



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2008년02월27일  
 (11) 등록번호 10-0807853  
 (24) 등록일자 2008년02월20일

- (51) Int. Cl.  
*H02K 21/14* (2006.01) *H02K 21/18* (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2005-7024134  
 (22) 출원일자 2005년12월12일  
 심사청구일자 2006년01월06일  
 번역문제출일자 2005년12월12일
- (65) 공개번호 10-2006-0090570  
 (43) 공개일자 2006년08월14일  
 (86) 국제출원번호 PCT/US2004/018720  
 국제출원일자 2004년06월10일  
 (87) 국제공개번호 WO 2004/112217  
 국제공개일자 2004년12월23일
- (30) 우선권주장  
 10/864,041 2004년06월09일 미국(US)  
 60/478,074 2003년06월12일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌  
 US6188159 B1  
 US5854521 A

- (73) 특허권자  
**라이트 엔지니어링 인코퍼레이티드**  
 미국, 인디애나 46268, 인디애나폴리스, 자이온스 빌 로드 8158
- (72) 발명자  
**힐젤 앤드류 디.**  
 미국, 미시건 49009, 칼라마주, 노스 씨드 스트리트 5398
- (74) 대리인  
**특허법인 씨엔에스·로고스**

전체 청구항 수 : 총 20 항

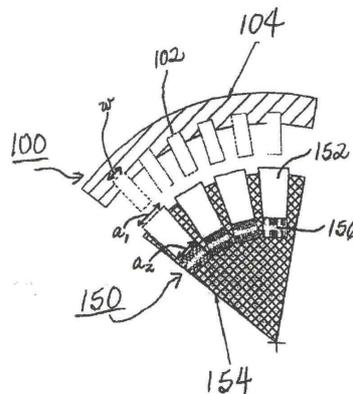
심사관 : 한상일

**(54) 다이내모 일렉트릭 장치**

**(57) 요약**

반경 방향 간극의 횡단 자속 다이내모 일렉트릭 장치는 고정자 조립체(102)와 회전자 조립체(154)를 포함한다. 회전자 조립체는 회전자 가장자리 원주를 따라 동일 각도로 배치된 교번하는 극성의 동일한 수의 자극을 갖는 적어도 2 개의 축방향으로 간격을 둔 평탄한 회전자 층(152)을 포함한다. 자기 투과성 부재(156)는 인접한 회전자 자석과 선택적으로 연결된다. 고정자 조립체(102)는 단부에 제1 및 제2 극면이 있는 복수의 비결정질 금속 고정자를 포함한다. 코어들은 극면이 축방향으로 정렬된 채로 고정자 조립체의 가장자리 원주를 따라 동일 각도로 배치된다. 각각의 제1 및 제2 극면은 해당 회전자 층에 축방향으로 인접한 층에 있다. 고정자 권선은 고정자 코어를 둘러싼다. 장치는 높은 정류 주파수로 동작 가능하고, 높은 극수를 가질 수 있어서, 높은 효율, 토크 및 출력 밀도를 제공하면서 설계 융통성, 제조 용이성 및 자기 재료의 효율적인 사용을 가능하게 한다.

**대표도** - 도3



**특허청구의 범위**

**청구항 1**

적어도 하나의 고정자 조립체, 복수의 고정자 권선 및 회전축을 중심으로 회전하도록 지지된 적어도 하나의 회전자 조립체를 포함하며,

- (a) 상기 회전자와 고정자 조립체는 상기 회전축에 대해 동심이며,
- (b) 상기 적어도 하나의 회전자 조립체는 적어도 하나의 회전자 자석 구조체를 포함하고, 상기 자석 구조체는 N극과 S극의 자성을 갖는 복수의 자극을 제공하고, 상기 자극은 평탄하고 상기 회전축에 대해 직각이면서 축방향으로 간격을 두고 있는 적어도 2 개의 회전자 층에 배치되고, 각각의 상기 층은 동일한 수의 자극을 갖고, 각각의 상기 회전자 층의 상기 자극은 원통형 가장자리에서 상기 회전자 조립체의 원주를 따라 동일한 각도로 배치되며,
- (c) 상기 적어도 하나의 고정자 조립체는 복수의 고정자 코어를 포함하며, 각각의 상기 고정자 코어의 단부에는 제1 및 제2 고정자 극면이 있고, 상기 고정자 코어는 비결정질 재료, 나노 결정 재료 및 자속 강화성 Fe-계 금속으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 하나의 재료로 구성된 라미네이트 층들을 포함하며, 상기 고정자 코어는 상기 고정자 조립체의 원주를 따라 동일한 각도로 배치되어,
- (c-i) 각각의 상기 고정자 코어의 상기 제1 및 제2 고정자 극면은 축방향으로 정렬된 상기 고정자 조립체의 원통형 가장자리에 위치하고,
- (c-ii) 상기 제1 고정자 극면은 상기 회전자 층 중의 하나에 반경 방향으로 인접한 제1 고정자 층에 있고,
- (c-iii) 상기 제2 고정자 극면은 상기 회전자 층 중의 다른 것에 인접한 제2 고정자 층에 있으며,
- (d) 상기 고정자 권선은 상기 고정자 코어를 둘러싸고,

장치가 0.25 내지 4 범위의 슬롯/상/자극 비를 갖는 것을 특징으로 하는 다이ना모 일렉트릭(dynamolectric) 장치.

**청구항 2**

제1항에 있어서, 상기 회전자 자석 구조체는 복수의 불연속 회전자 자극이고, 각각의 상기 자석의 대향된 양쪽 단부에는 N극과 S극이 되는 극성이 있고, 각각의 층의 상기 자석은 상기 회전자 조립체의 가장자리 둘레로 동일 각도로 배치되어,

- (i) 각각의 상기 자석의 상기 단부 중의 하나는 상기 회전자 조립체의 원통형 가장자리에 배치되며,
- (ii) 상기 가장자리에 있는 상기 단부는 원주를 따라 교번하는 N극과 S극을 갖는 것을 특징으로 하는 다이나모 일렉트릭 장치.

**청구항 3**

제2항에 있어서, 각각의 상기 자석은 상기 인접한 자석의 상기 단부 중의 다른 것에 인접 배치된 자기(磁氣) 투과성 연결 부재에 의해 상기 자석 중의 인접한 것에 자기적으로 연결된 것을 특징으로 하는 다이나모 일렉트릭 장치.

**청구항 4**

제3항에 있어서, 상기 연결 부재는 자기 투과성 재료로 된 시트의 적층체인 것을 특징으로 하는 다이나모 일렉트릭 장치.

**청구항 5**

제4항에 있어서, 상기 자기 투과성 재료는 비결정질 재료, 나노 결정 재료 및 자속 강화성 Fe-계 자기 재료로 이루어진 그룹에서 선택되는 것을 특징으로 하는 다이나모 일렉트릭 장치.

**청구항 6**

제3항에 있어서, 상기 연결 부재는 원주를 따라 인접한 자석을 연결하는 것을 특징으로 하는 다이나모 일렉트릭 장치.

**청구항 7**

제3항에 있어서, 상기 연결 부재는 축방향으로 인접한 자석을 연결하는 것을 특징으로 하는 다이나모 일렉트릭 장치.

**청구항 8**

제2항에 있어서, 상기 자석은 희토류-전이 금속 합금으로 구성된 것을 특징으로 하는 다이나모 일렉트릭 장치.

**청구항 9**

제8항에 있어서, 상기 자석은 SmCo 또는 FeNdB 자석인 것을 특징으로 하는 다이나모 일렉트릭 장치.

**청구항 10**

제1항에 있어서, 상기 회전자 층에 있는 반대 극성의 자극들은 축방향으로 정렬된 것을 특징으로 하는 다이나모 일렉트릭 장치.

**청구항 11**

제1항에 있어서, 상기 회전자 층에 있는 반대 극성의 자극들은 상기 원주를 따라 인접한 고정자 코어들 사이의 거리의 절반까지의 양으로 비스듬히 걸쳐진 것을 특징으로 하는 다이나모 일렉트릭 장치.

**청구항 12**

제1항에 있어서, 상기 자극을 제공하는 상기 자석 구조는 복수 개인 것을 특징으로 하는 다이나모 일렉트릭 장치.

**청구항 13**

삭제

**청구항 14**

삭제

**청구항 15**

제1항에 있어서, 0.25 내지 1 범위의 슬롯/상/자극 비를 갖는 것을 특징으로 하는 다이나모 일렉트릭 장치.

**청구항 16**

제15항에 있어서, 0.5의 슬롯/상/자극 비를 갖는 것을 특징으로 하는 다이나모 일렉트릭 장치.

**청구항 17**

제1항에 있어서, 상기 자극은 적어도 16 개인 것을 특징으로 하는 다이나모 일렉트릭 장치.

**청구항 18**

제1항에 있어서, 500Hz 내지 1kHz 범위의 정류 주파수로 동작하도록 구성된 것을 특징으로 하는 다이나모 일렉트릭 장치.

**청구항 19**

제17항에 있어서, 상기 자극은 적어도 32 개인 것을 특징으로 하는 다이나모 일렉트릭 장치.

**청구항 20**

제1항에 있어서, 상기 회전자 조립체는 상기 고정자 조립체의 반경 방향 안쪽에 있는 것을 특징으로 하는 다이

나모 일렉트릭 장치.

**청구항 21**

제1항에 있어서, 상기 고정자 조립체는 상기 회전자 조립체의 반경 방향 안쪽에 있는 것을 특징으로 하는 다이 나모 일렉트릭 장치.

**청구항 22**

제1항에 있어서, 상기 장치에 운전 가능하게 연결되어 상기 장치를 인터페이스 제어하는 동력 전자 수단을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 다이 나모 일렉트릭 장치.

**명세서**

**기술분야**

- <1> 본 발명은 2003. 6. 12 출원된 미국 가출원번호 60/478,074 "비정질, 나노결정립 방향성 Fe-계 물질 또는 무방향성 Fe-계 물질을 이용한 방사상 에어갭 횡 플럭스 모터"을 우선권 주장하고 있다.
- <2> 본 발명은 발전회전기(dynamolectric rotating machine)에 관한 것이며, 보다 상세히는 고효율이며 보다 발전된 자성물질을 사용함으로써 성능이 개선된 전기모터, 제너레이터 또는 재생모터(regenerative motor)에 관한 것이다.

**배경기술**

- <3> 전동기 및 발전기 분야에서는 효율 및 파워밀도가 증진된 발전, 회전기를 제공하기 위한 방법을 지속적으로 모색하여 왔다.
- <4> 여기에 사용된 용어 "모터(motor)"는 전기에너지를 회전운동으로 그리고 회전운동을 전기에너지로 변환시키는 모든종류의 전동 및 발전기를 의미한다.
- <5> 이같은 기계는 모터, 제너레이터 및 재생모터라고도 불리우는 기기들을 포함한다.
- <6> 용어 "재생모터"는 여기서 전기모터 또는 제너레이터로 작동될수 있는 기기를 가르킨다.
- <7> 영구자석, 권취필드(wound field), 인덕션, 가변 자기저항(variable reluctance), 스위치 자기저항(switched reluctance) 및 브러쉬와 브러쉬리스 타입을 포함한 다양한 종류의 모터가 알려져있다.
- <8> 이들은 전기 유틸리티 그리드, 배터리 또는 기타 대체 소스 같은 것에서 공급되는 직류 또는 교류 소스로부터 직접 기동될수 있다. 선택적으로 이들은 전자 구동회로를 이용하여 합성되는 필수과형을 갖는 전류를 공급받을 수 있다.
- <9> 어떠한 기계적 소스로부터 생긴 회전에너지도 제너레이터를 구동 할수 있다. 제너레이터의 출력은 직접 장착 또는 컨디션된 사용전자회로에 연결될수 있다.
- <10> 선택적으로, 조직에 있어서 다른 기간동안 기계적에너지의 소스 또는 싱크로서의 기능을 하는 기계적 소스에 연결된 기계는 예를들어 4-쿼드런트 조작 가능한 파워 컨디셔닝 회로를 통해 연결함으로써 재생모터로서의 역할을 할수있다.
- <11> 회전기는 통상적으로 고정자(stator)로서 알려진 고정성분과 회전자(rotor)로서 알려진 회전성분을 갖는다.
- <12> 상기 회전자와 고정자의 인접면은 그 회전자와 고정자를 연결하는 자기 플럭스가 가로지르는 작은 에어갭에 의해 분리되어 있다.
- <13> 이 기술분야의 당업자라면 회전기는 하나 이상의 집합된 회전자와 하나 이상의 고정자로 이루어져 있다는 것을 잘 알 것이다.
- <14> 따라서 여기서 회전기와 관련하여 사용되는 용어 "회전자" 및 "고정자"는 1에서 3 또는 그 이상의 범위의 회전자 및 고정자를 의미한다.
- <15> 사실상 모든 회전기는 통상적으로 방사상(radial) 혹은 축상(axial)에어갭 타입으로 분류될수 있다.

