



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0116149
(43) 공개일자 2014년10월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01H 33/66 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-7020733
(22) 출원일자(국제) 2012년12월20일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2014년07월23일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2012/076412
(87) 국제공개번호 WO 2013/092878
국제공개일자 2013년06월27일
(30) 우선권주장
11 62415 2011년12월23일 프랑스(FR)

(71) 출원인
알스톰 테크놀로지 리미티드
스위스 5400 바덴 브라운 보베리 슈트라세 7
(72) 발명자
듀프라즈 진-피에르
프랑스 에프-01360 브레솔레스 루트 드 다노
그리스하버 볼프강
프랑스 에프-69006 리옹 뒤 뒤게클랭 139
콜릿 미셸
프랑스 에프-69003 리옹 뒤 보낭드 2
(74) 대리인
특허법인 신성

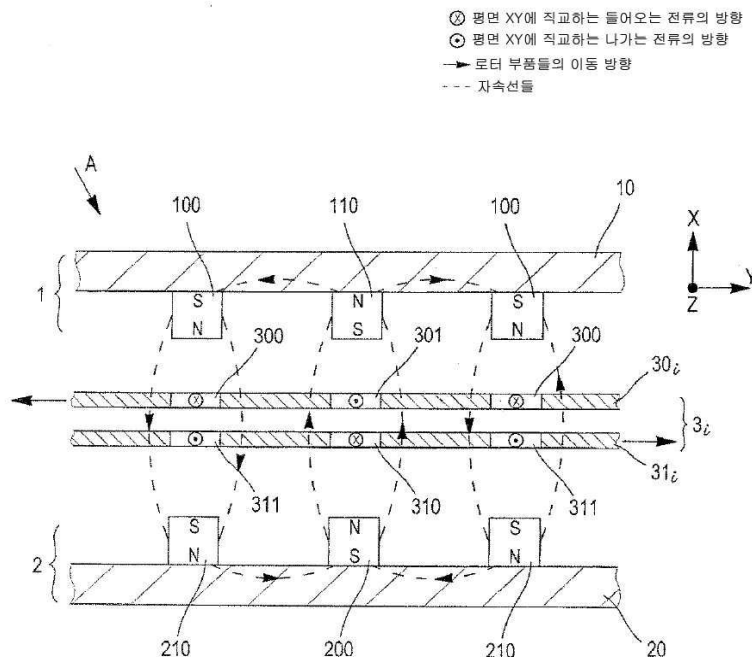
전체 청구항 수 : 총 26 항

(54) 발명의 명칭 영구 자석들을 구비한 전자기식 액추에이터 및 그 액추에이터에 의해 구동되는 기계적 하중 인터럽터

(57) 요약

본 발명은 종래 기술에 대해 개선된 구동 토크 및 트리거링 속도를 갖는 신규한 영구 자석 전자기식 액추에이터에 관한 것이다. 주된 대상 애플리케이션은 고전압 직류를 차단하는 매카트로닉 서킷-브레이커를 차단하는 작동들을 특히 수행하는 전기 기계의 스위치-디스커넥터를 작동시키는 것이다.

대 표 도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

영구 자석 타입의 전자기식 액추에이터(A)로서,

- 제1 기판(10)으로 형성되는 제1 스테이터 부품(1) - 상기 제1 스테이터 부품은 디스크를 형성하는 적어도 하나의 평면으로 회전 대칭을 이루며, 상기 디스크에 직교하는 대칭 축이 정의되고, 상기 제1 기판의 상기 디스크 상에 나타나고 일정한 각 간격(constant angular pitch)으로 상기 디스크의 표면 위에 균일하게 분포되는 제1 일련의 영구 자석들(a first series of permanent magnets)(100, 110)이 구비되고; 상기 영구 자석들의 각각은 상기 디스크의 평면에 직교하는 적어도 하나의 대칭 평면을 갖는 형상을 가지며 상기 디스크에 평행한 평행의 N 및 S 극들을 가지고; 상기 디스크와 상기 영구 자석들의 접촉 표면들(contact surfaces)은 상기 디스크와 동심을 이루는 두 개의 동심 원 사이에 내접하고; 각각의 상기 자석의 상기 대칭 평면은 상기 동심 원들의 반경을 따라 배향되고; 상기 제1 일련의 영구 자석들 중 인접하는 두 개의 영구 자석들은 반대되는 자화 방향들(magnetization directions)(100, 110)을 가짐 - ;

- 제2 기판(20)으로 형성되는 제2 스테이터 부품(2) - 상기 제2 스테이터 부품은 디스크를 형성하는 적어도 하나의 평면으로 회전 대칭을 이루며, 상기 디스크에 직교하는 대칭 축이 정의되고, 상기 제2 기판의 상기 디스크 상에 나타나고 일정한 각 간격으로 상기 디스크의 표면 위에 균일하게 분포되는 제2 일련의 영구 자석들(a second series of permanent magnets)(200, 210)이 구비되고; 상기 영구 자석들의 각각은 상기 디스크의 평면에 직교하는 적어도 하나의 대칭 평면을 갖는 형상을 가지며 상기 디스크에 평행한 평행의 N 및 S 극들을 가지고; 상기 디스크와 상기 영구 자석들의 접촉 표면들은 상기 디스크와 동심을 이루는 두 개의 동심 원들 사이에 내접하고; 각각의 상기 자석의 상기 대칭 평면은 상기 동심 원들의 반경을 따라 배향되고; 상기 제2 일련의 영구 자석들 중 인접하는 두 개의 영구 자석들은 반대되는 자화 방향들(200, 210)을 가지고; 상기 제2 스테이터 부품은 상기 제1 스테이터 부품에 평행하게 배치되어, 상기 제1 및 제2 스테이터 부품들의 디스크들의 상기 대칭 축들이 일치하게 되고, 그리고 상기 제2 일련의 영구 자석들(210, 200)의 일 극(S 또는 N)이 상기 제1 일련의 영구 자석(100, 110)의 반대되는 극을 바라보도록 하여 상기 제1 스테이터 부품 및 제2 스테이터 부품 사이에 구성되는 상기 에어 간극 내에서 강한 자기장을 형성시킴 - ;

- 상기 제1 및 제2 스테이터 부품들 사이의 상기 에어 간극 내의 적어도 하나의 쌍(3_i)의 중첩된 로터 부품들(30_i, 31_i) - 각각의 상기 로터 부품들(30_i, 31_i)은 전기-절연성 재료의 기판으로부터 형성되고, 상기 기판의 평면에 평행하게 배치되는 평면으로 배치되는 적어도 하나의 전기-전도성 재료의 층(300.1, 300.2, 300.3, 300.4, 301.1, 301.2, 301.3, 301.4)의 적어도 하나의 트랙(4)이 구비되고, 상기 트랙은 구동 트랙부들(drive track portions)로 불리는 방사형 트랙부들(radial track portions)을 구비하고, 상기 트랙은 상기 영구 자석들의 폭과 같거나 상기 영구 자석들의 폭 보다 작고 상기 제1 및 제2 스테이터 부품들 사이의 상기 에어 간극의 두께 방향에 수직한 단위 폭(unit width)을 갖고, 상기 구동 트랙부들은 상기 제1 및 제2 일련의 영구 자석들과 동일한 각 간격(angular pitch)으로 규칙적으로 이격되고, 상기 구동 트랙부들의 개수는 상기 제1 및 제2 스테이터 부품들의 자석들의 개수와 동일함 - ;을 구비하고,

- 상기 로터 부품 내의 동일한 평면에서의 두 개의 인접한 구동 트랙부들(300, 301; 311, 310)에는 서로 반대되는 방향으로 흐르는 전류들이 공급되도록 하고,

- 상기 한 쌍(3_i)의 로터 부품들 중 상기 제1 및 제2 로터 부품들에 각각 속하고, 그리고 한 쌍의 자석에 의해 생성되는 상기 자기장을 받도록 중첩된 두 개의 구동 트랙부들(300, 311; 301, 310)에는 반대되는 방향으로 흐르는 전류들이 동시에 공급되도록 하여, 모든 상기 구동 트랙들에 전류가 공급되는 경우, 상기 제1 및 제2 스테이터 부품들 사이의 상기 에어 간극들 내의 상기 제1 및 제2 일련의 영구 자석들에 의해 생성되는 로렌츠 구동력이, 상기 에어 간극들의 두께에 대해 수직한 축을 따라 상기 한 쌍의 로터 부품들 중 어느 하나의 로터 부품을 다른 로터 부품에 대해 반대되는 방향으로 이동시키는

전자기식 액추에이터.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 영구 자석들은 상기 영구 자석들을 지지하는 상기 기관들 상에 직접적으로 부착되는
영구 자석 액추에이터.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 영구 자석들은 상기 스테이터 부품들의 상기 기관들에 생성되는 홈들(grooves)(1000, 2000) 내로 삽입되
는

영구 자석 액추에이터.

