

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구  
국제사무국



(10) 국제공개번호

(43) 국제공개일  
2020년 8월 13일 (13.08.2020) WIPO | PCT

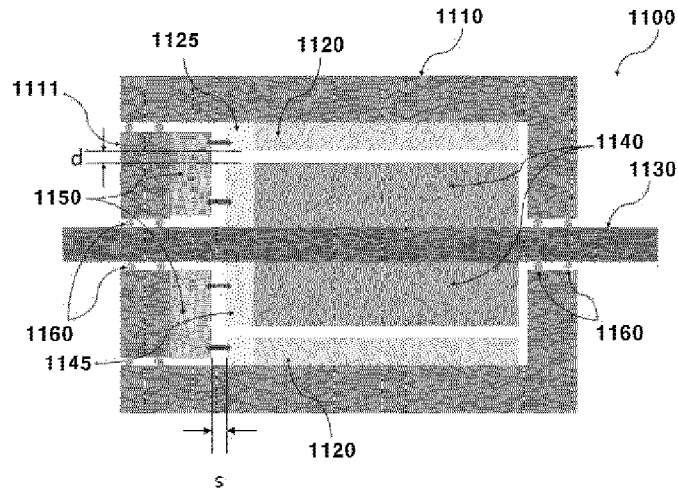
WO 2020/162734 A1

- (51) 국제특허분류: *H02P 1/26* (2006.01) *H02K 11/30* (2016.01)  
*H02P 9/14* (2006.01) *B60K 7/00* (2006.01)  
*H02K 17/12* (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2020/001840
- (22) 국제출원일: 2020년 2월 10일 (10.02.2020)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보: 10-2019-0015246 2019년 2월 9일 (09.02.2019) KR
- (72) 발명자; 겸
- (71) 출원인: 명남수 (MYUNG, Nam Soo) [KR/KR]; 13560 경기도 성남시 분당구 정자일로 121, 101동 1202호, Gyeonggi-do (KR).
- (74) 대리인: 진천웅 등 (JIN, Cheon Woong et al.); 06300 서울시 강남구 논현로28길 40, 4층(도곡동, 덕영빌딩) 노벨국제특허법률사무소, Seoul (KR).
- (81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.
- (84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(54) Title: ELECTROMAGNETIC MACHINE USING MAGNETIC FIELD BINDING OF MULTIPLE MULTI-PHASE WINDING WIRES

(54) 발명의 명칭: 다중 다상권선 자가장 결속을 이용하는 전자기기계

[도2]



(57) Abstract: The present invention relates to an electromagnetic machine comprising: rotation shaft; a stator comprising a multi-phase winding wire; a mover (rotor 1) comprising the multi-phase winding wire and spaced apart from the stator at a preset interval; and a controller for independently controlling a first magnetic field of the stator and a second magnetic field of the mover (rotor 1). The electromagnetic machine according to the present invention can resolve, by means of the mover (rotor 1) and the wound-type stator that can be independently and actively controlled, a torque issue at start-up or when needed and, thereby, has the effects of producing a maximum driving torque while having a minimum size, and of maximizing efficiency.

(57) 요약서: 본 발명은 회전축과, 다상 권선을 포함하는 고정자, 다상 권선을 포함하고, 고정자와 소정 간격으로 이격되는 이동자(1회전자), 및 고정자의 제1 자기장 및 이동자(1회전자)의 제2 자기장을 독립적으로 제어하는 제어부를 포함하는 전자기 기계에 관한 것이다. 본 발명에 따른 전자기 기계는 독립적으로 능동 제어가 가능한 권선형 고정자와 이동자(1회전자)로부터 기동이나 필요시 토크 문제를 해결할 수 있어, 최소크기로 최대 구동 토크를 낼 수 있고, 효율을 극대화시킬 수 있는 효과가 있다.



WO 2020/162734 A1

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

## 명세서

### 발명의 명칭: 다중 다상권선 자가장 결속을 이용하는 전자기기계 기술분야

- [1] 본 발명은 다중 다상권선 자가장 결속을 이용하는 전자기기계에 관한 것으로서, 특히 전자기 기계(Electromagnetic machine)에 독립적으로 회전 자기장(Rotating magnetic field)을 생성하는 능동 제어가능한 회전자와 고정자를 구비하고 이를 독립적으로 제어함으로써 모터로서 기동(Starting-up) 시나 운행 중 요구되는 토크(Torque)를 증가시킬 수 있어 방향, 토크와 속도를 보다 잘 조절할 수 있으며, 발전기로서는, 동력원 (prime mover)의 불안정성을 배제하고, 안정된 전력을 공급할 수 있는, 넓은 작동범위를 가지며, 작은 크기로 높은 효율을 가질 뿐만 아니라, 토크와 속도도 광범위한 영역으로 조절할 수 있는 전자기 기계에 관한 것이다.

#### 배경기술

- [2] 여러 산업 분야에서는 시스템 내에 회전 부재를 포함하는 가역의 전자기 기계를 설치하고자 하는 요구가 많다. 기계가 설치된 시스템의 동작 조건에 따라, 이러한 회전 부재의 회전 운동에 의한 기계적 에너지로 변환하고, 이러한 기계적 에너지로 전기 에너지를 생성하는 것은 발전기(Generator)이다. 이러한 발전기로부터 생성된 전력은 다른 시스템 요소에 공급하거나 저장할 수 있다. 또한, 기계에 전기 에너지를 공급해서 기계적 에너지로 변환시켜 회전 부재를 회전시켜 회전동력을 얻는 것은 모터(Motor)이다.
- [3] 이러한 모터/발전기에 사용되는 전자기 기계는 우리 생활 주변에서 가장 널리 쓰이는 전기기기로 용량이 수십 W의 소형부터 수 MW에 이르는 대형까지 가정과 산업현장에서 널리 쓰이고, 특히 선풍기, 세탁기, 냉장고, 자동차, 엘리베이터, 펌프, 크레인 등에 널리 사용되고 있다. 이러한 전자기 기계에 대한 일반적인 요구는, 비용의 절감뿐만 아니라, 특히 지상의 차량이나 비행기와 같은 수송 수단에는 소형화 및 경량화이다.
- [4] 또한 전자기 기계는 고정자와 회전자를 포함해서 이루어진다. 일반적으로 고정자의 권선(Coil)에 전류가 흐를 때 발생하는 회전 자기장에 의해서 회전자에 회전 토크가 발생하는 원리로 작동한다. 회전 토크에 의해 회전자가 회전하는 힘을 회전동력으로 이용하게 된다.
- [5] 직류 모터는 공극에 고정 자기장을 사용하고 전기자 코일을 구동하여 토크를 생성합니다. 전기자를 전환하려면 전류를 전환하기 위해 정류자가 필요하며, 유도 모터는 공극에서 이동 또는 회전 자기장을 생성하는 다상 코일을 갖는 고정자를 가지며, 회전자는 영구 자석 또는 전자석에서 유래하는 소정의 자기장을 생성하며, 회전자 축의 속도와 동일한 속도로 회전한다. 다시 말해서, 종래의 전자기 기계는 축에 고정된 자기장 회전을 갖는다.

- [6] 직류모터에서는 기계적 정류기(브러쉬)를 이용하기 때문에 정기적 유지보수가 필요하고, 고속 구동 시에 어려움이 있고, 설치장소도 제한이 있다. 한편 기계적 정류기가 없는 영구자석 동기 모터(PMSM: Permanent Magnet Synchronous Motor)에서는 영구자석을 사용하기 때문에 최대 출력 시 마진이 적고, 고온 시 자석 성능이 저하되는 문제점이 있다.
- [7] 일반적으로 유도 모터에서는 기동 시에 부하 및 모터 자체의 관성으로 인하여 발생하는 토크가 작고 정상운전까지 시간이 필요하다. 또한 모터 기동 시 모터 권선에는 일시적으로 돌입 전류(In-rush current)라 불리는 대전류가 흐르게 된다. 따라서 유도 모터 사용시 돌입 전류를 잘 조절해야하는 점이 있다.
- [8] 유도 모터는 크게 농형 유도 모터(Squirrel cage induction motor)와 권선형 모터(Wound motor)로 구분할 수 있다. 농형 유도 모터의 경우, 구조가 간단하고 견고하며, 운전이 쉽고, 보수가 간단하다. 하지만 구조 특성 상 기동 시 큰 전류가 필요하고, 작은 토크를 생성한다. 따라서, 빈번한 기동과 정지가 요구되거나 속도를 제어할 필요하거나 전원 용량이 작은 경우에는 적용하기 어렵다.
- [9] 또한 권선형 모터의 경우에는 농형 모터에 비해 기동 전류가 작고, 큰 토크를 생성한다. 하지만, 큰 토크를 생성하기 위해서 모터 자체 크기를 증가시켜야 하고, 이는 비용이 증가하는 문제점이 있다. 또한 권선형 모터는 슬립링을 필요로 한다.

## 발명의 상세한 설명

### 기술적 과제

- [10] 본 발명은 이와 같은 종래의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 본 발명의 목적은 독립적으로 능동 제어가능한 권선형 회전자와 고정자를 포함한 전자기 기계를 제공하는데 있다.
- [11] 본 발명의 다른 목적은 독립적으로 능동 제어가능한 권선형 회전자와 고정자를 포함한 전자기 기계를 이용함으로써 시스템 규모를 줄이고 효율을 높이는 이중여자 전자기 기계(Doubly Active Electromagnetic Machine) 시스템을 제공하는데 있다.

### 과제 해결 수단

- [12] 상기한 목적을 달성하기 위한 일 구현 예로서, 본 발명의 일 실시예에 따른 전자기 기계는 다상 권선을 포함하는 고정자; 다상 권선을 포함하고, 상기 고정자와 소정 간격으로 이격되는 이동자; 및 상기 고정자의 제1 자기장 및 상기 이동자의 제2 자기장을 독립적으로 제어하는 제어부를 포함한다.
- [13] 또한, 상기 제어부는, 상기 고정자의 다상 권선에 인가되는 제1 전류 및 상기 이동자의 다상 권선에 인가되는 제2 전류를 제어함으로써 상기 제1 자기장 및 상기 제2 자기장을 제어할 수 있다.
- [14] 또한, 상기 제어부는, 상기 제1 전류 및 상기 제2 전류의 위상 및 진폭을 개별 제어할 수 있다.

- [15] 또한, 상기 제어부는, 직접 와이어링 방식, 슬립링(slip-ring) 방식, 및 무선 유도 결합 방식 중 적어도 하나의 방식으로 상기 고정자의 다상 권선에 상기 제1 전류를 인가하거나 상기 이동자의 다상 권선에 상기 제2 전류를 인가할 수 있다.
- [16] 또한, 상기 제어부는, 상기 전자기 기계를 구동 초기, 상기 고정자의 제1 자기장 및 상기 이동자의 제2 자기장이 서로 결속되도록 제어할 수 있다.
- [17] 또한, 상기 제어부는, 상기 제1 자기장 및 상기 제2 자기장의 이동 방향을 동일 방향 또는 반대 방향으로 제어할 수 있다.
- [18] 또한, 상기 이동자는, 회전축에 연결되어 상기 회전축을 중심으로 회전하는 회전자일 수 있다.
- [19] 또한, 상기 제어부는, 상기 고정자의 제1 자기장 및 상기 이동자의 제2 자기장이 서로 결속을 유지하며 상기 제1 자기장 및 상기 제2 자기장을 개별 제어함으로써, 상기 회전축의 토크 및 속도를 생성할 수 있다.
- [20] 또한, 상기 전자기 기계는 선형 전자기 기계 또는 회전 전자기 기계일 수 있다.
- [21] 또한, 상기 고정자는 제1 권선 배열을 포함하고, 상기 이동자는 상기 제1 권선 배열과 소정의 간격으로 이격되어 형성되고, 이격된 방향에서 미리 이미지를 가지는 제2 권선 배열을 포함하며, 상기 제1 권선 배열은 서로 이웃하여 형성되는 적어도 하나의 제1 반주기 및 적어도 하나의 제2 반주기를 포함하고, 상기 제1 반주기는 전류가 흐르는 방향이 서로 다른 적어도 두 개의 권선을 포함하되, 상기 제1 반주기 및 상기 제2 반주기는 이웃하는 방향에서 미리 이미지를 가질 수 있다.
- [22] 또한, 상기 제1 반주기를 형성하는 두 개의 권선 사이에서 형성되는 자기장의 방향과 상기 제2 반주기를 형성하는 두 개의 권선 사이에서 형성되는 자기장의 방향이 서로 반대일 수 있다.
- [23] 또한, 상기 제1 반주기는, 전류가 흐르는 방향이 서로 다른 적어도 두 개의 권선을 포함하고, 상기 제2 권선 배열과 인접하는 제1층; 상기 제1층의 권선구조와 동일한 전류 방향을 가지나 상기 제1층 권선구조보다 바깥쪽에 위치한 제2층 권선 구조를 포함하고, 상기 제1층 상부에 위치하는 제2층; 및 상기 제2층 권선구조와 서로 반대 방향의 전류 방향을 가지나 상기 제2층 권선구조보다 안쪽에 위치한 제3층 권선 구조를 포함하고, 상기 제2층 상부에 위치하는 제3층을 포함할 수 있다.
- [24] 또한, 상기 제3층의 권선구조와 동일한 전류 방향을 가지나 상기 제3층 권선구조보다 바깥쪽에 위치한 제4층 권선 구조를 포함하고, 상기 제3층 상부에 위치하는 제4층을 더 포함할 수 있다.
- [25] 또한, 상기 제1 반주기는, 전류가 흐르는 방향이 서로 다른 적어도 두 개의 권선을 포함하고, 상기 제2 권선 배열과 인접하는 하층; 상기 하층 권선구조와 서로 반대 방향의 전류 방향을 가지는 상층 권선 구조를 포함하고, 상기 하층 상부에 위치하는 상층을 포함할 수 있다.
- [26] 또한, 상기 제1 권선 배열은 복수의 제1 반주기 및 복수의 제2 반주기를

포함하되, 상기 제1 반주기 및 상기 제2 반주기는 이웃하는 방향으로 주기적으로 형성될 수 있다.

[27] 또한, 상기 제1 권선 배열은 또는 상기 제2 권선 배열은, 상기 전류가 흐르는 방향에 따라 길이가 연장되고, 분절된 토로이드(Toroid)나 분절된 솔레노이드(Solenoid) 전류 분포를 포함할 수 있다.

[28] 상기한 목적을 달성하기 위한 일 구현 예로서, 본 발명의 일 실시예에 따른 자기장 동기 결합(Field Lock) 이중여자 전자기 기계 시스템은, 전자기 기계는 다상 권선을 포함하는 고정자; 다상 권선을 포함하고, 상기 고정자와 소정 간격으로 이격되는 이동자; 및 상기 고정자의 제1 자기장 및 상기 이동자의 제2 자기장을 독립적으로 제어하는 제어부를 포함하는 전자기 기계를 포함한다.

### 발명의 효과

[29] 이에 따라, 상기한 과제 해결 수단을 통하여 다음과 같은 효과가 기대된다.

[30] 본 발명에 따른 독립적으로 능동 제어가능한 권선형 회전자와 고정자를 포함한 전자기 기계는 기동 시에 부하 및 모터 자체의 관성으로 인하여 정상운전 상태보다 큰 기동 토크를 독립적으로 능동 제어가능한 권선형 회전자로부터의 발생한 회전 자기장으로 해결할 수 있다. 따라서, 최소 크기로 최대 구동 토크를 안출할 수 있고, 효율을 극대화시킬 수 있는 효과가 있다. 또한, 제어에 따른 빠른 동작이 가능하며, 넓은 동적 범위를 가지며, 안전한 작동이 가능하다.

[31] 본 발명에 따른 독립적으로 능동 제어가능한 권선형 회전자와 고정자를 포함한 전자기 기계를 이용한 신 개념의 이중여자 전자기 기계(Double-Fed Electromagnetic Machine)를 해상풍력발전, 조류발전, 파력발전 등과 같은 신재생에너지 시스템에 적용하면, 기어박스를 없이도 구동 토크와 속도를 효율적으로 제어함으로써, 크기를 줄이고 효율을 증가시킬 수 있는 장점이 있다.

[32] 한편 본 발명에 따른 독립적으로 능동 제어가능한 권선형 회전자와 고정자를 포함한 전자기 기계를 이용한 인 휠 모터에 의하면, 크기를 최소화하여 각 휠에 장착하여 각 휠의 구동 토크와 속도를 개별적으로, 효율적으로 제어함으로써, 전기자동차와 같은 미래자동차에 적용할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[33] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 전자기 기계의 블록도이다.

[34] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 전자기 기계의 내부 구조를 도시한 예시 단면도이다.

[35] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 전자기 기계의 내부 구조를 도시한 다른 예시 단면도이다.

[36] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 전자기 기계를 구동하거나 제어하는 개략적 예시도이다.

[37] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 전자기 기계에 대한 등가회로를 도시한 회로도이다.