- <16> 방사상 에어갭 타입은 회전자와 고정자가 방사상방향으로 분리되어 있으며 회전자의 회전축에 수직방향으로 횡자기 플럭스(traversing magnetic flux)가 향하고 있다.
- <17> 한편 축상에어갭기에서는, 회전자와 고정자가 축방향으로 분리되며 플럭스 횡단(flux traversal)이 주로 회전축에 평행하고 축상에어갭기가 몇몇 적용처에서는 이익적이기는 하나 방사상 에어갭 타입이 보다 널리 사용되며 보다 집중적으로 연구되어 왔다.
- <18> 몇몇 특정타입을 제외하고는, 모터 및 제너레이터는 일반적으로 한가지 이상 종류의 연질 자성물질을 사용한다.
- <19> 여기서 "연질자성물질(soft magnetic material)"이란 용어이고도 효율적으로 자화 및 자기소거되는 물질을 의미한다.
- <20> 각 자화사이클동안 자성물질내에 불가피하게 소산되는 에너지를 히스테리시스 손실 또는 코어 손실이라고 한다.
- <21> 히스테리시스 손실의 크기는 여기 진폭(excitation amplitude)와 진동수(frequency) 양자모두의 함수이다.
- <22> 또한 연질자성물질은 높은 투자율(permeability)와 낮은 자기 보자성(magnetic coercivity)를 나타낸다.
- <23> 모터 및 제너레이터는 또한 전류담지권취(current-carrying windings)에 의해 둘러싸인 하나 이상의 영구자석이 나 추가연질자성 물질에 의해 제공될수 있는 기자력(magnetomotive force) 소스를 포함한다.
- <24> 여기서 "영구자석 물질"은 "경질 자성물질"로도 불리우며 자기 보자성이 크고 자화를 강하게 유지하며 자기 소거에 대하여 저항성이 있는 물질을 의미한다.
- <25> 모터의 종류에 따라, 상기 영구자성물질 및 연질자성물질을 고정자나 회전자내에 배치시킬수 있다.
- <26> 단연, 현재 제조되는 모터의 대부분은 연질자성물질로서 여러등급의 전기강판 또는 모터강판을 사용하며 이들은 하나 이상의 합금원소 특히 Si, P, C 및 Al를 포함하는 Fe합금이다.
- <27> 진전된 영구자석 물질로 구성된 회전자와 보다 진전된 비정질 금속같은 저손실 연질물질로 만들어진 코어를 갖는 고정자를 갖는 모터 및 제너레이터는 통상의 방사상 에어갭 모터 및 제너레이터와 비교해 볼때 실질적으로 보다 높은 효율 및 파워밀도를 제공할 잠재력이 있으나 이같은 축상 혹은 방사상 에어갭 타입의 기계제조는 그다지 성공적이지 못하였다. 통상의 방사상 에어갭기기에 비정질 물질을 적용하기 위한 종래의 시도는 상업적으로 크게 성공적이지 못하였던 것이다. 종래의 설계는 주로 고정자 및/또는 회전자를 전형적으로는 내외면을 통해 치차로 절단한, 비정질 금속으로 된 코일이다. 원형라미네이션으로 치환시킴을 포함하였다. 비정질 금속은 통상적으로 설계된 모터에 통상의 철강과 직접 대체하기에는 독특한 자기적 및 기계적 성질 때문에 어려움이 많은 것이다.
- <28> 예를들어 미국 특허 4,286,188은 비정질 금속 테이프스트립을 단지 코일링함으로써 구성된 중심위치 회전자를 갖는 방사상 에어갭 전기모터에 대하여 개시하고 있다.
- <29> 이 설계의 고정자는 적절한 고정자 권취를 수용하는 고정자 권취 요홈이 제공된 통상의 라미네이션 적층을 포함하는 통상의 고정자이다.
- <30> 미국 특허 4,392,073은 중심위치 회전자를 갖는 방사상 에어갭 방전기에 사용하기 위한 고정자에 대하여 개시하고 있으며, 미국 특허 4,403,401은 그 고정자의 제조방법에 대하여 개시하고 있다.
- <31> 상기 고정자는 비정질 금속 테이프 스트립에 요홈을 형성하고 그 요홈 형성된 비정질 금속테이프를 요홈 형성된 환상체로 나선상 권취한후 적절한 고정자 권취로 권취시켜 구성된다.
- <32> 미국 특허 4,211,944는 요홈 형성된 혹은 요홈없는 나선상 권취 혹은 에지-권취된 비정질 리본으로부터 만들어진 라미네이트된 고정자 혹은 회전자 코어를 갖는 방사상 에어갭 전기기에 대하여 개시하고 있다. 상기 비정질 금속 리본사이에는 유전체 물질이 배치되어 이들이 일체 커패시터의 플레이트로서의 기능도 한다.
- <33> 미국특허 4,255,684는 스트립물질 및 성형가능한 자기복합체, 비정질 금속테이프 및 비정질 플레이트나 이와 유사한 통상의 물질을 이용하여 제조된 모터용 고정자 구조에 대하여 개시하고 있다. 이들 및 다른 종래기술은 제조단가가 고가일뿐 아니라 비정질 금속을 사용하여 방사상 에어갭 모터를 제조하기가 어려운 것으로 판명되었다.
- <34> 여러가지 이유로 인하여, 이들 노력은 그다지 경쟁력이 있지 못하였으며 통상의 Si-Fe 모터에 비하여 그리 경쟁력이 있는 것으로 증명되지 않아 포기 되었다. 그러나 개선된 방사상 에어갭 모터의 잠재적 잇점은 소멸되지 않

았다.

- <35> 현재는, 보다 큰주파수로 작동하는 전기기계들이 불충분한 모터 설계로 인해 코어손실이 현저하게 크기 때문에 고속(즉 높은 rpm)전기 기계는 낮은 폴카운트(pole counts)로 제조되어 왔다. 이는 주로 대부분의 현존하는 모터에 사용되는 물질이 Si-Fe 합금이라는데서 기인한다.
- <36> 통상의 Si-Fe계 물질에서 400Hz이상의 주파수에서 자장을 변화시킴으로 생기는 손실은 그 물질이 가열되게 하고 가끔은 기기가 수용할 정도의 수단으로도 생각될수 없을 정도로 가열되게 한다.
- <37> 고속 기계도구, 항공모터 및 액츄에이터 및 컴프레샤 드라이브 같은 다양한 응용처는 고속에서, 예를들어 15,000~20,000rpm 정도, 경우에 따라서는 100,000rpm 까지에서도 작동할수 있는 전기 모터를 요구하는 것이다.
- <38> 지금까지 저손실 물질을 이용하여 쉽게 제조할수 있는 전기기기를 저단가로 제공하는 것은 아주 어려운 것으로 알려져 있다.
- <39> 이 분야에서는 저손실 물질의 특성을 충분히 활용하면서 통상의 모터가 갖는 결점을 제거한 고효율 방사상 에어 갭 전기 기기의 필요성이 여전히 상존하고 있는 것이다.
- <40> 이상적으로는, 개선된 모터가 기계적 및 전기적 에너지 형태사이를 고효율로 변환할수 있어 부수적으로 대기 오염을 줄일수 있으면 보다 좋을 것이다.
- <41> 상기 모터는 보다 적고, 보다 가벼우며 필요로 하는 토크, 파워 및 속도의 요구에 부응할 것이다.
- <42> 냉각의 필요성은 감소되며 배터리 파워로 작동하는 모터는 보다 장기간 작동할 것이다.

**발명의 상세한 설명**

- <43> 회전자와 고정자 조립체를 구비하는 반경 방향 간극(airgap) 전기 장치가 제공되며, 이 고정자 조립체는 고주파수로 동작 가능한 저손 재료로 제조된 자기 코어를 포함한다. 바람직하게는, 고정자의 연자성 코어는 비 결정질 나노 결정질의 방향성 Fe-계 재료 또는 비방향성 Fe-계 재료로 만들고, 각각의 단부에 고정자 권선이 감긴 말굽 모양 설계를 갖는다. 고정자 코어는 하나 이상의 회전자에 결합된다. 본 발명의 전기 장치는 무정형 나노 결정질 또는 자속 강화성 Fe-계 자기 재료를 포함하므로, 장치의 주파수가 철손 증가에 대응하지 않고 증가할 수 있고, 그에 따라 증가한 동력 밀도를 제공할 수 있는 고효율 전기 장치를 구현할 수 있다. 장치는 반경 방향 간극의, 횡단 자속(transverse flux) 설계를 갖는다. 즉, 자속은 장치의 회전축에 직각 방향 즉 반경 방향으로 우세하게 회전자와 고정자 사이의 간격을 횡단한다. 또한, 장치는 횡단 자속 장치인데, 이는 자속이 우세한 횡단 방향 즉 회전축에 평행한 방향으로 고정자를 통해 단히는 것을 의미한다.
- <44> 일 실시예로서, 본 발명에 따른 다이내모 일렉트릭 장치는 적어도 하나의 고정자 조립체, 복수의 고정자 권선 및 회전축을 중심으로 회전하도록 지지된 적어도 하나의 회전자 조립체를 포함하며, 상기 회전자와 고정자 조립체는 상기 회전축에 대해 동심이다. 상기 회전자 조립체는 적어도 하나의 회전자 자석 구조체를 포함하고, 상기 자석 구조체는 N극과 S극의 자성을 갖는 복수의 자극을 제공한다. 상기 자극은 실질적으로 평탄하고 상기 회전축에 대해 직각이면서 축방향으로 간격을 두고 있는 적어도 2 개의 회전자 층에 배치된다. 각각의 상기 층은 동일한 수의 자극을 갖는다. 각각의 상기 회전자 층의 상기 자극은 원통형 가장자리에서 상기 회전자 조립체의 원주를 따라 동일한 각도로 배치된다.
- <45> 상기 고정자 조립체는 복수의 고정자 코어를 포함하며, 각각의 상기 고정자 코어의 단부에는 제1 및 제2 고정자 극면이 있다. 상기 고정자 코어는 상기 고정자 조립체의 원주를 따라 동일한 각도로 배치되어, (i) 각각의 상기 고정자 코어의 상기 제1 및 제2 고정자 극면은 축방향으로 정렬된 상기 고정자 조립체의 원통형 가장자리에 위치하고, (ii) 상기 제1 고정자 극면은 상기 회전자 층 중의 하나에 반경 방향으로 인접한 제1 고정자 층에 있고, (iii) 상기 제2 고정자 극면은 상기 회전자 층 중의 다른 것에 인접한 제2 고정자 층에 있다. 상기 고정자 권선은 상기 고정자 코어를 둘러싼다.
- <46> 일부 실시예에서, 상기 회전자 자석 구조체는 복수의 불연속 회전자 자극이고, 각각의 상기 자석의 대향된 양쪽 단부에는 N극과 S극이 되는 극성이 있다. 각각의 층의 상기 자석은 상기 회전자 조립체의 가장자리 둘레로 동일 각도로 배치된다. 따라서, 각각의 상기 자석의 상기 단부 중의 하나는 상기 회전자 조립체의 원통형 가장자리에 배치되며, 상기 가장자리에 있는 상기 단부는 원주를 따라 교번하는 N극과 S극을 갖는다.
- <47> 본 발명의 여러 가지 실시예들은 고주파수에서 동시에 동작할 수 있는 높은 극수, 낮은 자기 철손 및 높은 동력

밀도와 같은 개선된 성능 특징을 갖는 고효율 전기 장치를 제공한다.

<48> 본 발명 장치의 일부 실시예는 반경 방향 간극의, 횡단 자속 구성을 가지며, 구성된 자극의 수로 나눈 고정자 권선의 상의 수로 나눈 자기 코어의 슬롯의 수는 0.5의 값을 갖는다.

**실시예**

<67> 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 본 발명은 손실이 낮은 재료로 만들어진 고정자 코일을 갖는 래디얼 에어갭, 횡 플럭스 전기 장치를 제공한다. 바람직하게, 상기 고정자 코어는 비결정질 금속 또는 나노크리스탈 금속, 방향성 또는 비 방향성의 Fe-계 합금 재료로 구성된 얇은 스트립(strip) 또는 리본 형태의 재료를 사용하여 만들어진다. 흔히 비결정질 재료 또는 나노크리스탈 재료보다 높은 포화 유도성을 갖는 방향성 Fe-계 재료와 비 방향성 Fe-계 물질은 이하 "Fe-계 자성체를 강화하는 플럭스"라 일컫는다.

<68> **(비결정질 금속)**

<69> 금속 유리로 알려진 비결정질 금속은 본 발명의 모터에 사용되기 적합한 다양한 조성이 존재한다. 금속 유리는 일반적으로 용해물로부터 신속히 담금질된, 즉 적어도 약  $10^6$  °C/s 비율로 냉각함으로써 필수 조성물의 합금 용해물로부터 형성된다. 이 금속 유리는 장거리의 원자 순서를 나타내지 않고 무기 산화 유리에서 관찰되는 것과 유사한 것으로 디퓨즈 할로스(diffuse halos)만을 나타내는 X선 회절 패턴을 갖는다. 적절한 자성 성질을 갖는 많은 조성물이 Chen 등에 부여된 미국특허 RE32,925호에 개시되어 있다. 비결정질 금속은 일반적으로 폭 20cm 이상의 얇은 리본의 확장된 길이(즉, 두께 약 50 $\mu$ m 이하)로 공급된다. Narasimhan에 부여된 미국특허 4,142,571호에는 무한 길이의 금속 유리 스트립을 형성하는 유용한 공정이 개시되어 있다. 본 발명의 사용에 적절한 비결정질 금속 재료의 일 예는 Metglas, Inc, Conway, SC에 의해 판매되는 "METGLAS® 2605 SAI"로 무한 길이의 리본 형태이고 약 20cm의 폭과 20-25 $\mu$ m의 두께를 갖는다([http://www.metglas.com/products/page5\\_1\\_2\\_4.htm](http://www.metglas.com/products/page5_1_2_4.htm) 참고). 상기 필수 성질을 갖는 다른 비결정질 재료도 사용될 수 있다.

<70> 비결정질 금속은 자성 도구로 사용 및 제작에 있어서 고려해야 할 많은 특성을 가지고 있다. 대부분의 연 자성체와 달리, 특히 연 자성 성질을 최적화하기 위해 일반적으로 사용되는 열처리를 거친 후 금속 유리는 단단하고 깨지기 쉽다. 그 결과, 모터에 사용하도록 종래의 연 자성체를 처리하는데 사용되는 평범한 많은 기계 공정을 비결정질 금속에 수행하는 것은 어렵거나 불가능하다. 스탬핑(stamping), 펀칭(punching) 또는 커팅(cutting)은 일반적으로 받아들일 수 없는 툴 마모(tool wear)를 초래하여 깨지기 쉽고 열처리된 재료에는 실질적으로 불가능하다. 일반적으로 스틸(steeels)에 수행되는 종래의 드릴링과 용접 또한 거의 사용할 수 없다.

<71> 또한 비결정질 금속은 규소-철(Si-Fe) 합금보다 낮은 포화 플럭스 밀도(또는 유도성)를 나타낸다. 상기 낮은 플럭스 밀도는 보통 종래 방법에 따라 설계된 모터에서 낮은 동력 밀도를 초래하게 된다. 비결정질 금속은 또한, 규소-철(Si-Fe) 합금보다 낮은 열 전도성을 갖는다. 열 전도성은 열이 따뜻한 위치로부터 차가운 위치로 재료를 통해 얼마나 쉽게 전도될 수 있는가를 결정하므로, 열 전도성이 낮으면 자성체의 코어 손실, 감김, 마찰, 유극의 저항 손실 및 다른 손실로부터 발생하는 폐열(waste heat)을 적절히 제거하기 위한 주의 깊은 설계가 필요하다. 폐열을 적절히 제거하지 못하면 모터의 온도가 받아들일 수 없을 만큼 상승하는데, 이러한 초과 온도는 전기 전열 또는 다른 모터 부품의 조기 불량을 야기하기 쉽다. 때때로, 초과 온도는 쇼크 위험 또는 화재 유발 또는 건강과 안전에 심각한 위험을 야기할 수 있다. 비결정질 금속은 종래의 재료보다 또한 높은 자기 변형 계수(coefficient of magnetostriction)를 나타낸다. 자기 변형 계수가 낮으면 자기장의 영향하에서 작은 치수 변화를 겪게 되어 기계로부터의 소음을 쉽게 감소시킬 수 있으며, 뿐만 아니라 재료를 기계 제조 또는 공정 중에 야기된 스트레스의 결과로 인해 자성 성질의 저하에 더 영향받기 쉽게 만들 수 있다.