청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 스테이터 부품의 두 개의 인접한 자석들(100, 110 또는 210, 200) 사이에 삽입되는 비강자성 재료의 실
드(shield)(120, 220)는 상기 영구 자석들의 노출된 표면들 및 그들에 인접한 상기 로터 부품들 간의 기계적
인 접촉을 방지하는데 충분한 두께를 갖는

영구 자석 액추에이터.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 실드들(120, 220)은 상기 스테이터 부품과 접촉되어 있고 상기 스테이터 부품(10, 20)에 체결되는 단일
의 기계적인 부품(single mechanical part)의 부분들인

영구 자석 액추에이터.

청구항 6

제 4 항 또는 제 5 항에 있어서,

상기 실드(120, 220)는 전기-절연 재료로 이루어진

영구 자석 액추에이터.

청구항 7

제 4 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 실드는 폴리테트라플루오에틸렌(polytetrafluoroethylene, PTFE)과 같은 플루오르폴리머(fluoropolyme
r)로부터 제조되는

영구 자석 액추에이터.

청구항 8

제 1 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 로터 부품들(30_i , 31_i ; 30_1 , 31_1 ; 30_2 , 31_2 ; 30_3 , 31_3 ; 30_4 및 31_4)의 각각은 단일의 트랙(4)을 구비하고,

상기 구동 트랙의 반경부들(radial portions)(300, 301)은, 상기 로터 부품을 정면에서 바라보았을 때, 크레
닐레이션(crenellations)을 형성하는 접선부들(tangential portions)(3010)에 의해 서로에 대해 연결되는

영구 자석 액추에이터.

청구항 9

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,

로터 부품은 다층의 인쇄 회로에 의해 제조되고, 트랙(4)은 같은 방향으로 흐르는 전류가 공급되는 짝수의 중
첩된 전기-전도성 재료의 층들(300.1, 300.2, 300.3, 300.4 또는 301.1, 301.2, 301.3, 301.4)에 의해 구성되
는

영구 자석 액추에이터.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 중첩된 전기-전도성 재료의 층들의 개수는 4개인

영구 자석 액추에이터.

청구항 11

제 1 항 내지 제10 항 중 어느 한 항에 있어서,

로터 부품(30_i)의 상기 기판은 사전에 함침되고, 상기 전기-절연성 재료의 층 또는 층들(300.1, 300.2,
300.3, 300.4 또는 301.1, 301.2, 301.3, 301.4)는 구리(copper)로 이루어져 있으며 전기-절연성 재료의 마감
층(finishing layer)(302)으로 덮여 있는

영구 자석 액추에이터.

청구항 12

제 1 항 내지 제11 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 스테이터 부품(10) 및 상기 제2 스테이터 부품(20) 사이의 상기 에어 간극 내에 별개의 적어도 두
개의 쌍(3_1 , 3_2 ; 3_3 , 3_4)의 중첩된 로터 부품들(30_1 , 31_1 ; 30_2 , 31_2 ; 30_3 , 31_3 ; 30_4 및 31_4)을 구비하는

영구 자석 액추에이터.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

별개의 두 쌍에 속하는 두 개의 중첩된 로터 부품들은, 모든 상기 트랙들에 전류가 공급된 경우, 같은 방향으
로 이동하게 되는

영구 자석 액추에이터.

청구항 14

제 12 항에 있어서,

별개의 두 쌍에 속하는 두 개의 중첩된 로터 부품들은, 모든 상기 트랙들에 전류가 공급된 경우, 서로에 대해 반대되는 방향들로 이동하게 되는

영구 자석 액추에이터.

청구항 15

제 1 항 내지 제 14 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 로터 부품들의 모든 상기 트랙들에는 같은 전류가 전기적 직렬로 공급되는

영구 자석 액추에이터.

청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 로터 부품들 간의 전기적인 연결은 유연한 전도성 와이어들(flexible conductive wires)에 의해 수행되는

영구 자석 액추에이터.

청구항 17

제 1 항 내지 제 16 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 영구 자석들을 지지하는 상기 기판들은 강자성 재료로 이루어진

영구 자석 액추에이터.

청구항 18

제 1 항 내지 제 17 항 중 어느 한 항에 있어서,

일련의 각 스테이터 부품들 내에는 짝수의 영구 자석들이 존재하는

영구 자석 액추에이터.

청구항 19

제 1 항 내지 제 18 항에 따른 적어도 두 개의 중첩된 영구 자석 액추에이터들(A1, A2)을 구비하는 액추에이터들의 세트(a set of actuators)로서,

두 개의 상기 액추에이터들 중 하나의 제2 스테이터 부품은 중간 스테이터 부품으로 불리는 두 개의 상기 액추에이터들 중 다른 하나의 상기 제 1 스테이터 부품을 이루고, 상기 중간 스테이터 부품(12)은 같은 상기 기판의 일면 상에 나타나는 각각의 극을 갖는 같은 상기 일련의 영구 자석들을 구비하는

액추에이터 세트.

청구항 20

제 19 항에 있어서,

상기 로터 부품들의 모든 상기 트랙들에는 동일한 전류(I)가 전기적 직렬로 공급되는

엑추에이터 세트.

청구항 21

제 19 항 또는 제 20 항에 있어서,

상기 로터 부품들 간의 전기적인 연결은 유연한 전도성 와이어들(5)에 의해 수행되는

엑추에이터 세트.

청구항 22

제 19 항 내지 제 21 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 두 개의 엑추에이터들의 상기 로터 부품들(30_1 , 30_2 ; 30_3 , 30_4 ; 31_1 , 31_2 ; 31_3 , 및 31_4)은, 같은 회전 방향으로 이동하게 되고, 그리고 연결 플랜지를 구성하는 강성의 플랜지들(rigid flanges)(7)에 의해 그들의 외주에서 기계적으로 연결되는

엑추에이터 세트.

청구항 23

제 22 항에 있어서,

두 개의 인접한 강성의 플랜지들(7d; 7g)은 서로에 대해 반대되는 회전 방향으로 이동하게 되는 로터 디스크들에 연결되고, 상기 두 개의 플랜지들의 각각은 적어도 하나의 링크(74.1, 74.2)에 기계적으로 연결되고, 두 개의 상기 링크들의 각각은 같은 기계적 소자(8.1, 8.2)에 연결되고, 이에 따라 상기 로터 디스크들의 반대되는 방향으로의 회전 이동은 상기 기계적 소자(8.1, 8.2)들의 병진 이동을 발생시키는

엑추에이터 세트.

청구항 24

제 23 항에 있어서,

두 개의 인접한 상기 플랜지들(7d, 7g)의 각각은 두 개의 링크들(74.1; 74.2)에 기계적으로 연결되고, 상기 두 개의 링크들은 별개의 기계적 소자(8.1; 8.2)에 각각 연결되고, 이에 따라 상기 로터 디스크들의 다른 반경 방향으로의 회전 이동이 서로에 대해 반대되는 병진 방향으로의 별개의 두 개의 상기 기계적 소자들의 병진 이동을 발생시키는

엑추에이터 세트.

청구항 25

제 23 항 또는 제 24 항에 따른 적어도 하나의 엑추에이터 세트를 구비하는 전기 전류를 차단/단절시키는 전기적 스위치기어(electiric switchgear)로서, 기계적 소자(8.1; 8.2)는 진공 인터럽터(vacuum interrupter)(9)의 가동 접촉부(90)에 고정되는

전기 스위치기어.

청구항 26

고전압의 직류 전류를 차단시키기 위한 매카트로닉 회로-차단기의 부품으로서의 제 25 항에 따른 전기 스위치기어의 용도.