- [38] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 전자기 기계를 적용한 개략적인 풍력발전 이중여자 전자기 기계(Doubly Active Electromagnetic Machine)에 대한 예시도이다.
- [39] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 전자기 기계를 적용한 개략적인 인 휠(In-wheel) 구동 전자기 기계에 대한 예시도이다.
- [40] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 전자기 기계를 적용한 개략적인 인 휠 구동 전자기 기계에 대한 다른 예시도이다.
- [41] 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 고정자와 이동자 사이의 힘을 나타낸다.
- [42] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 고정자와 이동자의 권선 배열에 따른 전류 흐름과 자속 크기를 개략적으로 도시한 예시 단면도이다.
- [43] 도 11은 본 발명의 실시예에 따른 고정자와 이동자의 권선 배열을 2 개의 위상차 권선 세트에 도시한 개략적 예시 단면도이다.
- [44] 도 12는 본 발명의 실시예에 따른 고정자와 이동자의 권선 배열에 따른 전류 흐름과 자속 크기를 개략적으로 도시한 예시 단면도이다.
- [45] 도 13은 본 발명의 실시예에 따른 고정자와 이동자의 권선 배열 구조의 개략적인 예시 사시도이다.
- [46] 도 14는 본 발명의 실시예에 따른 고정자와 이동자의 권선 배열 구조에 의해 생성한 자기장과 전류의 상호 작용을 개략적으로 도시한 개념도이다.
- [47] 도 15는 본 발명의 실시예에 따른 고정자와 이동자의 권선 배열을 적층형 권선을 가지고 수평 방향으로 적용한 개략적 도시한 예시 단면도이다.
- [48] 도 16은 본 발명의 실시예에 따른 고정자와 이동자의 권선 배열을 적층형 권선을 가지고 입체적 구조로 적용한 개략적 도시한 예시 단면도이다.
- [49] 도 17은 본 발명의 실시예에 따른 고정자와 이동자의 권선 배열을 입체적 구조 적용한 구조에 대한 시뮬레이션 결과도이다.
- [50] 도 18은 본 발명의 실시예에 따른 고정자와 이동자의 권선 배열을 입체적 구조 적용한 구조에 대한 시뮬레이션 결과도이다.
- [51] 도 19는 본 발명의 실시예에 따른 고정자와 이동자의 권선 배열을 평면 권선 구조를 가지고 적용한 개략적 도시한 예시 단면도이다.
- [52] 도 20은 본 발명의 실시예에 따른 고정자와 이동자의 권선 배열을 평면 권선 구조를 가지고 입체적 구조로 적용한 개략적 도시한 예시 단면도이다.
- [53] 도 21은 본 발명의 실시예에 따른 고정자와 이동자의 권선 배열을 평면 권선 구조를 가지고 입체적으로 적용한 구조에 대한 시뮬레이션 결과도이다.

#### 발명의 실시를 위한 형태

- [54] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면들과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예를 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 여기서 설명되는 실시예에 한정되는 것이 아니라 서로

다른 형태로 구체화될 수도 있다. 오히려, 여기서 소개되는 실시예는 개시된 내용이 철저하고 완전해질 수 있도록 그리고 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 한편 명세서 전문에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.

- [55] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 '포함한다 (comprises)' 및/또는 '포함하는(comprising)'은 언급된 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자는 하나 이상의 다른 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다. 또한, 바람직한 실시예에 따른 것이기 때문에, 설명의 순서에 따라 제시되는 참조 부호는 그 순서에 반드시 한정되지는 않는다. 이에 더하여, 본 명세서에서, 어떤 성분이나 부품이 언급되는 경우나 그 이외의 성분이나 부품이 배제되는 것이 아니고 필요한 경우 다른 성분이나 부품도 추가로 개재될 수도 있다는 것을 의미한다.
- [56] 본 명세서에서 제공된 설명 및 예시들은 설명적인 목적으로 제시된 것이며 첨부된 청구항의 범주(scope)를 제한하도록 의도되지 아니한다. 본 명세서는 본 발명의 원리를 예시하기 위한 것으로 고려되어야 하며 기술된 실시예의 청구항들 및/또는 본 발명의 사상(spirit) 및 범주를 제한하도록 의도되지 아니한다. 본 기술 분야에 속한 통상의 기술자는 본 발명의 특정한 어플리케이션에 대하여 본 발명을 변형할 수 있을 것이다.
- [57] 또한, 본 명세서에서 기술하는 실시예들은 본 발명의 이상적인 예시도인 단면도 및/또는 평면도를 참고하여 설명될 것이다. 도면들에 있어서, 막 및 영역들의 두께는 기술적 내용의 효과적인 설명을 위해 과장된 것이다. 따라서, 제조 기술 및/또는 허용 오차 등에 의해 예시도의 형태가 변형될 수 있다. 따라서, 본 발명의 실시예들은 도시된 특정 형태로 제한되는 것이 아니라 제조 공정에 따라 생성되는 형태의 변화도 포함하는 것이다. 예를 들어, 직각으로 도시된 식각 영역은 라운드지거나 소정 곡률을 가지는 형태일 수 있다. 따라서, 도면에서 예시된 영역들을 개략적인 속성을 가지며, 도면에서 예시된 영역들의 모양은 소자의 영역의 특정 형태를 예시하기 위한 것이며 발명의 범주를 제한하기 위한 것이 아니다.
- [58]
- [59] 본 발명의 일 실시예에 따른 전자기 기계는 고정자(110), 이동자(120), 및 제어부(130)를 포함한다.
- [60] 고정자(110) 및 이동자(120)는 각각 다상 권선(111, 121)을 포함하고, 서로 소정의 간격(d)으로 이격되어 형성된다. 제어부(130)는 상기 고정자의 제1 자기장 및 상기 이동자의 제2 자기장을 독립적으로 제어한다. 다상 권선에 흐르는 전류의 방향을 제어함으로써, 전류에 의해 자기장이 형성되는데, 다상

- 권선에 흐르는 전류를 제어함으로써 자기장의 이동이나 방향을 제어할 수 있다.
- [61] 제어부(130)는 고정자의 다상 권선(111)에 인가되는 제1 전류 및 이동자의 다상 권선(121)에 인가되는 제2 전류를 제어함으로써 상기 제1 자기장 및 상기 제2 자기장을 제어할 수 있다. 또한, 상기 제어부는, 제1 전류 및 제2 전류의 위상 및 진폭을 개별 제어할 수 있다.
- [62] 제어부(130)는 전자기 기계를 구동 초기, 상기 고정자의 제1 자기장 및 상기 이동자의 제2 자기장이 서로 결속되도록 제어할 수 있고, 상기 제1 자기장 및 상기 제2 자기장의 이동 방향을 동일 방향 또는 반대 방향으로 제어할 수 있다.
- [63] 여기서, 이동자(120)는, 회전축에 연결되어 상기 회전축을 중심으로 회전하는 회전자일 수 있고, 제어부(130)는, 고정자의 제1 자기장 및 이동자의 제2 자기장이 서로 결속을 유지하며 제1 자기장 및 제2 자기장을 개별 제어함으로써, 상기 회전축의 토크 및 속도를 생성할 수 있다.
- [64] 고정자(110)와 이동자(120)는 원형이며 공통 축을 가지도록 형성될 수 있다. 선형 어레이로 배열된 다상 권선(111, 121)은 선형 모터에 적용될 수 있다. 또한, 선형 및 회전 전자기 기계 모두에 적용될 수 있다.
- [65] 고정자와 이동자 사이에 작은 에어 갭이 존재하며, 여기서 이동자는 고정자에 대해 공통 축을 중심으로 자유롭게 회전할 수 있다. 고정자의 다상 권선에 전류가 흐르면, 공극에서 주기적 자기장이 생성된다. 유사하게, 전류가 이동자의 다상 권선에 흐르면, 에어 갭에서 주기적 자기장이 생성된다.
- [66] 고정자의 다상 권선이 적절한 위상차를 갖는 정현파 입력 전류에 의해 여기되면, 에어 갭에서 움직이는 자기장이 생성되며, 이동자의 다상 권선이 적절한 위상차를 갖는 정현파 입력 전류에 의해 여기되면, 에어 갭에서 이동 자기장이 생성된다.
- [67] 이동자가 고정자에 대해 일정한 속도로 이동하는 경우, 이동자의 다상 권선을 통해 일정한 전류에 의해 생성된 자기장은 이동자가 이동함에 따라 이동하게 된다. 이동자의 다상 권선을 통한 정현파 전류는 이동자의 회전축에 대해 회전 자기장을 생성한다. 이동자가 회전하면, 에어 갭 내의 필드의 회전은 필드 회전 속도와 축 회전 속도의 조합에 의해 결정된 속도로 회전한다.
- [68] 정지 좌표계와 관련하여 이동자에 의해 생성되는 에어 갭에서의 자기장의 속도는 이동자 권선의 전류에 의해 생성된 자기 요소의 속도와 이동자의 속도의 조합이다.
- [69] 고정자 및 이동자에 제공된 다상 권선은 전류가 흐를 때 각 권선이 각도의 함수로서 에어 갭에서 주기적 자기장을 생성하는 2개 이상의 개별 권선을 의미한다. 360도 각도에서 정수의 공간주기 또는 주기를 포함할 수 있다. 위상 코일이 두 개 이상인 경우, 제2 권선은 제1 권선에 대해 고정된 각도만큼 오프셋되어 위치된다. 예를 들어, 2 상 권선의 경우 1/4주기 (또는 전기 각도(Electrical angle) 90도)만큼 시프트되고 3 상 코일의 경우 1/3주기만큼 각도로 시프트될 수 있다. (또는 전기 각도 120도)

- [70] 권선에 전류를 공급함으로써, 모든 권선에 의해 생성된 총 자기장은 각 권선을 통한 전류에 의해 생성된 자기장의 합이 된다. 권선의 전류량을 변화시킴으로써 자기장의 위상과 진폭을 변경할 수 있다.
- [71] 다상 권선에 대한 다상 전류는 슬립 링 또는 무선 유도 결합을 포함하는 다른 결합 수단에 의해 고정자 및 고정자에 대해 자유롭게 회전하는 이동자에 공급될 수 있다. 다상 전류는 전력 및 제어 신호가 전자기 기계로 전달될 수 있게 하는 고정 와이어 또는 다른 결합 수단을 통해 전자기 기계에 공급될 수 있다.
- [72] 본 발명의 일 실시예에 따른 전자기 기계는 고정자 및 / 또는 이동자 권선에서 상이한 위상으로 공급되는 시변 전류에 의해 생성된 회전 자기장을 이용한다. 전류가 다중 권선에 공급될 때 정수 다중 사이클 자기장 변동을 생성한다.
- [73] 고정자와 이동자에 의해 생성된 자기장의 각주기의 수는 동일할 수 있다. 이동자와 고정자가 각각의 전류에 의해 자화될 때, 서로 자기장 결속 상태에 있게 된다. 다시 말해, 이동자는 고정자에 의해 생성된 자기장에 고정된 각도 위치에 위치되며, 이동자에 의해 생성된 자기장과 서로 당겨지게 된다. 고정자의 다상 권선에서 전류의 위상이 변함에 따라, 이동자의 위상 전류는 고정되는 반면, 전류의 위상이 변함에 따라 고정자에 의해 생성된 에어 갭에서의 자기장 패턴이 이동한다. 고정자 자기장이 이동함에 따라 이동자 자기장이 함께 이동하여 필드 잠금을 유지한다. 고정자 위상이 변하지 않고 이동자 전류의 위상이 변함에 따라 유사한 이벤트가 발생할 수 있다.
- [74] 고정자 및 이동자의 권선의 전류가 변하면 여러 위상 권선에 의해 생성된 자기장이 이동할 수 있다. 전류가 고정자 및 회전자 모두에서 정확하게 동일한 방식으로 시간 변화하여, 동일한 방식으로 동일한 자기장의 회전을 생성하는 경우, 동일한 방식으로, 자기장 결속은 이동자가 반대 방향으로 자기장 회전 속도의 두 배 회전하며, 반면에, 고정자와 이동자의 자기장 회전이 반대 방향인 경우, 자기장 결속에 의해 이동자가 정지 상태를 유지하게 된다.
- [75] 고정자의 이동 자기장의 회전 속도가 이동자의 속도 및 주파수에 의해 결정되는 이동자로 인해 생성되는 이동 자기장의 속도의 합과 같을 때 자기장 결속이 형성된다.
- [76] 이동자와 반대 방향으로 이동자를 당기는 (끌어 당기는) 외력이 있으면 기계적 동력이 이동자로 전달된다. 이 경우, 전자파 및 전류에서 작은 위상 변이가 생기게 된다. 외력은 자기장과 전류에 의해 움직이는 요소에서 발생하는 힘에 의해 균형을 이루게 된다. 예를 들어, 고정자 전류 진폭이 고정되어 고정 진폭 고조파 이동 자기장을 생성하면, 이동 소자 전류 진폭을 증가시키게 된다.
- [77] 위상의 독립적이고 동시적인 제어에 따라, 고정자와 이동자에서 전류의 주파수와 진폭은 페이로드 및 전자기 기계의 보호뿐만 아니라 광범위한 동적 제어를 제공할 수 있다.
- [78] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 독립적으로 능동 제어가능한 권선형 회전자와 고정자를 포함한 전자기 기계의 내부 구조를 도시한 개략적 예시

단면도이다. 도 2는 이동자가 회전자로 회전축에 연결되어 고정자와 간격을 유지하고 회전하는 회전 전자기 기계로써, 이하, 도 2의 전자기 기계를 예로써 설명하도록 하도록 한다. 도 2는 하나의 구현 예시로 본 발명의 실시예에 따른 전자기 기계는 이에 한정되지 않는 것은 당연하다.

- [79] 도 2에 도시한 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 전자기 기계(1100)는 케이스(1110)의 내측에 고정되는 고정자(Stator, 120)와, 케이스(1110)를 관통하는 회전축(1Shaft, 130), 회전축(1130)을 둘러싸는 회전자(Rotor, 140), 고정자(1120) 및 회전자(1140)의 일단에 놓인 제어부(1150)를 포함하여 구성될 수 있다. 여기서 예시적으로 설명하기 위해 케이스(1110) 내부의 고정자(1120)와, 회전축(1130), 회전자(1140), 제어부(1150)의 위치를 특정하였으나, 이에 한정되지 않고 본 발명의 사상에 위배되지 않는 범위에서 적절한 위치를 재배치할 수도 있다.
- [80] 여기서, 회전축(1130)은 케이스(1110)의 중심부를 길이 방향으로 관통하여 배치된다. 또한, 회전축(1130)이 지지되는 케이스(1110)의 양단에는 베어링(1160)이 구비된다. 한편, 회전가능한 케이스(1111)은 제어부(1150) 외측에 배치되고, 외부 전력선(미도시)이 회전 시 얽히지 않도록 한다. 여기서 케이스(1110)는 회전가능한 케이스(1111)를 두어 외부 전력선이 얽히지 않도록 예시적으로 도시하였으나, 이에 한정되지 않고 전력선을 무선으로 공급하거나 다른 방식으로 전달할 경우 이를 고정할 수도 있다. 한편, 제어부(1150)과 고정자(1120) 및 회전자(1140) 사이의 간격(1s)은 무선 전력 및 신호 공급 시 일측이 고속으로 회전하기 때문에 필요하다.
- [81] 또한, 케이스(1110)의 내주면에는 고정자(1120)가 부착 고정되고, 고정자(1120)는 다상 권선들(미도시)을 포함한다. 고정자(1120)의 내측으로는 회전축(1130)과, 고정자(1120)와 중심을 공유하고 회전자(1130) 방향으로 고정자(1120)와 소정 간격, 즉 공극(Air gap, d)으로 이격되고 회전축(1130)을 포함한 회전자(1140)가 구비된다. 한편, 본 발명에 따른 일 실시예에서의 회전자(1140)는 다상 권선들(미도시)을 포함한다.
- [82] 또한, 케이스(1110) 내부의 고정자(1120)와, 회전축(1130), 회전자(1140)의 일단에는 전력을 주고받기 위한 제어부(1150)를 포함한다. 이때, 제어부(1150)는 고정자(1120)에 제1 전력을 공급하여 제1 회전 자기장(미도시)을 발생시킬 수 있고, 공급되는 상기 제1 전력을 조절하여 상기 제1 회전 자기장의 크기, 주파수 등을 제어할 수 있다. 여기서, 상기 제1 전력은 직접 와이어링 방식(미도시), 슬립링(slip-ring) 방식(미도시), 무선 유도 결합 방식(미도시) 및 이들의 조합 중 선택된 어느 하나의 방식으로 제어부(1150)로부터 고정자 스위칭부(1125)를 통해 고정자(1120)의 상기 다상 권선들에 전력을 주고받게 된다. 또한 고정자 스위칭부(1125)는 펄스폭 변조(PWM: Pulse Width Modulation)가 일어나는 부분이고, 인버터와 컨버터를 포함하여 구성될 수 있다. 여기서 고정자 스위칭부(1125)를 고정자(1120)의 일단에 결합하여 예시적으로 도시하였으나,

이에 한정되지 않고 고정자 스위칭부(1125)를 제어부(1150)에 포함시킬 수도 있다.

