간단한 설명

[0016] 도면들은 본 발명을 수행하기 위해 현시점에서 구상된 바람직한 실시형태들을 도시한다.

도면에 있어서,

도 1a와 도 1b는 본 발명의 예시적인 실시형태에 따른, 스테이터 어셈블리와 로터 어셈블리를 포함하는 내부 영구 자석(IPM) 머신의 단면도이고,



도 2는 본 발명의 예시적인 실시형태에 따른 도 1a의 IPM 머신의 부분 단면도이며,

도 3은 본 발명의 예시적인 실시형태에 따른, 도 1a의 IPM 머신의 투시도이고,

도 4와 도 5는 본 발명의 예시적인 실시형태에 따라 도 3의 IPM 머신에 이용되는, 제1 방향으로 중심으로부터 각도 오프셋되는 샤프트 돌출부 컷이 내부에 형성된 로터 적층판의 도면이며,

도 6과 도 7는 본 발명의 예시적인 실시형태에 따라 도 3의 IPM 머신에 이용되는, 중심의 샤프트 돌출부 컷이 내부에 형성된 로터 적층판의 도면이고,

도 8과 도 9는 본 발명의 예시적인 실시형태에 따라 도 3의 IPM 머신에 이용되는, 제2 방향으로 중심으로부터 각도 오프셋되는 샤프트 돌출부 컷이 내부에 형성된 로터 적층판의 도면이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0017] 본 발명의 실시형태는 IPM 머신, 구체적으로 권선이 분산되어 있는 세그먼트형 스포크 로터(segmented spoke rotor) 전기 머신에서 토크 리플을 감소시키는 것을 지향하며, 머신 제조 복잡성을 증가시키는 일 없이 상기 토크 리플 감소를 달성한다. 토크 리플의 감소는 머신의 축방향 길이를 따라 로터 적층판과 그 적층판들 사이의 자석을 시프팅함으로써 일어난다. 일 실시형태에 있어서, 스테이터 시프팅이 스테이터 절연 및 권선 삽입에 미치는 부정적인 영향을 막으면서 시프팅이 전부 로터측에서 이루어질 수 있다.
- [0018] IPM 머신은 복수의 영구 자석과의 체결을 위해 도브테일 구성으로 성형되는 것이 바람직한 적층판 스택을 포함하는데, 이 적층판은 로터 어셈블리에서 샤프트 둘레에 원주방향으로 복수의 돌출부 상에 탑재된다. 본 명세서에 사용하는 용어 '도브테일(dovetail)'은 로터 적층판과 샤프트 사이의 타이트한 맞물림 결합을 형성하는 팬(fan) 형상의 특징을 의미한다. 적층판 스택은 또한 상이한 시점에서 스테이터 권선을 통과하기 위해 인접한 그룹들로부터 각도 오프셋될 수 있는 그룹으로 구성된다.
- [0019] 도 1a는 로터 어셈블리(12)와 스테이터 어셈블리(14)를 포함하는 내부 영구 자석(IPM) 머신(10)의 단면도를 나타내고 있다. 도 1a에 도시하는 바와 같이, IPM 머신(10)은 세그먼트형 스포크 로터 영구 자석 머신으로서 구성된다. 로터 어셈블리(12)는 로터 샤프트(18) 상에 배치된 로터 코어(16)를 포함하는데, 로터 코어(16)는 IPM 머신(10)의 장축(20)에 대해 회전하도록 구성되어 있다. 샤프트(18)는 샤프트 본체(24) 상에 형성된 복수의 돌출부(22)를 구비하도록 구조되어 있으며, 이 돌출부(22)는 샤프트 본체(24)에 대해 원주방향으로 그리고 샤프트 본체(24)의 축방향 길이를 따라 형성되어 있다. 도시하는 실시형태에 있어서, 샤프트(18)는 또한 복수의 돌출부(22)에 대해 다른 식으로 배열된 복수의 바닥 특징부(26)를 포함한다.
- [0020] 도 1a에 도시하는 바와 같이, 로터 코어(16)는 복수의 개별 돌출형 로터 폴(28)로부터 형성된 세그먼트형 로터로서 구조되어 있다. 각각의 로터 폴(28)은 개개 돌출부(22) 상에 배치되어 있는 적층판(30)의 스택으로 형성된다. 로터 폴(28)을 형성하는 적층판(30)의 스택은 인접한 로터 폴들(28) 사이에 양폴 간의 갭(32)(즉, 도브테일식 리세스)이 형성되도록 샤프트(18) 둘레에 원주방향으로 배열되어 있다(즉, 도브테일식으로 배치되어 있다). 영구 자석(34)이 로터 코어(16) 내의 인접한 적층판(30) 스택들 사이에 배치되는데, 이 영구 자석(34)은 로터 어셈블리(12)와 스테이터 어셈블리(14) 사이의 에어 갭에서 반경방향으로 지향되는 자기장을 생성한다. 영구 자석(34)에 의해 생성된 자기장은 스테이터 자기장과 더욱 상호작용하여 토크를 형성한다. 영구 자석(34)이 배치(arrangement)를 제공하는데, 이것이 특히 고속 응용분야에 매우 적합한 도브테일 스포크 구성이다. 도브테일 스포크 구성은 우수한 자속 집중 효과를 고려한 것이므로 머신 출력 밀도를 향상시킨다. 일 실시형태에서는, 영구 자석(34)이 네오디뮴-붕소-철로 이루어질 수 있다. 다른 실시형태에서는, 영구 자석(34)이 사마륨-코발트, 또는 페라이트, 또는 알니코(Alnico), 또는 이들 자석의 임의의 조합으로 이루어질 수 있다.
- [0021] 일 실시형태에 따르면, 로터 어셈블리(12)는 또한 샤프트(18)의 바닥 구조체(26)에 배치된 복수의 하측 췌기부(36)를 포함한다. 복수의 하측 췌기부(36)는 로터 어셈블리에서 복수의 적층판(30) 스택과 복수의 영구 자석(34)을 유지하도록 구성되며 또한 고속 회전 시에 퍼지는 것을 막는다. 일 실시형태에 있어서, 하측 췌기부(36)는 로터 와전류 손실이 낮은 경우에 금속 돌출부뿐만 아니라 로터 코어(16)에서의 와전류 손실을 감소시키는 비금속 췌기부이다. 특정 실시형태에 있어서, 또한 로터 어셈블리(12)에는, 고속의 로터 코어(16)에서 발생하는 원심력으로 인해 영구 자석(34)이 퍼지는 것을 막기 위해 로터 어셈블리(12)의 외주를 덮는 복수의 상측 췌기부(38)가 형성된다.
- [0022] 여기에 설명하는 바와 같이, 적층판(30) 스택과 영구 자석(34)의 도브테일 스포크 구성은 우수한 자속 집중 효과를 고려한 것이며, 이에 IPM 머신(10)의 머신 출력 밀도를 향상시킬 수 있다. 하측 췌기부(36)는 비금속인 것