명세서

기술분야

- [0001] 본 발명은 영구 자석 전자기식 액추에이터에 관한 것이다.
- [0002] 더 자세하게는, 본 발명은 매우 짧은 시간 내에 작은 이동(small movement)을 수행하기 위해 매우 큰 토오크(torque)를 생성하는 영구 자석 액추에이터를 획득하기 위한 해결책에 관한 것이다.
- [0003] 주된 대상 애플리케이션은, "매카트로닉 회로-차단기(mechatronic circuit-breaker), 관련된 트리거링 방법(triggering method), 및 고직류 전류의 차단으로의 애플리케이션"이라는 명칭으로, 그리고 본 출원과 동일자로 출원된 특허출원에서 설명되고 청구된 바와 같이, 매카트로닉 회로-차단기에 있어서 특히 기계적인 차단 작동을 수행하기 위한 기계적인 스위치-디스커넥터(mechanical switch-disconnector)를 구동시키는 것이다.
- [0004] 매카트로닉 장치는 적어도 하나의 반도체 부품 및 전기기계식 스위치-디스커넥터에 의한 차단을 갖춘 회로-차단기라는 것에 주목해야 한다.
- [0005] 주된 대상 애플리케이션과 관련하여 설명되지만, 본 발명은 매우 짧은 시간에 작은 이동을 수행하기 위해 큰 토오크가 요구되는 제어 펄스 전류 모터(controlled pulsed current motor)를 사용하려는 것이 목적인 현재의 용도로의 응용과 같은 다른 애플리케이션에 더 일반적으로 적용된다.
- [0006] 또한, 본 발명은 영구 자석 전자기식 액추에이터에 의해 구동되는 스위치-디스커넥터에 관한 것이다.

배경기술

- [0007] 다양한 기계식 장치들을 구동시키기 위한 영구 자석 전자기식 액추에이터들이 널리 알려져 있다.
- [0008] 특히, 회로-차단기, 특히 중간-전압의 전류들(medium-voltage currents)을 차단하기 위한 진공 인터럽터(vacuum interrupter)를 개폐시키기 위해 그들을 사용하는 것이 이미 알려져 있다. 그러한 용도가 특허 출원 US 2006/208591의 예시로서 언급된다.
- [0009] 앞서 언급되고, 그리고 동일자로 출원된 본 출원인의 명의의 특허출원에서 명시된 바와 같이, 발명자의 목적은 매우 신속하게, 즉 1000분의 1초 내에 전자기식 스위치-디스커넥터를 구동시키는 액추에이터를 제조하는 것이다. 보다 정확하게 그 목적은, 이동 부품들(moving parts)의 질량으로부터 기인하는 관성(inertia) 및 예를 들어 최종적인 열린 또는 닫힌 위치(closed or open position)에서 기계적인 스위치를 고정시키기 위한 시스템에 의해 생성되는 정적 힘들(static forces)을 고려하여, 아래의 사양들(specifications)을 충족하는 액추에이터를 제조하는 것이다.
- [0010] · 구동 전류의 출현에 대응하여, 전형적으로 2000 Nm 정도의 큰 구동 토오크를 발생시키는 것;
- [0011] · 수 백만 분의 1초 정도의 극단적으로 짧은 상승 시간(rising time)를 갖는 구동 토오크를 생성하는 것;
- [0012] · 가능한 가장 작은 관성을 가지는 것;
- [0013] · 기계적인 스위치-디스커넥터의 이동 부품들(moving parts)의 수 천분의 1미터 정도의 상대적으로 작은 이동을 발생시키는 것; 및
- [0014] · 앞서 언급되고, 그리고 본 출원인의 이름으로 동일자에 출원된 특허출원에서 설명되고 청구된 바와 같은 하이브리드 회로-차단기(hybrid circuit-breaker)의 집중적인 사용에 대응하여, 전형적으로 그의 사용 연한에 걸쳐 10,000번 정도의 많은 개폐 동작들에 대응하여, 충격과 힘에 견디기 위한 기계적 강도를 가지는 것.

[0015] 본 발명자는 영구 자석 전자기식 액추에이터를 고려하였고, 이러한 타입의 액추에이터의 분석을 수행하였다. 이러한 타입의 전자기식 액추에이터를 제조하기 위한 기본적인 물리 법칙은 로렌츠의 구동력들(Lorentz drive forces)을 이용하는 것이다. 자기장 내에 놓여있는 전기-전도성 재료의 수자(electrically-conductive material element)는, 그를 통해 전기적 전류가 흐른다면, 전류와 자기장에 의해 형성되는 평면에 수직인 방향으로 향하는 구동력을 받게 되고, 자기장과 전류의 각 방향들이 직교한다면 그 구동력은 최대가 된다. 이러한 상황에서, 컨덕터(conductor)는 일반적으로 전기자(armature)라고 불린다. 발생하는 구동 토크는 전기자를 흐르는 전류에, 그리고 그 전기자가 놓여 있는 자기장에 비례한다. 자기장이 영구 자석들에 의해 발생된다면, 그 값은 영구 자석이 제조되는 재료의 성질과 관련된다. 공지의 자석들 중에서, 네오디뮴-철-보론 자석들(neodymium-iron-boron magnets)은 가장 큰 자기장의 값, 전형적으로 1.3 테슬라(T)까지 발생시킨다. 따라서, 영구 자석에 의해 발생하는 자기장의 값은 자연적인 한계가 있다. 즉, 목적이 구동 토크를 크게 증가시키는 것이라면, 단 하나의 선택은 매우 큰 전류가 전기자를 흐르도록 하는 것이다. 열적 제약들(thermal constraints)을 무시하는 경우, 모터를 위한 허용 가능한 전류의 값은 로렌츠의 전자기력을 생성시키는데 필요한 자기장을 발생시키는 영구 자석의 자기 소거(demagnetization)의 위험에 의해 통상적으로 제한된다. 따라서, 이러한 길항 작용(antagonism)과 연관된 구동 토크의 한계를 넘어서는 것이 현재까지 알려진 소정의 액추에이터의 기하학적 구조로서는 불가능하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0016] 따라서, 본 발명의 목적은 종래 기술에서 알려진 것 보다 큰 구동 토크를 가지는 영구 자석 전자기식 액추에이터를 제안하는 것이다.

[0017] 특별한 목적은, 매우 신속하게, 즉 1000분의 1초 보다 적은 시간 이내에 기계적 스위치-디스커넥터를 작동시킬 수 있고, 상기한 사양들을 충족시킬 수 있는 영구 자석 전자기식 액추에이터를 제안하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0018] 상기한 목적 달성을 위해, 본 발명은:

[0019] · 제1 기관으로 형성되는 제1 스테이터 부품 - 제1 스테이터 부품은 디스크를 형성하는 적어도 하나의 평면으로 회전 대칭을 이루며, 디스크에 직교하는 대칭 축이 정의되고, 제1 기관의 디스크 상에 나타나고 일정한 각 간격(constant angular pitch)으로 디스크의 표면 위에 균일하게 분포되는 제1 일련의 영구 자석들(a first series of permanent magnets)이 구비되고; 영구 자석들의 각각은 디스크의 평면에 직교하는 적어도 하나의 대칭 평면을 갖는 형상을 가지며 디스크에 평행한 평행의 N 및 S 극들을 가지고; 디스크와 영구 자석들의 접촉 표면들(contact surfaces)은 디스크와 동심을 이루는 두 개의 동심 원들 사이에 내접하고; 각각의 자석의 대칭 평면은 동심 원들의 반경을 따라 배향되고; 제1 일련의 영구 자석 중 인접하는 두 개의 영구 자석들은 반대되는 자화 방향들(magnetization directions)을 가짐 - ;