<72> 이러한 어려움에도 불구하고, 본 발명의 특징은 비결정질 금속을 성공적으로 일체화한 모터를 제공하고, 모터가 고주파 여자, 예를 들면 약 400Hz 이상의 정류 주파수로 작동하도록 하는 것이다. 또한 상기 모터의 제조를 위한 구조 기술도 제공된다. 상기 구성과 신형 재료, 특히 비결정질 금속의 사용의 결과로 본 발명은 고주파수(약 400Hz 이상의 정류 주파수로 정의)에서 높은 폴 카운트(pole count)로 작동하는 모터를 성공적으로 제공한다.

<73> 상기 비결정질 금속은 고주파수에서 매우 낮은 히스테리시스 손실을 나타내므로, 코어 손실이 매우 낮다. 규소-철 합금에 비해서 비결정질 금속은 매우 낮은 전기 전도성을 갖고 일반적으로 흔히 200 $\mu$ m 두께 이상인 보통의 규소-철 합금보다 매우 얇다. 이러한 특성은 에디(eddy) 전류 코어 손실을 낮게 한다. 본 발명은 신형 재료를 사용하는 초기 시도에 있어 직면하게 되는 어려움을 극복하면서, 낮은 코어 손실 등의 비결정질 금속의 장점을 활용

하는 구성을 사용하여 이러한 하나 이상의 우수한 속성의 장점을 가지고 이로 인해 고주파에서 효율적으로 작동하는 모터를 성공적으로 제공한다.

<74> **(나노크리스탈 금속)**

<75> 나노크리스탈 재료는 약 100nm 미만의 평균 입자 크기를 갖는 폴리크리스탈 재료이다. 종래의 거친 입자 금속에 비해 나노크리스탈 재료의 속성은 일반적으로 강도 및 경도 증가, 확산율(diffusivity) 강화, 연성(ductility) 및 인성(toughness)의 향상, 밀도 감소, 모듈러스(modulus) 감소, 높은 전기 저항, 비열 증가, 높은 열팽창 계수, 낮은 열 전도성 그리고 우수한 연 자성 성질을 포함한다. 또한, 나노크리스탈 금속은 일반적으로 대부분의 Fe-계 비결정질 금속보다 약간 높은 포화 유도성을 갖는다.

<76> 나노크리스탈 금속은 다양한 기술에 의해 형성될 수 있다. 한가지 바람직한 방법은 상기 설명한 것과 같은 기술을 사용하여 무한 길이의 금속 유리 리본으로 필수 조성물을 최초 캐스팅(casting)하는 단계 및 상기 리본을 감긴 모양 등의 필요한 구성으로 형성하는 단계를 포함한다. 그 이후, 초기 비결정질 재료는 열처리하여 그 안에 나노크리스탈 마이크로구조를 형성한다. 이러한 마이크로구조는 약 100nm 미만, 바람직하게는 약 50nm 미만, 더 바람직하게는 약 10-20nm의 평균 크기를 갖는 고밀도 입자가 존재하는 특성이 있다. 상기 입자가 철(iron) 베이스 합금의 체적의 적어도 50%를 차지하는 것이 바람직하다. 이러한 바람직한 재료는 낮은 코어 손실과 낮은 자기 변형을 갖는다. 또한, 후자의 성질은 상기 재료를 부품을 포함하는 장치의 제도 및/또는 작동에 의해 발생하는 스트레스에 의한 자성 성질의 저하에 덜 영향을 받게 한다. 주어진 합금 내에 나노크리스탈 구조를 생성하는데 필요한 열처리는 실질적으로 완전히 유리질 마이크로구조를 보존하도록 설계된 열처리에 필요한 것보다 더 높은 온도에서 또는 더 오랜 시간 동안 수행되어야 한다. 본 장치의 구조 자성 요소로 사용에 적절한 대표적인 나노크리스탈 합금이 알려져 있는데, 예를 들면 Yoshizawa에 부여된 미국특허 4,881,989호 및 Suzuki 등에 부여된 미국특허에 개시되어 있다. 이러한 재료는 히타치 금속(Hitachi Metals)사와 알프스 일렉트릭(Alps electric)사로부터 입수할 수 있다.

<77> **방향성(grain-oriented)과 비방향성(non-grain-oriented) 금속**

<78> 또한, 본 발명에 의한 장치는 저손실의(low-loss) Fe-계 결정질 합금 재료(Fe-based crystalline alloy material)로 구성될 수 있다. 바람직하게는, 이러한 재료는, 모터에서 통상 사용되고 있는 스틸보다 더 얇은, 즉 대략 125um 보다 얇은 두께를 갖는 스트립 형상을 가질 수 있다. 방향성과 비방향성 재료 모두 사용될 수 있다. 본 명세서에서 사용된 것과 같이, 방향성 재료는 구성 정자(晶子) 결정(constituent crystallite grains)의 주 결정축이 무작위의 방향성을 갖지 않고 하나 또는 그 이상의 방향을 따라 서로 밀접하게 연관되어 있다. 비방향성 재료가 등방적 반응, 즉 스트립 평면의 어떤 방향으로도 자기적 자극에 대해 동일한 반응을 하는 반면에, 방향성 스트립 재료는 전술한 미세 구조로 인하여 다른 방향에 따른 자기적 자극에 다르게 반응한다. 바람직하게는, 방향성 재료는 본질적으로 주된 자속 방향과 일치하여 자화가 쉽게 일어날 수 있는 방향이 되도록 본 모터에 사용될 수 있다.

<79> 본 발명에 따른 장치를 구성하는데 사용되는 비방향성 Fe-계 결정질 합금 재료는 철과 대략 4~7 중량 퍼센트를 갖는 Si의 합금을 필수적으로 포함하는 것이 바람직하다. 비방향성 합금은 필수적으로 철과 대략 6.5 중량 퍼센트의 Si(이하, F-6.5%Si라 함)를 포함하는 구성을 가지며, 상기 재료를 포함하는 장치의 구성 또는 작동 도중에 발생하는 스트레스에 기인하는 유해한 자속 특성 저하에 의한 영향을 덜 받도록 새추레이션(saturation) 자기변형의 값이 0이 되지 않는 것이 바람직하다. F-6.5%Si 합금의 한 형태는 일본 동경의 제이에프이 스틸 코퍼레이션(JFE Steel Corporation)에 의해 50과 100um 두께의 자기 스트립(magnetic strips 50 and 100um thick)으로 공급된다(<http://www.jfe-steel.co.jp/en/products/electrical/supercore/index.html> 참조) 다스(Das) 등의 미국 특허 4,865,657호와 츠야(Tsuya) 등의 미국 특허 4,265,682호에 개시된 바와 같이, 금속 응결 공정(rapid solidification process)에 의해 제조된 F-6.5%Si 또한 사용될 수 있다.

<80> **모터의 일반적인 구조(Gnerral Structure of Motor)**

<81> 도 1과 도 2는 본 발명의 설명을 위해 반경 방향의 공기 간극과 횡단하는 플럭스(flux)의 모터의 일반적인 구조를 도시하고 있다. 도 1에는 중앙부에 위치한 회전자 조립체 150과, 동심원의 고정자 조립체 100이 도시되어 있다. 상기 고정자 조립체 100은 캐리어 104 위(또는 내부)에 장착되고 고정자 코일 또는 와인딩(windings)으로 감겨진 다수의 고정자 코어 102를 포함한다. 캐리어 104는 모터 하우징(미도시) 내측에 있는 고정자 하우징 또는 분리된 부분이 될 수 있다. 상기 회전자 조립체 150은 회전축 X에 대한 회전을 위해 배치되도록 적절한 형태(미도시)의 베어링에 의해 지지될 수 있다. 회전자 조립체 150은 회전자 캐리어 154의 위(또는 내부)에 분

리되어 장착된 회전자 자석 152를 갖는 회전자 자석 구조를 포함한다. 도 2는 도 1의 A-A 선에 따른 단면도로서, 회전자 자석 152에 대한 고정자 코어 102의 방향을 보다 상세하게 도시하고 있다. 형상을 명확히 하도록 하기 위해서, 도 2에는 고정자 캐리어 104와 회전자 캐리어 154가 생략되었다.

<82> 자석은, 축상에서 이격되어 있고 회전축에 거의 수직인 대략 평면의 회전자 층(rotor layer)으로 배치되어 있다. 동일한 수의 자석 152는 각각의 층에 존재하며, 회전자 조립체 150의 원주에 등각도로 배치된다. 각각의 자석 152는 그 양 끝단에 N극과 S극의 극성을 가지며, 각각의 자석의 한 끝은 회전자 조립체 150의 원통상의 둘레에 위치한다. 각각의 층에서 자석의 끝단들은 원주상에서 교번 배치된 N극과 S극을 갖는다. 도 1과 도 2의 실시예에서, 두 개의 층에 있는 자석들은 축상에서 대응하여 이웃하는 끝단에서 서로 다른 극성을 갖도록 축방향으로 정렬되어 배치된다. 다른 방식으로, 회전자 조립체 150은 다수의 서브 조립체로 구성될 수 있으며, 각각은 회전자 자석의 일부를 포함하게 될 수도 있다. 예를 들어, 회전자 캐리어 154는 두 개의 부분으로 이루어질 수 있고, 각각의 부분은 자석의 층을 제공하도록 할 수 있다. 또한, 각각의 부분은 단지 전체층의 일부를 형성할 수도 있다.

<83> 도 1에 도시된 바와 같이, 교번하는 극성을 갖는 다수의 영구 자석들은 대략 회전자 조립체 150의 원주상에 위치한다. 다른 실시예로서, 자석의 위치와 극성은 특정한 전기 장치의 설계상 요구되는 대로 변경될 수 있다. 또한, 도 2는 자기 투과성의 연결부재 156을 도시하고 있으며, 상기 연결부재 156은 도 1과 도 2에 도시된 회전자 자석 구조에 선택적으로 포함될 수 있다. 각각의 연결부재 156은 자석 중 하나와 이웃하는 자석 중 하나를 연결하고, 연결된 자석의 끝단과 근접하도록 배치되며, 연결된 끝단들은 교번하는 극성을 갖는다. 도 4는 도 2와 유사한 측면도를 나타내며, 고정자 캐리어 104 내에 설치된 고정자 코어 102와, 회전자 자석 152와, 회전자 캐리어 154 내에 장착된 연결부재 156을 도시한다. 도 1 내지 4의 실시예에는 연결부재 156이 도시되어 있지만, 다른 실시예로서 연결부재 156이 포함되지 않을 수 있다.

<84> 도 1과 도 2에 사각 블럭 형상의 얇고 편평한 스트립으로 도시된 연결부재 156은 자기 침투성의 재료로 이루어지며, 바람직하게는 비결정질(amorphous), 나노결정(nanocrystalline), 자속 강화성(flux-enhancing)의 Fe-계 재료로 구성되는 그룹 중의 하나로부터 선택될 수 있다. 연결부재 156은 회전자 조립체 150의 두 개의 다른 층으로부터 회전자 자석들 152를 연결한다. 이러한 연결부재 156은 하나의 회전자 자석 152에서 축상으로 인접하는 회전자 자석 152로 자속을 유도하는 기능을 수행하며, 이로써 자석에 고침투성의 자속 경로를 제공한다. 결과적으로, 자속이 증대되므로, 동일한 체적의 자석을 사용함으로써 모터 성능을 저하시키지 않고도 모터의 체적을 감소시킬 수 있게 된다. 영구자석, 특히 SmCo, FeNdB와 같은 희토류 자석은 모터의 구성부품 중에서 가장 값비싼 층에 속하므로, 요구되는 영구자석 재료의 양을 최소화하는 것이 강력히 요구되고 있다. 도 4는 회전자 캐리어 154 내부에 설치된 연결부재 156의 위치와 축상으로 인접하는 자석을 연결하는 일례를 도시하고 있다. 도 1과 2에 도시된 얇은 형태에 더하여, 연결부재 156은 다른 방식으로 고체 금속(solid steel)을 포함하는 자기 침투성의 재료를 포함할 수 있다. 바람직한 실시예로서, 연결부재는 샤프트 158에 거의 평행하게 위치한 사각 블럭 형상으로 이루어질 수 있으며, 도 4에는 박판의 표면이 도시되어 있다. 도 9와 도 10은 연결부재 156가 다른 방향을 갖는 것이 도시되어 있으며, 각각의 연결부재 156은 도 9의 평면도에 있는 두 개의 회전자 자석 152를 연결한다. 또한 각각의 박판은 도 9의 평면도에 나타나 있다. 도 10의 측면도에서, 박판은 회전축에 수직인 방향으로 형성되어 있다. 연결부재 156은 사각 블럭 형상으로 도시되었지만, 어떠한 형상을 가질 수도 있다. 예를 들어, 도 1의 고정자 조립체에 사용된 것과 유사하게 말발굽 형상의 코어가 사용될 때, 삼각기둥 형상이 사용될 수도 있다. 또한, 연결부재 156은 하나 또는 그 이상의 회전자 자석 152를 연결할 수도 있다. 도 2와 도 9는 단지 한 쌍의 자석들을 연결하는 연결부재들을 도시하고 있다. 다른 실시예로서, 연결부재 156은 동시에 하나의 회전자 조립체 내에 있는 많은 수의 또는 모든 자석들을 연결하거나, 다수의 회전자 조립체들 150에 있는 모든 자석들을 연결할 수 있다. 그러나, 연결부재 156은 선택적인 구성요소로서, 다른 실시예의 경우에 하나 또는 그 이상의 연결부재가 포함되지 않을 수도 있다.

<85> 연결부재가 사용된다면, 연결부재 156은 장치 효율을 개선하기 위해 낮은 히스테리시스 손실을 갖는 것이 바람직하다. 장치의 동작 중에 회전자가 회전함에 따라, 자력선 부분의 자기저항의 변화에 의하여 영구자석 및 연결부재에서 자속은 시간에 따라 변하게 된다. 이러한 변화로 인하여 연결부재에서 히스테리시스 손실이 일어나게 되고, 효율이 감소되며, 필연적으로 불필요하게 발생된 열의 방사가 일어나게 된다.