이 바람직하여 자속 흐름이 이 켄기부를 통과하지 못하게 함으로써 자속 누설을 막을 수 있다. 마찬가지로, 상측 켄기부(38)도 비금속인 것이 바람직하여 자속 흐름이 이 켄기부를 통과하지 못하게 함으로써 자속 누설을 피할 수 있다. 일 실시형태에 있어서, 복수의 상측 켄기부(38)와 복수의 하측 켄기부(36)는 복수의 영구 자석(34)의 측방향으로 대향하는 단부들 상에 형성된다. 비금속의 상측 켄기부(38)와 하측 켄기부(36)가 자속 흐름을 방해하는 역할을 함으로써, 자속이 영구 자석(34)으로부터 탈출하여 실질적으로 누설 없이 스테이터 권선과 결합하는 것을 확실하게 한다.

[0023] 도 1a에 도시하는 로터 어셈블리(12)의 실시형태에서는 샤프트(18)의 하측 구조체(26) 상에 하측 켄기부(36)를 포함하고 있지만, 일부 경우, 예컨대 와전류 손실이 낮은 경우에는 도 1b에 도시하는 로터 어셈블리의 실시형태에서와 같이, 이들 하측 켄기부(36) 대신에 샤프트(18)가 채워질 수 있다. 즉, 일부 경우에는, 개별 켄기부(36)가 요구될지 않을 수도 있고 생략될 수도 있으며, 샤프트(18)는 고속의 회전 시에 파지는 것을 막기 위해 로터 어셈블리 내에 복수의 적층판(30) 스택과 복수의 영구 자석(34)을 유지하도록 구조될 수 있다(즉, 돌출될 수 있다).

[0024] 도 1a와 도 1b를 참조하면, IPM 머신(10)의 스테이터 어셈블리(14)와 관련하여, IPM 머신(10)의 스테이터 어셈블리(14)는 스테이터 코어(40)를 포함하며, 이 스테이터 코어는 중심에 캐비티(46)를 형성하도록 원주방향으로 배열된 복수의 스테이터 티스(44)를 구비한다. 스테이터 어셈블리(14)는 자기장을 생성하고 장축(20)을 따라 캐비티(46)를 규정하는 내면과 함께 연장된다. 전술한 바와 같이, 로터 어셈블리(12)는 스테이터 코어(40)에 의해 규정되는 캐비티(46) 내에 배치된다. 스테이터 어셈블리(14)는 티스(44) 상에 감기는 분산형 권선(50)을 내부에 수용하기 위한 스테이터 슬롯(48)을 포함한다. 권선(50)은 예컨대 구리 코일로서 형성될 수 있고, AC 전류에 의해 여자될 때에 에어갭 내에 거의 사인곡선의 회전장을 생성하도록 기능할 수 있다. 스테이터 어셈블리(14)는 또한 철로 된 스테이터 후판(52)을 포함한다.

[0025] 이제 도 2를 참조하면, 예시적인 로터 어셈블리(12)의 부분 단면도로서, 단일 돌출형 로터 폴(28)의 일반적인 구조를 상세하게 도시하고 있다. 로터 폴(28)은 샤프트(18)의 돌출부(22) 상에 배치된 적층판(30) 스택으로 형성된다. 여기에 설명하는 바와 같이, 각각의 로터 적층판(30)은, 로터 코어를 형성하는 복수의 로터 폴(28)이 샤프트(18) 둘레에 원주방향으로 도브테일식으로 배치되도록 도브테일 구성을 갖는다. 인접하는 적층판(30) 스택들 사이의 양 폴 간의 갭(즉, 도브테일식 리세스)(32)이 영구 자석(34)을 수용함으로써, 영구 자석(34)이 회전으로 인한 원심력(54)에 대해 인접한 스택들 사이에 반경방향으로 유지되는 것을 가능하게 한다. 또한, 특정 실시형태에 있어서, 로터 어셈블리(12)에는, 영구 자석(34)을 확실하게 억제하기 위해 로터 어셈블리(12)의 외주를 덮는 복수의 상측 켄기부(38)가 형성된다. 또한, 각 적층판에는, 상측 켄기부(38)를 부분적으로 덮는 립(lip)형 특징부(56)가 마련된다. 이것 역시 영구 자석(34)이 로터 어셈블리(12)의 도브테일식 리세스(32) 내에 확실하게 유지되게 한다.