- [83] 또한, 제어부(1150)는 회전자(1140)에 제2 전력을 공급하여 상기 제1 회전 자기장과 독립적으로 제2 회전 자기장(미도시)을 발생시킬 수 있고, 공급되는 상기 제2 전력을 조절하여 상기 제2 회전 자기장의 크기, 주파수 등을 제어할 수 있다. 여기서, 상기 제2 전력은 슬립링 방식(미도시), 무선 유도 결합 방식(미도시) 및 이들의 조합 중 선택된 어느 하나의 방식으로 제어부(1150)로부터 회전자 스위칭부(1145)를 통해 회전자(1140)의 상기 다상 권선들에 전력을 주고받게 된다.
- [84] 한편, 제어부(1150)는 직접 와이어링 방식(미도시), 슬립링 방식(미도시), 무선 유도 결합 방식(미도시) 및 이들의 조합 중 선택된 어느 하나의 방식으로 고정자(1120)에 제어 명령을 전달할 수 있다. 또한, 제어부(1150)는 슬립링 방식(미도시), 무선 유도 결합 방식(미도시) 및 이들의 조합 중 선택된 어느 하나의 방식으로 회전자(1140)에 제어 명령을 전달할 수 있다. 이때, 제어부(1150)가 고정자(1120)과 회전자(1140)에 각각 제1 전력과 제2 전력을 무선 유도 결합 방식으로 공급할 때, 무선 유도 결합 방식으로 전달되는 제어 명령과는 서로 다른 주파수를 이용하여 간섭을 회피할 수 있다.
- [85] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 독립적으로 능동 제어가 가능한 권선형 회전자와 고정자를 포함한 전자기 기계의 내부 구조를 도시한 개략적 예시 단면도이다.
- [86] 도 3에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 독립적으로 능동 제어가 가능한 권선형 회전자와 고정자를 포함한 전자기 기계(1200)는 케이스(1210)의 내측에 고정되는 고정자(1220)와, 케이스(1210)를 관통하는 회전축(1230), 회전축(1230)을 둘러싸는 회전자(1240), 고정자(1220) 및 회전자(1240)의 일단에 놓인 제어부(1250)를 포함하여 구성될 수 있다. 도 3를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 전자기 기계(1200)는 제어부(1250)에서 고정자(1220)와 회전자(1240)를 고정자 슬립링(1221)과 회전자 슬립링(1241)을 통해 구현하는 예시이다. 여기서 제어부(1250)는 케이스(1210) 내부에 배치하는 것으로 예시적으로 도시하였으나, 이에 제한되지 않고 제어부(1250)를 케이스(1210) 외부에 배치할 수도 있다.
- [87] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 전자기 기계를 구동하거나 제어하는 개략적 예시도이다.
- [88] 도 4를 참조하면, 고정자(1320)를 구동하기 위해서는 제어부(1350)의 제어명령(1352)이 제어회로(1351)를 거쳐 고정자 스위칭부(1325)로 전달될 때, 전력공급장치/그리드(1370)로부터 고정자 스위칭부(1325)를 거쳐 고정자(1320)의 다상 권선들(미도시)에 제 1 전력을 공급하여 제 1 회전 자기장(미도시)을 생성한다. 한편 고정자(1320)를 제어하기 위해서는 제어부(1350)의 제어명령(1352)이 제어회로(1351)를 거쳐 고정자

- 스위칭부(1325)로 전달될 때, 고정자(1320)로부터 발생하는 전력(미도시)이 고정자 스위칭부(1325)를 거쳐 전력공급장치/그리드(1370)에 공급된다.
- [89] 또한, 회전자(1340)를 구동하기 위해서는 제어부(1350)의 제어명령(1352)이 제어회로(1351)를 거쳐 회전자 스위칭부(1345)로 전달될 때, 전력공급장치/그리드(1370)로부터 회전자 스위칭부(1345)를 거쳐 회전자(1340)의 다상 권선들(미도시)에 제 2 전력을 공급하여 제 2 회전자기장(미도시)을 생성한다. 한편 회전자(1340)를 제어하기 위해서는 제어부(1350)의 제어명령(1352)이 제어회로(1351)를 거쳐 회전자 스위칭부(1345)로 전달될 때, 회전자(1340)로부터 발생하는 전력(미도시)이 회전자 스위칭부(1345)를 거쳐 전력공급장치/그리드(1370)에 공급된다.
- [90] 한편, 상기 제 2 회전 자기장은 고정자(1320)에 포함된 센서(1380)를 통해 상기 제 1 회전 자기장의 크기, 주파수 등을 측정하여 측정값(1353)을 제어회로(1351)에 전달하고 상기 제 2 회전 자기장의 크기, 주파수 등과 비교함으로써 전자기 기계의 토크 및 효율을 최적화하기 위해 고정자(1320)와 회전자(1340)를 능동적으로 제어한다. 또한, 상기 제 1 회전 자기장도 회전자(1340)에 포함된 센서(1380)를 통해 상기 제 2 회전 자기장의 크기, 주파수 등을 측정하여 측정값(1354)을 제어회로(1351)에 전달하고 상기 제 1 회전 자기장의 크기, 주파수 등과 비교함으로써 전자기 기계의 토크 및 효율을 최적화하기 위해 고정자(1320)와 회전자(1340)를 능동적으로 제어한다. 한편 센서(1380)는 고정자(1320)과 회전자(1340)의 적어도 하나 이상의 동적 운영 상태(토크, 전류, 전압, 위치, 속도 등)를 측정하여 전자기 기계의 사용을 최적화하기 위해 사용한다. 또한 센서(1380)를 통해 확보한 동적 운영 상태 측정값뿐만 아니라 전력공급장치/그리드(1370)의 상태 정보를 통해 전자기 기계를 효율적 운영 및 안전하게 운용할 수 있다.
- [91] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 독립적으로 능동 제어가 가능한 권선형 회전자와 고정자를 포함한 전자기 기계에 대한 등가 회로를 도시한 회로도이다.
- [92] 도 5에 도시한 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 독립적으로 능동 제어가 가능한 권선형 회전자와 고정자를 포함한 전자기 기계의 등가 회로(1400)는 고정자의 등가 회로(1420)와 회전자의 등가 회로(1440)를 포함한다. 이때, 본 발명의 일 실시예에 따른 전자기 기계는 90° 위상차를 갖는 2상 권선들으로 예시적 설명을 위해 기술하였으나, 이에 한정되지 않고 다상 권선의 경우에도 당업자라면 용이하게 적용할 수 있다. 로렌츠 법칙에 따른 힘은 다음 수학식으로 표현될 수 있다.
- [93] [수식1]
- $$F = IB_s j_r$$
- [94] 여기서,  $F$ 는 전선에 생기는 힘이고,  $l$ 는 막대형 전선의 길이이고,  $B_s$

는 고정자 코일에 흐르는 전류에 의해 생성된 자기장의 크기이고,

$$i_r,$$

은 이동자 전선에 흐르는 전류값이다.

[95] 본 발명의 일 실시예에 따른 전자기 기계 등가 회로(1400)에서는 고정자의 등가 회로(1420)에서 발생하는 회전 자기장은 Z축 방향으로 발생하고, 회전자의 등가 회로(1440)에서 공급되는 전류는 Y축 방향으로 공급되는 것으로 하여 다음식들로 표현될 수 있다. 특히, 고정자의 권선 A에 흐르는 전류에 의해 생성된 자속은 정현파로서 근사될 수 있고, 다음 수학적식으로 나타낼 수 있다.

[96] [수식2]

$$B_z^{(A)}(x) = B_0 \cos(k_s x_s)$$

[97] 고정자 권선은 전자기 기계의 여러 사이클을 가질 수 있다. 수학적식 2에서 윗 첨자 A는 권선(위상) A를 의미한다. 또한 고정자의 위상 A 권선에는 자속(Magnetic Flux)이 발생한다. 그리고 위상 B 권선은 위상 A 권선에 대해 전기적으로 90° 위상 차이가 나고, 위상 B 권선에 흐르는 전류에 의해 생성된 자속은 다음 수학적식으로 나타낼 수 있다.

[98] [수식3]

$$B_z^{(B)}(x) = B_0 \cos(k_s(x - \frac{\lambda_s}{4})) = B_0 \sin(k_s \lambda_s)$$

[99] 따라서, 고정자 권선에 흐르는 시차를 두고 변화하는 전류에 의해 위상 A 권선과 위상 B 권선이 중첩되어 아래와 같이 이동 자기장이 형성된다. 이는 다음 수학적식으로 나타낼 수 있다.

[100] [수식4]

$$B_z(x, t) = B_z^{(A)}(x) \cos(2\pi f_s t) + B_z^{(B)}(x) \sin(2\pi f_s t)$$

[101] 또는

[102]  $B_z(x, t) = B_0 \cos(k_s x_s) \cos(\omega_s t) + B_0 \sin(k_s x_s) \sin(\omega_s t) = B_0 \cos(k_s x_s - \omega_s t)$

[103] 고정자 권선에 흐르는 전류에 의해 생성된 회전 자기장과 유사하게 회전자 권선에 흐르는 전류는 정현파로서 근사될 수 있다. 회전자의 위상 A 권선에 흐르는 전류는 다음 수학적식으로 나타낼 수 있다.

[104] [수식5]

$$i_Y^A = i_0 \cos(k_m x_m)$$

[105] 그리고 위상 B 권선은 위상 A 권선에 대해 90° 위상 차이가 나고, 회전자의 위상 B 권선에 흐르는 전류는 다음 수학적식으로 나타낼 수 있다.

[106] [수식6]

$$i_Y^B = i_0 \sin(k_m x_m)$$

[107] 따라서, 회전자 권선에 흐르는 전류는 위상 A 권선과 위상 B 권선의 중첩으로

아래와 같이 나타낼 수 있다. 이는 다음 수학적식으로 표현할 수 있다.

[108] [수식7]

$$i_Y(x,t) = i_Y^A \cos(2\pi f_m t) + i_Y^B \sin(2\pi f_m t) = i_0 \cos(k_m x_m) \cos(\omega_m t) + i_0 \sin(k_m x_m) \sin(\omega_m t)$$

[109] 또는

[110]  $i_Y(x,t) = i_0 \cos(k_m x_m - \omega_m t)$

[111] 전자기 기계의 발생하는 로렌츠 힘

$$F(x,t)$$

는 수학적식 4와 수학적식 7로부터 다음 수학적식으로 표현될 수 있다. 여기서는 로렌츠 힘은 고정자로부터 생성된 자기장과 회전자로부터 생성된 전류의 상호작용으로 분석하였으나, 이는 예시적일뿐 그 반대의 경우로도 해석이 가능하다.

[112] [수식8]

$$F(x,t) = IB_0 i_0 \cos[k_S x_S - \omega_S t] \cos[k_m x_m - \omega_m t - \phi]$$

[113] 여기서  $\phi$ 는 회전자와 고정자 사이의 위상차이다. 또한

$$x_m$$

이

$$x_S$$

에 비해 속도

$$v_m$$

(고정자 권선에 대해)로 움직이고 있다고 가정한다면, 다음 수학적식으로 표현될 수 있다.

[114] [수식9]

$$x_m = x_S - v_m t$$

[115] 전자기 기계의 등가 회로(1400)에서 해석되는 토크는 고정자의 등가 회로(1420)와 회전자의 등가 회로(1440)로부터 해석될 수 있는 자기장에 비례하며, 다음식으로 표현될 수 있다. 여기서는 토크는 고정자와 회전자에서 발생하는 자기장으로 해석하였으나, 이는 예시적일뿐 고정자와 회전자에서 발생하는 전류로 해석할 수도 있다.

[116] [수식10]

$$\tau = k B_S B_m$$

[117] 이때, Biot-Savart 법칙에 따라 회전자의 등가 회로(1440)에서 해석되는 자기장은 회전자 권선에 흐르는 전류에 비례한다. 따라서, 수학적식 9로부터 토크는 독립적으로 능동 제어가능한 고정자와 회전자에 흐르는 전류에 각각 비례한다. 한편 일반적 모터의 경우 회전자에 흐르는 전류는 고정자로부터 유도나 파생되어서 이를 제어하기 위해서는 고정자를 제어해야한다. 따라서, 본

발명에 따른 전자기 기계는 고정자와 회전자의 독립적 전류의 조합으로 구동할 수 있어서, 전자기 기계 운용 시에 가능한 토크 범위가 넓으며, 반응시간도 줄일 수 있고, 효율도 최적화할 수 있다. 또한 본 발명의 일 실시예에 따른 전자기 기계 운용 시 안전성을 확보하기 쉽다.

- [118] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 전자기 기계를 포함한 개략적인 신 개념의 풍력발전 이중여자 전자기 기계(Dual Active Electromagnetic Machine)에 대한 예시도이다. 도 6에서는 풍력발전에 대한 예시만을 설명하나, 적용예는 이에 한정되지 않고 본 발명의 일 실시예에 따른 전자기 기계를 포함할 수 있는 조류발전이나 파력발전 등과 같은 신재생에너지 시스템에 적용할 수 있다.
- [119] 도 6를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 전자기 기계를 포함한 풍력발전용 이중여자 전자기 기계(1505)는 기어박스 없이, 연속 가변 기어비(Continuously Variable Gear Ratio)를 전자적으로 구현할 수 있어 큰 구동 토크를 발생시킬 수 있는 발전 또는 회생제동 장치이다. 회전날개(1501)는 동력축(1502)을 통해 전자기 기계(1500)에 연결된다. 전자기 기계(1500)의 출력은 전력변환장치(1503)와 그리드(1504)를 거쳐서 부하(1506)에 전달된다.
- [120] 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른 전자기 기계를 포함하는 이중여자 전자기 기계 시스템에서는 기어박스가 없이도 구동 토크와 속도를 효율적으로 제어함으로써, 크기를 줄이고 효율을 증가시킬 수 있는 장점이 있다. 또한, 물리적 기어가 존재하지 않아 고장 시 빠른 대처가 가능하다.
- [121] 도 7과 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 전자기 기계를 적용한 개략적인 인 휠(In-wheel) 구동 모터를 포함한 차량에 관한 예시도이다. 도 7과 도 8에서는 인 휠 구동 모터에 대한 예시만을 설명하나, 적용예는 이에 한정되지 않는다. 한편, 도 7은 본 발명의 전자기 기계를 포함한 차량의 구동에 관한 예시적 구성도이고, 도 8은 본 발명의 전자기 기계를 포함한 차량의 제동에 관한 예시적 구성도이다.
- [122] 도 7을 참조하면, 에너지원, 예를 들어 배터리(1601)의 직류전원은 인버터(1604)를 거쳐 교류전원으로 변환된다. 이렇게 변환된 전력이 본 발명의 일 실시예에 따른 전자기 기계(1600)에 인가되면 구동력이 생기고, 동력축(미도시)을 통해 각 바퀴에 전달되어 차량을 구동하게 한다.
- [123] 도 8을 참조하면, 주행중이던 차량이 가진 관성력은 제동 시에 상기 동력축을 통해 본 발명의 일 실시예에 따른 전자기 기계(1700)에 전달되어서 회생 제동(Regenerative braking) 상태가 된다. 이때 발전된 전력은 인버터(1704)를 거쳐 에너지원, 예를 들어 배터리(1701)이나 커패시터(1702)에 충전되거나 제동 저항(1703)에서 열로 소비된다.
- [124] 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른 전자기 기계를 포함한 인 휠 모터에 의하면, 모터 크기를 최소화하여 각 휠에 장착하고 각 휠의 구동 토크와 속도를 독립 개별적으로, 효율적으로 제어함으로써, 차량의 안정성을 확보하고, 운전 성능을 향상시킬 수 있다. 특히, 물리적 기어가 존재하지 않고 회전자를 독립적으로 제어함으로써 반응 시간이 짧아 운전 상황에 따른 빠른 대처가

가능하다.

- [125] 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 고정자와 이동자(회전자) 사이의 힘을 나타낸다. 이동자는 x 방향으로 자유롭게 움직일 수 있다. (회전 전자기 기계에서 x는 축 회전 방향) 이동자는 y 또는 z 방향으로 움직이지 않으며, z 방향의 힘은 이동자와 고정자 사이의 당기거나 누르는 힘의 방향을 의미한다.
- [126] 고정자의 다상 코일이 DC 전류로 구동되면, 에어 갭에서 교류 자기장이 생성되고, 이동자의 다상 코일이 DC 전류로 구동되면, 에어 갭에서 교류 자기장이 생성된다. x 방향으로 0.01m의 자기장 공간주기를 가지며, 다상 코일의 전류는 y 방향으로 자기장 결속이 이루어지며, 에어 갭의 자기장은 x 방향으로 주기적으로 변한다.
- [127] 그림은 복원력, 안정적인 평형 위치로 복귀하기 위한 x 방향의 힘, ( $-0.5 * period < x < 0.5 * period$ ), 그리고 반발력, 이동자를 안정적인 위치로 밀기 위한 힘으로 나타낼 수 있다. ( $0.5 * period < x < 1.0 * period$ )  $x = 0.5 * period$ 의 지점은 중첩점(saddle point)이다. 힘과 변위는 이동자 오프셋 각도의 주기적 기능역할을 한다. 이동자와 고정자가 서로 반대 극성으로 대면하는 위치에 복원력이 존재하며, 이 조건이 충족되면, 이동자와 고정자는 "자기장 결속(Field locking)"에 있는 것으로 정의된다. 자기장 결속은 고정자와 함께 유지될 수 있으며 이동자가 회전하는 동안 이동자는 별도의 회전 자기장을 생성한다.
- [128] 자기장결속(Field locking)은 이동 자기장의 생성이 가능한 다상권선을 가진 고정자와 별도로 독립적으로 이동자기장의 생성이 가능한 다상권선을 가진 이동자 사이에 일정한 간격을 가지는 공극(air gap)이 있으며, 이동자는 전류의 흐름과 법선방향으로 일정한 간격을 유지하며 움직일수 있는 전자기 기계에서 형성할 수 있다. 상기 이동 자기장은 공극에 집속 생성되며, 자기장의 벡터 방향, 전류 흐름의 방향, 이동체의 이동 방향은 서로 수직 관계를 가진다.
- [129] 고정자와 이동자 각 다상권선에 흐르는 전류에 의하여 생성된 자기장은 서로 자기장극성이 반대로 마주보는 안정 상태를 유지하는 것이 자기장 결속 현상이다. 이동자가 이러한 안정상태를 벗어나 외부 힘에 의하여 이동하게 되면, 원래의 상태로 돌아가려는 복원력이 생기며, 이동거리가 작은 경우 복원력은 이동거리에 비례하며, 힘의 방향은 이동방향의 반대방향이다.
- [130] 전자기 기계가 구동을 시작하기 전 먼저 자기장 결속을 형성하고, 구동시, 구공시작시 In-rush current를 적정 수준이하 되도록 유지하며 구동을 시작한다. 구동중에는 항상 자기장 결속을 유지함으로써 넓은 동적 작동영역으로 요구되는 토크(torque)에 빠르게 응답할 수 있고, Bi-directional power transfer 기능으로 안전성 확보할 수 있다.
- [131] 이동자와 고정자가 서로 반대 극성으로 대면할 때 회 전자 위치는 안정적일 수 있다. 이동자와 고정자가 동일한 극으로 서로 마주보도록 변위되면, 반발력이 이동자를 안정된 영역으로 밀어낸다. 복원력은 반대 극이 직면할 때 존재하는 반면, 유사한 극이 직면할 때에는 척력이 발생한다.