<86> 각각의 고정자 코어 102는 베이스 부분 200과 평행한 방향으로 배치된 두 개의 다리(leg) 201을 포함하며 고정자 코어 단부 202로 이루어지는 말발굽 형상을 갖는다. 고정자 코어 102의 베이스 부분 200은 캐리어 104 내에 장착되며, 고정자 코일 106은 고정자 코어 다리 201 둘레에 감겨진다. 고정자 코일 106은 고정자 코일 102 내에 자기장을 형성하도록 전기적으로 배선되며, 중심부에 위치한 회전자 자석 152를 밀어내거나 끌어당길 수 있

게 된다. 자력선(lines of magnetic flux)은 단부 202로부터 나오며, 단부 202는 고정자 코어 102를 위한 자극 면 (polefaces)을 형성한다. 도 2에 도시된 바와 같이, 고정자 코어의 두 개의 단부 202(자극 면)는 거의 같은 평면을 이루며 축상으로 정렬되어 있다. 상기 고정자 코어들은, 각각의 면들이 상기 고정자 조립체의 원통형상 주변부에 위치한 채로 고정자 조립체의 원주상에 등각도로 배치된다.

- <87> 고정자 코어 102는 비결정질(amorphous), 나노결정(nanocrystalline), 자속 강화성(flux-enhancing)의 Fe-계 재료로 구성되는 그룹으로부터 선택되는 재료로 이루어진 시트 또는 리본으로 구성되는 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는, 상기 재료는 철과 대략 4~7 중량 퍼센트를 갖는 Si의 합금을 필수적으로 포함하는 비방향성 재료로 이루어질 수 있다. 가장 바람직한 합금은 비결정질과 나노결정의 합금과 비방향성의 Fe-6.5%Si를 포함한다. 바람직하게는, 고정자 코어 102 내의 시트들은 예를 들어 낮은 점성의 에폭시 수지의 주입에 의하여 서로 접촉될 수 있다.
- <88> 도 1과 도 2의 실시예에서, 회전자 조립체 150의 원통형상의 주변부는 고정자 조립체 100의 원통형상의 주변부의 반경방향 내측이다. 이러한 각각의 주변부는 반경 방향의 공기 간극을 가로질러 대향하고 있다.
- <89> 고정자 코어들은 하나 또는 그 이상의 적절한 하우징 내부에 설치되며, 하우징은 금속, 플라스틱 또는 적절한 기계적, 전기적 특성을 갖는 다른 재료로 이루어질 수 있다. 상기 고정자 코어는 하나 또는 두 분의 에폭시와 같이 구조적인 접착에 의하여 하우징 내부 위치에 장착될 수 있다. 도 3과 도 4는 다른 실시예에 관한 것으로서, 회전자 캐리어 154는 모터의 중심축까지 연장된다. 도 4는 도 3과 유사한 단면도를 나타내며, 회전자 캐리어 154 내부에 설치된 회전자 자석 152를 도시하고 있다. 본 실시예에서 회전자 조립체 150은, 자석 152를 포함하는 회전자 캐리어 154에 장착되는 샤프트 158을 더 포함할 수 있다. 고정자 캐리어 104는, 회전자 조립체 150이 베어링 160을 통하여 회전하는 동안 모터에 대해 정지된 상태를 유지한다.
- <90> 도 5와 6은 각각 고정자 코어(102)의 구성을 더 상세히 보여주는 평면도와 측면도이다. (명확히 하기 위해서, 고정자 캐리어(104)는 도시하지 않는다.) 도 6에 가장 잘 도시한 것과 같이, 고정자 코어(102)는 일정한 치수 즉 길이( $l$ ), 폭( $w$ ), 두께( $t$ ) 및 휨 각(bending angle)( $\theta 1, \theta 2$ )을 갖는 말굽 모양이다. 특정한 실시예에서, 고정자 코어(102)는  $l=35\text{mm}$ ,  $w=20\text{mm}$ ,  $t=1\text{mm}$  and  $\theta 1, \theta 2 = 90^\circ$  인 치수를 갖는 말굽 모양이다. 고정자 코어(102)의 치수는 고정자 설계에 따라 변하고, 전기 장치의 성능을 최적화하도록 선택된다. 말굽 모양은 기존 기술을 사용하여 이미 제조되고 있는 것과 같은 일부 실시 형태에 사용되는 고정자 코어 설계를 보여주도록 선택되었다. 당업자에게 명확한 고정자 코어(102)의 모양이나 고정자 코어(102)를 구비하는 시트 또는 리본의 배향의 변형은 본 발명의 범위에 속하는 것이다. 예컨대, 고정자 코어(102)는  $\theta 1 = \theta 2 = 90^\circ$  를 형성하는 균일한 휨 반경으로 도시되고,  $\theta 1$  및  $\theta 2$ 는  $90^\circ$  보다 크거나 작을 수 있다. 또는 고정자 코어(102)는 하나의 긴 밴드(bend) 즉 대체로 원형의 호를 형성하면서 이어질 수 있다. 고정자 코어(102)의 수와 고정자 캐리어(104) 내부의 원주 방향 분리 거리( $Z$ )(도 5 참조)는 전기 장치의 설계에 따라 변한다.
- <91> 고정자 코어(102)의 다른 형태가 도 16에 도시되며, 단부(202)가 실질적으로 평행한 다리(201)에 대해 확대되어 있다. 그와 같은 코어 구성에 따라, 고정자 권선은 확대된 부분에 배치되어 반경 방향으로 단부(202)로부터 제거되고, 그에 따라 회전자 자석으로부터 자속의 변화에 따라 권선에 인가되는 부유 자장( 또는 전장) 와류 손실(stray field eddy current loss)을 줄일 수 있다.
- <92> 바람직한 실시예에서, 고정자 코어(102)는 사인 곡선 장치 동작에 적용되는 패러데이 법칙에 기초한 모터 설계 원리에 따른 크기를 갖는데, 이 법칙은 모든 다이내모 일렉트릭 장치에 적용된다. 이들 및 관련 원리 및 요구되는 장치 특성에 기초하면, 전체 고정자 부피 즉 전체 용적은 바람직하게는 최소로 유지된다. 설계는 고정자 코어(102)와 권선이 차지하는 부피를 비롯한 고정자 요소가 소비하는 모터의 모든 부피를 최소화한다.  $V_{min} = t \times w \times$  (단부(202)로부터 대향 단부(202)까지의) 평균 거리인 최소 고정자 부피( $V_{min}$ )가 바람직하다. 고정자 부피는 유익하게는 열 낭비의 원인인 철손 감소와 재료비 감소 및 전체 모터 부피 감소에 기여한다. 단면적( $t \times w$ )은 자속 밀도를 따라 최적화되어, 코일(106)을 통과하는 자속선의 수를 최적화한다. 단면적( $t \times w$ )이 증가하면 코일(106)에 유용한 면적이 감소한다. 전체 장치 출력( $P_{tot}$ )은 코일(106) 영역의 자속 밀도( $B$ ), 주파수( $f$ ) 및 고정자 세그먼트의 수( $N$ )로 곱한 단면적( $t \times w$ )으로 곱한 코일(106)의 권수( $n$ )에 대략 비례한다. 즉  $P_{tot} \sim n \times t \times w \times B \times f \times N$ 이다.
- <93> 바람직하게는, 고정자 코어(102)를 구성하는 시트 또는 리본 형태의 무정형 나노 결정질 금속이나 자속 강화성 Fe-계 금속의 (박층) 적층물(lamination)의 배향은 회전하는 회전자 자석에 의해 형성되는 사인 곡선 형태의 가변 자속의 방향을 고려하여 정한다. 반경 방향 간극 장치의 경우, 자속의 사인 형태 변화는 회전자의 회전축에 직각으로 놓인 일련의 평면 내에서 (즉, 도 1과 3의 평면 내에서) 우세하다. 하지만, 축방향 간극 장치의

경우, 자속의 사인 곡선 형태의 변화는 회전축과 동축인 일련의 실린더 내부에 놓인다. 바람직하게는, 고정자 코어 적층물은 각각 반경 방향 또는 축방향 간극 장치를 위한 사인 곡선 형태의 가변 자속을 갖는 평면 또는 실린더에 실질적으로 평행하다. 도 4와 6은 반경 방향 간극 장치를 위한 고정자 코어 102를 구성하는 시트 또는 리본 재료의 적층 방향을 보여준다. 고정자 단부 202 부근의 적층 시트의 평면은 (샤프트 158를 따라) 회전자 자석의 회전축에 실질적으로 직각인 것으로 도시된다. 고정자 코어의 적층 평면에 직각인 벡터 성분을 갖는 회전자 자석의 모든 자속은 이 평면의 흐름에 와류를 인가하여 원치 않는 와류 손실을 일으킬 것이다. 따라서, 회전자 자석의 실질적으로 모든 자속이 적층 평면 내의 방향에 존재하고 이 평면 밖에는 존재하지 않도록 고정자 코어를 배치하면 바람직하다.

<94> 고정자 코일 106 은 구리 또는 알루미늄 와이어와 같은 전도성 와이어로 구성되는 것이 바람직하며, 이는 고정자 다리 201에 감겨진다(도 2 참조). 그러나, 상기 와이어 소재는 구리로 제한되는 것은 아니며 임의의 전도성 소재로 이루어질 수 있다. 상기 와이어는 라운드, 사각형 또는 직사각형의 단면상으로 이루어지는 것이 바람직하다. 꼬여진 와이어(stranded wire)는 권선을 용이하도록 하기 위해 사용되며 고주파 성능을 높이기 위해 사용될 수 있다. 다수의 고정자 코일 106은 고정자 코어 102에 사용될 수 있다. 고정자 코일 106은 보빈 권선 공정을 통해서 권선되며, 이러한 코일은 미싱보빈 (sewing machine bobbin)과 같이 감겨진다. 이전의 코일상에 선택적으로 감겨지는 코일은 고정자 코어 다리 201상에 연속적으로 조립되고 고정자 "티스(teeth)"를 형성한다. 도 1과 도 2의 실시예에서, 상기 보빈권선코일은 고정자 코어 다리 201에 조립된다. 또한, 다른 실시예에서 고정자 코일 106은 고정자 코어 102의 베이스부 200상에 배치될 수 있으며, 또는 베이스부 200과 다리 201 양측에 배치될 수 있다. 보빈 권선의 다른 실시예로서, 고정자 코일 106은 니들권선(needle winding) 공정에 의해서 권선될 수 있으며, 이것에 의해서 고정자 티스의 기존 조립체상에 즉 고정자 코어 단부 202를 통해 권선된다. 니들권선은 종래의 방사 에어갭 머신의 구조로 채용되며 임의의 티스 조립체로 수행될 수 있다.

<95> 다른 구성에서 고정자 코일 106 권선은 하나 또는 그 이상의 전기적인 코일 스패ن(span) 다중 티스 또는 고정자 코일 단부 202로 분배되며, 다른 코일과 중첩된다. 도 7과 8에는 분배된 코일이 채용된 실시예가 개시되어 있으며, 두개의 고정자 코어 102는 고정자 코일 106이 감겨져 있다. 다른 분배 권선 설계에서 고정자 코일 106은 2개의 고정자 코어 이상 에워싼다.

<96> 회전자 캐리어 154내의 회전자 자석 152의 크기 및 간격은 소재소비를 최소화하면서 장치의 성능을 최적화하도록 선택되는 것이 바람직하다. 실시예에서, 회전자 자석 152은 인접하는 자석사이에 약간 또는 원주공극이 없도록 이격된다. 다른 실시예에서 도 1,2에 도시된 바와 같은 자석 152인 디스크리트(discrete) 회전자 자석은 사용되지 않는다. 대신에 하나 또는 그 이상의 조각난 영구자석은 아치형이 바람직하며, 회전자조립체 150의 원주 주변에 배치된다. 각 조각은 일측면으로부터 타측면으로 단일 조각 고체 자석에 대해서 반원경로로 이동되는 자속선을 갖는 단일 N-S 자극 쌍을 제공할 수 있다. 선택적으로 각 조각은 본딩된 자석상에 인쇄된 자극들과 같은 복수의 자극쌍을 제공할 수 있다. 통상적으로 연결부재 156는 이러한 자석 형태에 사용되지 않는다.

<97> 선택적으로 하나 또는 그 이상 회전자 조립체 150내의 자석 152은 도 17에 도시한 바와 같이 원주상으로 서로 엇갈리게 배열된다. 하나의 층내의 자석 단부 153a는 도 17에 도시한 바와 같이 인접하는 층에서 대응하는 단부 153b로부터 비틀림 각도  $\psi$ 로 회전되어 질 수 있다. 영이 아닌 값의  $\psi$ 는 토크 코깅(torque cogging)을 줄이기 위해서 종종 선택되어진다. 알려진 바와 같이 코깅은 입력전류가 크게 감소하여 축이 영(zero) 또는 매우 낮은 rpm 으로 된후 기기내에서 회전위치로 회전력을 주는 번이이다. 토크 코깅은 바람직하지 않은 성능과 음향문제를 유발할 수 있다. 주어진 회전자위치에서 가우스 법칙에 따라 다수의 북향 자속선은 방사상 에어갭(airgap)을 경유할 뿐만 아니라 동등한 다수의 남향 자속선은 상기 갭을 가로 지르게 된다. 영(zero) 코깅 장치는 상기 에어갭을 가로지르는 자속의 순가치(net value)의 크기가 일정하며, 남쪽 자속으로부터의 흐름선은 음으로 되고, 북쪽 자속으로부터의 흐름선은 양으로 된다. 이러한 장치에서 회전자가 회전될때 방사상 에어갭을 가로지르는 자속의 절대값에서 변화는 없다. 실제로 토크코깅은 회전자 자석 152의 크기, 형태, 위치 및 수량의 최적화에 의해서 자속의 절대값의 각도변이를 줄이는 것에 의해 최소화되며, 상기 회전자 자석은 딱딱하고 부드러운 자석 소재 특성을 고려한다. 회전자 조립체 150의 주어진 층내에서 회전자 자석 152사이 그리고 인접하는 층사이 그리고 분리된 회전자 조립체 150사이에서의 원주방향 간격은 최적의 값으로 유지된다. 일실시예에서, 회전자 자석 152간의 최적의 원주간격은 각 회전자 자석 152의 전체영역이 고정자 코어 단부 202의 영역의 175% ± 20%와 동일함을 알 수 있다.

<98> 상기 고정자 코어의 다리들간의 간격은 다수의 요소에 작용한다. 큰 간격은 원하지 않는 자극 대 자극 흐름 유출(leakage)을 줄이지만 비용을 추가하고, 모터의 축방향 길이를 증가시킨다. 또한 보다 부드러운 자석소재가 요구되고, 코어 손실은 코어소재의 증가된 부피로 비례적으로 증가한다. 다리간격의 적합한 선택은 이러한 고려

들을 포함할 뿐만 아니라 에어갭의 효과, 자석 자극 표면영역 및 고정자 코어 표면영역을 포함한다.