[0026] 일 실시형태에 따르면, 로터 어셈블리(12)에는, 샤프트(18)의 복수의 하측 구조체(26) 상에 배치된 복수의 하측 켄기부(36)가 형성된다. 바람직한 실시형태에 있어서, 하측 켄기부(36)는 비금속이며 자속 누설을 막음으로써 와전류 손실을 더욱 줄일 수 있다. 또 다른 실시형태에 있어서, 하측 켄기부(36)와 하측 구조체(26)는, 하측 켄기부(36)의 일부가 복수의 영구 자석(34) 밑에서 적층판(30) 스택들 사이에 있는 도브테일식 리세스(32) 안에 위치하도록 구성되어 있다. 이것은 적층판(30)과 리세스(22) 내의 "도브테일" 특징부의 경사면에 작용하는 원심력의 결과로 복수의 적층판(30) 스택이 파지는 것을 막는다. 그런데, 하측 금속 켄기부(36) 대신에, 샤프트(18)가 채워질 수도 있는데(도 1b 참조), 이 경우 샤프트(18)는 고속의 회전 시에 파지는 것을 막기 위해 로터 어셈블리에서 복수의 적층판 스택(30)과 복수의 영구 자석(34)을 유지하도록 구조될 수 있다(즉, 돌출될 수 있다).

[0027] 도 2에 도시하는 로터 폴(28)에 대하여, 개개의 샤프트 돌출부(22)를 수용하도록 구성된 샤프트 돌출부 컷(58)이 로터 적층판에 형성 - 적층판에 레이저 컷 등으로 - 되는 것을 확인할 수 있다. 본 발명의 예시적인 실시형태에 따르면, 적층판(30)에 형성되는 샤프트 돌출부 컷(58)의 위치는 개개의 로터 폴(28)을 형성하는 적층판들 사이에서 달라질 수 있다. 즉, 특정 로터 폴(28)을 형성하는 적층판(30)의 스택에 있어서, 샤프트 돌출부 컷(58)의 장소/위치는, 그 컷이 적층판 스택 내의 상이한 적층판들(30)에 대해 상이한 각도 장소에 위치하도록 달라질 수 있다. 그렇기 때문에, 도 2에는 샤프트 돌출부 컷(58)이 적층판(30) 상의 중심에 있는 것으로 도시되지만, 적층판 스택 로터 폴(28) 내의 다른 적층판(30)은 중심과 각도 오프셋된 샤프트 돌출부 컷(58)을 포함할 것이다. 로터 폴(28)을 형성하는 로터 적층판(30)에서의 그러한 샤프트 돌출부 컷(58)의 각도 변화는 IPM 머신(10)에서 토크 리플을 감소시키는 로터 어셈블리(12)의 순수 로터 시프트(net rotor shift)를 도입하는 역할을 한다. 로터 적층판(30)에서의 샤프트 돌출부 컷(58)의 각도 변화는 이하에 추가 설명하겠지만, 영구 자석(34)을

형성하는데 이용될 수 있는 "자석 블록"과 로터 어셈블리(12) 내의 단일 돌출형 로터 샤프트(18)의 이용을 여전히 가능하게 하면서 토크 리플을 감소시킨다.

[0028] 이제 도 3을 참조하면, 각도가 변하는 샤프트 돌출부 컷(58)이 내부에 형성된 로터 적층판(30)을 이용하여 로터 시프트가 도입되는 IPM 머신(10)의 투시도가 제공된다. 도 3에서 확인할 수 있는 바와 같이, 로터 어셈블리(12)는 집합적으로 세그먼트형 로터 코어(16)를 형성하는 로터 적층판(30)의 복수의 스택(60)을 포함하는데, 적층판(30)의 각 스택(60)이 세그먼트형 로터 코어의 개개의 돌출형 로터 폴(28)을 형성한다. 도 3에서 또 확인할 수 있는 바와 같이, 적층판(30)의 각 스택(60)은 로터 샤프트(18)를 따라 축방향으로 배열되는 다수의 적층판 그룹(62, 64, 66)으로 나누어지는데, 각각의 적층판 그룹은 복수의 적층판(30)으로 형성되는 것이다. 본 발명의 예시적인 실시형태에 따르면, 개개의 로터 폴(28)을 형성하는 적층판(30)의 각 스택(60)은 제1 적층판 그룹(62), 제2 적층판(64), 및 제3 적층판 그룹(66)을 포함하지만, 더 많은 수의 적층판 그룹이 각 로터 폴(28)마다 규정될 수 있다고 알려져 있다. 로터 어셈블리(12)의 구조는, 로터 어셈블리(12)의 특정 축방향 위치에 대해, 그 특정 축방향 위치에 있는 로터 적층판(30)을 전체적으로 로터 적층판의 "세트"(70)로 칭할 수 있다는 것을 또한 특징으로 할 수 있다. 이에, 예를 들어, 로터 어셈블리(12)의 전단부에 있어서 도 3에서 볼 수 있는 전방 로터 적층판(30)이 전체적으로 적층판(30)의 세트(70)로 칭해진다.