- [132] 모터 작동에서 샤프트의 외부 하중, 예를 들어 마찰은  $f_{ext}$  ( $f_{ext} < 0$ )로 끌고 있으며, 이동자 위치는 안정적인 평형 ( $x < 0, f_x > 0$ )에서 멀어질 수 있다. 모터가 전기 에너지를 기계 에너지로 변환하는 작업을 수행하는 것을 의미한다.
- [133] 발전기 작동에서, 외부 하중은  $f_{ext} > 0$ 을 갖는 이동자를  $x$  방향으로 밀고 있으며, 외부 힘은 복원력  $f_x < 0$ 에 의해 균형을 이룰 수 있다. 이때, 발전기가 기계 작업을 전기 에너지로 변환하는 것을 의미한다.
- [134] 본 발명의 실시예에 따른 전자기 기계의 고정자 및 이동자는 권선배열로 형성될 수 있다. 예를 들어 도 10과 같은 권선 배열로 형성될 수 있다. 이하, 고정자 및 이동자를 구성하는 권선배열에 대해 구체적으로 설명하도록 한다.
- [135] 고정자는 제1 권선 배열을 포함하고, 이동자는 상기 제1 권선 배열과 소정의 간격으로 이격되어 형성되고, 이격된 방향에서 미리 이미지를 가지는 제2 권선 배열을 포함하며, 상기 제1 권선 배열은 서로 이웃하여 형성되는 적어도 하나의 제1 반주기 및 적어도 하나의 제2 반주기를 포함하고, 상기 제1 반주기는 전류가 흐르는 방향이 서로 다른 적어도 두 개의 권선을 포함하되, 상기 제1 반주기 및 상기 제2 반주기는 이웃하는 방향에서 미리 이미지를 가질 수 있다.
- [136] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 고정자와 이동자의 권선 배열에 따른 전류 흐름과 자속 크기를 개략적으로 도시한 예시 단면도이다. 도 10에 도시한 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 권선 배열(2100)은 제1 권선 배열(2110)과 제2 권선 배열(2120)을 포함한다. 이하, 권선배열은 고정자와 이동자의 권선배열을 의미한다.
- [137] 제1 권선 배열(2110) 및 제2 권선 배열(2120)은 소정의 간격으로 이격되어 형성되고, 이격된 방향에서 미리 이미지(Mirror image)를 가진다. 즉,  $x$  축을 대칭 축으로 제1 권선 배열(2110) 및 제2 권선 배열(2120)은 미리 이미지를 가진다. 여기서, 미리 이미지란 대칭축을 중심으로 서로 대응되는 구조를 가지는 것으로, 거울에 비추는 것과 같은 구조를 가지는 것을 의미한다.
- [138] 이때, 제1 권선 배열(2110)은 서로 이웃하여 형성되는 적어도 하나의 제1 반주기 및 적어도 하나의 제2 반주기를 포함한다. 제1 반주기(2150) 및 제2 반주기(2160)를 한 주기로 형성되며, 공간적 주기( $\lambda_s$ )마다 동일한 구조를 반복하는 주기적인 형태로 형성될 수 있다. 제1 반주기(2150)는 전류가 흐르는 방향이 서로 다른 적어도 두 개의 권선을 포함하되, 상기 제1 반주기 및 상기 제2 반주기는 이웃하는 방향에서 미리 이미지를 가진다. 즉, 제1 반주기(2150)는  $z$  축을 대칭 축으로 제2 반주기(2160)와 미리 이미지를 가진다.
- [139] 도 10을 참조하면, 제1 권선 배열(2110)과 제2 권선 배열(2120)은  $z$  축 방향으로 소정 간격, 즉 공극(air gap,  $d$ )으로 이격되어 있다. 제1 권선 배열(2110)과 제2 권선 배열(2120) 사이의 간격은 권선 배열을 이용하여 구현하고자 자속 내지

다른 부품들에 의해 설정될 수 있고, 사용자에게 의해 설정될 수 있다.

- [140] 제1 반주기(2150)는 전류가 흐르는 방향이 서로 다른 적어도 두 개의 권선을 포함한다. 도 10은 제1 반주기(2150)가 복수의 층으로 형성되는 실시예를 도시하고 있으나, 이는 하나의 예시에 해당하며, 제1 반주기(2150)는 전류가 흐르는 방향이 서로 다른 적어도 두 개의 권선을 포함할 수 있다. 두 개의 권선은 전류가 흐르는 방향이 서로 반대일 수 있다. 하나의 권선은 도 10의 평면 내로 흐르는 방향(+y 방향)으로 전류가 흐르고 다른 하나의 권선은 도 10의 평면 밖으로 흐르는 방향(-y 방향)으로 전류가 흐를 수 있다. 권선에 전류가 일 방향으로 흐르는 경우, 권선에는 자기장이 형성된다. 도 10의 평면 내로 전류가 흐르는 경우 권선을 감싸는 시계방향으로 자기장이 형성되고, 도 10의 평면 밖으로 전류가 흐르는 경우 권선을 감싸는 반시계방향으로 자기장이 형성된다. 여기서, 제1 반주기(2150)에 포함되는 두 개의 권선은 도 10의 제1 반주기(2150)상 제1층(1st upper layer)의에 포함된 권선일 수 있다. 우측에 위치하여 평면 밖으로 전류가 흐르는 권선에 의해 생성되는 반시계방향 자기장과 좌측에 위치하여 평면 내로 전류가 흐르는 권선에 의해 생성되는 시계방향 자기장에 의해 두 권선 사이의 자기장은 제2 권선 배열(2120) 방향으로 형성되어 자속이 강화된다.
- [141] 제1 반주기(2150)와 미리 이미지를 가지는 제2 반주기(2160)는 제1 반주기와 다르게, 우측에 평면 내로 전류가 흐르는 권선이 형성되고, 좌측에 평면 밖으로 전류가 흐르는 권선이 형성된다. 제2 반주기(2160)의 권선은 제1 반주기(2150)의 권선과 전류가 흐르는 방향이 반대로 형성되기 때문에, 두 권선 사이의 자기장은 제2 권선 배열(2120)의 반대 방향으로 형성되어 자속이 강화된다.
- [142] 제1 권선 배열(2110) 및 제2 권선 배열(2120)은 복수의 층으로 형성될 수 있다. 2층 이상의 복수의 층으로 형성될 수 있다. 도 10에서 예시적으로 4 개의 층으로 도시되어 있으나, 이에 한정되지 않고 필요에 따라 층수가 적거나 추가층을 더 포함할 수 있다.
- [143] 제1 권선 배열(2110) 및 제2 권선 배열(2120)은 3개의 층으로 형성될 수 있다.
- [144] 제1 반주기(2150)의 제1층은 서로 다른 방향으로 전류가 흐르는 적어도 11 개의 권선을 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 제1층의 좌측 권선이 평면 내로 흐르는 전류를 표시하는 권선이고, 우측 권선이 평면 밖으로 흐르는 전류를 표시하는 권선이다. 제1 반주기(2150)의 제2층은 상기 제1층의 권선 전류 방향과 동일하나, 상기 제1 층의 권선보다 상대적으로 바깥쪽에 배치된다.
- [145] 또한 제1 반주기(2150)의 제3층은 상기 제2 층의 권선 전류 방향과 반대이다. 즉, 상기 제3층의 좌측 권선이 평면 밖으로 흐르는 전류를 표시하는 권선이고, 우측 권선이 평면 내로 흐르는 전류를 표시하는 권선이다. 한편, 상기 제3층의 권선은 상기 제2 층의 권선보다 상대적으로 안쪽에 배치된다. 제1 반주기(2150)의 제4층은 상기 제3층의 권선 전류 방향과 동일하나, 상기 제3층의 권선보다 상대적으로 바깥쪽에 배치된다.

- [146] 또는, 제1 권선 배열(2110) 및 제2 권선 배열(2120)은 하층 및 상층으로 형성될 수 있다. 여기서, 하층은 도 10의 제1층에 대응되고, 상층은 도 10의 제3층에 대응될 수 있다. 제1층 및 제3층만으로 구성되고, 제2층 및 제4층을 포함하지 않을 수 있다.
- [147] 한편, 도 10에 도시된 제1 반주기(2150)와 제2 반주기(2160)의 전류 방향은 설명을 위해 예시적으로 표시한 것으로서, 이에 한정되지 않고 시간에 따라 변화하는 전류 방향에서 상술한 관계를 갖고 권선 내의 전류 방향은 시간에 따라 변화할 수 있다. 또한, 도 10에 도시된 상기 각 층 내의 권선의 상대적 위치나 권선의 개수는 설명을 위해 예시적으로 나타낸 것으로서, 이에 한정되지 않고 본 발명의 사상에 위배되지 않는 범위에서 권선의 위치나 권선 개수를 변경할 수 있다.
- [148] 제1 권선 배열(2110)은 상술한 전류 분포를 가지는 권선 구조로 형성할 수 있다. 여기서는 제1 권선 배열(2110)과 제2 권선 배열(2120)은 적층된 권선 구조(2130)나, 수평 적층된 권선 구조(2140)와 수직 적층된 권선 구조(2145)로 예시적으로 도시되어 있으나, 이에 한정되지 않고 필요에 따라 3 차원 적층 구조를 대신하여 도 10에 도시된 전류 분포를 가지는 평면 구조로 대체할 수도 있다.
- [149] 본 발명의 일 실시예에 따른 권선 배열(2100)은 일 방향으로 자속(Magnetic flux)이 강화되고 타 방향으로 자속이 상쇄되는 구조를 갖게 된다. 즉 도 10을 참조하면, 제1 권선 배열(2110)과 제2 권선 배열(2120)은 z 축 방향에서 서로 마주보는 일 측으로 자속이 강화되고, 이외의 방향에서는 자속이 상대적으로 상쇄되거나 거의 무시할 수 있을 정도로 나타난다. 따라서, 본 발명에 따른 권선 배열(2100)은 관심 영역 외부에 누설 자장이 최소화할 수 있는 효과가 있다.
- [150] 도 11은 본 발명의 실시예에 따른 권선 배열을 2 개의 위상차 권선 배열 세트(220)로 도시한 개략적 예시 단면도이다.
- [151] 도 11을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 권선 배열(2200)은 서로 90도 위상차가 나는 위상 A를 위한 권선 배열 세트(2201)와 위상 B를 위한 권선 배열 세트(2202)를 포함한다. 두 권선 배열 세트는 서로 다른 위상을 가지거나 서로 동일한 위상을 가질 수도 있다. 권선 배열(2200)은 세트를 교대로 배치하도록 위상 B를 위한 권선 배열 세트(2202)를 위상 A를 위한 권선 배열 세트(2201)에 사이에 배치한다.
- [152] 따라서, 위상 A를 위한 권선 배열 세트(2201)와 위상 B를 위한 권선 배열 세트(2202)에 시간에 따라 변화하는 전류를 순차적 위상차로 공급함으로써 이동 자계(미도시)를 형성할 수 있다. 이러한 이동 전자계를 이용하면 전자기 기계의 고정자와 같은 효과를 낼 수 있다. 한편, 도 11에서는 권선 배열(2200)의 위상이 2 상으로 도시되어 있으나, 이에 한정되지 않고 필요에 따라 세트를 추가하고 순차적으로 교대로 중첩함으로써 3 상 이상의 권선 배열도 가능하다.
- [153] 도 12는 본 발명의 실시예에 따른 권선 배열에 따른 전류 흐름과 자속 크기를

개략적으로 도시한 예시 단면도이다.

[154] 도 12에 도시한 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 권선 배열(2300)에서는 제1 권선 배열(2310)과 제2 권선 배열(2320)을 포함한다. 이때, 제2 권선 배열(2320)은 도 10에 도시되고 상술한 권선 배열과 동일하나, 제1 권선 배열(2310)은 도 12에 도시되고 상술한 권선 배열의 특수한 구조인 할바흐 배열(Halbach Array)로 배치할 수 있다. 또한 이러한 권선 배열(2300)은 제1 권선 배열(2310)과 제2 권선 배열(2320) 사이에서 자속이 강화되고, 이외에서 자속이 상대적으로 무시할 정도로 작거나 상쇄될 수도 있다. 한편 도 12에서는 제1 권선 배열(2310)을 할바흐 배열로 도시되어 있으나, 이에 한정되지 않고 필요에 따라 제2 권선 배열(2320)을 할바흐 배열로 사용하거나, 제1 권선 배열(2310) 및 제2 권선 배열(2320) 모두 할바흐 배열로 사용할 수도 있다.

[155] 도 13은 본 발명의 실시예에 따른 권선 배열 구조의 개략적인 예시 사시도이다.

[156] 도 13에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 권선 배열(2400)에서는 제1 권선 배열(2410)과 제2 권선 배열(2420)이 x 축 방향을 따라 공간적 주기마다 동일한 구조를 반복한다. 또한 제1 권선 배열(2410)과 제2 권선 배열(2420)은 주기적 구조에서 전류가 흐르는 방향(즉 y축 방향)으로 길이가 연장되며, 분절된 토로이드(Toroid)나, 분절된 솔레노이드(Solenoid) 전류 분포를 갖는다.

[157] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 권선 배열(2400)을 포함한 이동 전자기 기계(미도시)는 무철심 구조나 최소한의 철심으로 구현할 수 있다. 따라서, 전자기 기계에 최소 철심을 사용함으로써 효율을 극대화시킬 수 있고, 무게와 크기를 최소화 수 있으며, 철심 사용으로 인한 코어 손실을 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

[158] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 권선 배열에 의해 생성된 자기장은 일 방향으로 주기적으로 변한다. 이러한 모든 속성은 철심 코어를 사용하지 않고서도 본 발명의 실시예에 따른 권선 배열만으로도 가능하다. 특히 본 발명의 실시예에 따른 권선 배열에 의해 생성된 자기장

$$B_z^{(A)}(x)$$

은 다음과 같은 정현파로서 근사 될 수 있다.

[159] [수식11]

$$B_z^{(A)}(x) = B_0 \cos \frac{2\pi x}{\lambda_s}$$

[160] 여기서

$$\lambda_s$$

는 자기장의 공간적 주기이다. 이동 전자기 기계의 경우,

$$\lambda_s$$

는 고정 코일의 공간적 주기(단위 m)이고, 이동자 코일의 공간적 주기는

$\lambda_m$

으로 표현할 수 있다. 이것은 전자기 기계의 고정자의 권선 설계 요소 중의 하나이다. 고정자 권선은 전자기 기계의 여러 사이클을 포함 할 수 있다. 즉, 위첨자(A)는 권선(위상) A를 표시한다. 자속 밀도는 대부분 z 축 방향으로 강화되고 있다.

[161] 한편, 자속 밀도의 다른 방향 성분은 무시할만하다고 가정하고, 본 발명의 일 실시예의 권선 배열과 같이 상보적 권선 배열 사이의 공간에서는 특히 다른 방향 성분은 무시할만하다. 고정자의 자기장은 고정자 전류에 비례하는 다음 수학적식으로 표현할 수 있다.

[162] [수식12]

$$B_0 = k_s I_s$$

[163] 또한, 권선(위상) B에 대해 본 발명의 실시예에 따른 권선 배열은 다른 자속을 생성 할 수 있다. 권선(위상) B는 권선(위상) A 보다

$\lambda_s/4$

만큼 물리적으로 이동한 것이며, 권선(위상) B의 자기장

$$B_z^{(B)}(x)$$

은 다음식으로 표현할 수 있다.

[164] [수식13]

$$B_z^{(B)}(x) = B_0 \sin \frac{2\pi x}{\lambda_s} \quad \lambda_s = B_0 \cos \left( k_s \left( x + \frac{\lambda_s}{4} \right) \right)$$

[165] 여기서  $k_s$ 는 제1 권선 배열(고정자) 전파(2propagation) 벡터이고,  $k_s = 2\pi/\lambda_s$ 이다. 제2 권선 배열(이동자)의 전파 벡터는,  $k_m = 2\pi/\lambda_m$ 으로 나타낼 수 있다.