- <99> 또한 상기 회전자 조립체 150를 원주방향으로 서로 엇갈리게 배열하면 보다 낮은 손실특성을 만들 수 있다. 위치에서 변화에 기인하는 회전자 자석 152의 자속변이는 와류전류(eddy current)와 히스테리시스(hysteresis)에 기인하여 자석자체에서 원하지 않는 손실을 유도할 수 있다. 이들은 각 자석에 의해 경험한 바와 같이 전체 자력선의 투사율의 변화에 기인한다. 자력선의 투사율내에서의 변화는 자석에 의해 만들어지는 자속내에서의 변화를 초래한다. 자속내에서의 이러한 변화는 자석내에서 주파수 의존 와전류(frequency dependent eddy current)와 히스테리시스 손실을 발생시킨다. 이러한 손실은 정류 주파수(commutating frequency)(CF)에서 발생되지 않으며, 이는 회전자 자극쌍으로 곱해지는 회전속도이며, 상기 회전자 자극쌍은 2개로 분할되는 회전자 자극의 수이고, 회전속도는 초당 1회전수이다( $CF = rpm/60 \times \text{자극}/2$ ). 오히려 이러한 손실은 고정자 티스의 수로 곱한 초당 회전수에 동일한 주파수에서 발생하며, 고정자 티스의 수는 DC자석이 각 회전에 대해 만나는 티스를 참조한다. 장치의 구체적인 실시예에 대해서 0.5 고정자 SPP(slot per phase per pole)값의 수는 이하에 보다 상세히 설명하며, 고정자 티스의 수는 회전자 자극 쌍의 수에 3배한 것과 동일하다.
- <100> 회전자 자석 152는 영구자석의 임의형태일 수 있다. 사마리움-코발트(samarium-cobalt)자석, 다른 코발트 희토류 자석, 또는 희토류-전이 금속-준금속(metl-metalloid) 자석, 예를들면 NdFeB자석과 같은 희토류 변이 금속 합금 자석이 적합하다. 회전자자석구조는 소결되고(sintered), 플라스틱 접착되며(plastic-bonded) 또는 세라믹 영구자석소재로 구성될 수 있다. 바람직하게 상기 자석은 선형 초당 사분 정상 자기화 곡선(liner second-quadrant normal magnetization curve)를 따라 높은 에너지 제품, 항자기성(coercivity), 포화자기력을 갖는다. 보다 상세하게는 방향이 정해지고 소결된 희토류-전이 금속 합금 자석이 사용되고, 이는 보다 높은 에너지 제품이 플럭스(flux)를 증가시키고, 토크를 강화시키기 때문이며, 동시에 고가의 영구자석소재의 부피를 줄이는 것을 가능하게 한다. 다른 실시예에서, 회전자 자석 152는 전자석으로 구성될 수 있다.
- <101> 회전자 자석 152를 포함하는 회전자 조립체 150는 샤프트 158의 축에 대해 베어링 160상에서의 회전을 위해 지지되고 회전자 캐리어 154에 의해 적절하게 배열되며, 자석의 자극은 고정자 배열에 인접하는 사전에 설정된 경로를 따라 접근할 수 있다(도 4 참조). 도 1은 직사각형 회전자 자석 152를 도시한 것이며, 외부길이 a1와 내부길이 a2는 대략적으로 동일하다. 상기 회전자 자석 152는 일반적으로 저렴하게 제조할 수 있는 직사각형이 바람직하다. 도 17에 도시한 바와 같이 테이퍼지거나 웨지(wedge) 형상의 자석이 또한 사용될 수 있다. 도1에 도시한 바와 같이, 곡선형상을 갖는 회전자 자석 152는 외부원호길이 a1와 내부원호길이 a2에 의해 정의될 수 있다. 그러나 원호형상의 회전자자석은 제조하는데 보다 고가이다. 또한 높은 자극수를 갖는 본 발명의 고주파수 실시예에 대해서 큰 수를 갖는 작은 직사각형 회전자 자석이 통상적으로 사용된다. 각 외부길이 a1은 대략적으로 원호에 근접하게 현(chord)이 호에 대하는(subtending) 다소 작은 각도로 형성한다. 선택적으로 회전자자석 152는 다각형상일 수 있다. 다른 실시예에서 예를들면 전환되는 것을 기피하는 디자인에 대해서 모터가 스틸과 같이 딱딱하거나 적층된 자석소재로 구성될 수 있다.
- <102> 구체적인 실시예에서, 회전자 자석 152의 외부길이 a1와 고정자 코일 106과 결합되는 고정자 코어 102의 폭 w는 대체로 동일하다. 만약 a1이 w보다 상당히 크면, 자속선은 상기 갭을 가로지르지 않고, 오히려 다른 방향으로 "유출(leak)" 된다. 이는 자석이 고가이기 때문에 손해이며, 이익을 얻을 수 없다. w보다 상당히 작게 a1을 제조하게 되면 다른 방법으로 얻어지는 것보다 고정자에서 보다 낮은 자속밀도를 초래하며, 이는 전체적인 기기출력밀도를 낮춘다.
- <103> 다른 실시예에서, 회전자 자석 152는 자극이 부여되고 접착된 자석과 같은 하나 또는 그이상의 연속적인 고체로 구성될 수 있다. 이러한 실시예에서, 회전자자석 조각의 수는 효과적을 작동하는 자극수와 다를 수 있다. 설계자는 자극수를 조작하여 모터운전과 성능을 정하는 것을 인지하고 있다.
- <104> 고정자 코어 102 또는 회전자 자석 152를 적절하게 지지할 수 있는 적합한 소재는 고정자 캐리어 104와 회전자 캐리어 154에 사용될 수 있다. 바람직하게 비자성소재가 사용된다. 그러나 고정자 캐리어 104와 회전자 캐리어 154는 캐리어 소재의 전도성을 제한하지 않는 전도성 소재로 구성된다. 바람직하게, 상기 캐리어 104,154는 회전자 조립체 150를 회전시키는 상대적인 위치에서 상기 회전자 조립체 150와 고정자 조립체 100를 지지하는데 충분한 강도를 갖는 높은 열적 전도성 배열일 수 있다. 다른 요소들은 기구적인 강도요구와 같은 캐리어소재의 선택에 영향을 미칠 수 있다. 구체적인 실시예에서, 고정자 캐리어 104와 회전자 캐리어 154는 알루미늄으로 형성된다. 다른 구체적인 실시예에서, 상기 캐리어 104,154는 전체적으로 유기적, 예를 들면 2개의 에폭시 레진/경화 시스템과 같은 유기적인 절연체일 수 있다. 전기적 장치 예를들면, 고정자 코어 102와 회전자 자석 152의 작동 구성요소는 접착(adhesive), 클램핑, 용접, 고정 또는 다른 적당한 결합을 통하여 고정자 캐리어 104와 회

전자 캐리어 154내에 고정될 수 있다. 회전자 캐리어 154는 기기의 축방향 샤프트 주변에 회전가능하게 적당한 베어링표면상에 탑재되는 것이 바람직하다. 베어링, 부싱의 종류 및 이에 관련된 품목은 모터산업에서 사용되는 통상적인 것이 적합하다.

<105> 다중 고정자 코어 102는 통상적인 자석부내에 권선될 수 있다. 이는 0.5보다 큰 SPP(slot per phase per pole)에 상응하며 여기서 상기 SPP율은 고정자 권선내에서의 위상 수와 DC자극의 수에 의해 고정자 코어 102의 수를 나누는 것에 의해서 결정된다(SPP = 슬롯/위상/자극). 본 발명의 모터에 의하면, 슬롯은 회전자축에 평면상에서 직교하는 범위내에서 고정자 코어 102사이의 간격을 참고한다. SPP값의 계산에서, 자극은 변하는 자기장과 상호작용하는 DC자기장에 참조한다. 따라서 바람직한 실시예에서, 영구자석은 DC 자기장을 제공하는 회전자 캐리어 154상에 탑재되거나 내부에 설치된다. 본 발명에 따른 동기식 모터의 다른 실시예에서, DC전자석은 DC장을 제공한다. 고정자 권선의 전자석은 변화 자기장, 즉, 시간과 위치를 변화시키는 것을 제공한다. 본 발명의 방사상 에어갭 전기적 장치는 배열 또는 방사상형태의 넓은 변형을 가질 수 있다. 예를 들어 정지 고정자 조립체 100은 중앙에 위치될 수 있고, 방사상 내측에 동심으로 위치되며, 회전자 조립체 150과 떨어져 이격될 수 있다. 회전자자석 152을 갖는 회전부는 전기장치의 외부일 수 있으며, 상기 고정자 조립체 100은 내부 비회전부일 수 있다. 도 11과 12는 본 발명의 실시예를 도시한 것이며 점선으로 둘러싼 회전자 조립체 150은 모터의 외부이다. 이러한 외부 회전자 조립체 150은 예를 들어 베어링(미도시)상에서 회전할 수 있다. 외부 구조와 유사한 회전자 조립체 150은 도 11과 도 12의 설계로 사용되는 것이 적합하다. 고정자 코일 106과 고정자 코어 102를 포함하는 정지 고정자 조립체 100은 모터의 내부 비회전부 상이다.

<106> 또한, 다수의 교번하는 회전자 조립체 150 또는 다수의 고정자 조립체 100이 있을 수 있다. 도 13과 도 14는 두 개의 회전자 조립체 150과 두 개의 고정자 조립체 100을 갖는 실시예를 도시하고 있다. 축상으로 정렬된 고정자 코어 102는 단일한 고정자 캐리어 104에 장착되는 것으로 나타나 있다. 유사하게, 축상으로 정렬된 회전자 자석 152은 인접하는 단일의 회전자 캐리어 154에 장착될 수 있다. 다른 방식으로, 축에 연결된 다수의 분리된 회전자 캐리어 및/또는 분리된 고정자 캐리어가 사용될 수도 있다. 도 13과 14의 실시예에 도시된 다양한 권취 형태가 사용될 수 있으며, 다른 고정자 조립체에서 선택적으로 포함된 다수의 고정자 코어 102가 공통된 고정자 코일 106을 분배하는 형상을 포함할 수 있다.

<107> 본 발명의 다른 측면으로서, 반경방향의 공기 간극과 횡단하는 플럭스를 가지며, 적절하게 전원에 연결되어 작동되는 회전장치가 제공된다. 예를 들어, 전원은 전원(power electronics, PE) 리플을 최소화하도록 설계되며, 모터운전동안 토크에서 바람직하지 않은 변이이고, 성능에 영향을 미칠 수 있다. 낮은 인덕턴스를 갖는 이러한 모터와 더불어 높은 주파수로 정류되고, 낮은 속도제어를 유지하는 것은 함께 최적화하는 것이 바람직하다.

<108> 이와 같이, "파워 일렉트론"은 부분 주파수와 파형의 직류 전류(DC) 또는 교류 전류(AC)와 같이 공급되는 전기 전력을 직류 전류 또는 교류 전류로 변환하도록 적용되는 전기 회로로 이해되고, 출력과 입력은 전압과 주파수와 파형 중 적어도 하나가 상이하다. 변환은 파워 일렉트론 변환 회로에 의해 이루어진다. 직류 전류를 제공하기 위하여 교류 전류의 주파수와 단일 브리지 정류를 보존하는 통상의 변환기를 이용하여 주파수를 교류 전류 전력의 단일 전압 변화 이외를 위하여, 현재 전력 변환은 통상적으로 비선형 반도체 장치와 능동적인 제어를 제공하는 다른 관련 구성요소들을 사용한다.

<109> 원동기계는 교류 전력이 직접적으로 또는 직류 전력의 전달을 통해 제공되어야 한다. 비록 브러쉬 타입 기계를 이용한 기구적 전달이 오랫동안 사용되었지만, 고효율 반도체 장치의 이용도는 브러쉬가 없는 디자인과 현재의 고정 자석 모터를 이용한 전기적 전달수단이 가능하도록 한다. 발전모드에서, 기계(기계적 전달이 없는)는 본질적으로 교류전류를 생성한다. 기계의 대부분은 동시에 동작하고, 이는 교류 전류 입력 또는 출력 전력은 회전 주파수와 몇 개의 전극에 의해 비례하는 주파수를 가지게 됨을 의미한다. 예를 들면 50 또는 60Hz 그리드는 배와 항공우주 시스템에 종종 사용되는 전기 유틸리티들 또는 400Hz 그리드에 의해 일반적으로 사용되는 것과 같이, 동기식 모터는 전력 그리드에 직접 연결되고, 그로 인하여 전극 수 변화에 의해서만 얻어질 수 있는 변화로 특정 속도에서 동작한다. 동기식 발전을 위하여, 주 이동체의 회전 주파수는 안정적인 주파수를 제공하도록 제어되어야 한다. 몇몇 경우, 주 이동체는 알려진 기계 디자인을 위한 실질적인 한계 내에서 전극 수를 갖는 모터들에 의해 조절되도록 지나치게 높거나 낮은 회전 주파수를 본질적으로 제공한다. 이러한 경우, 회전 기계는 기계적 샤프트에 연결될 수 없고, 그리하여 복잡성과 효율 저하가 수반되는 수반물임에도 불구하고 기어박스는 적용되어야 한다. 예를 들어, 바람 터빈들이 너무 늦게 회전하여 과도하게 큰 전극 수가 전환 모터에 요구된다. 또한, 바람직한 기계적 효율의 고유 동작을 얻기 위하여, 특정 가스 터빈 엔진들은 빠르게 회전하여 적은 전극 수에도 불구하고 발생된 주파수는 수용 불가능하게 높다. 원동과 발전의 선택적인 응용은 능동적인 전력

변환이다.