[0029] 본 발명의 실시형태에 따르면, 이후에 더욱 상세하게 설명하겠지만, 개개의 적층판 그룹(62, 64, 66) 내의 적층판(30)에 형성된 샤프트 돌출부 컷(58)은 인접한 적층판 그룹(62, 64, 66) 내의 적층판(30)에 형성된 샤프트 돌출부 컷(58)으로부터 각도 오프셋된다. 개개의 적층판 그룹(62, 64, 66) 내의 적층판(30)에 형성된 샤프트 돌출부 컷(58)이 다른 적층판 그룹(62, 64, 66) 내의 적층판(30)에 형성된 샤프트 돌출부 컷(58)으로부터 각도 오프셋되기 때문에, 각 적층판 그룹(62, 64, 66)의 각도 위치는 단일 돌출형 로터 샤프트(18)를 이용하기 위해 다른 그룹에 대해 시프트된다. 즉, 적층판 스택(60) 내의 적층판 그룹(62, 64, 66)을 각도 시프팅함으로써, 로터 샤프트(18)는 개개의 적층판 스택(60)의 적층판 그룹(62, 64, 66)(즉, 로터 폴(28))에 형성된 각도 오프셋된 샤프트 돌출부 컷(58)을 통과하게 된다. 또한, 특정 축방향 위치에 있는 로터 적층판의 세트(70)에 대하여, 그 세트(70)에 있는 각각의 로터 적층판(30)은 적층판 내부의 동일 위치에 형성된 샤프트 돌출부 컷(58)을 포함할 것으로 알려져 있다.

[0030] 또한, 도 3에 도시하는 바와 같이, 로터 폴(28)의 각각의 인접한 쌍 사이에 삽입된 영구 자석(34)은 사실상 다수의 자석 블록(72)들로 형성되는데, 자석 블록(72)은 적층판 그룹(62, 64, 66)의 각각에 대응한다[즉, 각 영구 자석(34)마다, 개별 자석 블록(72)이 각 적층판 그룹(62, 64, 66)과 연관된다]. 로터 폴(28)의 다른 그룹(62, 64, 66)에 대해 로터 폴(28)에 있어서 적층판 스택(60)의 각 적층판 그룹(62, 64, 66)의 각도 시프팅에 후속하여, IPM 머신(10)의 동작 시에, 로터 어셈블리(12)가 회전하는 동안에, 특정 영구 자석(34)의 자석 블록(72)이 상이한 시각에 같은 스테이터 권선(50)을 통과하도록, 영구 자석(34)의 각각의 자석 블록(72)이 다른 자석 블록(72)에 대해 시프팅됨으로써, IPM 머신(10)에서 토크 리플을 감소시킬 수 있다. 도 3에서 확인할 수 있는 바와 같이, 각 영구 자석(34)의 자석 블록(72)은 로터 어셈블리(12)에의 블록(72)의 삽입 공정을 단순화하기 위하여, 균일한 사이즈 및 형상을 갖는다.

[0031] 이제 도 4 내지 도 9를 참조하고, 계속해서 도 3을 참조하면, 본 발명의 실시형태에 따라 적층판 그룹(62, 64, 66)에 포함되는 로터 적층판(30)의 다양한 구조/형상이 도시되고 있다. 적층판(30)은 전체적으로 "표준" 적층판 구성 또는 "비표준" 적층판 구성을 갖는 것으로서 기술하고 있는데, 표준 적층판은 적층판(30) 상의 중심에 샤프트 돌출부 컷(58)을 갖고, 비표준 적층판은 샤프트 돌출부 컷(58)이 적층판(30) 상의 중심에서 오프셋되어 있다.

[0032] 먼저 도 4와 도 5를 참조하면, 제1 비표준 적층판 구성을 갖는 로터 적층판(74)은 그 적층판(74)에 형성된 샤프트 돌출부 컷(58)이 제1 각도 방향(78)으로 중심[즉, 중심선(76)]으로부터 오프셋되어 있다. 본 발명의 실시형태에 따르면, 로터 적층판(74)은 복수의 적층판 스택(60) 각각에 제1 적층판 그룹(62)을 형성하는데 이용된다. 이 경우에, 축방향 위치가 제1 적층판 그룹(62)의 축방향 길이 내에 포함되는 로터 세트(70) 내의 각각의 로터 적층판(74)(즉, 제1 그룹에 포함되는 특정 축방향 위치에서 샤프트에 대해 원주방향으로 배열된 모든 적층판)은 제1 비표준 적층판 구성(74)을 가질 것이다. 도 4와 도 5에 도시하는 바와 같이, 샤프트 돌출부 컷(58)은 적층판(74)의 제조 시에 선택된 각도 - 도면부호 80으로 표시 - 만큼 중심으로부터 오프셋되도록 형성된다. 샤프트 돌출부 컷(58)이 중심에서 벗어나 위치 결정되는 각도(80)는 슬롯 피치의 대략 절반의 최대 값 - 이 값은 폴쌍의 수가 곱해진 2개 슬롯 사이의 각도로서 정의됨 - 을 갖는다. 중심(76)으로부터의 샤프트 돌출부 컷(58)의 각도 오프셋(80)이 이 최대 값 미만일 수 있다고 알려져 있다.