[166] 본 발명의 실시예에 따른 권선 배열의 분석은 예시적으로 2상 권선 구조를 사용하여 수행한다. 이와 같은 2 상 권선 구조로 가정한다고 하여도 개념은 동일하며, 일반성이 손상되지 않는다. 이러한 분석은 3상 권선 구조와 같이 다상 권선 구조로 확장시킬 수 있으며, 분석 결과 및 결론은 다상 시스템에도 동일하게 적용될 수 있다. 필요하다면 2 상 시스템과 3 상 시스템의 차이가 언급될 수 있다. 한편, 3 상 시스템의 경우 일반적으로 U, V 및 W 권선이라고 불리는 3 세트의 권선이 필요하다. V와 W 권선은 U 권선에 비해 공간 위상이  $\lambda_s/3, 2\lambda_s/3$  이동한다.

[167] 본 발명의 실시예에 따른 권선 배열에서는 상호 보완적인 제1 권선 배열과 제2 권선 배열에 의해 생성된 자기장은 다음과 같은 특성을 갖는다:

[168] 제1 권선 배열과 제2 권선 배열 사이의 자기장은 z축 방향 중 일 측(즉, 권선 배열 사이)으로 강화된다. 자기장이 강화되는 일 측을 제외하고 타 측(즉, 권선 배열 외부)으로는 거의 상쇄된다.

[169] 한편, 본 발명의 실시예에 따른 권선 배열의 권선(위상) A와 권선(위상) B에서

생성되는 자기장은 독립적으로 발생하고, 중첩된다. 또한 권선 A와 권선 B는 전기적으로 90도 위상차를 가지고 구동되어 이동 자계를 생성한다. 이러한 권선 A와 권선 B에 의해 중첩 변조된 자기장

$$B_z(x)$$

은 다음식으로 표현할 수 있다.

[170] [수식14]

$$B_z(x) = B_z^{(A)}(x) \cos(2\pi f_s t) + B_z^{(B)}(x) \sin(2\pi f_s t)$$

[171] 한편, 수학식 1과 수학식 3을 참조하면 위 수학식 4는 다음식으로 표현할 수 있다.

[172] [수식15]

$$B_z(x) = B_0(k_s x) \cos(\omega_s t) + B_0(k_s x) \sin(\omega_s t) = B_0 \cos(k_s x - \omega_s t)$$

[173] 여기서

$$\omega_s$$

는 제1 권선 배열 전류의 주기이고, 제1 권선 배열 전류의 주파수  $f_s$ 와의 관계는

$$\omega_s = 2\pi f_s$$

이다.

[174] 위와 같은 자속 밀도는, 파형 패턴이 다음 속도  $v_s$ 와 함께 x 축 양의 방향으로 이동하는 이동 자계의 형태이다.

[175] [수식16]

$$v_s = \frac{\omega_s}{k_s}$$

[176] 권선 쌍에 전류의 부호의 변화나 시간 변조에 의해 x 축 음의 방향으로 움직이는 파동 패턴의 방향을 변경할 수 있다.

[177] 본 발명의 실시예에 따른 권선 배열을 포함한 고정자 권선을 통해 전류를 공급함으로써 생성한 자기장에 수직으로 전류가 흐를 수 있는 권선에 따라 이동자를 제공함으로써 전자기 기계를 제작할 수 있다.

[178] 상기와 같은 권선 배열을 이용하여 이동 전자기 기계를 구성할 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 따른 이동 전자기 기계는 고정자 및 이동자를 포함하되, 상기 고정자는 제1 권선 배열을 포함하고, 상기 제1 권선 배열은, 서로 이웃하여 형성되는 적어도 하나의 제1 반주기 및 적어도 하나의 제2 반주기를 포함하고, 상기 제1 반주기는 전류가 흐르는 방향이 서로 다른 적어도 두 개의 권선을 포함하되, 상기 제1 반주기 및 상기 제2 반주기는 이웃하는 방향에서 미리 이미지를 가질 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 따른 이동 전자기 기계에 포함된 권선 배열에 대한 상세한 설명은 앞서 설명한 본 발명의 실시예에 따른 권선 배열에 대한 상세한 설명에 대응되는바, 이하 중복되는 설명은 생략하도록 한다.

[179] 또는, 상기 고정자는, 상기 제1 권선 배열과 소정의 간격으로 이격되어

형성되고, 이격된 방향에서 미리 이미지를 가지는 제2 권선 배열을 더 포함할 수 있고, 상기 이동자는 상기 제1 권선 배열 및 상기 제2 권선 배열 사이에 형성될 수 있다.

[180] 또는, 상기 이동자는, 상기 제1 권선 배열과 소정의 간격으로 이격되어 형성되고, 이격된 방향에서 미리 이미지를 가지는 제2 권선 배열을 포함할 수 있다. 즉, 상기 본 발명의 실시예에 따른 권선 배열의 제1 권선 배열 및 제2 권선 배열은 각각 고정자 또는 이동자일 수 있다.

[181] 또한, 상기 이동자는 회전자일 수 있다.

[182] 전류가 y 축 양의 방향으로 흐를 수 있는 전선을 가정하고, 이동자가 x 축 방향으로 이동하는 것이 허용된다고 가정하자. 전선을 통해 흐르는 전류의 양이  $i$ 라고 하면, 로렌츠 힘

$$\delta F_x(x)$$

은 전선의 길이  $l$ ( $l$ 은 자속이 일정한 영역의 길이임)에 대해 다음식으로 표현할 수 있다.

[183] [수식17]

$$\delta F_x(x) = l I_y(x) B_z(x)$$

[184] 여기서,

$$I_y(x)$$

는 위치  $x$  에서  $y$  방향으로 흐르는 전류이다.  $x$ 의 함수로서 전류가 흐르는 전선 배열을 형성할 수 있다. 특히, 이동자 상에 분포된 전류는 고정자와 동일한 (공간적) 주기를 갖는다.

[185] [수식18]

$$I_y(x_m) = I_0 \cos \left\{ \frac{2\pi x}{\lambda_s} - \omega_s t - \phi \right\}$$

[186] 여기서,  $x_m$ 은 제2 권선배열(이동자)의  $x$  방향 좌표이고, 제1 권선배열(고정자)의  $x$  방향 좌표는  $x_s$ 로 나타낼 수 있다.

[187] 따라서 이동자 상의 전류가 발생하여 이러한 전류가 이동자(또는 회전자일 수 있음)에 상대적으로 움직이게 할 수 있는 것을 의미한다. 원칙적으로, 전류의 정현파 분포는 매우 작은 전선 루프를 함께 적층함으로써 실현될 수 있으며, 단위 길이 당 전선의 수는 다음식으로 나타낼 수 있다.

[188] [수식19]

$$n(x_m) = n_0 \cos \left\{ \frac{2\pi x_m}{\lambda_s} \right\}$$

[189] 만약 전선을 통해 작은 전류  $i$ 가 흐를 경우, 다음식으로 표현할 수 있다.

[190] [수식20]

$$I_0 = n_0 i$$

[191] 정현파 전류 밀도 분포를 실현하는 것은 쉽지 않을 수 있다.

[192] [수식21]

$$I_y^A(x_m) = I_0 \sum_k \left\{ h(x_m - k\lambda_s) - h(x_m - k\lambda_s - \frac{\lambda_s}{2}) \right\}$$

[193]

$$0 < x_m < \frac{\lambda_s}{4}$$

의 경우,

$$h(x_m) = 1$$

이며,

$$x_m > \frac{\lambda_s}{4}$$

의 경우,

$$h(x_m) = 0$$

이다.

[194] 여기서,

$$h(x_m)$$

은 주기

$$\lambda_s$$

를 갖는 주기함수이다. 예를 들어,

$$\phi$$

는 이동자의 임의의 초기 위상 값이다.

[195] 도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른 권선 배열 구조에 의해 생성한 자기장과 전류의 상호 작용을 개략적으로 도시한 개념도이다.

[196] 도 14를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 권선 배열에 의해 생성한 자기장과 전류의 상호 작용에 의해 전류가 흐르는 전선에서 발생하는 로렌츠 힘은 x 축 방향으로 다음식으로 나타낼 수 있다. 한편, 고정자에 발생하는 힘은 x 축 방향에 따라 반주기 마다 같은 크기지만 반대 방향으로 발생한다.

[197] [수식22]

$$\delta F_x(x) = I B_s I_m \cos \{k_s x_s - \omega_s t\} \cos \{k_s (x_s - v_m t) - \omega_m t - \phi\}$$

[198]  $x_m$ 이  $x_s$ 에 대한 속도  $v_m$ 로 움직이고 있다고 가정한다. 그 관계는 다음과 같다.

[199] [수식23]

$$x_m = x_s - v_m t$$

[200] 주기당 힘은 다음과 같이 계산될 수 있다.

[201] [수식24]

$$\delta F_x(x_s) = I B_s I_m \cos \{k_s x_s - \omega_s t\} \cos \{k_s (x_s - v_m t) - \omega_m t - \phi\}$$

[202]  $\delta F_x(x_s) = IB_s I_m \cos \{k_s x_s - \omega_s t\} \cos \{k_s x_s - (\omega_m + k_s v_m) t - \phi\}$

[203] 수학식 14는 다음식과 같이 정리될 수 있다.

[204] [수식25]

$$\delta F_x(x_s, t) = \frac{1}{2} IB_s I_m [\cos \{2k_s x_s - (\omega_s + \omega_m + k_s v_m) t - \phi\} + \cos \{(\omega_s - \omega_m - k_s v_m) t - \phi\}]$$

[205] 수학식 25의 첫 항은 공간과 시간 모두에서 급속히 변한다. 시간과 무관하게 많은 공간 주기에 걸쳐 힘이 누적되면 평균값은 사라진다. 공간적 주기

$\lambda_s$

당 힘(M이 충분히 크고, M 사이클에 걸쳐 통합)은 다음식으로 나타낼 수 있다.

[206] [수식26]

$$f_x(x_s, t) = \frac{1}{M} \int_0^{M\lambda_s} \delta F_x(x_s, t) = \frac{1}{2} n_m \lambda_s IB_0 I_m \cos \{(\omega_s - \omega_m - k_s v_m) t - \phi\}$$

[207] 임의의 주기적 전류 분포에 대한 주기 평균 힘은 계산될 수 있다. 이는 동일한 푸리에 급수 전개에 고조파 성분이 현재 평균값 0으로 생성됨으로써 동일한 결과가 나타난다.

[208] 이동자에 구동하는 전류의 주기의 관계는 다음식과 같다.

[209] [수식27]

$$(\omega_m + k_s v_m) = \omega_s$$

[210] 즉, 이동자에 발생한 이동 자계는 합성된 자계가 고정자에 의해 생성된 이동 자계와 동기가 되는 것을 의미한다. 이동자와 고정자의 공간주기가 동일한 값을 가지므로, 이동자와 고정자의 자극(magnetic poles)은 반대쪽으로 끌어당겨짐으로 인해 자속 경로는 서로 동기화, 결속(Field lock)된다.

[211] 이동자와 고정자가 서로 자속 결속되면, 이동자(회전자)의 위치는 평형 위치에 있게 되고, 이동자와 고정자 사이의 평균 자기력은 평형 상태에서 0이된다.

$\phi$

는 전계 위상의 차이를 나타내며, 이동자와 고정자 사이의 평형으로부터의 위치 오프셋에 비례한다.

[212] [수식28]

$$f_{x, SYNC}(x, t) = \frac{1}{M} \int_0^{M\lambda_s} \delta F_x(x, t) = \frac{1}{2} n_m \lambda_s IB_0 I_0 \cos \phi$$

[213]  $\phi = 0$

인 경우, 외력 또는 토크는 변하지 않고, 자속 결속은 이동자를 평형위치에 위치시킨다. 이동자가 평형에서 이동하면 자기력이 발생하여 이동자는 평형의 위치로 이동하게 된다. 반대로, 이동자에 외력 또는 토크가 가해지면, 반대쪽 자극의 당기는 동작으로 인한 자기력이 외력에 대응하게 된다. 이때, 이동자의 위치는 외력에 따라 변하게 된다. 반작용의 크기는 고정자 전류와 이동자 전류의

곱에 비례하며, 총 자기력 또는 토크는 공간 주기의 수에 비례한다.

[214] 여기서

$$\cos\phi$$

가 양이고 일정하다면, 고정자와 이동자(또는 회전자)의 상호 작용으로부터 이동자에 정상 상태 힘이 발생하고, 힘은 마찰에 대항하여 이동자를 밀고 있다. 이 경우, 고정자와 이동자의 전원 공급 기구는 마찰에 대해 느린 가속이나 정상 상태를 위해 이동자를 움직이기 위해 동력을 공급한다.

$$\phi=0$$

인 경우 최대 힘이 발생한다.

[215] 본 발명의 일 실시예에 따른 이동 전자기 기체가 모터로 사용될 때, 전류가 공급되는 동안 다음식과 같은 조건이 유지된다.

[216] [수식29]

$$\cos\{(\omega_s-\omega_m+k_s v_m)t-\phi\} \geq 0$$

[217]  $\cos\phi < 0$

인 조건은 이동자(회전자)가 외력에 의해 밀고 있을 때의 정상 상태 조건이다. 음의 힘은 외력에 의해 일이 수행됨을 의미한다. 즉, 본 발명의 일 실시예에 따른 이동 전자기 기체가 발전기로 작동 중일 때이다. 전류는 이동자 권선을 통해 흐르기 때문에 전력이 생성된다.

[218] 정상 상태 힘의 경우에는 이동자가 속도  $v_m$ 으로 이동하고, 전류가 고정자에 의해 생성된 자기장과 동일한 속도( $v_s$ )로 움직인다. 이동자와 고정자의 주파수가 동일하고 외력이 없는 경우, 이동자는 고정된 위치를 유지한다. 하지만, 이동자와 고정자가 다른 주파수로 구동되어 자기장이 같은 방향으로 움직이면, 이동자(회전자) 축은  $v_s - v_m$ 으로 움직인다. 자기 회전(2Field Rotation)이 반대 방향인 경우, 이동자(회전자) 축 회전 속도는 고정자 자기 회전 속도와 이동자(회전자) 자기 회전 속도의 합이 된다. 이를 통해, 빠른 회전이 가능하도록 할 수 있다.

[219] 고정자에서의 자기장은 속도  $v_s$ 로 이동할 때 다음식으로 나타낼 수 있다.

[220] [수식30]

$$v_s = \omega_s / k_s$$

[221] 정상 상태 힘은 이동자에서 생성될 때, 이동자(회전자)는 매우 느린 가속도로 움직이거나 그 힘이 외력과 균형을 이룰 경우이고, 이때 등속도로 움직인다.

[222] 도 15는 본 발명의 실시예에 따른 권선 배열을 적층형 권선을 가지고 수평 방향으로 적용한 개략적 도시한 예시 단면도이다.

[223] 도 15를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 권선 배열(2600)은 적층형 권선을 가지고 x 축 방향으로 주기적 구조로 구현한다. 이때, 권선 배열(2600)은 z 축 방향으로 소정 간격 이격된 제1 권선 배열(2610)과 제2 권선 배열(2620)로 구현한다. 또한, 제1 권선 배열(2610)과 제2 권선 배열(2620) 사이인 일 축

방향으로 자속 밀도가 강화되고, 제1 권선 배열(2610)과 제2 권선 배열(2620) 내부의 서로 마주보는 방향 이외는 자속 밀도가 상쇄되고, 외부에서는 누설 자계를 최소화할 수 있다.