[0020] · 제2 기관으로 형성되는 제2 스테이터 부품 - 제2 스테이터 부품은 디스크를 형성하는 적어도 하나의 평면으로 회전 대칭을 이루며, 디스크에 직교하는 대칭 축이 정의되고, 제2 기관의 디스크 상에 나타나고 일정한 각 간격으로 디스크의 표면 위에 균일하게 분포되는 제2 일련의 영구 자석들(a second series of permanent magnets)이 구비되고; 영구 자석들의 각각은 디스크의 평면에 직교하는 적어도 하나의 대칭 평면을 갖는 형상을 가지며 디스크에 평행한 평행의 N 및 S 극들을 가지고; 디스크와 영구 자석들의 접촉 표면들은 디스크와 동심을 이루는 두 개의 동심 원들 사이에 내접하고; 각각의 자석의 대칭 평면은 동심 원들의 반경을 따라 배향되고; 제2 일련의 영구 자석들 중 인접하는 두 개의 영구 자석들은 반대되는 자화 방향들을 가지고; 제2 스테이터 부품은 제1 스테이터 부품에 평행하게 배치되어, 제1 및 제2 스테이터 부품들의 디스크들의 대칭 축들이 일치되도록 하고, 그리고 제2 일련의 영구 자석들의 일 극(S 또는 N)이 제1 일련의 영구 자석들의 반대되는 극을 바라보도록 하여 제1 및 제2 스테이터 부품들 사이에 구성되는 에어 간극 내에서 강한 자기장들을 형성시킴 - ;

[0021] · 제1 및 제2 스테이터 부품들 사이의 에어 간극들 내의 적어도 한 쌍의 중첩된 로터 부품들 - 각각의 로터

부품들은 전기-절연성 재료의 기관으로부터 형성되고, 기관의 평면에 평행하게 배치되는 평면으로 배치되는 적어도 하나의 전기-전도성 재료의 층의 적어도 하나의 트랙이 구비되고, 트랙은 구동 트랙부들(drive track portions)로 불리는 방사형 트랙부들(radial track portions)을 구비하고, 트랙은 영구 자석들의 폭과 같거나 영구 자석들의 폭보다 작고, 그리고 제1 및 제2 스테이터 부품들 사이의 에어 간극들의 두께 방향에 수직한 단위 폭(unit width)을 갖고, 구동 트랙부들은 제1 및 제2 일련의 영구 자석들과 동일한 각 간격(angular pitch)으로 규칙적으로 이격되고, 구동 트랙부들의 개수는 상기 제1 및 제2 스테이터 부품들의 자석들의 개수와 동일함 - 을 구비하고,

[0022] 본 발명의 액추에이터에 있어서,

[0023] · 로터 부품 내의 동일한 평면내의 두 개의 인접한 구동 트랙부들에는 서로 반대되는 방향으로 흐르는 전류가 공급되고,

[0024] · 한 쌍(3_i)의 로터 부품들 중 제1 및 제2 로터 부품에 각각 속하는, 그리고 한 쌍의 자석들에 의해 생성되는 자기장을 반도록 중첩된 두 개의 구동 트랙부들에는 반대되는 방향으로 흐르는 전류가 동시에 공급되도록 하여, 모든 구동 트랙들에 전류가 공급되는 경우, 제1 및 제2 스테이터 부품들 사이의 에어 간극 내의 제1 및 제2 일련의 영구 자석들에 의해 생성되는 로렌츠 구동력이, 에어 간극의 두께에 대해 수직한 축을 따라 한 쌍의 로터 부품들 중 어느 하나의 로터 부품을 다른 로터 부품에 대해 반대되는 방향으로 이동시키는 영구 자석 타입의 전자기식 액추에이터를 제공한다.

[0025] 영구 자석에 의해 생성되는 자기장의 고유한 한계에 관한 문제점에 직면하여, 발명자는 앞서 언급된 길항 작용, 즉 영구 자석들의 자기 소거의 위험 없이 매우 큰 전류가 공급될 수 있는 액추에이터의 로터를 제안하는 방법을 찾아내야 하는 것에 직면하게 되었다.

[0026] 본 발명의 기본적인 사상은, 앞서 언급된 출원에 명시된 바와 같이, 로터는 수 도(a few degrees) 초과하여 회전되지 않아야 한다는 사실을 활용한 것이다. 본 발명자는, 첫째로 방경 방향의 전류 및 축 방향의 자기장, 즉 전기 컨덕터의 평면에 수직한 자기장을 선택함으로써, 그리고 적절한 자석 및 구동 트랙의 기하학적 구조를 통한 상호 작용의 길이를 최대화시킴으로써 로렌츠의 구동력 최대화시키는 것, 그리고 둘째로 로터들에서 발생된 로렌츠 힘들이 반대되는 방향으로 작용되도록, 그리고 로터들이 반대되는 방향으로 회전되도록 하기 위해 디자인은 동일하지만 전류가 반대되는 방향으로 공급되는 두 개의 로터들을 물리적으로 중첩시키는 것을 고려했다. 로터들은 기자성 상호 작용(magnetomotive interaction)의 영역 내에서 반대되는 방향으로 전류들을 운반하기 때문에, 이러한 해결책은 그들의 각 스테이터 부품들 내의 양 측 상의 영구 자석이 바라보는 전체 전류가 일차로 0이라는 것을 의미한다. 따라서, 영구 자석들을 자기 소거시키는(demagnetizing) 위험은 단일의 로터로 가능한 것 보다 상당히 큰 전류로 지연된다. 따라서, 자석들에 관한 위험 없이 요구되는 디퍼렌셜 토크들(differential torques)을 발생시키고 매우 큰 전류들을 사용하는 것이 가능하게 된다. 즉, 본 발명의 해결책은 제1 에어 간극 내의 두 개의 중첩된 로터 부품들 간에 획득되는 디퍼렌셜 이동(differential movement)을 가능하게 한다. 이러한 해결책은, 두 개의 로터 부품들을 같은 영구 자석 내에서 반대되는 방향으로 이동시키는 것은 지금까지 전혀 예상될 수 없었기 때문에, 결코 자명하지 않다.

[0027] 따라서, 본 발명을 통해, 그 구동 트랙들의 기하학적 구조 및 로터 부품들의 작은 관성 때문에, 영구 자석의 자기 소거의 위험을 방지할 수 있으므로 긴 사용 기간, 그리고 또한 매우 짧은 반응 시간을 가지면서, 매우 큰 전기적 전류들이 공급되고, 결과적으로 매우 큰 토크를 제공할 수 있는 영구 자석 액추에이터가 획득될 수 있다(아래 참조).

[0028] 본 발명의 영구 자석들은 그들을 지지하는 기관들에 직접적으로 부착될 수 있고, 스테이터 부품들의 기관들 내에 생성되는 적절한 홈들 내에 삽입될 수 있다. 그러한 홈들이 사용된다면, 그들의 기능은 본질적으로 그들이 설치되는 스테이터 부품의 조립 동안에 자석들의 위치 결정을 용이하게 하는 것이다. 그 홈의 깊이는 자기적인 단락-회로들(short-circuits)을 생성시키지 않도록 자석의 높이와 비교하여 충분히 작게 만들어진다. 이는 홈들의 폭에도 동일하게 적용된다. 그 폭은 자기적 단락-회로들을 생성시키지 않도록 자석의 폭과 비교하여 충분히 작게 만들어진다. 더욱이, 홈들의 폭은 통상적인 성형 공정인 그들의 제조 공정에 의해 기인되는 자석의 치수의 확대를 고려하여 선택된다.

[0029] 바람직한 실시예에서, 영구 자석들을 지지하는 기관들은 강자성 재료로, 바람직하게는 비투자율(relative magnetic permeability)의 큰 계수(μ_r)를 갖는 재료로 이루어지고, 이는 자기적 회로들의 자기장 선들의 차폐를 가능하게 하고, 그들이 기관들에 가하는 자기적 부착력(magnetic adhesion)에 의해 영구 자석들의 부착

을 용이하게 하고, 그들을 부착시킬 필요가 없는 일부 상황들에서도 부착을 용이하게 한다.