- [0033] 이제 도 6과 도 7을 참조하면, 표준 적층판 구성을 갖는 로터 적층판(82)은 적층판에 형성된 샤프트 돌출부 컷(58)이 적층판 상의 중심에 있는 - 즉, 중심선(76)에 대해 중심에 있는 - 것으로 도시되어 있다. 본 발명의 실시형태에 따르면, 로터 적층판(82)은 복수의 적층판 스택(60)의 각각에 제2 적층판 그룹(64)을 형성하는데 이용된다. 이 경우에, 축방향 위치가 제2 적층판 그룹(64)의 축방향 길이 내에 포함되는 로터 세트(70) 내의 각각의 로터 적층판(82)은 표준 적층판 구성을 가질 것이다.
- [0034] 이제 도 8과 도 9를 참조하면, 제2 비표준 적층판 구성을 갖는 로터 적층판(84)은 그 적층판(84)에 형성된 샤프트 돌출부 컷(58)이 제1 각도 방향(78)과 반대방향인 제2 각도 방향(86)으로 중심[즉, 중심선(76)]으로부터 오프셋되어 있다(도 4). 본 발명의 실시형태에 따르면, 로터 적층판(84)은 복수의 적층판 스택(60) 각각에 제3 적층판 그룹(66)을 형성하는데 이용된다. 이 경우에, 축방향 위치가 제3 적층판 그룹(66)의 축방향 길이 내에 포함되는 로터 세트(70) 내의 각각의 로터 적층판(82)은 제2 표준 적층판 구성을 가질 것이다. 도 8과 도 9에 도시하는 바와 같이, 샤프트 돌출부 컷(58)은 적층판의 제조 시에 선택된 각도 - 도면부호 88로 표시 - 만큼 중심으로부터 오프셋되도록 형성된다. 샤프트 돌출부 컷(58)이 중심에서 벗어나 위치 결정되는 각도(88)는 슬롯 피치의 대략 절반의 최대 값 - 이 값은 폴쌍의 수가 곱해진 2개 슬롯 사이의 각도로서 정의됨 - 을 갖는다. 중심으로부터의 샤프트 돌출부 컷(58)의 각도 오프셋(88)이 이 최대 값 미만일 수 있다고 알려져 있다.
- [0035] 본 발명의 실시형태에 따르면, 제1 적층판 그룹(62)의 적층판(74) 및 제3 적층판 그룹(66)의 적층판(84)에 형성된 샤프트 돌출부 컷(58)은 제2 적층판 그룹(64)의 적층판(82)에 형성된 샤프트 돌출부 컷(58)에 대해 대칭으로 형성되도록 같은 각도[즉, 각도(80)와 각도(88)는 같다]만큼 중심(76)으로부터 오프셋될 수 있다. 이와 달리, 본 발명의 다른 실시형태에 따르면, 제1 적층판 그룹(62)의 적층판(74) 및 제3 적층판 그룹(66)의 적층판(84)에 형성된 샤프트 돌출부 컷(58)은 제2 적층판 그룹(64)의 적층판(82)에 형성된 샤프트 돌출부 컷(58)에 대해 비대칭으로 형성되도록 상이한 각도[즉, 각도(80)와 각도(88)는 같지 않다]만큼 중심(76)으로부터 오프셋될 수 있다. IPM 머신(10)의 설계 고려사항이, 적층판(74, 84)의 샤프트 돌출부 컷(58)이 적층판(82)의 샤프트 돌출부 컷(58)에 대해 대칭으로 또는 비대칭으로 형성되는지를 나타낼 수 있다.
- [0036] 그렇기 때문에, 본 발명의 실시형태는 토크 리플을 감소시킨 세크먼트형 스포크 로터 IPM 전기 머신(10)을 효과적으로 제공한다. 내부에 샤프트 돌출부 컷(58)이 다른 각도/장소에 형성된 로터 적층판(74, 82, 84)을 혼입함으로써, 단일 스테이터 슬롯 시프트와 동등한 전기 각도만큼 IPM 머신(10)에 순수 로터 시프트를 도입할 수 있다. 로터 적층판(74, 82, 84)을 혼입하면, 이 감소된 토크 리플을 제공하면서, 돌출형 스포크 로터 샤프트, 간단한 스테이터 구조(스테이터 시프팅 없음), 및 균일한 사이즈형의 영구 자석 블록(상이한 자석 블록이 아님)을 이용할 수 있다는 장점을 유지하여, 로터 어셈블리의 제조 복잡성을 삭감시킬 수 있다. 또한, IPM 머신(10)의 제조는, 토크 리플을 감소시키기 위한 다른 기술은 추가 제조 복잡성을 갖는 반면, 적층판을 필요한 형상으로 커팅하는 것이 기계화 공정이기 때문에, 더욱 간단해진다.
- [0037] 따라서, 본 발명의 일 실시형태에 따르면, 내부 영구 자석 머신은 복수의 스테이터 티스(teeth)와, 교류 전류에 의해 여자될 때에 스테이터 자기장을 생성하기 위하여, 그 복수의 스테이터 티스에 대해 감긴 스테이터 권선을 포함하는 스테이터 코어를 포함하는 스테이터 어셈블리를 포함한다. 내부 영구 자석 머신은 또한, 스테이터 어셈블리에 의해 규정되는 캐비티 내에 배치되며 상기 스테이터 어셈블리에 대해 회전하도록 구성된 로터 어셈블리를 포함하고, 로터 어셈블리는, 샤프트 본체로부터 반경방향 외측으로 연장되고 샤프트 본체에 대해 원주방향으로 그리고 샤프트 본체의 축방향 길이를 따라 형성되는 복수의 돌출부를 포함하는 샤프트와, 상기 복수의 돌출부를 내부에 수용하기 위해 샤프트에 대해 원주방향으로 배열된 복수의 적층판 스택으로서, 그 각각은 샤프트의 길이를 따라 축 방향으로 배열된 복수의 적층판 그룹을 포함하고, 복수의 적층판 그룹의 각각은 복수의 적층판을 포함하는 것인 복수의 적층판 스택과, 토크를 형성하기 위해 스테이터 자기장과 상호 작용하는 자기장을 생성하도록 구성된 복수의 영구 자석을 포함하고, 각각의 영구 자석은 인접한 적층판 스택들의 개개의 쌍 사이에 배치된다. 복수의 적층판 각각은 개개의 샤프트 돌출부를 수용하기 위해 내부에 형성된 샤프트 돌출부 컷을 포함하고, 복수의 적층판 스택의 각각마다, 개개의 적층판 그룹의 적층판에 형성된 샤프트 돌출부 컷은 인접한 적층판 그룹 내의 적층판에 형성된 샤프트 돌출부 컷으로부터 각도 오프셋된다.
- [0038] 본 발명의 다른 실시형태에 따르면, 내부 영구 자석 머신을 조립하는 방법은 복수의 스테이터 티스(teeth)와, 교류 전류에 의해 여자될 때에 스테이터 자기장을 생성하기 위하여, 그 스테이터 티스 상에 감긴 스테이터 권선을 구비하는 스테이터 코어를 포함하는 스테이터 어셈블리를 제공하는 단계와, 상기 스테이터 어셈블리에 의해 형성된 캐비티 내에서 회전 가능한 로터 어셈블리를 제공하는 단계를 포함한다. 로터 어셈블리를 제공하는 단계는, 회전하는 샤프트의 축방향 길이를 따라 반경방향으로 연장되며 샤프트에 대해 원주방향으로 형성되는 복수의 돌출부를 포함하는 샤프트를 제공하는 단계와, 복수의 적층판 스택이 샤프트 둘레에 원주방향으로 위치 결정