- [224] 도 16은 본 발명의 실시예에 따른 권선 배열을 적층형 권선을 가지고 입체적 구조로 적용한 개략적 도시한 예시 단면도이다.
- [225] 도 16을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 권선 배열(2700)은 적층형 권선을 가지고 원형으로 구현한다. 이때 본 발명의 일 실시예에 따른 권선 배열(2700)은 방사(radial) 방향으로 소정 간격 이격되고, 제1 권선 배열(2710)과 제2 권선 배열(2720)은 접선 방향을 따라 공간적 주기마다 동일 구조를 반복한다. 또한, 제1 권선 배열(2710)과 제2 권선 배열(2720)은 서로 상보적으로 구현된다. 즉, 제1 권선 배열(2710)은 접선 방향을 기준으로 제2 권선 배열(2720)과 전류 분포는 미리 이미지를 갖는 것으로 볼 수 있다. 또한, 원형으로 배치한 제1 권선 배열(2710)과 제2 권선 배열(2720)은 방사 방향으로 이들 사이의 일 측으로 자속 밀도가 강화되고, 이들 외부의 타 측으로 자속 밀도가 상쇄된다.
- [226] 한편, 여기서는 제1 권선 배열(2710)과 제2 권선 배열(2720)은 원주상에 배치되고 크기가 짧아 거의 동일한 크기로 예시적으로 도시되어 있으나, 이에 한정되지 않고 본 발명의 사상을 해치지 않는 범위에서 필요에 따라 안쪽 원주상의 권선 배열의 크기를 줄이거나 바깥쪽 원주상의 권선 배열의 크기를 증가시킬 수도 있다.
- [227] 도 17은 본 발명의 실시예에 따른 권선 배열을 입체적 구조 적용한 구조에 대한 시뮬레이션 결과도이다.
- [228] 본 시뮬레이션 결과도는 python 프로그램을 이용하고, Biot-Savart 법칙을 기본으로 계산하였다. 도 17을 참조하면, 도 16에 도시된 권선 배열(2700)의 제1 권선 배열(2710)과 제2 권선 배열(2720)에 대한 에어갭 중간 부근에서 얻는 결과를 나타낸다. 따라서, 제1 권선 배열(2710)과 제2 권선 배열(2720) 사이에 있는 에어갭 중심에서 방사(radial) 방향으로 자속이 강화되고, 축(axial) 방향이나 접선(tangential) 방향으로는 자속이 상대적으로 거의 없다.
- [229] 도 18은 본 발명의 실시예에 따른 권선 배열을 입체적 구조 적용한 구조에 대한 시뮬레이션 결과도이다.
- [230] 도 18을 참조하면, 도 16에 도시된 권선 배열(2700)의 제1 권선 배열(2710)과 제2 권선 배열(2720)로부터 에어갭 절반의 크기의 관심 영역 바깥 부근에서 얻는 결과를 나타낸다. 따라서, 모든 방향에서 누설 자속이 거의 없는 것으로 확인된다. 한편, 관심 영역이라 함은 제1 권선 배열(2710)과 제2 권선 배열(2720)을 포함한 그 내부를 의미한다.
- [231] 도 19는 본 발명의 실시예에 따른 권선 배열을 평면 권선 구조를 가지고 적용한 개략적 도시한 예시 단면도이다.
- [232] 도 19를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 권선 배열(2800)은 평면 권선 구조를 x 축과 z 축 방향으로 주기적으로 구현한다. 이때, 권선 배열(2800)은 z

축의 + 방향으로 자기장은 강화되고, - 방향으로 자기장은 상대적으로 약해진다.

[233] 도 20은 본 발명의 실시예에 따른 권선 배열을 평면 권선 구조를 가지고 입체적 구조로 적용한 개략적 도시한 예시 단면도이다.

[234] 도 20을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 권선 배열(2900)은 평면 권선 구조를 가지고 원형으로 구현한다. 이때 본 발명의 실시예에 따른 권선 배열(2900)은 방사 방향으로 소정 간격 이격되고, 서로 상보적인 제1 권선 배열(2910)과 제2 권선 배열(2920)로 구현된다.

[235] 도 21은 본 발명의 실시예에 따른 권선 배열을 평면 권선 구조를 가지고 입체적으로 적용한 구조에 대한 시뮬레이션 결과도이다. 도 19를 참조하면, 관심 영역 중 에어갭 중심 부근에서의 방사 방향으로 강한 자기장을 나타내고, 축 방향이나 접선 방향으로서는 자기장은 무시할 수 있을 정도로 상쇄된다. 도시되지는 않았지만, 도 16과의 결과와 같이 관심 영역 밖에서는 누설 자기장이 거의 없는 것을 확인하였다.

[236] 본 발명의 실시예에 따른 권선 배열을 이용한 이동 전자기 기계는 관심 영역 내의 일 측 자장을 강화시키고 관심 영역 밖의 누설 자장을 거의 없게 한다. 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 이동 전자기 기계는 철심을 사용하지 않거나 최소로 사용함으로써 그 크기와 무게를 최소화하고, 코어 손실을 줄이고, 성능 한계 등을 극복할 수 있다.

[237]

[238]

[239]

[240]

## 청구범위

- [청구항 1] 다상 권선을 포함하는 고정자;  
다상 권선을 포함하고, 상기 고정자와 소정 간격으로 이격되는 이동자; 및  
상기 고정자의 제1 자기장 및 상기 이동자의 제2 자기장을 독립적으로  
제어하는 제어부를 포함하는 전자기 기계.
- [청구항 2] 제 1 항에 있어서,  
상기 제어부는,  
상기 고정자의 다상 권선에 인가되는 제1 전류 및 상기 이동자의 다상  
권선에 인가되는 제2 전류를 제어함으로써 상기 제1 자기장 및 상기 제2  
자기장을 제어하는 것을 특징으로 하는 전자기 기계.
- [청구항 3] 제2항에 있어서,  
상기 제어부는,  
상기 제1 전류 및 상기 제2 전류의 위상 및 진폭을 개별 제어하는 것을  
특징으로 하는 전자기 기계.
- [청구항 4] 제 1 항에 있어서,  
상기 제어부는,  
직접 와이어링 방식, 슬립링(1slip-ring) 방식, 및 무선 유도 결합 방식 중  
적어도 하나의 방식으로 상기 고정자의 다상 권선에 상기 제1 전류를  
인가하거나 상기 이동자의 다상 권선에 상기 제2 전류를 인가하는 것을  
특징으로 하는 전자기 기계.
- [청구항 5] 제1항에 있어서,  
상기 제어부는,  
상기 전자기 기계를 구동 초기, 상기 고정자의 제1 자기장 및 상기  
이동자의 제2 자기장이 서로 결속되도록 제어하는 것을 특징으로 하는  
전자기 기계.
- [청구항 6] 제1항에 있어서,  
상기 제어부는,  
상기 제1 자기장 및 상기 제2 자기장의 이동 방향을 동일 방향 또는 반대  
방향으로 제어하는 것을 특징으로 하는 전자기 기계.
- [청구항 7] 제1항에 있어서,  
상기 이동자는,  
회전축에 연결되어 상기 회전축을 중심으로 회전하는 회전자인 것을  
특징으로 하는 전자기 기계.
- [청구항 8] 제7항에 있어서,  
상기 제어부는,  
상기 고정자의 제1 자기장 및 상기 이동자의 제2 자기장이 서로 결속을  
유지하며 상기 제1 자기장 및 상기 제2 자기장을 개별 제어함으로써, 상기

- 회전축의 토크 및 속도를 생성하는 것을 특징으로 하는 전자기 기계.
- [청구항 9] 제1항에 있어서,  
상기 전자기 기계는 선형 전자기 기계 또는 회전 전자기 기계인 것을  
특징으로 하는 전자기 기계.
- [청구항 10] 제1항에 있어서,  
상기 고정자는 제1 권선 배열을 포함하고,  
상기 이동자는 상기 제1 권선 배열과 소정의 간격으로 이격되어  
형성되고, 이격된 방향에서 미리 이미지를 가지는 제2 권선 배열을  
포함하며,  
상기 제1 권선 배열은 서로 이웃하여 형성되는 적어도 하나의 제1 반주기  
및 적어도 하나의 제2 반주기를 포함하고,  
상기 제1 반주기는 전류가 흐르는 방향이 서로 다른 적어도 두 개의  
권선을 포함하되,  
상기 제1 반주기 및 상기 제2 반주기는 이웃하는 방향에서 미리 이미지를  
가지는 것을 특징으로 하는 전자기 기계.
- [청구항 11] 제10항에 있어서,  
상기 제1 반주기를 형성하는 두 개의 권선 사이에서 형성되는 자기장의  
방향과 상기 제2 반주기를 형성하는 두 개의 권선 사이에서 형성되는  
자기장의 방향이 서로 반대인 것을 특징으로 하는 전자기 기계.
- [청구항 12] 제10항에 있어서,  
상기 제1 반주기는,  
전류가 흐르는 방향이 서로 다른 적어도 두 개의 권선을 포함하고, 상기  
제2 권선 배열과 인접하는 제1층;  
상기 제1층의 권선구조와 동일한 전류 방향을 가지나 상기 제1층  
권선구조보다 바깥쪽에 위치한 제2층 권선 구조를 포함하고, 상기 제1층  
상부에 위치하는 제2층; 및  
상기 제2층 권선구조와 서로 반대 방향의 전류 방향을 가지나 상기 제2층  
권선구조보다 안쪽에 위치한 제3층 권선 구조를 포함하고, 상기 제2층  
상부에 위치하는 제3층을 포함하는 것을 특징으로 하는 전자기 기계.
- [청구항 13] 제12항에 있어서,  
상기 제3층의 권선구조와 동일한 전류 방향을 가지나 상기 제3층  
권선구조보다 바깥쪽에 위치한 제4층 권선 구조를 포함하고, 상기 제3층  
상부에 위치하는 제4층을 더 포함하는 전자기 기계.
- [청구항 14] 제10항에 있어서,  
상기 제1 반주기는,  
전류가 흐르는 방향이 서로 다른 적어도 두 개의 권선을 포함하고, 상기  
제2 권선 배열과 인접하는 하층;  
상기 하층 권선구조와 서로 반대 방향의 전류 방향을 가지는 상층 권선

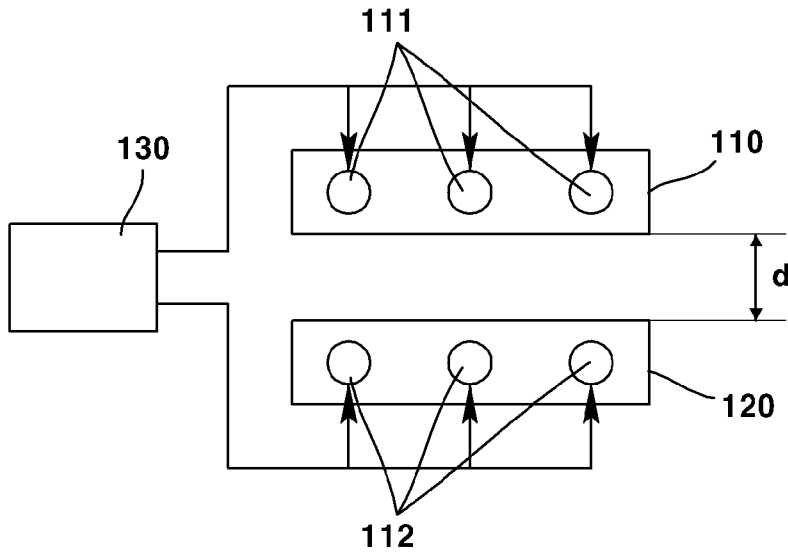
구조를 포함하고, 상기 하층 상부에 위치하는 상층을 포함하는 것을 특징으로 하는 이동 전자기 기계.

[청구항 15] 제10항에 있어서,  
상기 제1 권선 배열은 복수의 제1 반주기 및 복수의 제2 반주기를 포함하되,  
상기 제1 반주기 및 상기 제2 반주기는 이웃하는 방향으로 주기적으로 형성되는 것을 특징으로 하는 전자기 기계.

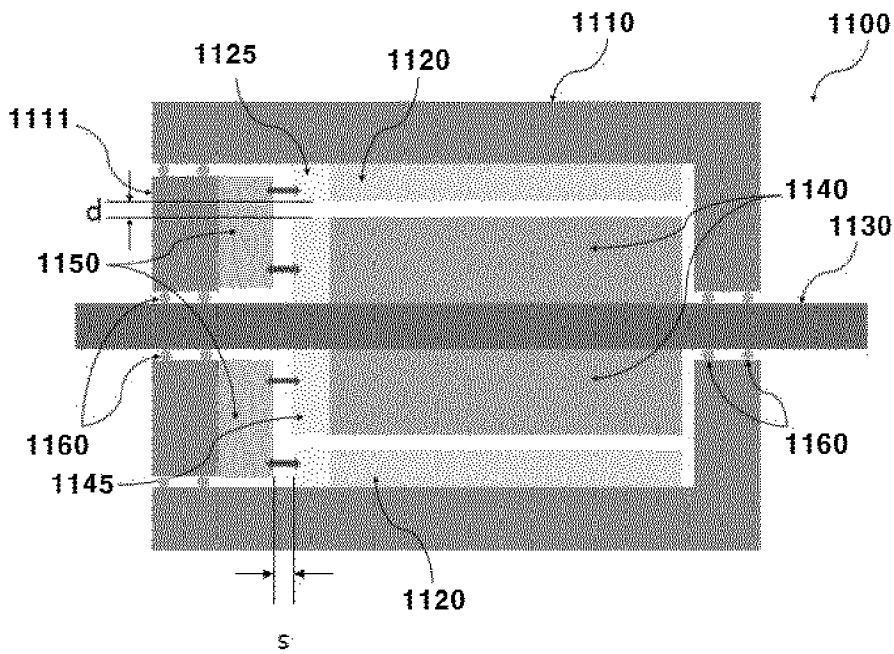
[청구항 16] 제10항에 있어서,  
상기 제1 권선 배열 또는 상기 제2 권선 배열은,  
상기 전류가 흐르는 방향에 따라 길이가 연장되고, 분절된 토로이드(1Toroid)나 분절된 솔레노이드(1Solenoid) 전류 분포를 포함하는 것을 특징으로 하는 이동 전자기 기계.

[청구항 17] 제 1 항의 전자기 기계를 포함하는 자기장 동기 결합(1Field Lock) 이중여자 전자기 기계 시스템.

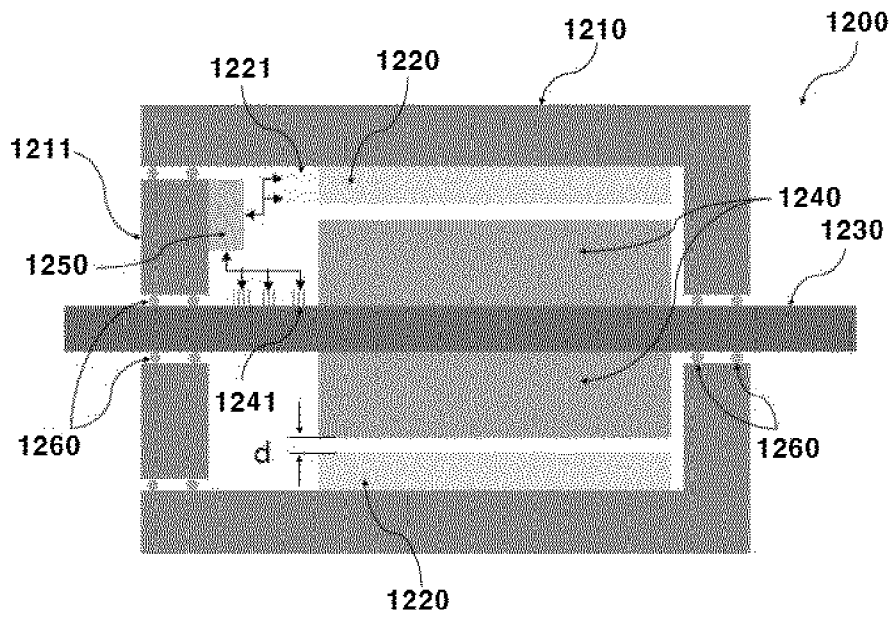
[도1]



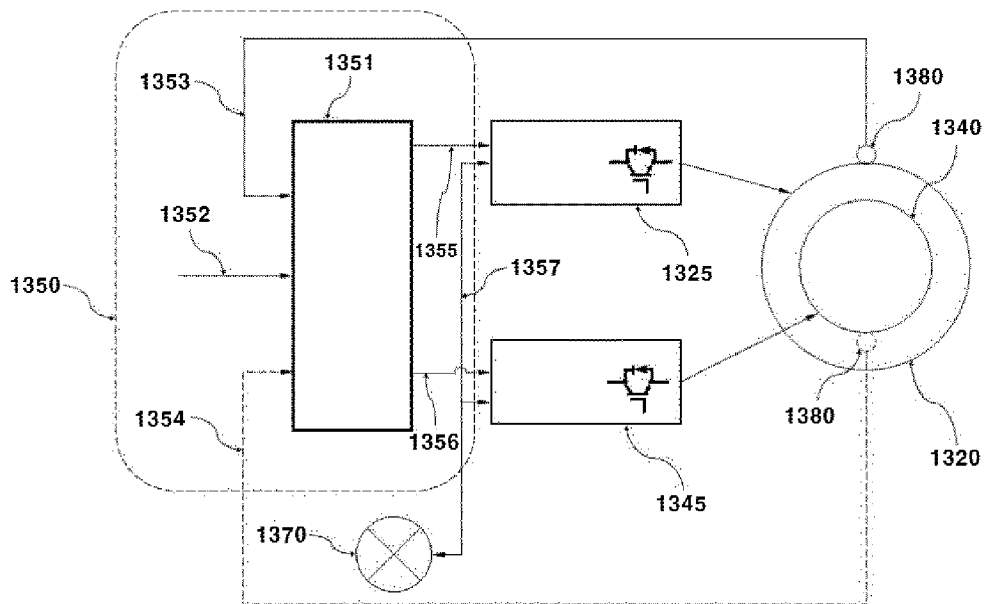
[도2]