- [0030] 본 발명에 따르면, 영구 자석들 및 로터 부품들의 기계적 보호는 같은 스테이터 부품의 두 개의 인접한 자석들 사이에 비강자성 재질의 실드를 삽입함으로써 바람직하게 달성되고, 그의 두께는 자석들의 노출된 표면들 및 그들과 인접한 로터 부품들 간의 기계적인 접촉을 방지하는데 충분하다. 비강자성 재질의 실드의 각각은 마찰력들 및 기계적인 마모를 최소화시킬 수 있는 윤활 특성(tribological properties)을 가진다. 바람직하게, 실드들은 스테이터 부품과 접촉되어 있고 스테이터 부품에 체결되는 단일의 기계적 부품의 부분들이다. 바람직하게, 이들 실드들은 통상적으로 PTEF로 불리는 폴리테트라플루오에틸렌(polytetrafluoroethylene)과 같은 플루오르폴리머(fluoropolymer)로부터 제조된다.
- [0031] 바람직한 변형예에서, 로터 부품들의 각각은 단일의 트랙을 구비하고, 그 구동 트랙의 반경부들은, 로터 부품의 정면에서 바라보았을 때, 크레넬레이션(crenellations)을 형성하는 접선부들에 의해 서로에 대해 연결된다.
- [0032] 바람직한 실시예에서, 로터 부품은 다층의 인쇄 회로(multi-layer printed circuit)에 의해 제조되고, 트랙은 동일한 방향으로 흐르는 전류가 공급되는 짝수의 중첩된 전기-전도성 재질의 층들에 의해 구성된다. 중첩된 전기-전도성 재질의 층들의 개수는 4개이다.
- [0033] 로터 부품의 기관은 사전에 함침되고(pre-impregnated), 전기-절연성 재질의 층 또는 층들은 구리(copper)로 이루어져 있으며 전기-절연성 재질의 마감층(finishing layer)으로 덮여 있다.
- [0034] 유리한 실시예에서, 매키타로닉 회로-차단기 장치는 제1 스테이터 부품 및 제2 스테이터 부품 사이의 에어 간극 내에서 중첩된 별개의 적어도 두 쌍의 로터 부품을 구비한다.
- [0035] 별개의 두 쌍에 속하는 두 개의 중첩된 로터 부품들은, 모든 트랙에 전류가 공급된 경우, 동일한 방향으로 이동하게 될 수 있다. 대안적으로, 별개의 두 쌍에 속하는 두 개의 중첩된 로터 부품들은, 모든 상기 트랙에 전류가 공급된 경우, 서로에 대해 반대되는 방향으로 이동하게 될 수 있다.
- [0036] 로터 부품의 모든 트랙들에는 동일한 전류가 전기적 직렬로 바람직하게 공급된다.
- [0037] 로터 부품들 간의 전기적인 연결은 유연한 전도성 와이어들(flexible conductive wires)에 의해 바람직하게 수행된다.
- [0038] 일련의 스테이터 로터들 내에 짝수의 영구 자석들이 바람직하게 존재한다.
- [0039] 또한, 본 발명은, 앞서 언급된 바와 같은 적어도 두 개의 중첩된 영구 자석 액추에이터들을 구비하는 일 세트의 액추에이터들(a set of actuators)로서, 두 개의 액추에이터들 중 하나의 제2 스테이터 부품은 중간 스테이터 부품으로 불리는 두 개의 액추에이터들 중 다른 하나의 상기 제 1 스테이터 부품을 구성하고, 그 중간 스테이터 부품은 같은 기관의 일면 상에 나타나는 각각의 극(each pole)을 갖는 일련의 영구 자석들을 구비하는 일 세트의 액추에이터들을 제공한다. 로터 부품들의 모든 트랙들에는 동일한 전류가 전기적 직렬로 공급된다. 로터 부품들 간의 전기적인 연결은 유연한 전도성 와이어들에 의해 수행된다.
- [0040] 두 개의 액추에이터들의 모든 로터 부품들은, 동일한 회전 방향으로 바람직하게 이동하게 되고, 그리고 연결 플랜지를 각각 구성하는 강성의 플랜지들(rigid flanges)에 의해 그들의 외주에서 기계적으로 연결된다. 두 개의 인접한 강성의 플랜지들은 서로에 대해 반대되는 회전 방향으로 이동하게 되는 로터 디스크들에 유리하게 연결되고, 두 개의 플랜지들의 각각은 적어도 하나의 링크에 기계적으로 연결되고, 두 개의 링크들의 각각은 동일한 기계적인 요소에 연결되고, 이에 따라 로터 디스크들의 반대 방향으로의 회전 이동은 기계 요소들의 병진 이동을 발생시킨다. 두 개의 인접한 플랜지의 각각은 두 개의 링크에 기계적으로 연결되고, 두 개의 링크는 별개의 기계적인 소자에 각각 연결되고, 이에 따라 로터 디스크들의 다른 반경 방향들로의 회전 이동이 서로에 대해 반대되는 병진 방향으로의 별개의 두 기계적인 소자의 병진 이동을 발생시킨다.
- [0041] 또한, 본 발명은, 앞서 설명된 바와 같은 적어도 일 세트의 액추에이터들을 구비하는 전기적 전류를 차단/단절시키는 전기 스위치기어(electiric switchgear)로서, 기계적 소자가 진공 인터럽터(vacuum interrupter)의 가동 접촉부(movable contact)에 고정되는 전기 스위치기어를 제공한다.
- [0042] 마지막으로, 본 발명은, 고전압의 직류 전류를 차단시키기 위한 매키타로닉 회로-차단기 장치의 부품으로서의 앞서 설명된 바와 같은 전기 스위치기어의 용도를 제공한다.

도면의 간단한 설명

- [0043] 본 발명의 다른 장점들 및 특징들은 다음의 도면들을 참조하여 주어지는 상세한 설명을 통해 더욱 명백하게 드러날 것이다.
- 도 1은 본 발명에 따른 영구 자석 액추에이터의 원리를 도시한 도식적인 단면도이다.
- 도 1a는 도 1 실시예의 변형예에 따른 액추에이터를 도시한다.
- 도 2a는 본 발명의 일 실시예에 따른 액추에이터의 도식적인 단면도이다.
- 도 2b는 도 2a 실시예의 변형예에 따른 액추에이터를 도시한다.
- 도 3은 도 2a 및 2b의 실시예와 비교하여 증가된 구동 토크를 가지는 본 발명의 일 실시예에 따른 일 세트의 두 개의 액추에이터를 도시한다.
- 도 4a 및 4b는 두 개의 다른 실시예에 따른 액추에이터의 일부를 도시한 도식적인 단면도로서, 영구 자석들에서의 자기장의 배향, 로터들의 구동 트랙들에서 전류의 방향, 로터 디스크들의 회전 방향들, 로터 디스크들 간의 척력들 및 그에 따른 영구 자석들 상의 힘들을 도시한다.
- 도 5는 본 발명의 일 변형예에 따른 액추에이터의 로터의 일부의 도식적인 단면도이다.
- 도 6a 및 6b는 본 발명의 액추에이터의 로터 부품의 정면도 및 사시도이다.
- 도 7은 본 발명의 변형예에 따른 액추에이터의 로터 부품을 도시한 정면도이다.
- 도 7a는 도 7의 변형예의 로터 부품의 상세도이다.
- 도 8은 본 발명에 따른 일 세트의 두 개의 액추에이터들의 상세한 사시도로서, 그들 간의 기계적인 연결 및 그들의 상대적인 배치를 도시한다.
- 도 9는 본 발명에 따른 일 세트의 액추에이터들 및 이동되는 기계적인 요소들 간의 기계적인 연결을 정면에서 도시한 상세도이다.
- 도 10a 내지 10c는 본 발명에 따른 액추에이터들의 세트간의 기계적인 연결 및 진공 인터럽터들의 가동형 접촉부들을 상세하게 도시한 단면도로서, 그의 열림 위치, 중간 위치 및 닫힘 위치를 각각 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0044] 명료성을 위해, 모든 도면들에서 사용된 같은 부호는 같은 기술적 의미들을 가진다.
- [0045] 후술되는 본 발명에 따른 액추에이터는, 도 1 내지 3에 도시된 바와 같은 선형 액추에이터(linear actuator)로서, 또는 도 6a, 6b, 7a, 7b 및 8에 도시된 바와 같은 디스크(링) 형상의 회전식 액추에이터(rotary actuator)로서 작동한다. 따라서, 본 발명에 따른 선형 액추에이터는, 본래 그대로, 무한대의 반경을 갖는 본 발명에 따른 회전식 액추에이터의 한정적인 실시예이다. 또한, 명료성과 단순성을 위해, 본 발명은 이러한 한정적인 상황에서 설명되며, 도 1 내지 3은 축들 X, Y, Z의 직교 시스템(orthogonal system)을 도시하고, X, Y, 및 Z는 각각 축 방향, 접선 방향 및 반경 방향을 나타내고, 시스템의 축들 중 축 X는 영구 자석이 고정되는 스테이터 표면의 대칭의 축과 평행하고, 시스템의 축들 중 축 Z는 영구 자석 중의 하나의 대칭의 평면에 놓인다.
- [0046] 다시 말해, 반대의 명시적인 지시가 없는 한, 전류들의 방향들과 로터 부품들의 이동 방향들은, 회전식 액추에이터에 보다 적절할 수 있는 원통형 기준 프레임(cylindrical frame of reference)를 채택하지 않고, 이들 방향들로 나타낸다. 이러한 기준 프레임에 있어서, 그리고 본 발명에 따르면, 자기장은 X 방향에 평행하고, 자기장과의 상호 작용의 영역들에서 고려되는 전류 방향들은 Z 방향에 평행한 반경의 벡터에 따르고, 로터 부품들의 이동 방향들은 방향 Y에 평행한 직교 또는 접선의 벡터에 따른다. 즉, 본 발명에 따른 액추에이터의 로터 부품들이 반대되는 방향으로 이동한다고 기재되어 있다면, 이는 반대되는 회전 방향들로 또는 역회전(contrarotation)을 의미한다.
- [0047] 더욱이, 도 1의 설명에 나타난 바와 같이,
- [0048] · 십자(cross) 표시는 평면 XY에 직교하는 들어가는 전류의 방향을 나타내고;