- <110> 상기 언급된 바를 더 상세히 설명하면, 본 발명에 따라 구성되는 기계는 종래 장치에 비해 보다 넓은 회전 속도 범위로 모터나 발전기로 동작될 수 있다. 많은 경우, 지금까지 모터와 발전기 응용에 요구되고 있는 기어박스는 제거될 수 있다. 그러나, 결과 이득은 또한, 종래의 기계에 적용되는 것보다 넓은 전기 주파수 범위에 걸쳐 실시 가능한 파워 일렉트론의 이용을 요구한다.
- <111> 본 발명의 다른 형상에 있어, 기계를 연결하고 제어하기 위한 파워 일렉트론적 수단에 작동 가능하게 연결되는 상기 언급된 타입들 중 역학적 에너지와 전기적 에너지의 변환에 관계하는 기계를 포함하는 에너지 변환 기계 시스템이 제공된다. 원동 적용을 위하여, 기계는 전기적 전력 그리드, 전기화학 배터리, 연료 전지, 태양 전지 또는 전기적 에너지 공급 가능한 여러 공급원 등의 전기적 소스에 연결된다. 필수적인 기계적 부하는 기계 샤프트로 연결될 수 있다. 발전 시, 회전 구동 에너지의 원천이 되는 기계 샤프트는 기계적으로 주 이동체에 연결되고, 전기적 적용 또는 전기적 에너지 저장의 어떠한 형태를 포함하는 시스템은 전기적 하중에 연결된다. 예를 들어 차량의 드라이브 휠에 연결되는 시스템과 같은 기계 시스템은 재발전 모터 시스템으로 적용되고, 제동에 영향을 주도록 차량의 기계적 추진력과 차량의 동역학적 에너지를 배터리 내에 저장되는 전기적 에너지로 다시 변환시키는 것을 선택적으로 제공한다.
- <112> 전기역학 기계 시스템의 한 실시예는 적어도 하나의 고정자 조립체와 다수의 고정자 감김선들과 회전축 주변의 회전을 지지하기 위한 적어도 하나의 회전자 조립체를 구비하는 전기역학 기계를 포함한다. 상기 회전자 조립체와 고정자 조립체는 상기 회전축과 동심축을 갖는다. 회전자 조립체는 구별된 회전자 자석과 동일한 개수의 회전자 층을 적어도 둘 구비하고, 상기 각 자석은 양 단에 북극과 남극으로 정의된 양극을 갖고, 상기 층은 실질적으로 평평하며, 상기 회전축에 직각을 이루고, 축방향으로 공간을 갖도록 이격되고, 상기 자석은 상기 회전자 조립체의 주변에 등각으로 각 층에 배열된다. 그리하여, (i) 상기 각 자석의 일단은 상기 회전자 조립체의 원주형 주변에 위치되고; (ii) 상기 주변에 위치되는 상기 일단은 원주상으로 북극 및 남극 전극을 선택적으로 마련하고; (iii) 상기 각 자석들은 상기 인접한 자석의 양단 중 가까운 일단에 위치되는 자기적으로 침투성 있는 연결부재에 의해 인접한 하나의 자석에 자기적으로 연결된다. 고정자 조립체는 다수의 고정자 코어를 구비한다. 각 고정자 코어들은 제1 및 제2 고정자 전극면을 경계 지으며, 상기 고정자 코어는 상기 고정자 조립체의 외주면 주변에 평행하도록 배치된다. 따라서, (i) 상기 각 고정자 코어의 상기 제1 및 제2 고정자 전극면은 상기 고정자 조립체의 외주면 주변에 축방향으로 배열되도록 마련되고; (ii) 상기 제1 고정자 전극면들은 상기 회전자 층의 하나에 방사상으로 인접하는 제1 고정자 층 내에 마련하고; (iii) 상기 제2 고정자 전극면들은 상기 회전자 층 중의 다른 하나에 인접하는 제2 고정자 층 내에 마련된다. 고정자 감김선들은 고정자 코어들을 둘러싼다.
- <113> 전기역학 기계 시스템은 파워 일렉트론 수단을 더 포함한다. 파워 일렉트론 수단은, 만족할만한 전자기구학적 동작이 유지되고 조절되고 제어되는 동안, 기구적 및 전기적 하중에서 예견되는 변화를 조절하기 위하여 충분한 역학상 구역을 갖는 능동적 제어를 통상적으로 반드시 포함하는 본 발명에서 유용하다. 전력 변환 위상의 어떠한 형상이라도 사용될 수 있고, 스위칭 조정기, 적용 추진기, 벅, 플라이백 변환기, 파형폭 조절기를 포함한다. 가능하면 전압과 전류는 모두 독립적으로 제어 가능하고, 파워 일렉트론의 제어는 직접 축 위치 감지를 사용하거나 사용하지 아니하더라도 동작될 수 있다. 또한, 4-사분면 제어가 제공되어 원동 또는 발전 모드에서 기계가 시계방향 또는 반시계방향으로 회전하도록 동작 가능성이 바람직하다. 현재 루프와 속도 루프 제어 회로는 토크 모드와 속도모드 제어가 적용 가능한 곳에 포함됨이 바람직하다. 안정된 동작을 위하여, 파워 일렉트론 수단은 소정의 전달 주파수보다 적어도 약 10배 큰 제어 루프 주파수 범위를 구비함이 바람직하다. 본 시스템을 위하여, 약 2kHz 이상의 전달 주파수에서의 회전 기계의 동작은 적어도 약 20kHz 이상의 제어 루프 주파수 범위를 필요로 한다.
- <114> 본 발명을 통해, 개선된 재료들을 혼합하는 방사상 에어갭 전기 기계들이 가능해진다. 방사상 갭 모터들을 요구하는 다수의 적용들은, 발전된 스타너 및 교류발전기를 구비하는 가솔린 및 디젤 엔진을 포함하나, 이에 한정되지는 아니한다. 이러한 적용에 있어서, 제조 조립체는 회전자와 분리된 구성요소와 같이 고정자를 조립하는 능력을 지시한다. 축방향 에어갭 모터들을 사용하는 것을 어렵지만, 방사상 에어갭 모터들을 사용하는 것은 상대적으로 용이하다. 이러한 적용들은 무정형의 고주파수 디자인 특성, 나노크리스탈라인 또는 철성분 금속의 용제 증진에 유익하다. 이와 같은 물질들은 즉시 사용 가능하고, 발명은 존재하는 물질 공급 연쇄의 변화에 의존하지 아니한다. 무정형, 나노크리스탈라인, 또는 철 금속의 용제 증진의 개선, 영구 자석, 또는 구리선들은 즉시 본 발명에 적용된다. 상기 실시예의 사각 회전자 자석 152 는 제작이 용이하고, 고정자 코일 106 은 감싸는 타입의

보빈으로 즉시 제작될 수 있다.

- <115> 본 발명은 또한 작은 인쇄회로기판 타입의 구성요소에 전체가 결합되는 지점에서라도 소형화될 수 있다.
- <116> 일반적인 방사상 에어갭 모터와 비교하여 본 횡방향 용체 방사상 갭 모터의 어느 실시예는 몇 가지 이점이 있다. 무정형 금속, 나노크리스탈라인 금속 리본, 결정 또는 비결정 철성분 금속은, 비용 효과 측면과, 수 년동안 산업에 의해 고찰된 디자인에 있어 방사상 에어갭 형상으로 구체화될 수 있다.
- <117> 여러 종류 형상의 영구자석은 본 모터들을 제작하는데 사용될 수 있지만, 자석 압착기술은 아크와 곡면 형상으로 직접 형성되기가 용이하지 아니하므로, 사각 회전자 영구 자석들은 제조원가가 비싸지 아니한 대부분의 실시예로 적용됨이 바람직하다. 이러한 형상들은 종종 영구 자석 물질(예를 들어 NdFeB, SmCo, 또는 다른 자기력을 갖는 지상의 희귀 물질)을 압축한 후에 추가되어 사각 형상으로 형성되고, 결과적으로 발생하는 버려지는 물질을 이용하여 비용이 많이 드는 그라인딩 공정을 이용한다. 상기 언급한 바와 같이, 많은 전극 수를 갖는 실시예는 사각 형상의 자석들을 이용하여 회전자 자석 디자인을 활용한다. 많은 수의 전극수 모터들은 고주파수 방사상 에어갭 모터를 제공한다.
- <118> 고정자 코어는 또한 기계 가공이 거의 없는 방법으로 제조할 수 있다. 예컨대, 리본은 도 15에 도시한 것과 같이 경주장 모양으로 나선형으로 권선할 수 있다. 이 경주장 모양을 선(250)을 따라 절단하여 두 개의 동일한 말굽 모양(102)을 형성할 수 있다. 금속의 층들을 종래의 적층 스템프 공정에서 요구되는 것과 같이 층마다 절단하는 대신 한번의 일괄 공정으로 절단할 수 있다. 그 장점으로, 고정자 코어는 연자성 재료를 거의 낭비하지 않고 권선 공정에 의해 제조할 수 있다. 확대된 단부(202)를 갖는 고정자 코어를 제공하는 도 16에 도시한 형태와 같은 유사한 공정으로 다른 적절한 고정자 코어 형태를 준비할 수 있다. 연결 부재(156)는 유사한 방식으로 제조할 수 있다. 고정자 코어에 사용하기 위한 동일한 재료는 연결 재료 제조에도 바람직하다. 다수의 이러한 제조 방법은 다른 모터가 아닌 장치를 위한 요소를 제조하기 위해 널리 실시되고 있다.
- <119> 본 발명의 횡단 자극 반경 방향 간극 모터는 축방향 간극 모터에 비해 비용 절감의 장점도 있다. 예컨대, 축방향 간극 장치에서 베어링 시스템에 가해지는 축방향 힘은 본 발명의 횡단 자극 반경 방향 간극 모터보다 훨씬 크므로, 본 발명의 장치에서는 더 저렴한 베어링을 사용할 수 있다.
- <120> 본 발명은 축방향으로 배치된 회전자 자석의 이중층에 의해 1차 톱니바퀴효과(first-order cogging)를 줄이는 자연스럽고 간단한 방법도 또한 제공한다. 1차 톱니바퀴효과의 특성은 장치의 정류 주파수의 6 배인 고유 기본 주파수(natural fundamental frequency)를 갖는다는 것이다. 1차 톱니바퀴효과를 줄이는 방법은, 더 이상 축에 평행한 선상에 축방향으로 정렬되어 배치되지 않도록, 즉 도 17에 도시한 것과 같이 소정 각도( $\psi$ )에 의해서 서로에 대해 비스듬하도록, N-S 회전자 자석의 축방향 쌍을 구성하는 것이다. 바람직하게는 자석이 원주를 따라 인접한 고정자 코어들 사이의 거리의 절반까지의 양으로 비스듬하게 걸쳐지도록  $\psi$ 를 선택한다. 이렇게 수정하면 각각의 고정자 코어에 있는 모든 코일은 직렬로 전기적으로 배선되어야 할 것이다. 회전자 자석 위치를 고정자 코어 원주 방향 거리의 1/2만큼 비스듬히 걸쳐치 하면, 발생한 전자기력(EMF)은 약 3.5% 감소한다. 출력은 그에 따라 감소한다. 하지만, 그와 같은 출력 감소는 수반하여 얻을 수 있는 톱니바퀴효과의 두드러진 감소를 고려할 때 수용할만하다.
- <121> **다상 교축 플릭스 방사형 공간 모터**
- <122> 본 발명의 교축 플릭스 방사형 공간 모터는 다상 구조로 제작하고 동작하기에 매우 적합하다. 예를 들면, 상기 회전자 조립체 150는 도1에서 점선으로 도시된 바와 같이 여러 부분으로 추가적으로 분할될 수 있다. 각각의 부분들은 4개의 회전자 자석 152들을 포함하며, 이들은 축방향으로 2개의 N-S 회전자 자석 쌍들이 배치되고, 원주 방향으로 2개의 N-S 쌍들이 배치되도록 배열된다.
- <123> 상기 회전자 조립체 부분에 대항하는 고정자 조립체 부분은 3개의 고정자 코어 102 들을 포함하며, 그 각각은 3상 모터의 하나의 상을 각각 나타낸다. 상기 고정자 코어 단부 202 들을 에워싸는 코일 106이 구동되면, 각각의 고정자 코어 102의 대항 고정자 코어 단부 202들은 반대 자기 극성을 가져서 N-S 자극 쌍들을 형성할 것이다.
- <124> 비록 본 발명의 모터가 단상 장치 또는 임의의 상 수를 갖는 다상 장치로서 설계되고 동작될 수 있지만, 산업적인 관행에 따라서 3상 모터가 바람직하다. 슬롯/ 자극/ 상의 비 = 0.5인 이러한 3상 모터에 대하여, 회전자 극의 수는 고정자 슬롯 수의 2/3이며, 상기 슬롯 수는 다수의 상의 수를 나타낸다. 상기 장치가 산업적인 관행에 따라서 3상의 Y 자형 구조(weye)로 통상적으로 권선되는 경우, 델타(delta) 구조가 역시 채용될 수 있다.
- <125> 예를 들면, 도1에 도시된 바와 같은 본 발명 장치의 실시 예는 3상의 동력 공급으로서 상기 코일을 구동시킴으

로써 3상 모터로서 작동가능하다. 상기 장치는 도1에서 점선으로 도시된 부분이, 회전축에 직교하는 평면상에서, 도 2에 점선으로 도시된 바와 같이, 각각의 고정자 코어 102들을 이등분하는 2개의 보조 부분으로 추가적으로 분할되는 경우, 가장 용이하게 분석될 수 있다. 또한 이는 축 방향의 N-S 회전자 자석 쌍들을 구획한다. 이와 같은 보조 부분들은 종래의 방사형 공간 모터들과는 2가지 점에서 다르다. 첫째, 3개의 고정자 상들은 종래의 방사형 공간 모터에서와 같이, 하나의 공통적인 배면 철편에 의해서 물리적으로 연결되지 않으며, 여기서 상기 공통적인 배면 철편은 자기 결합 기능을 제공한다. 둘째, 상기 2개의 회전자 자석들도 자기 결합 기능을 제공하는 하나의 공통적인 회전자 부재에 연결되지 않는다.

<126> 상기 교축 플럭스 방사형 공간 모터는 선택적으로 작은 부분 내에 구축되고, 후속적으로 조립되며, 이것은 매우 큰 장치(예를 들면 직경이 2m 보다 큰 장치)를 구축하는 데에 바람직한 접근 방식이다. 상기 코일은 염가의 보빈 권선 기술을 사용하여 염가로 제작가능하고, 그에 따라서 제작 비용을 줄일 수 있다. 조립 도중에 직면하는 자기력은 예비 자화된(premagnetized) 회전자 자석일지라도, 분할된 조립체에 의해서 안전하게 수용될 수 있다.