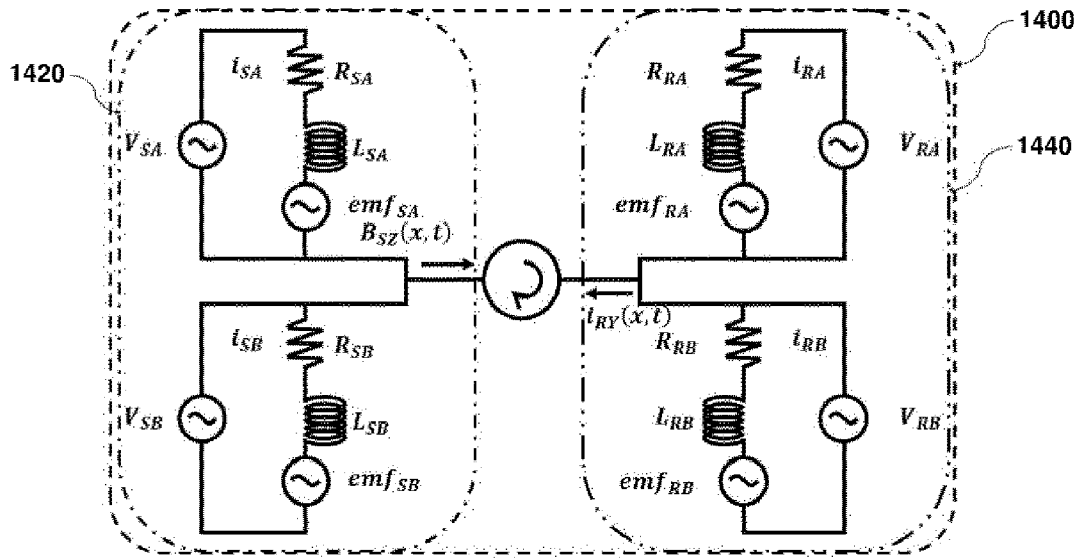
[도3]



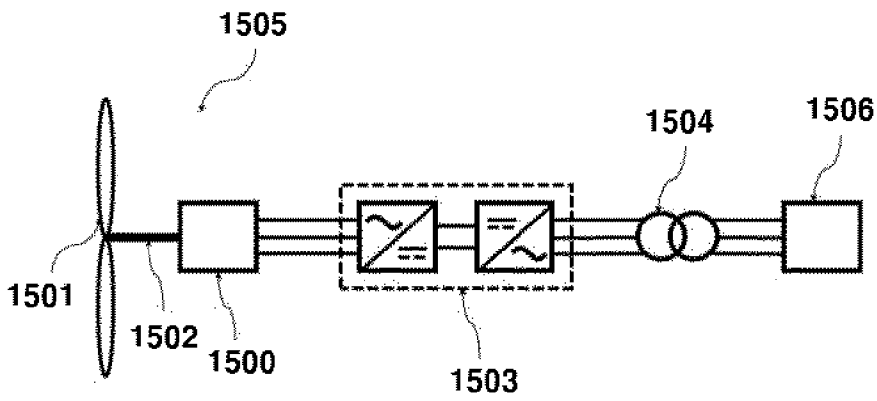
[도4]



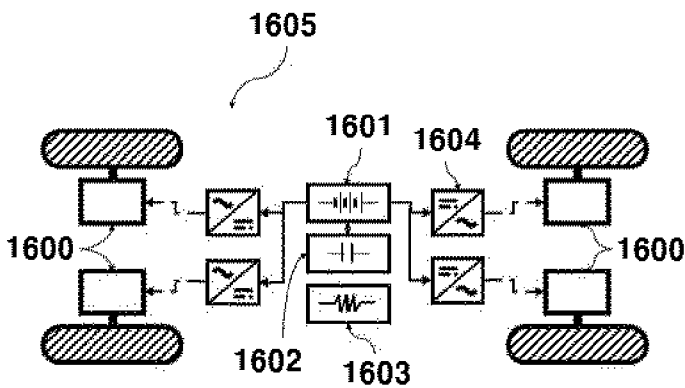
[도5]



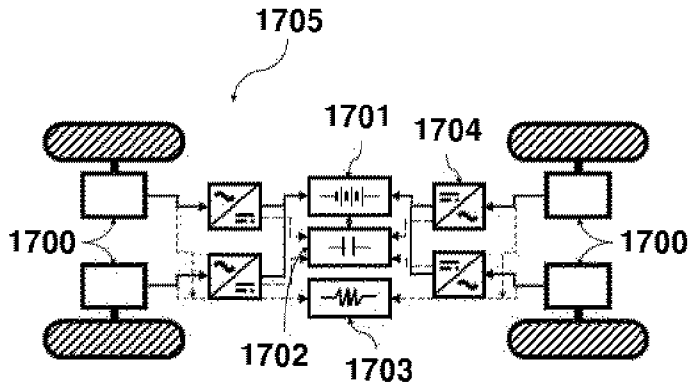
[도6]



[도7]

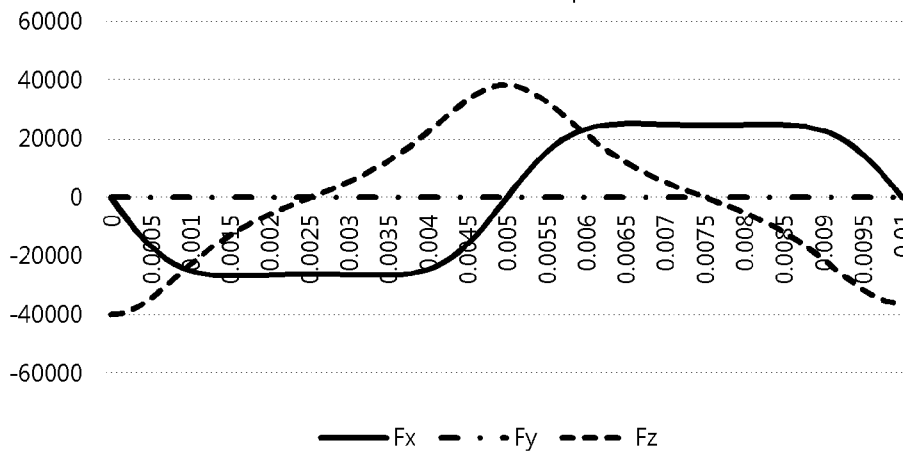


[도8]

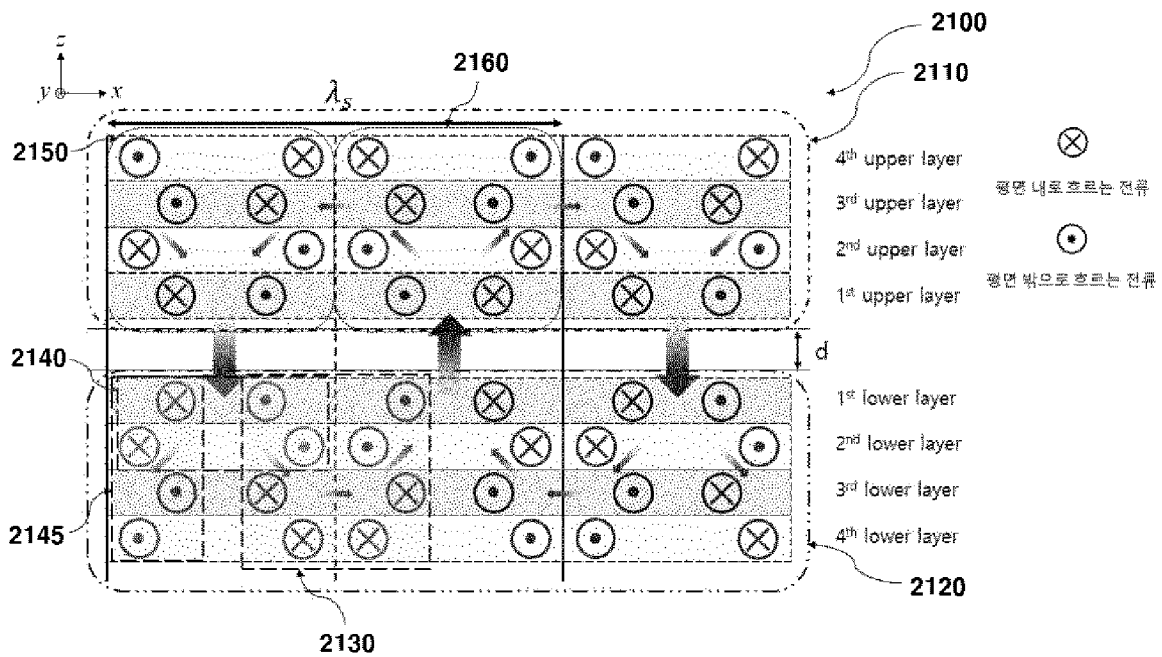


[도9]

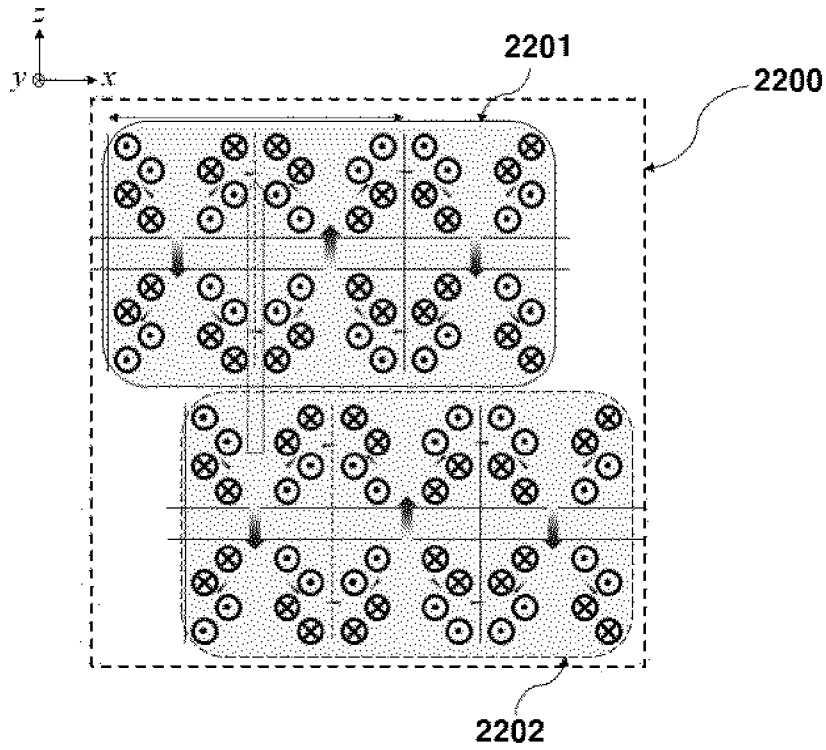
Force between the moving element and the stationary element as a function of displacement in x



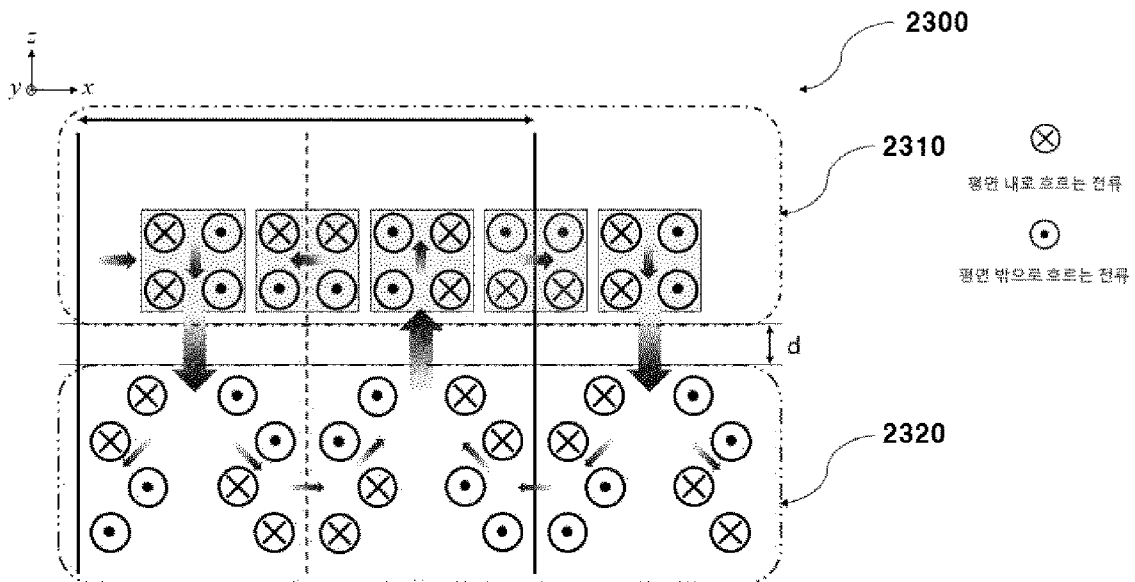
[도10]



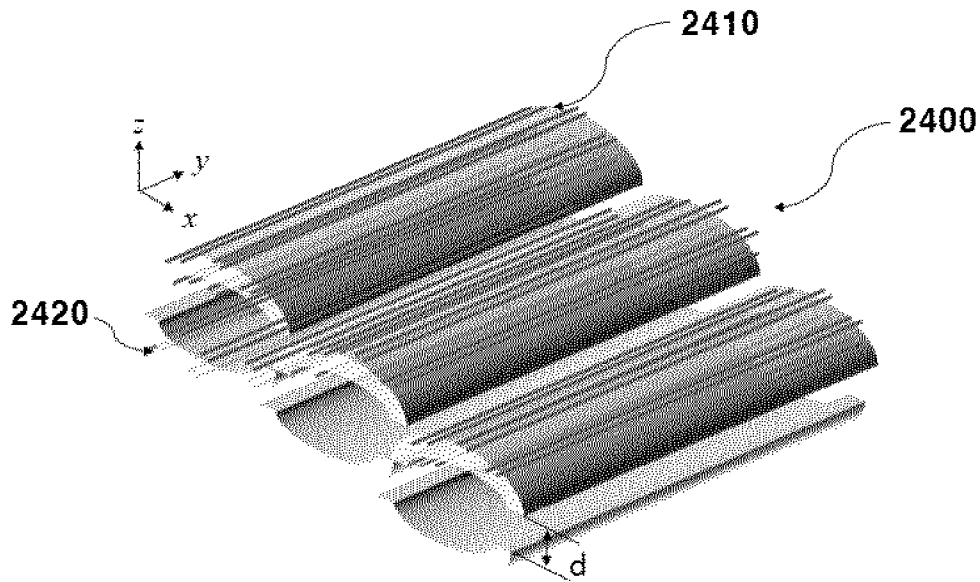
[도11]



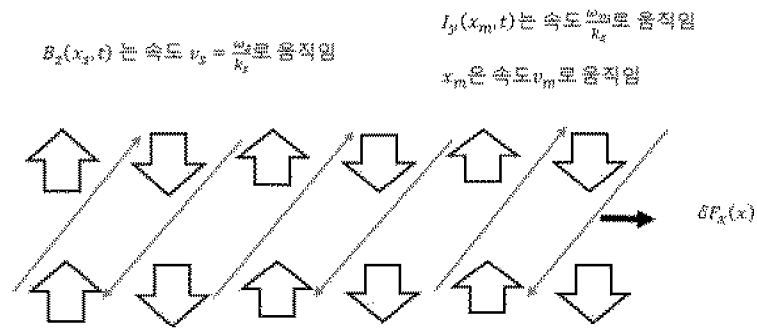
[도12]



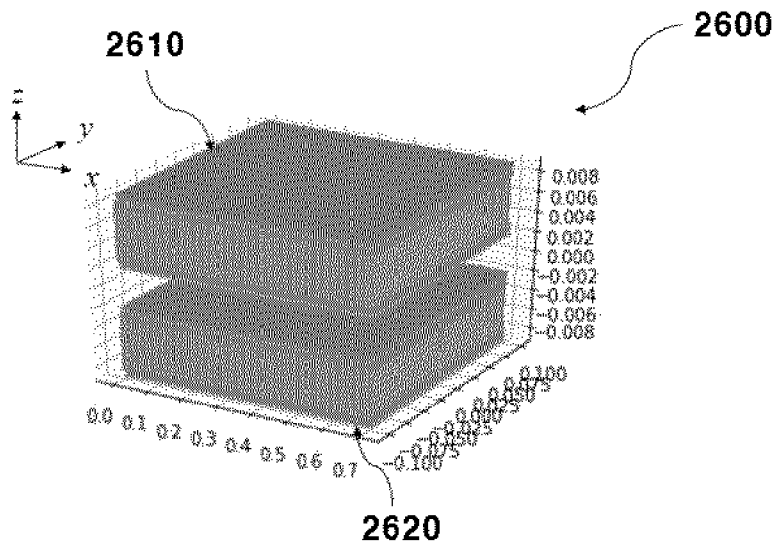
[도13]



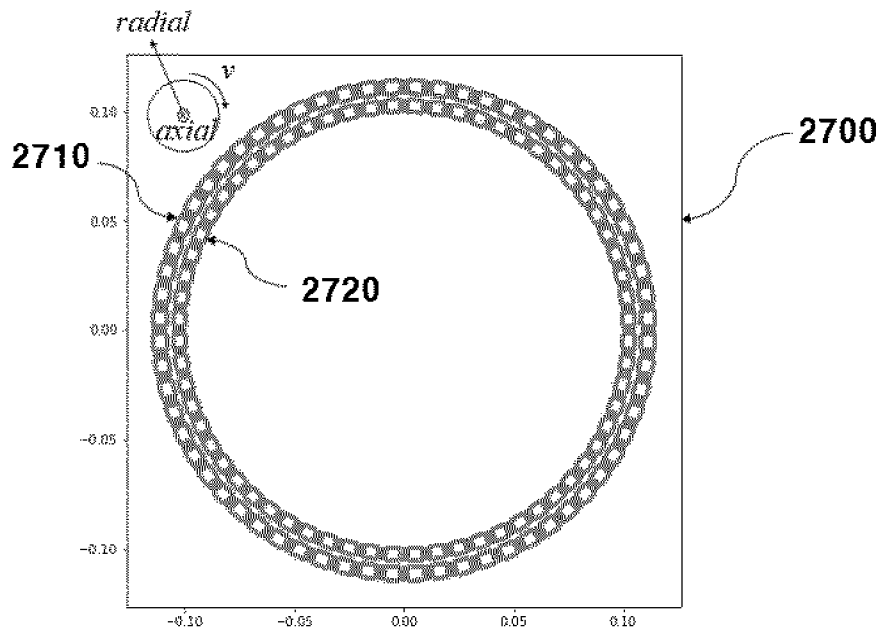
[도14]