- [0049] · 점(dot)은 평면 XY에 직교하는 나오는 전류의 방향을 나타내고;
- [0050] · 화살표는 로터 부품의 이동 방향을 나타내고;
- [0051] · 파선(dashed line)은 영구 자석들에 의해 생성되는 자속선들(magnetic flux lines)을 나타낸다.
- [0052] 유사하게, 본 발명의 의미에 있어서, 반대되는 접선 방향들(즉, 아래에서 자세히 설명되는 바와 같이 축 Y의 방향으로) 로렌츠 구동력에 의해 이동되는 같은 로터 쌍의 두 개의 로터 부품들은 같은 인덱스 1 또는 2 또는 3 또는 4로 지정된다. 따라서, 전반적인 부호 지정 체계에 있어서, 로터 쌍(3_i)은 두 개의 부품들(30_i , 31_i)을 구비한다.
- [0053] 부호 규약에 의해, 그리고 또한 명백성을 위해서, 0은 도면에서 좌측을 향해 이동하는 로터 부품(30)을 지정하고, 1은 도면에서 우측을 향해 이동하는 로터 부품(31)을 나타낸다.
- [0054] 부호 규약에 의해, 그리고 또한 명백성을 위해, 참조 부호들 100 또는 200는 N 극(north pole)이 에어 간극(airgap)에 보다 가깝게 배향된 영구 자석을 나타내고, 참조 부호들 110 또는 210의 각각은 S 극(south pole)이 에어 간극에 인접하도록 배향된 영구 자석을 나타낸다. 따라서, 기판(substrate)(10 또는 20)은 교대하는 일련의 영구 자석들(100, 110 또는 200, 210)을 구비한다. 따라서, 두 개의 에어 간극들 사이의 영구 자석은 두 개의 참조 부호들, 즉 100, 210 또는 110, 200으로 지정된다.
- [0055] 마지막으로, 부호 규약에 의해, 그리고 다시 명백성을 위해, 참조 부호들 300 및 310은 흐르는 전류가 평면 XY에 직교하는 들어가는 전류인 전도성 구동 트랙부(electrically-conductive drive track portion)를 나타내고, 참조 부호들 301 및 311은 흐르는 전류가 평면 XY에 직교하는 나오는 전류인 전도성 구동 트랙부를 나타낸다. 이러한 부호 규약은, 변하지 않는 전력 공급 전류 방향을 가정한다는 것, 그리고 방향 역전의 경우에 로터 부품들의 모든 지시된 회전 방향들이 역전된다 것을 가정한 것이라는 것은 말할 것도 없다.
- [0056] 본 발명에 따른 액추에이터(A)가 도 1에서 도식적으로 도시된다.
- [0057] 액추에이터(A)는, 강자성 재료(ferromagnetic material)로 바람직하게 이루어진 제1 기판(10)으로 형성되고, 그리고 제1 기판의 면 상에 나타나고 원주 방향으로 서로로부터 규칙적으로 이격되어 있는 제1 일련의 영구 자석들(100, 110)을 구비하는 제1 스테이터 부품(1)을 구비한다. 제1 일련의 영구 자석들 중 두 개의 인접한 영구 자석들(100, 110)은 제1 기판의 두께 방향에서 반대로 배향되어 있다.
- [0058] 제1 스테이터 부품(1)은, 강자성 재료로 바람직하게 이루어진 제2 기판(20)으로 형성되고, 제2 기판의 면 상에 나타나고, 제1 일련의 영구 자석들과 같은 각 간격(angular spacing)을 갖고, 그리고 원주 방향에서 서로로부터 규칙적으로 이격되어 있는 제2 일련의 영구 자석들(210, 220)을 구비하는 평행한 제2 스테이터 부품(2)을 마주본다. 제2 일련의 영구 자석들 중 두 개의 인접한 영구 자석들(210, 220)은 제2 기판의 두께 방향에서 반대로 배향되어 있다. 제1 스테이터 부품(1)과 제2 스테이터 부품(2)의 상대적인 배치는 제2 스테이터 부품(2)의 제2 일련의 영구 자석들(210, 220)으로부터의 자석의 S 극 또는 N 극이 제1 스테이터 부품(1)의 제1 일련의 영구 자석(100, 110)으로부터의 자석의 반대되는 N 극 또는 S 극과 마주보도록 하고, N 극이 언제나 S 극을 마주보도록 하고, 그에 따라 강한 자기장이 제1 및 제2 스테이터 부품들 간의 에어 간극들 내에 생성된다. 따라서, 그들은 축 Z에 평행하고, 이에 따라 평면 YZ에 직교하는 자기장들을 갖는 일련의 기자성 상호 작용 영역(magnetomotive interactive areas)을 형성시킨다. 스테이터 부품의 두 개의 인접한 영구 자석들의 반대되는 극 배향 때문에, 결과적인 자기장 방향은 반대로 된다. 그러나, 같은 로터 부품의 두 개의 구동 트랙들 내의 전류들 또한 반대되는 방향으로 흐르고, 같은 로터 부품의 같은 층의 구동 트랙들의 개수가 스테이터 부품의 자석들의 개수와 동일하기 때문에, 로렌츠의 구동력들은 그 소자의 구동 트랙들에 구동 트랙들의 각각에 작용되는 토크의 합인 추가적인 토크를 가한다.
- [0059] 다시 말해, 대향하는 영구 자석들은 서로로부터 이격된 자기 기둥들(magnetic columns)을 형성하고, 그들의 자기장의 방향은 서로 교대하며, 그 기둥의 자속은 자석들과 그들을 묶고 있는 스테이터 부품들의 기판들에 의해 인접한 두 개의 기둥들 내에서 밀폐된다. 이러한 자속선들의 밀폐는 영구 자석들의 자성이 일정 시간 동안 유지되는 것을 보장한다. 이는, 바람직한 실시예에 있어서, 스테이터 부품들의 기판들이 연철 합금(soft iron alloys)과 같은 강자성 재료로 이루어지도록 한 이유이고, 이후 상호 작용 기둥들에서의 자기장의 세기를 저하시키지 않으면서 자기장 선의 밀폐를 보장하기 위해 기판들의 두께가 최적화된다. 영구 자석들에 의해 생성되는 자기장은 본래 연속적인 자기장이고, 본 발명에 따른 액추에이터의 사용시 와전류들이 전혀 흐르지 않거나 무시할 수 있는 와전류들이 흐르므로 자기적 라미네이션들(magnetic laminations)을 조립하여 스테

이터 부품들을 제조할 필요가 없다는 것에 주목해야 한다. 결과적으로, 바람직한 실시예에 있어서, 스테이터 부품들의 기관들은 고체, 즉 단일체의 부품들로부터 제조된다.