<127> **저손 재료를 사용하는 고 자극 수(pole count), 고 주파수 구조**

<128> 특정 실시 예에서, 본 발명은 또한 고주파수, 즉 대략 400 Hz 보다 큰 정류 주파수(commutating frequency)에서 동작하는 고 자극 수를 갖는 방사형 공간 전기 장치를 제공한다. 몇 가지 경우에서, 상기 장치는 대략 500 Hz 내지 2kHz 또는 그 이상의 정류 주파수 범위에서 동작한다. 설계자들은 통상적으로 고속 모터들에 대해서는 고 자극 수를 회피하여 왔으며, 그 이유는 종래의 고정자 코어 재료들, 즉 Si-Fe와 같은 것들은 고 자극 수에 의해서 필요한 비례적으로 보다 높은 주파수에서 동작할 수 없기 때문이다. 특히, Si-Fe를 사용하는 공지된 장치는 재료 내에서의 자속 변화에 기인하는 코어 손실로 인하여 400 Hz 이상의 높은 자기 주파수에서 절환될 수 없는 것이다. 상기 제한 값 이상에서, 코어 손실은 상기 장치가 임의의 수용가능한 수단에 의해서 냉각될 수 없는 지점까지 재료를 가열하는 것이다. 임의의 조건에서, 상기 Si-Fe 재료의 가열은 상기 장치가 어떠한가도 냉각될 수 없고, 스스로 파괴되기에 충분할 정도로 혹독한 것일 수 있다. 그러나, 비결정 나노 크리스탈린 및 무방향성 금속의 저손 특성들은 Si-Fe 재료들보다 훨씬 높은 절환률(switching rates)을 허용하는 것으로 판명되었다. 바람직한 실시 예에서, METGLAS® 합금의 선택은 고 주파수 작동에서 과열에 기인하는 시스템의 한계를 제거하였지만, 회전자 설계와 전체적인 모터의 구조도 비정질 재료의 특성을 보다 양호하게 이용하도록 개선되었다.

<129> 보다 높은 여자 주파수를 사용하는 능력은 본 발명의 장치로 하여금 훨씬 광범위한 자극 수를 갖도록 설계할 수 있게 한다. 본 발명의 장치에서의 자극 수는 허용가능한 장치 크기(물리적인 제약)와 예상되는 성능 범위에 기초한 변수이다. 허용가능한 여자 주파수 한계를 가정하면, 자극 수는 자속 누설이 바람직하지 못한 값으로 증가하거나 또는 성능이 감소하기까지 증가될 수 있다. 또한, 회전자 자극 수에 따라서 고정자의 제작에 의해 제기되는 기계적인 한계도 있으며, 그 이유는 고정자 슬롯들이 회전자 자석들에 일치하여야만 하기 때문이다. 그리고, 고정자 내에서 이루어질 수 있는 슬롯 수에 맞추어서 기계적 및 전기적인 한계가 있으며, 이는 차례로 장치의 프레임 크기의 함수인 것이다. 몇 가지 한계들이 설정되어 구리 및 연자성 재료의 적절한 균형을 유지하면서 주어진 고정자 프레임에 대한 슬롯의 상한 한계 값을 결정할 수 있으며, 이는 양호한 성능의 방사형 공간을 갖는 장치를 제작하는 파라미터로 사용될 수 있다. 본 발명은 대부분의 장치에서 사용되는 산업적인 값보다 대략 4 또는 5배 큰 자극 수를 갖는 모터를 제공한다.

<130> 예를 들어, 6 내지 8 자극(poles)을 구비하고 대략 800에서 3600 rpm의 속도를 갖는 산업체에서 주로 사용하는 모터용으로 정류 주파수(Commutating Frequency)는 대략 100에서 400 Hz이다. 상기 정류 주파수(CF)는 자극 쌍들의 수에 의하여 증폭되는 회전속도이고, 상기 자극 쌍들은 2개씩 분리된 자극들이고 상기 회전 속도는 초당 회전 단위(CF = rpm / 60 × 자극/2)이다. 또한 산업체에서 유용한 모터는 16 자극 이상으로 된 기기들이지만, 1000rpm 보다는 낮은 회전 속도를 나타내고, 이때 주파수도 400Hz를 넘지 않는다. 또한 바람직하게는 모터는 비교적 낮은 자극 수(6자극 이하)를 갖고 3000rpm 보다는 높은 속도를 갖으며 400Hz 보다는 낮은 정류 주파수를 갖도록 하는 것이다. 바람직한 실시예의 본발명에서 1000Hz에서 96 자극, 1250rpm, 1080Hz에서 54 자극, 3600rpm, 1000Hz에서 4자극, 3000rpm 및, 1000Hz에서 2자극, 6000rpm의 기계를 제공한다. 본 발명의 고주파 모터(high frequency motor)는 통상 알려진 방사상 에어갭 모터들 보다 4에서 5배 정도 높은 주파수대에서 작동된다. 본 발명의 모터는 산업체에서 동일 속도로 사용되는 모터들보다 더 큰 효율을 발생시키고, 특히 더 큰 속도를 낼 수 있게 한다. 본 발명의 모터는 대형 모터에 더 유용하다. 높은 자극수(예를 들어 32자극 이상)와 높은 정류 주파수(500-2000Hz)의 조합 형태이고 매우 대형의 기계에 본 발명의 모터는 설치될 수 있는데, 이와 같은 본 발명의 모터는 높은 에너지 효율, 파워 밀도, 조립의 용이성을 갖고 비용적으로 저렴하고 강도가 높은 자석 물질을 사용한다.

- <131> 이상적으로는 회전자 자석(magnets)152 와 고정자 코어 단부(end) 202는 에어 갭(air gap)을 형성하는 호형의 면을 구비하여야 한다, 그러나, 높은 자극 수의 본 발명의 기계에서는 자석 152의 표면과 고정자 코어 끝단이 평탄하게 되어 에어 갭을 형성한다, 높은 자극 수의 기기에서, 상기 향하는 면(facing surface)는 작은 각도로 만 각이지고, 평탄한 면은 원통형 면의 호형 조각(segment)인 면에 충분히 밀착된다. 높은 자극 수와 주파수의 조합 결과는 고정자(stator), 치퍼(cheaper), 사각 형태의 회전자(rotator)로 사용되는 비결정질, 나노결정 또는 자속-강화성(flux-enhancing) Fe-계 자석 물질을 사용을 가능하게 한다. 또한 같은 이유로 상기 고정자 코어는 평평한 면으로 가공되어 비용 절감을 가능하게 한다. 이와 같은 형태의 고정자 코어와 회전자 자석들은 작동상 문제를 발생시키지 않고 유용한 공간을 충분히 사용하는 것을 가능하게 한다.
- <132> **자극 비율당 위상당 슬롯(Slots Per Phase Per Pole Ratio)**
- <133> 본 발명의 기계는 구조상 최적 SPP 비율(ratio)을 선택함에 있어서 어느정도 유연성을 갖는 것을 가능하게 한다. 바람직한 실시예에서 본 발명은 상기 SPP 비율이 최적으로 0.5가 되는 모터를 제공한다.
- <134> 근래의 기계들은 적당한 주파수와 소음 레벨을 제공하고 보다 나은 권취 분포에 따라 부드러운 출력을 내는 1에서 3의 SPP 비율을 제공한다. 그러나 낮은 SPP 값 예를 들어 0.5인 경우에는 끝단부 회전(end turn)율을 감소시키게 된다. 상기 끝단부 회전은 슬롯들 사이의 권선(the windings)를 연결하는 상기 고정자상의 와이어 부분들이다. 비록 이와 같은 연결이 필요하기는 하지만, 상기 끝단부 회전은 기계의 토크와 파워 출력에 영향을 미치지 않는다. 그러나 이 경우는 예를 들어 기계 자체에 특별한 이점(benefit)을 제공하는 것은 아니지만, 와이어의 양을 증가시키고 기계에 저항(ohmic) 손실에 어느정도 영향을 미친다는 점에서 바람직하지는 않다. 따라서, 모터 설계시 하나의 목표는 상기 끝단부 회전을 최소화시키고 소음과 치차(cogging) 관리를 쉽게하는 모터를 제공하도록 하는 것이다. 반대로, 본 발명 모터의 바람직한 실시예에서는 감소된 SPP 비율을 갖도록 하고, 저 소음과 치차수를 줄이는 것을 가능하게 한다. 이와 같은 이점은 높은 자극과 슬롯을 갖도록 함으로서 제공될 수 있다. 이와 같은 선택은 앞서 설명한 기계에서는 적용되기 어려운데, 그 이유는 필요한 정류 주파수의 증가로 더 발전된 저 소모성 고정자 물질의 사용이 쉽지 않기 때문이다.
- <135> 본 발명의 바람직한 실시예에서 바람직하게 SPP 비율이 1 또는 그 이하 보다 바람직하게는 0.5 또는 그 이하로 설계되었다. 이는 통상적인 자석을 사용하여도 슬롯의 수를 늘리어 권선되는 것을 가능하게 하고, 따라서 SPP는 0.5 보다는 크다. 이는 회전자 자극보다 고정자 슬롯의 수를 증가시키어 결과적으로는 권선에 영향을 미친다. 0.5 또는 그 이하의 SPP 값은 실질적으로 권선에 영향을 미치지 않는다. 산업체에서 통상 고정자의 나누어진 권선을 포함한다. 그러나, 나누어진 권선은 주어진 속도에서 SPP의 값을 올릴 것이고 속도는 감소시킬 것이다. 결과적으로 SPP=0.5 인 통상의 기계에서는 저 주파수로 작동하고, 또한 저 자극수로 이루어 질 것이다, SPP=0.5인 저 자극수는 치차 제어를 어렵게 하는 결과를 초래할 것이다.
- <136> 어떤 경우에는 SPP를 소수점 이하 자리수까지로 모터를 설계하는 경우도 있고, 이 경우 모터는 단일 고정자 이빨(tooth)주위의 미리 형성된 코일들을 사용하는 것을 가능하게 한다. 본 발명 기계의 다른 실시예에서, SPP 비율은 0.25, 0.33, 0.5, 0.75 또는 1.0 SPP 와 같이 적분 비율로 이루어 지고 1 보다 클수도 있다. 특히 바람직한 실시예에서 3상(Three-Phase)을 사용하고 상기 SPP 비율은 0.5 이다.
- <137> **와이어/권선 설계의 유연성(Flexibility in Wiring/Winding Design)**
- <138> 본 발명 고정자 구조의 확실한 이점은 선택할 수 있는 와이어(wiring) 조건들을 같은 구조에서도 처리할 수 있다는 것이다, 통상 위에서 설명한 고정자는 1.0에서 3.0의 SPP 비율을 사용하기 때문에 권선 설계의 선택 폭이 제한되는데, 다중 고정자 코어 102상에 권선을 나누는 것이 필요하다. 나누어진 권선은 2 또는 3 이상으로 권선 형태를 다양하게 선택하는 것을 어렵게 한다. 본 발명의 구조에서 상기 SPP=0.5의 설계는 여러 이점을 제공하는데, 이는 고정자 이빨당 하나의 독립된 코일만이 필요하기 때문이다. 그러나, 본 발명에서 SPP=0.5 를 갖는 다른 배열(배치)는 제외하지 않는다. 하나의 이빨 코일을 갖는 실시예에서 주어진 조건에 의하여 요구되는 전압을 제공하도록 쉽게 변경되고 재 연결되는 것이 쉽다. 따라서, 모터 하드웨어의 단일 세트는 코일의 교체시 발생되는 여러 문제를 해소시킬 것이다. 상기 코일은 전자석 회로 변경시 이를 쉽게할 것이다.
- <139> 따라서, 본 발명의 장치에서 0.5 에 근접한 SPP의 경우 고정자 권선에 대하여 충분히 유연하게 대처 할 수 있게 한다. 예를 들어, 공장에서 각각의 고정자는 서로 분리되어 있거나 또는 동일한 고정자에서 권선이 분리될 수 있다. 이는 SPP가 0.5인 경우 시스템에 제공하는 이점중 하나이다. 때때로 산업체 시스템에서 SPP=0.5로 하여 사용하는 특별한 경우 사용중 제한적인 이점만을 접할 수 있을 것이다. 본 발명은 권선 유연성을 위하여 SPP 가 0.5인 시스템을 제공한다.

<140> **열적 특성(Thermal Properties)**

<141> Si-Fe 합금 및, 비결정, 나노크리스탈린 또는 방향성 또는 비 방향성 Fe-계금속을 모두 포함하는 모든 전기기기에서 기기의 출력과 속도를 제한하는 이유중 하나는 열 손실에 따른 것이다. 이와 같은 열 손실은 여러 종류의 재질, 현저한 저항 손실, 스킨(Skin) 및 그와 유사한 손실, 자석과 다른 회전자 성분의 소용돌이 전류에 의한 회전자 손실 및, 고정자 코어로 부터의 코어 손실들에 기인한다. 발생하는 열 손실이 크면 기계는 이를 처리하는 데에 한계에 도달한다. 통상의 기계에서 “연속 파워 제한”(continuous power limit)은 종종 열 손실이 발생하는 모든 것을 처리하는 동안 연속적으로 작동될 수 있도록 하는 최대 속도까지 결정된다. 상기 연속 파워 제한은 전류의 함수이다. 상기 파워 제한은 허용 온도 상승에 의해 영향을 받고 따라서 모터는 절연과 다른 성분에 의한 온도 등급으로 조정되어야 한다. 어떤 경우 액체 냉각이 허락되는데, 이 경우 방열성이 향상되고 높은 등급과 파워 밀도는 제공하지만 더 복잡함 구조이므로 비용이 높아질 것이다. 본 발명의 기계의 여러 실시예에서 이와 같은 모든 변형예들을 사용할 수 있다.

<142> 그러나, 본 발명의 장치에서 낮아진 열 손실은 Si-Fe 보다 비결정, 나노크리스탈린 또는 방향성 또는 비 방향성 Fe-계 물질을 덜 사용하기 때문이고, 설계자는 주파수, 속도와 파워를 증대시킴으로서 이와 같은 낮은 손실 특성을 이용하는 것이 가능하고, 이때 저 코어 손실 대 저항 손실의 균형을 맞추고 적당한 "교류" (trading)가 가능하다. 또한 본 발명의 장치에서는 일예로 개선된 부드러운 물질을 사용하여 보다 낮은 가동 전류를 갖도록 하고 추가로 저항 손실을 감소시킨다. 무엇보다도 통상의 기계와 같은 파워인 경우, 본 발명의 모터는 더 낮은 손실을 가능하게 하고 따라서 보다 높은 토크와 속도를 내게 한다. 따라서 본 발명의 장치는 통상의 기계들 보다 보다 높은 연속 속도 제한이 가능하다.