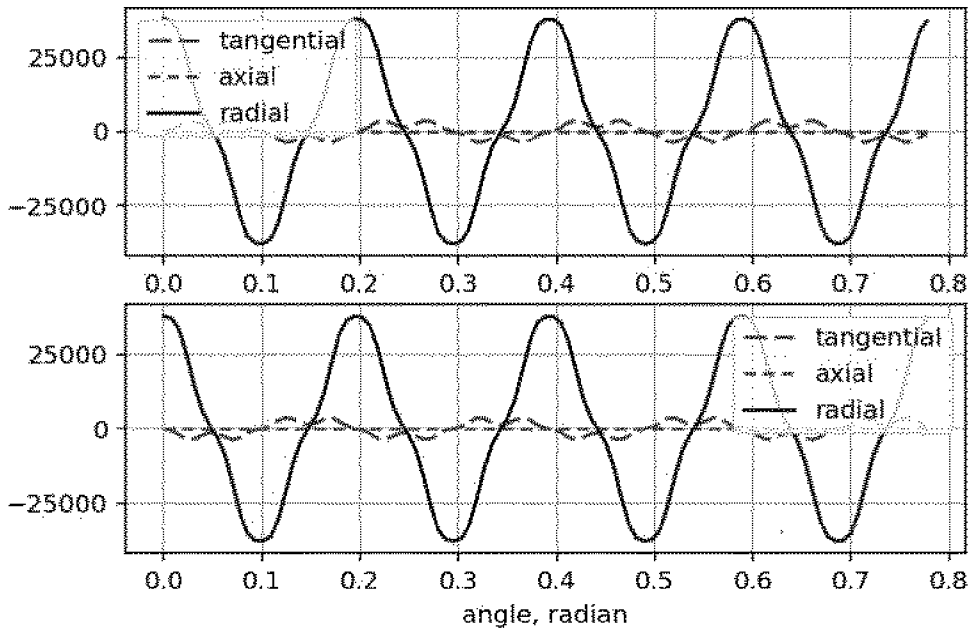
[도15]



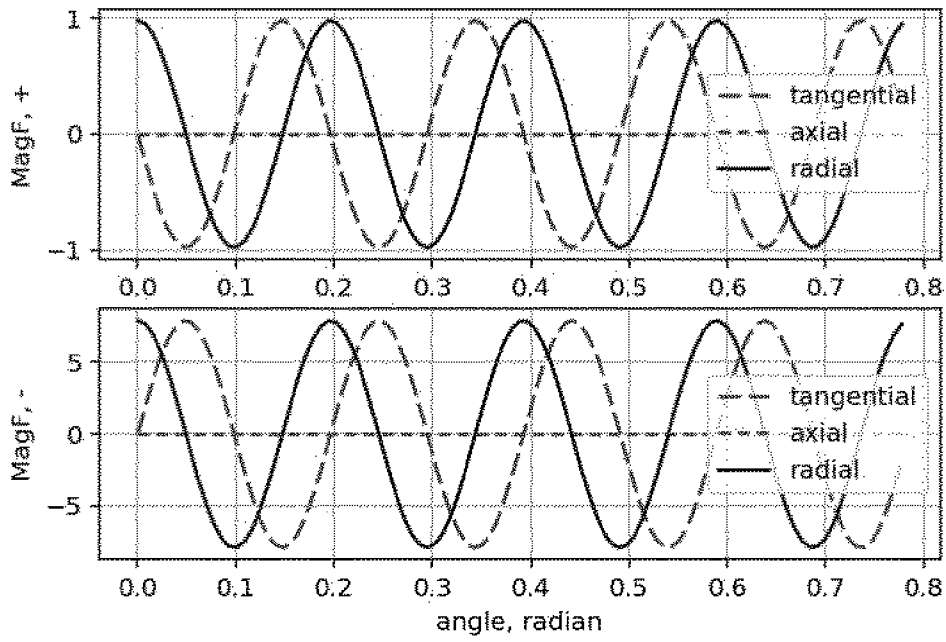
[도16]



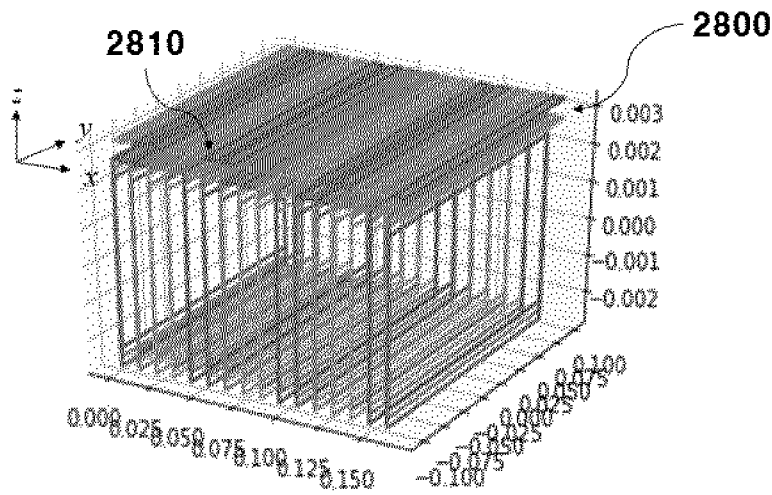
[도17]



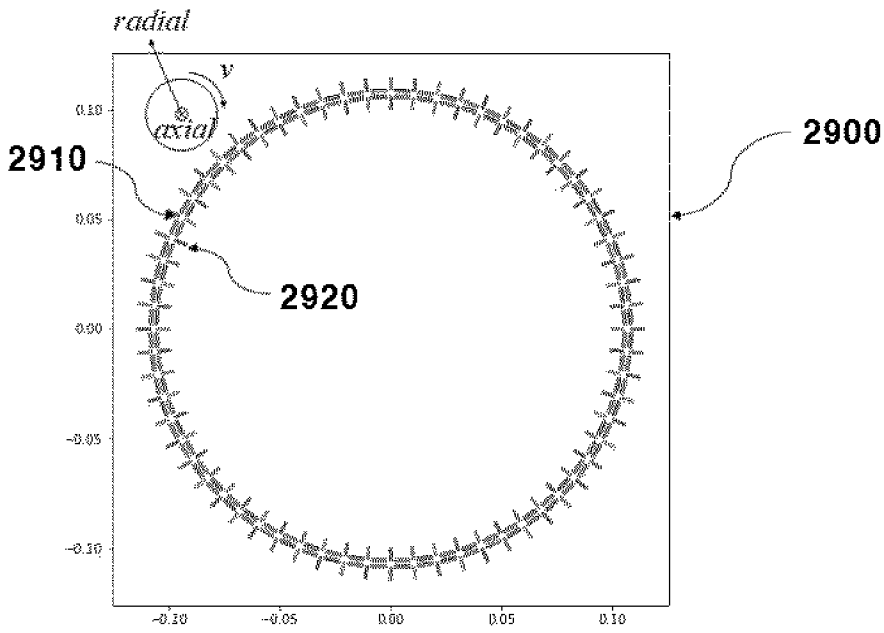
[도18]



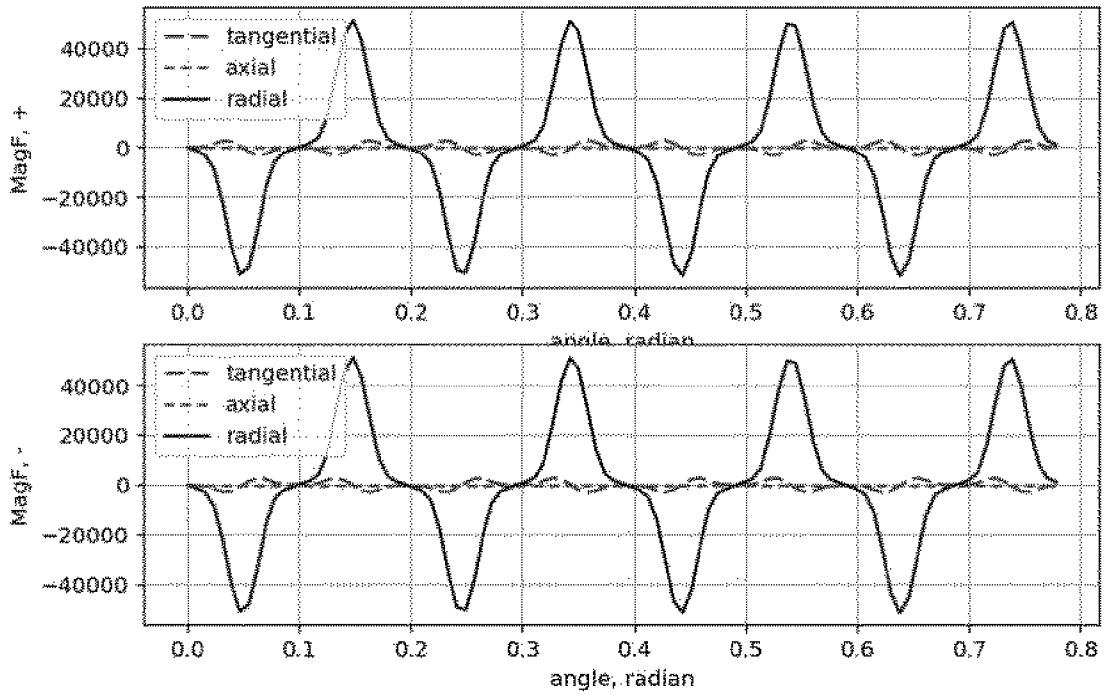
[도19]



[도20]



[도21]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2020/001840

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02P 1/26(2006.01)i, H02P 9/14(2006.01)i, H02K 17/12(2006.01)i, H02K 11/30(2016.01)i, B60K 7/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02P 1/26; H02K 1/14; H02K 16/04; H02K 19/26; H02K 21/16; H02K 3/18; H02K 3/28; H02P 23/20; H02P 9/14; H02K 17/12; H02K 11/30; B60K 7/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean utility models and applications for utility models: IPC as above  
Japanese utility models and applications for utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: electro-magnetic machine, multi-phases winding, stator, mover, electro-magnetic field

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	한용수. 이중 인버터를 이용한 권선형 교류 전동기의 최소 동손 운전. 서울대학교 전기 컴퓨터 공학부, 공학박사학위논문. December 2016, pages 1-246 (HAN, Yong Su. Copper Loss Minimizing Control Method of Wound Machine with Double Inverters. D.Eng. thesis, Dept. of Electrical and Computer Engineering, Seoul National University.) See pages 5, 35, 41-50, 203-204 and figures 1.1, 2.11-2.18, 4.24-4.25.	1-2,4-9,17
Y		3
A		10-16
Y	KR 10-2018-0102677 A (NRG TECH LTD.) 17 September 2018 See paragraphs [0011], [0020] and figure 1.	3
A	JP 2003-153514 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND. CO., LTD.) 23 May 2003 See paragraphs [0039]-[0059] and figures 1-10.	1-17
A	JP 11-164536 A (VALEO EQUIP ELECTRIC MOTEUR) 18 June 1999 See paragraphs [0017]-[0045] and figures 1-4.	1-17
A	CN 102857001 A (ROBERT BOSCH GMBH.) 02 January 2013 See paragraphs [0023]-[0049] and figures 1-8.	1-17

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“&” document member of the same patent family


Date of the actual completion of the international search

18 MAY 2020 (18.05.2020)

Date of mailing of the international search report

18 MAY 2020 (18.05.2020)

Name and mailing address of the ISA/KR

 Korean Intellectual Property Office  
Government Complex Daejeon Building 4, 189, Cheongsa-ro, Seo-gu,  
Daejeon, 35208, Republic of Korea  
Facsimile No. +82-42-481-8578

Authorized officer

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International application No.

**PCT/KR2020/001840**

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date		
KR 10-2018-0102677 A	17/09/2018	AU 2017-223891 A1	19/07/2018		
		CN 108702120 A	23/10/2018		
		EP 3211788 A1	30/08/2017		
		EP 3420633 A1	02/01/2019		
		EP 3420633 B1	18/12/2019		
		JP 2019-506122 A	28/02/2019		
		JP 6571876 B2	04/09/2019		
		KR 10-1992251 B1	24/06/2019		
		US 2019-0052212 A1	14/02/2019		
		WO 2017-144238 A1	31/08/2017		
		ZA 201804518 B	29/01/2020		
		JP 2003-153514 A	23/05/2003	None	
		JP 11-164536 A	18/06/1999	BR 9803827 A	18/01/2000
BR 9803827 B1	19/04/2011				
CN 1215241 A	28/04/1999				
EP 0913914 A1	06/05/1999				
EP 0913914 B1	29/10/2008				
ES 2314987 T3	16/03/2009				
FR 2769423 A1	09/04/1999				
FR 2769423 B1	24/12/1999				
JP 4264150 B2	13/05/2009				
KR 10-0595076 B1	30/08/2006				
KR 10-1999-0036863 A	25/05/1999				
US 6093992 A	25/07/2000				
CN 102857001 A	02/01/2013	CN 203570358 U	30/04/2014		
		DE 102011078157 A1	03/01/2013		

**A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))**  
**H02P 1/26(2006.01)i, H02P 9/14(2006.01)i, H02K 17/12(2006.01)i, H02K 11/30(2016.01)i, B60K 7/00(2006.01)i**

**B. 조사된 분야**  
 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)  
 H02P 1/26; H02K 1/14; H02K 16/04; H02K 19/26; H02K 21/16; H02K 3/18; H02K 3/28; H02P 23/20; H02P 9/14; H02K 17/12; H02K 11/30; B60K 7/00

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌  
 한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC  
 일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))  
 eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 전자기기계(electro-magnetic machine), 다상 권선(multi-phases winding), 고정자(stator), 이동자(mover), 자기장(electro-magnetic field)

**C. 관련 문헌**

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
X	한용수, 이중 인버터를 이용한 권선형 교류 전동기의 최소 동손 운전, 서울대학교 전기 컴퓨터 공학부, 공학박사학위논문, 2016년 12월, 페이지 1-246 페이지 5, 35, 41-50, 203-204 및 도면 1.1, 2.11-2.18, 4.24-4.25.	1-2, 4-9, 17
Y		3
A		10-16
Y	KR 10-2018-0102677 A (엔알지 테크 리미티드) 2018.09.17 단락 [0011], [0020] 및 도면 1 참조.	3
A	JP 2003-153514 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND. CO., LTD.) 2003.05.23 단락 [0039]-[0059] 및 도면 1-10 참조.	1-17
A	JP 11-164536 A (VALEO EQUIP ELECTRIC MOTEUR) 1999.06.18 단락 [0017]-[0045] 및 도면 1-4 참조.	1-17
A	CN 102857001 A (ROBERT BOSCH GMBH) 2013.01.02 단락 [0023]-[0049] 및 도면 1-8 참조.	1-17

추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.  대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

\* 인용된 문헌의 특별 카테고리:  
 “A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌  
 “D” 본 국제출원에서 출원인이 인용한 문헌  
 “E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후 “X”에 공개된 선출원 또는 특허 문헌  
 “L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌  
 “O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌  
 “P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌  
 “T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌  
 “X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.  
 “Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.  
 “&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

국제조사의 실제 완료일 2020년 05월 18일 (18.05.2020)	국제조사보고서 발송일 2020년 05월 18일 (18.05.2020)
--	---

ISA/KR의 명칭 및 우편주소 대한민국 특허청 (35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 +82-42-481-8578	심사관 장기정 전화번호 +82-42-481-8364
---	------------------------------------



국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-2018-0102677 A	2018/09/17	AU 2017-223891 A1 CN 108702120 A EP 3211788 A1 EP 3420633 A1 EP 3420633 B1 JP 2019-506122 A JP 6571876 B2 KR 10-1992251 B1 US 2019-0052212 A1 WO 2017-144238 A1 ZA 201804518 B	2018/07/19 2018/10/23 2017/08/30 2019/01/02 2019/12/18 2019/02/28 2019/09/04 2019/06/24 2019/02/14 2017/08/31 2020/01/29
JP 2003-153514 A	2003/05/23	없음	
JP 11-164536 A	1999/06/18	BR 9803827 A BR 9803827 B1 CN 1215241 A EP 0913914 A1 EP 0913914 B1 ES 2314987 T3 FR 2769423 A1 FR 2769423 B1 JP 4264150 B2 KR 10-0595076 B1 KR 10-1999-0036863 A US 6093992 A	2000/01/18 2011/04/19 1999/04/28 1999/05/06 2008/10/29 2009/03/16 1999/04/09 1999/12/24 2009/05/13 2006/08/30 1999/05/25 2000/07/25
CN 102857001 A	2013/01/02	CN 203570358 U DE 102011078157 A1	2014/04/30 2013/01/03