[0060] 무자기 재료들(amagnetic materials)로 이루어진 스테이터 부품들, 예를 들어 여러 절연성 플라스틱 재료의 기관들 중에서 전형적으로 1과 동일한 투자율(magnetic permeability)(μ_r)의 작은 계수를 갖는 재료로 이루어진 견고한 기관에 고정된(지지된) 영구 자석의 사용을 필요로 하는 특정한 애플리케이션을 위해, 자기장의 자속선들을 밀폐시키는 것이 중요하고, 이용 가능한 자기장들의 세기는 강자성 재료의 스테이터 부품들의 경우 보다 훨씬 낮아진다.

[0061] 평행하게 위치한 영구 자석들의 수는 짝수인 것이 바람직하다. 자기 기둥들은 서로로부터 이격되고, 튜브 모양의 일반적 형상의 자기장을 형성한다. 자기 기둥들의 간격, 즉 두 개의 인접한 자기 기둥들 간의 선택된 간격은 대상 애플리케이션의 기능 및 특히 대상 구동 토크에 따라 결정될 것이다. 유리하게는, 영구 자석들의 가격 및 목표 구동 토크 간에서 절충이 찾아질 것이다.

[0062] 기관(10 또는 20)은 영구 자석들(100, 110 또는 200, 210)을 위한 기계적 지지부로서 기능하고, 자석들은 소자들을 유도시키는 자기장들을 만들어 낸다.

[0063] 바람직하게, 제1 스테이터 부품(1)과 제2 스테이터 부품(2)은 동일한 것으로, 두 개의 영구 자석들 간의 일정한 각 간격(angular pitch)에 합치하는 간격으로 이격되어 있고, 이에 따라 앞서 언급된 영구 자석의 극들 간의 대응 관계를 형성하기 위해 서로에 대해 오프셋(offset)된다. 유리하게, 모든 영구 자석들은 네오디뮴-철-보론 자석들과 동일하고, 그들은 동일하게 유기 재료(organic material)로 이루어져 있고, 그들을 부식으로부터 보호하기 위해 부동화 층(passivation layer)으로 적절히 코팅된다. 보다 일반적으로, 그들은, 사마륨 코발트(samarium cobalt), 페라이트(ferrites)로부터, 또는 강자성 성질을 갖는 유기 재료로부터도 동일하게 제조될 수 있다.

[0064] 제1 스테이터 부품(1) 및 제2 스테이터 부품(2) 사이의 공간에는 두 개의 중첩된 로터 부품들(30_i , 31_i)의 한 쌍(3_i)이 제공된다. 후술되는 바람직한 실시예에 있어서, 각 로터 부품들(30_i , 31_i)의 권선(winding)은 전도성 금속, 바람직하게는 구리(copper)로 구성되고, 트랙은 다층의 인쇄 회로의 층들 내에 분포된다. 전기적 레벨에서, 이러한 연속적인 트랙은, 첫째로 본질적으로 직교의 기준 프레임의 축 Z를 따라 반경 방향으로 배향되는 한 세트의 구동 트랙부들(a set of drive track portions)로 형성되고, 그 구동 트랙부들은 그들의 기하학적 위치 때문에 자석에 의해 발생하는 자기장을 받고, 적절한 전류가 그들을 통해 흐를 경우 로렌츠의 힘이 발생된다. 그리고, 연속적인 트랙은, 둘째로 한 세트의 상호연결 트랙부들(a set of portions of interconnection tracks)로 구성되고, 그 상호연결 트랙부들은 자석들에 의해 발생된 자기장을 받지 않고, 관련된 로터 부품의 권선의 전기적 연속성을 제공한다. 구동 트랙부들(300, 301 또는 311, 310)의 폭은 반경 방향 Y에서 영구 자석들(100, 200, 110, 210)의 폭에 실질적으로 근접하지만 그 보다는 약간 작고, 이에 따라, 이중 반전 로터부들(contrarotating rotor portions)의 극단적인 상대 위치들에 있어서, 첫째로 구동 트랙부들(300, 301 또는 311, 310)은 그들을 사이에 두고 위치되는 자석들에 의해 발생하는 자기장에 의해 영향을 받고, 둘째로 구동 트랙부들(300 및 311 또는 301 및 310)은 그들이 발생시키는 자기장의 중화(magnet field neutralization) 효과를 위해 충분히 오버랩(overlap)되고, 이에 따라 영구 자석(100, 200, 110, 210)의 자기 소거(demagnetization)의 위험을 방지한다.

[0065] 바람직한 실시예로서, 구동 트랙부는 5mm 내지 20mm 범위 내의 폭을 갖고, 25 μ m 내지 100 μ m 범위 내의 두께를 가진다. 상호연결 트랙부는 권선의 내부 저항을 최소화하도록 선택된 폭을 가지고, 이에 따라 그 폭은 전체적으로 작은 사이즈(size)의 대가로 큰 내부 전기 저항을 발생시키는 작은 폭과 작은 내부 저항의 대가로 전체적으로 큰 사이즈로 되는 큰 폭 간의 타협에 의해 정해진다. 바람직한 실시예로서, 상호 연결 트랙부들은 5mm 내지 20mm 범위 내의 폭을 갖고, 그들의 두께는 25 μ m 내지 200 μ m 범위 내의 두께를 가진다.

[0066] 구동 트랙부들은 제1 및 제2 일련의 영구 자석들과 같은 각 간격으로 원주 방향을 따라 서로로부터 규칙적으로 이격되어 있다는 것에 주목해야 한다.

[0067] 본 발명에 따르면, 동일한 로터 부품(30_i , 31_i) 내의 두 개의 인접한 트랙부들(300, 301 또는 311, 310)에는 반대되는 방향으로 흐르는 전류들이 동시에 공급된다. 같은 로터 부품의 쌍(3_i)의 두 개의 중첩된 트랙부들(300, 311 또는 301, 310)에는 반대되는 방향으로 흐르는 전류들이 동시에 공급된다.

[0068] 영구 자석들(100, 110 및 200, 210) 및 로터 부품들(30_i , 31_i)을 보호하기 위해, 도 1a에 도시된 바와 같이,

비강자성 재료의 실드들(non-ferromagnetic material shields)(120, 220)이 같은 스테이터 부품의 두 개의 인접한 자석들 사이에 삽입된다. 이러한 실드들(120, 220)은 자석들의 노출된 표면들 및 그들과 인접한 로터 부품들 간의 기계적 접촉을 방지하기 하는데 충분한 두께를 가진다. 또한, 그들은 마찰력들 및 기계적인 마모를 최소화시킬 수 있는 윤활 특성(tribological properties)을 가진다. 유리하게, 이들 실드들(120, 220)은 접촉하고 있는 스테이터 부품에 체결되는 단일의 기계적 부품의 일부를 형성한다. 이들 실드들은 전기적으로 절연된 재료로 이루어지는 것이 바람직하다. 이들 실드들은, 예를 들어 폴리테트라플루오에틸렌(polytetrafluoroethylene, PTFE)과 같은 플루오르폴리머(fluoropolymer)로부터 제조되는 것이 바람직하다.

[0069] 도 1a에서 유리한 변형이 이루어 질 수 있고, 이에 의해 본 발명에 따른 영구 자석들은, 그들을 지지하는 기판들(10, 20)에 직접적으로 부착되고, 또한 적절한 홈들(grooves)(1000, 2000) 안으로 삽입된다. 그러한 홈들(1000, 2000)의 기능은 본질적으로 자석들이 설치되는 스테이터 부품의 조립 동안에 자석들을 용이하게 위치시키는 것이다.

[0070] 본 발명의 바람직한 실시예에 있어서, 로터 부품의 권선을 위한 지지부로서의 역할을 하는 다층 인쇄 회로(multi-layer printed circuit)는 전자 장치용 인쇄 기판을 위한 통상의 방식, 즉 함침된 기판들(impregnated substrates)와 같이 당업계에서 알려진 실리카 화이버(silica fiber)로 이루어진 기판의 다수의 서브세트들(subsets)에 압력을 가하고 본딩시킴으로써 조립하고 에칭함으로써 제조된다. 이러한 수지 함침 기판들의 재료는, 그 기계적 특성, 특히 영률(Young's modulus)이 그 기판들의 평면 내에 포함되는 방향으로 작용되는 맥동 또는 연속적인 인장력 또는 압축력에 저항하도록 선택된다.