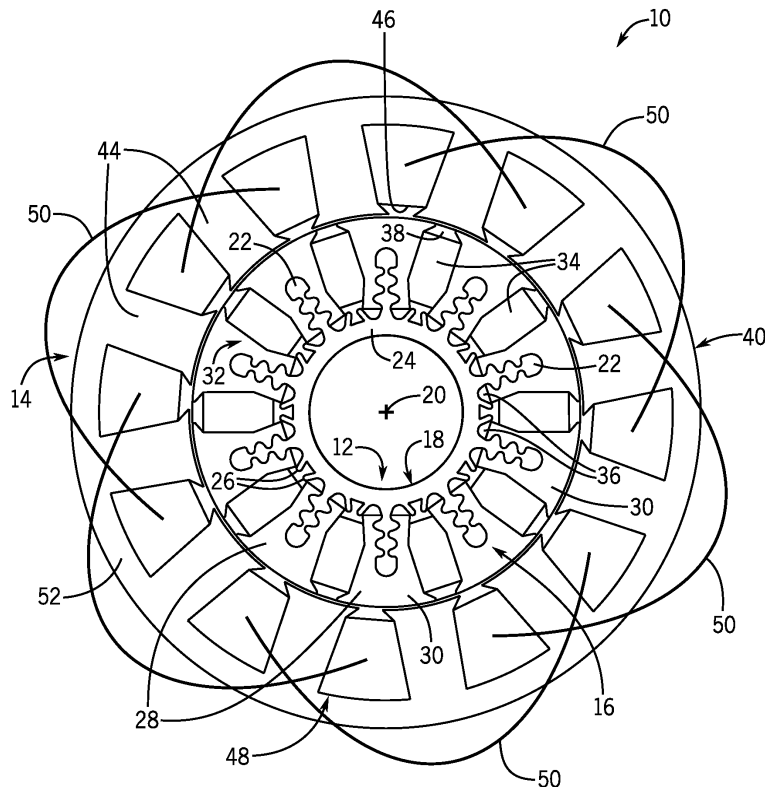
되도록 그리고 복수의 적층판 스택의 각각이 샤프트의 축방향 길이를 따라 복수의 적층판 그룹으로 배열되도록 샤프트의 복수의 샤프트 돌출부 상에 복수의 적층판 스택을 배치하는 단계를 더 포함하며, 복수의 적층판 스택은, 각각의 적층판 스택 내의 인접한 적층판 그룹들이 서로에 대해 각도 오프셋을 갖도록 샤프트 상에 위치 결정되는 식으로 복수의 샤프트 돌출부 상에 배치된다. 로터 어셈블리를 제공하는 단계는, 복수의 적층판 스택에 의해 규정되는 개구부 내에 복수의 영구 자석을 고정시키는 단계를 더 포함하고, 복수의 영구 자석은 토크를 형성하기 위해 스테이터 자기장과 상호 작용하는 자기장을 생성한다.

[0039] 본 발명의 또 다른 실시형태를 따르면, 내부 영구 자석 머신에 이용되는 로터 어셈블리는 샤프트 본체와, 샤프트 본체로부터 반경방향 외측으로 연장되는 복수의 돌출부를 구비하는 샤프트를 포함하는데, 복수의 돌출부는 샤프트의 축방향 길이를 따라 그리고 샤프트에 대해 원주방향으로 형성된다. 또한, 로터 어셈블리는 방사형 돌출부 상에 배치된 복수의 적층판 스택을 포함하는데, 복수의 적층판 스택의 각각은 샤프트를 따라 축방향으로 배열된 복수의 적층판 그룹을 포함하고, 복수의 적층판 그룹의 각각은 복수의 적층판과, 복수의 적층판 스택들 사이에 배치된 복수의 영구 자석을 포함한다. 적층판 스택 내의 복수의 적층판 그룹 각각의 적층판의 형상은 적층판 스택 내의 복수의 적층판 그룹 중 다른 그룹의 적층판의 형상과는 상이하다.