<143> **개선된 효율(Improved Efficiency)**

<144> 본 발명의 실시예에서는 요구되는 성능 즉, 효율성과 비용 절감성을 모두 향상시키는 장치를 제공한다. 상기 효율성은 입력되는 파워의 입력 값 나누기 장치의 파워 출력값이다. 동시에 많은 자극 수를 갖은 보다 높은 주파수대에서 작동하는 본 발명의 기계 성능은 결과적으로 더 낮은 코어 손실과 높은 파워 밀도를 갖는 보다 효율적인 장치를 제공할 것이다. 주파수 설계의 경우 지금까지 실행 가능한 것은 400Hz의 주파수 한도가 통상의 산업체에서 적용되는 것이었다.

<145> 본 발명의 성능 개선된 효율성은 간단하지 않고 비결정 물질로 Si-Fe를 대체함에 의한 특성이다. 이와 같은 물질을 사용하는 실행 가능한 방사상 에어갭 모터에 대하여 여러 노력들이 이루어져 왔지만, 제대로 성공된 적은 없다. 본 발명은 방사상 에어갭 모터를 제공하는 비결정, 나노크리스탈린 또는 방향성 또는 비 방향성 Fe-계 물질을 사용하는 새로운 고정자 구조를 제공한다.

**산업상 이용 가능성**

<146> 또한, 본 발명은 히스테리시스 손실(hysteresis loss)을 포함하는 효율성 손실이 충분히 저감되는 장치를 제공한다. 이와 같은 히스테리시스 손실은 결과적으로 방향성 Si-Fi 합금에 의한 자성체가 발생하는 동안 작동 장애를 초래하고, 이는 코어의 과열을 초래한다. 효율성이 증가되면서 본 발명의 모터는 보다 증대된 연속 속도 범위의 실현을 가능하게 되었다. 통상의 모터는 높은 속도 범위에 대하여는 낮은 토크를 제공하고, 반대로 낮은 속도 범위에서는 높은 토크를 제공한다. 본 발명은 높은 토크와 높은 속도 범위를 갖는 모터를 제공한다.

<147> 지금까지 본 발명을 매우 상세하게 설명되었지만, 본 발명은 어떠한 부가적인 배열이나 기구의 변경을 통하여 이하의 특허청구범위에 의해 마련되는 본 발명의 정신을 벗어나지 않는 한도내에서 개조 및 변화될수 있다는 것을 당업계에서 통상의 지식을 가진자는 용이하게 알수 있음을 밝혀두고자 한다.

**도면의 간단한 설명**

<49> 아래의 본 발명의 바람직한 실시예에 대한 상세한 설명과 첨부 도면을 참조하여 본 발명을 충분히 이해할 수 있고, 나아가 그 장점은 분명해질 것이다.

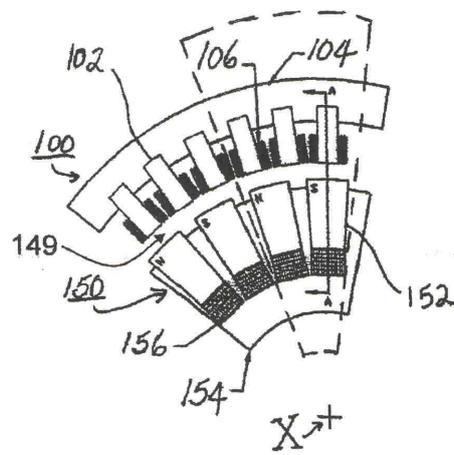
<50> 도 1은 본 발명에 따른 레디얼 에어갭 모터의 부분 축 단면도로서, 모터 회전축 "X"에 대해 중심으로 배치되는 회전자 조립체의 일부 및 동심이고 일정한 간격으로 떨어진 고정자 조립체의 일부를 나타낸다.

<51> 도 2는 도 1의 A-A 선을 따라 절단한 횡 단면도로서, 모터 축을 따라 상기 고정자 코어 및 디스크리트 회전자 자석의 방향을 나타낸다.

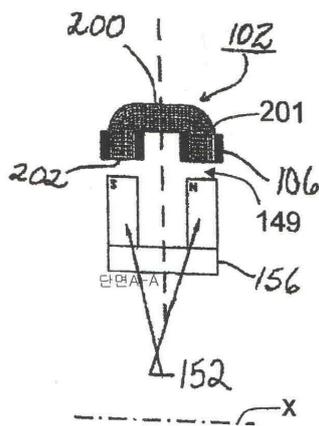
- <52> 도 3은 본 발명에 따른 레디얼 에어갭 모터의 부분 축 단면도로서, 모터 회전축 "X"로 확장하는 회전자 조립체의 일부 및 동심이고 일정한 간격으로 떨어진 고정자 조립체의 일부를 나타낸다.
- <53> 도 4는 도 3의 축을 따른 횡 단면도로서, 고정자 캐리어와 회전자 캐리어 내에 탑재된 상기 고정자 코어와 회전자 자석 및 상기 회전자의 회전을 위한 축 베어링을 각각 나타낸다.
- <54> 도 5는 도 1 및 도 3와 유사한 방향에서 본 상기 고정자 코어 및 링크 부재의 박판(lamination) 방향을 설명하는 횡 단면도이다.
- <55> 도 6는 도 2 및 도 4와 유사한 방향에서 본 상기 고정자 코어 및 링크 부재의 박판 방향을 설명하는 횡 단면도이다.
- <56> 도 7은 복수의 고정자 코어가 공통의 고정자 코일을 공유하는 분산 감김 구조를 가진 본 발명의 실시예에 따른 레디얼 갭 모터의 부분 축 단면도이다.
- <57> 도 8은 도 7의 A-A 선을 따라 절단한 횡 단면도로서, 모터 축을 따라 상기 고정자 코어 및 회전자 자석의 방향을 나타낸다.
- <58> 도 9는 분산 감김 구조(복수의 고정자 코어가 공통의 고정자 코일을 공유)를 갖고, 상기 링크 부재가 회전자 조립체의 평면 내에서 회전자 자석 쌍을 링크하는 본 발명의 다른 실시예에 따른 레디얼 갭 모터의 부분 단면도이다.
- <59> 도 10은 도 9의 A-A 선을 따라 절단한 횡 단면도로서, 모터 축을 따라 상기 고정자 코어 및 링크 부재의 박판 방향을 나타낸다.
- <60> 도 11은 고정자 조립체의 반지름 외부 방향으로 회전자 조립체를 갖는 본 발명의 실시예에 따른 레디얼 갭 모터의 부분 단면도를 나타낸다.
- <61> 도 12는 도 11의 A-A 선을 따라 절단한 횡 단면도로서, 모터 축을 따라 상기 고정자 코어 및 회전자 자석의 방향을 나타낸다.
- <62> 도 13은 복수의 회전자 조립체 및 고정자 조립체를 포함하는 본 발명의 다른 실시예에 따른 레디얼 에어갭 모터의 부분 축 단면도이다.
- <63> 도 14는 도 13의 A-A 선을 따라 절단한 횡 단면도로서, 모터 축을 따라 상기 고정자 코어 및 회전자 자석의 방향을 나타낸다.
- <64> 도 15는 본 장치의 고정자에 사용되는 2개의 말굽(horseshoe) 형상의 코어를 형성하도록 커팅된 신형 자성체의 감긴 코일의 평면도이다.
- <65> 도 16은 본 장치의 고정자에 사용되는 확대 후면부를 갖는 2개의 코어를 형성하도록 커팅된 신형 자성체의 감긴 코일의 평면도이다.
- <66> 도 17은 회전자 조립체의 부분의 일부를 잘라낸 평면도로서, 원주 방향으로 배치되는 2개의 층 내의 자석을 나타낸다.

도면

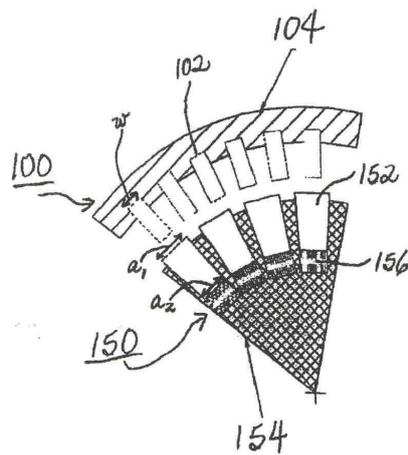
도면1



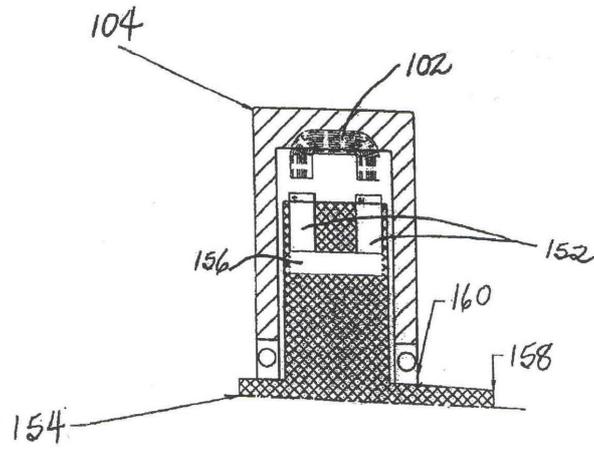
도면2



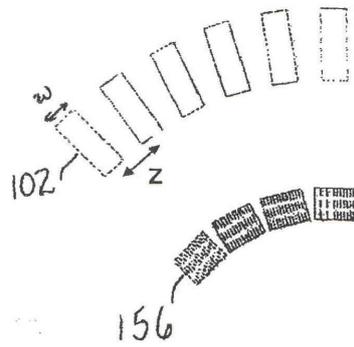
도면3



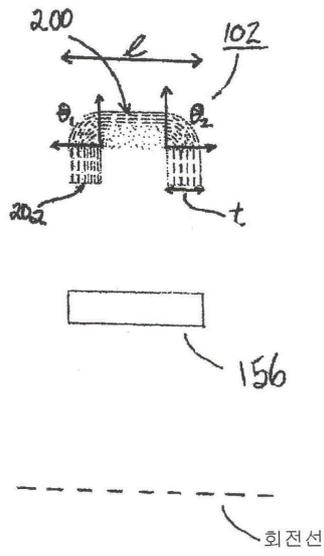
도면4



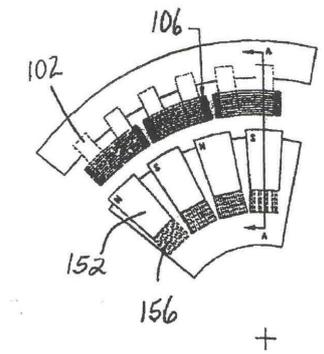
도면5



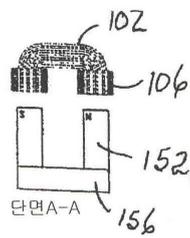
도면6



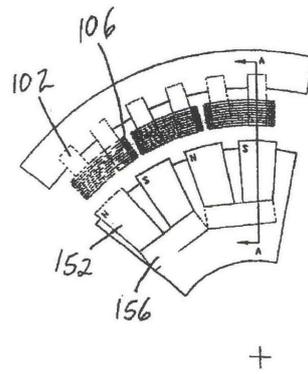
도면7



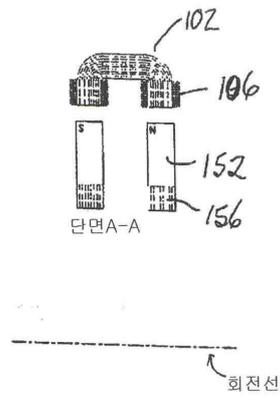
도면8



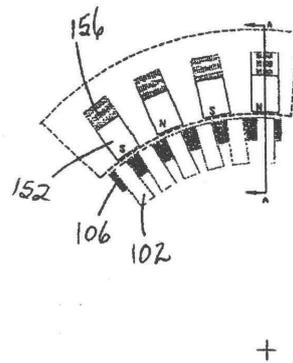
도면9



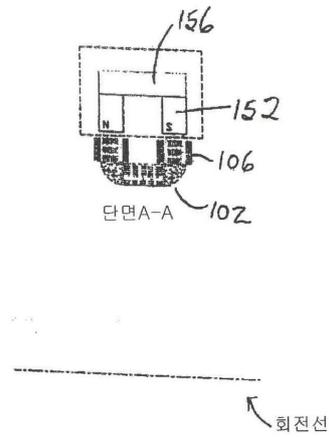
도면10



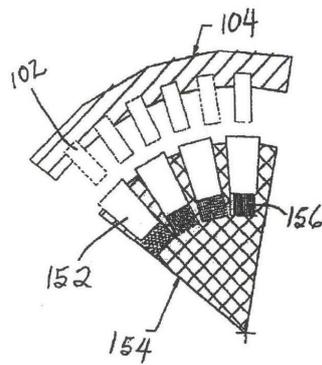
도면11



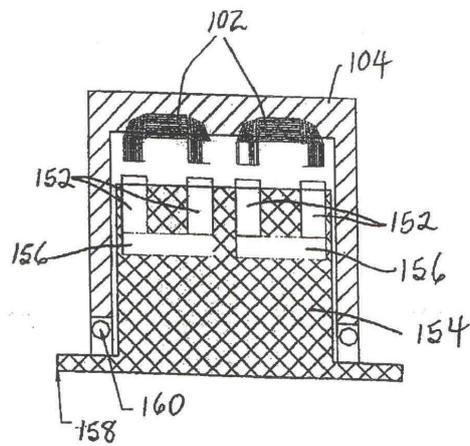
도면12



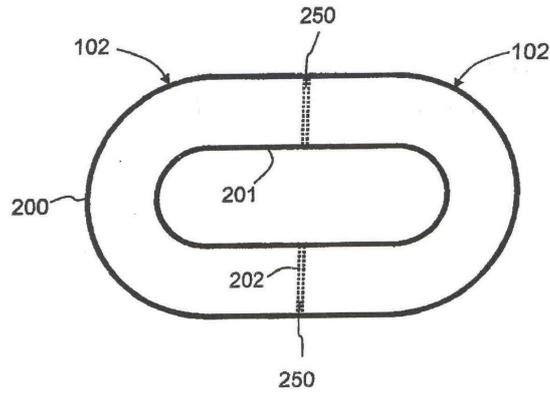
도면13



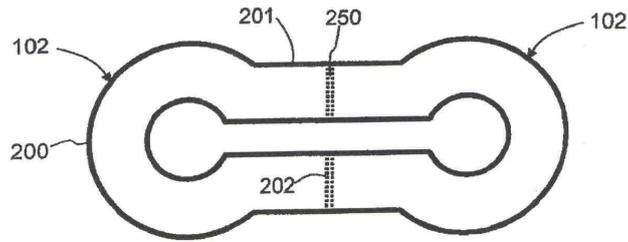
도면14



도면15



도면16



도면17