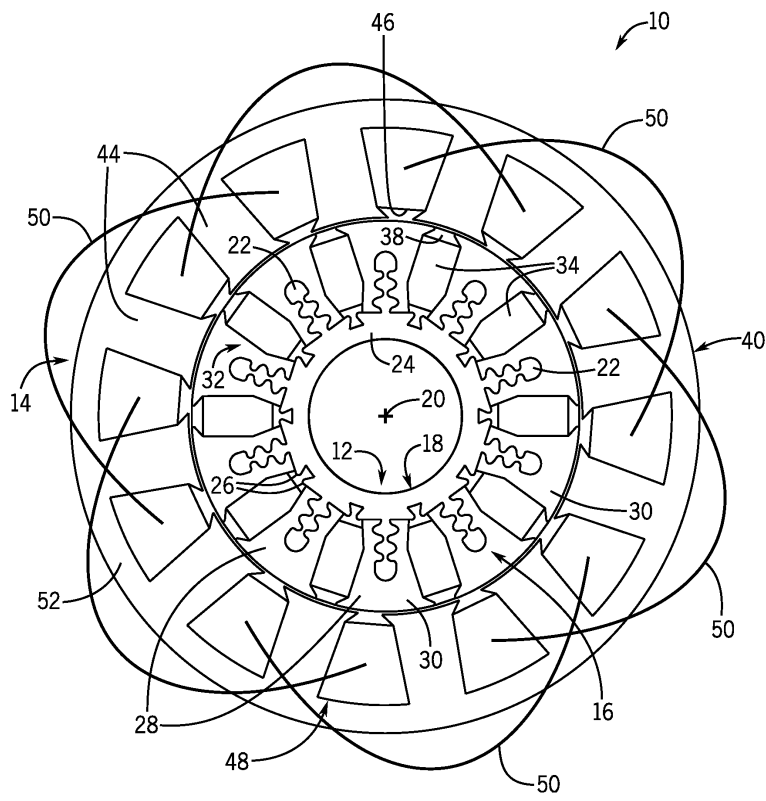
[0040] 여기에서의 설명은 최상 모드를 비롯해 본 발명을 개시하기 위해 또 당업자가 임의의 장치 또는 시스템을 제조 및 이용하여 임의의 포함된 방법을 수행하는 것을 비롯해 본 발명을 실행하는 것을 가능하게 하기 위해 예를 이용한다. 본 발명의 특허 가능한 범위는 특허청구범위에 의해 정해지며, 당업자에게 떠오르는 다른 예도 포함할 수 있다. 그러한 다른 예는 특허청구범위의 문어와 상이한 구조적 요소를 갖는다면 또는 특허청구범위의 문어와 비실질적인 차이를 갖는 동등한 구조적 요소를 포함한다면 특허청구범위의 범주 내에 포함되는 것이다.

## 도면

### 도면1a

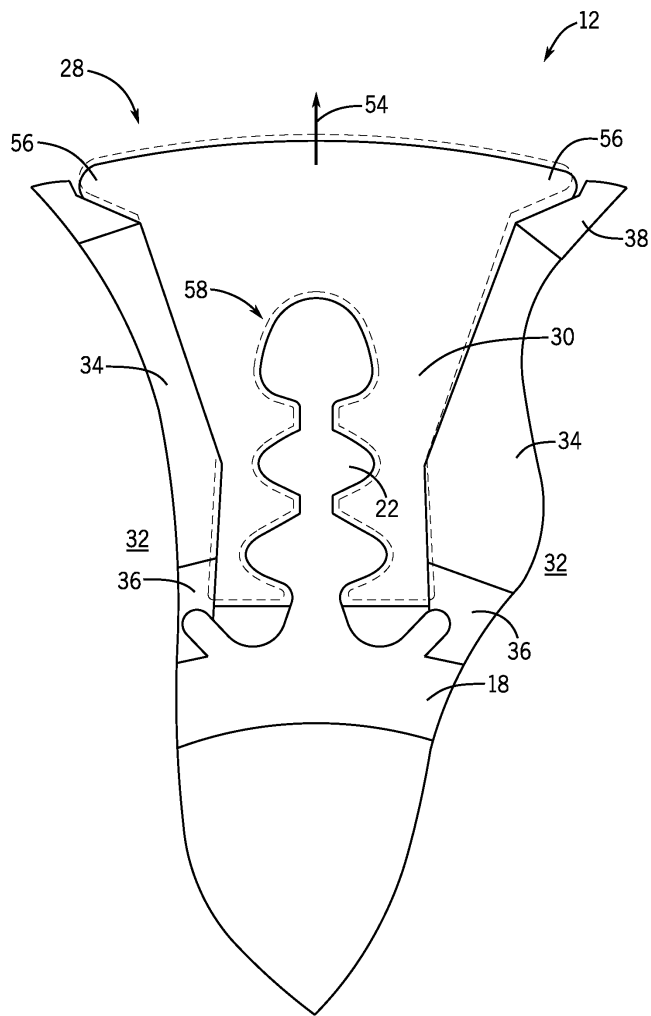


도면1b

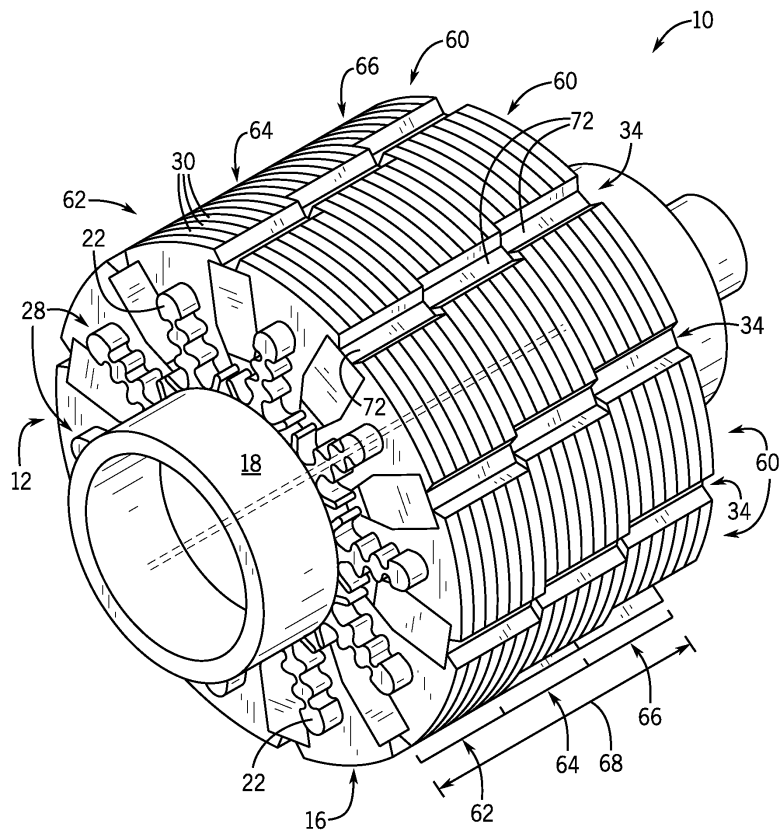




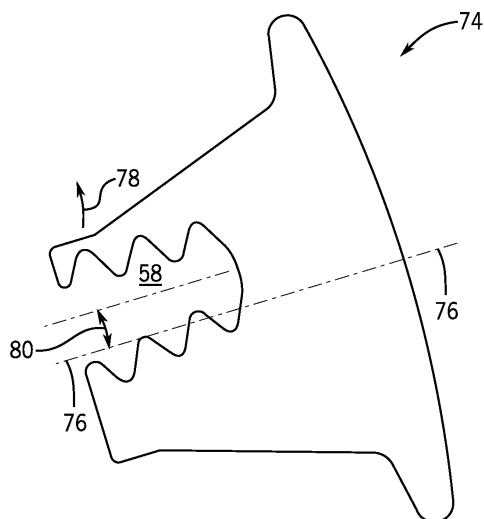
도면2



도면3

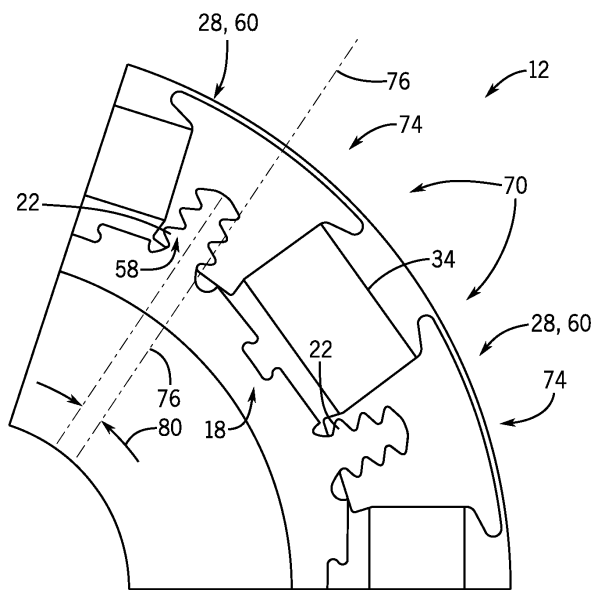


도면4

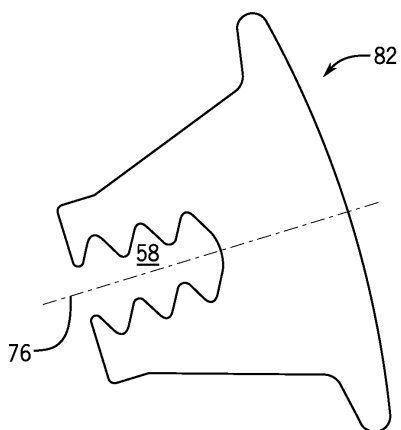




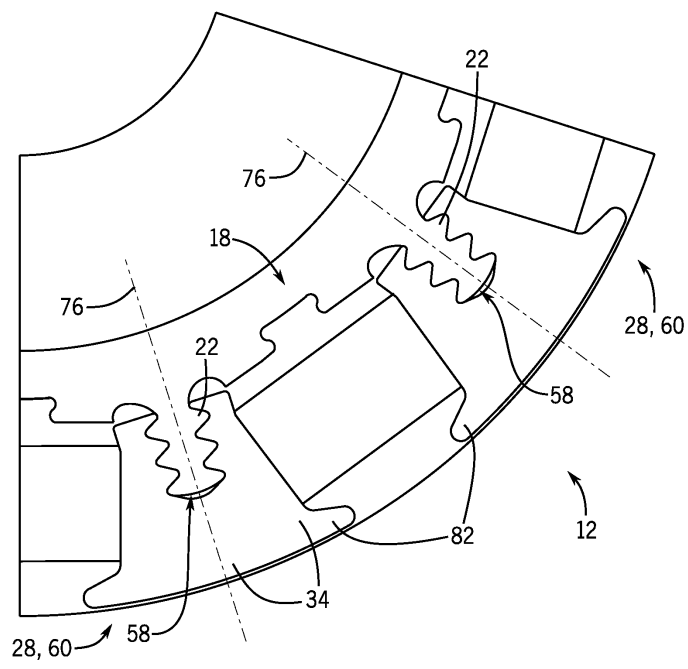
도면5



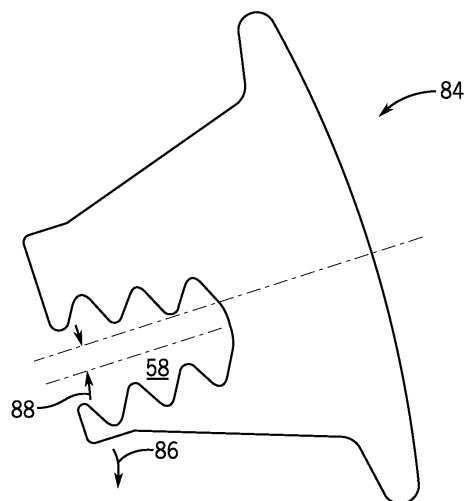
도면6



도면7



도면8



도면9