[0071] 도 5에 자세히 도시된 바와 같이, 본 발명의 바람직한 실시예에서, 이러한 다층 인쇄 회로는 구동 트랙부들 및 상호 연결 트랙부들에 제공되는 전기적인 컨덕터들(301.1, 301.2, 301.3, 301.4)의 네 개의 층들로 구성되고, 밀폐층(closure layer)으로 불리는 보호층(protection layer)에 의해 양 측이 덮여 있고, 그 보호층은 최외곽 트랙부들에 전기적인 절연을 제공하고, 또한 하나의 로터부가 인접한 다른 로터부에 대해 상대적으로 슬라이딩하거나, 앞서 설명된 바와 같이 영구 자석들의 보호 실드들(120, 220)에 대해 상대적으로 슬라이딩할 경우 마찰력을 감소시킨다.

[0072] 구동 및 상호 연결 트랙부들의 두께 및 사전에 함침된 기판들의 두께의 모두는, 첫째로 다양한 사전에 함침된 기판들을 통해 구동 트랙부들로부터 로터부들의 기판으로의 기계적인 힘들의 신뢰성있는 전달을 보장하기 위해, 둘째로 두 개의 마주보는 스테이터 부품들 간의 같은 에어 간극 안으로 삽입되는 방식으로 구성되는 다수의 로터부들을 위한 충분히 작은 두께를 그 어셈블리에 부여하기 위해 선택된다.

[0073] 이러한 방식으로 구성되는 로터부의 총 두께는 0.5mm 내지 3.2mm의 범위 내인 것이 바람직하다.

[0074] 더욱이, 서로 마주보는 영구 자석들은 그들이 저장하고 있는 자기 에너지에 의해 발생하는 압력을 받고, 이러한 에너지의 대부분은 자석들에 의해 형성되는 자기 기둥들 내에 포함되어 있다. 자기장의 세기 "B"가 자기 기둥 내에서 일정하다고 가정하면 압력 "P"가 계산될 수 있고, 아래의 식이 얻어진다. 여기서, μ_0 는 진공의 투자율을 나타낸다.

[0075]
$$P=B^2/(2 \cdot \mu_0)$$

[0076] 따라서, 각 영구 자석들은, 그 영구 자석들이 체결되는 스테이터 부품으로 전달되는, 그리고 그 영구 자석들 모두가 생성하는 자기 기둥 내에서 마주보는 자석을 향해 이동시키는 힘을 받는다. 스테이터 부품 내의 자석들의 개수가 많다면, 그리고 자석이 속한 디스크에 평행한 평면 내에서 자기 기둥들의 구역 또한 크다면, 스테이터 부품의 각 자석에 의해 가해지는 인력(attraction force)의 합은 상당히 커질 수 있고, 그 값은 통상적으로 10,000N에 이르게 된다. 즉, 매우 큰 구동 토크가 얻어질 수 있다.

[0077] 이러한 이유로, 본 발명의 바람직한 실시예에서, 두 개의 마주보는 스테이터 부품 간의 거리는, 자석이 속한 스테이터 부품의 디스크의 대칭의 축 주위에 분포되는 무자성 재료의 스페이서들(amagnetic material spacers)에 의해 일정하게 유지된다. 스페이서의 개수와 구역은, 두 개의 스테이터 부품들이 어떠한 변형을 겪지 않고, 요구되는 거리에서 그리고 서로에 대해 평행을 유지시키기 위해 충분해야 한다는 것에 주의를 기울여야 한다.

[0078] 본 발명의 바람직한 실시예에서, 이들 스페이서들은, 기판들의 정적 변형을 방지하기 위해, 스테이터 부품들 간의 인력들이 작용되는 영역들에 가능한 한 인접한 영역에 위치된다. 결과적으로, 스페이서가 관통하는 홀들(holes) 또는 개구들(openings)을 로터 부품들에 제공하기 위해 신중한 선택이 이루어져야 한다. 이들 홀들은, 스페이서들에 의해 방해받지 않고, 즉 스페이서가 원치 않는 스톱퍼들(stops)이 되지 않고 로터 부품들

이 자유로운 상대적 이동을 할 수 있도록 하는 형상과 치수들을 갖는 것이 바람직하다.

- [0079] 본 발명의 바람직한 실시예에서, 이들 홀들은 에어 간극 내의 로터 부품들의 사전 위치 결정(pre-positioning)을 수행하기 위해 정확하게 가공되고 위치되고. 이러한 사전 위치 결정은 로터 부품들의 회전 축과 자석들이 고정되는 스테이터 부품들의 디스크들의 대칭 축 간의 제1 레벨의 동심성(concentricity)을 제공한다. 이러한 사전 위치 결정은, 정적 불확정성의 상태를 발생시키지 않고, 그들이 작동시켜야 하는 기계적인 스위치들에 연결시키는 동적 체인(kinematic chain)과 로터 부품들의 결합을 허용하기 위해 충분한 기계적 여유(clearance)를 제공한다.
- [0080] 이제 설명되는 본 발명에 따른 액추에이터(A)의 작동은 아래와 같다. 모든 트랙들에 전류가 공급된 경우, 제1 및 제2 일련의 영구 자석들에 의해 생성되는 자기장들 내에서 흐르는 전류에 의해 발생하는 로렌츠의 구동력들이, 제1 스테이터 부품(1) 및 제2 스테이터 부품(2) 사이의 에어 간극 내에서 하나의 로터 부품(31_i)을 축 방향 Y를 따라 이동시키고, 다른 하나의 로터 부품(30_i)를 그와 반대되는 접선 방향으로 이동시킨다.
- [0081] 변형예에서, 공급 전류는 각 로터 부품들의 권선을 구성하는 모든 전기 전도성 재료의 모든 트랙들에서 동일하고, 두 개의 로터 부품들에는 서로 전류가 직렬로 공급된다. 또한, 두 개의 로터 부품들 각각의 상대적인 각 위치 결정(angular positioning)은, 같은 자기 기동에 위치되고 두 개의 로터 부품들 중 하나에, 그리고 다른 하나에 각각 속하는 두 개의 구동 트랙부들 내의 전류가 반대되는 방향으로 흐르도록 신중하게 선택되는 것이 바람직하다. 또한, 두 개의 스테이터 부품들 간의 거리를 유지시키는 스페이서들, 자석들 및 구동 트랙부들의 각각의 위치 결정을 보장하도록 주의를 기울여야 한다.
- [0082] 대향하는 자석들(100, 210 또는 110, 200)에 의해 형성되는 자기 기동 내에서의 각 영구 자석들이 바라본 전체 전류는 0이므로, 본 발명의 액추에이터에는 매우 큰 값의 전류가 공급될 수 있다. 이에 따라, 그들이 자기 소거되는 위험이 크게 감소된다. 매우 큰 전류로서, 매우 큰 구동 토크가 본 발명의 액추에이터(A)를 위해 얻어질 수 있다.
- [0083] 실제로, 본 발명의 액추에이터는 로터 부품들의 수 밀리미터(mm) 정도의 작은 이동 또는 수 도(degrees) 정도의 각 이동(angular movement)을 위해 설계된다. 작은 이동은, 후술하는 바와 같이, 기계적인 스위치의 가동 접촉부와 같은 기계적인 요소들을 이동시키는데 충분할 수 있다. 실제로, 본 발명의 액추에이터는, 각 상대 이동(angular relative movement)이 각 로터 부품들의 최종 이동 위치(extreme moved position)에서 전도성 트랙부들(300, 311 또는 301, 310)이 항상 영구 자석들을 대향하는 영역에 있게 되도록 설계될 수도 있다.
- [0084] 본 발명의 액추에이터(A)의 구동 토크를 증가시키기 위해, 두 개의 스테이터 부품들(1, 2) 간의 같은 에어 간극들 내의 로터 부품들(3_i)의 개수를 증가시키는 것도 가능하다. 에어 간극들 내의 로터들의 개수 및 달성된 자기장의 값 간의 적절한 타협을 통해 로터 부품들 간의 최적 거리를 찾아내기 위해 주의를 기울이는 것이 바람직하다. 본 발명의 바람직한 실시예에 있어서, 같은 에어 간극 내의 로터 부품의 개수의 4 내지 8 범위 내의 짝수이고, 에어 간극의 두께는 4 mm 내지 10 mm의 범위 내이다.
- [0085] 도 2a 및 2b는 두 개의 중첩된 부품들(30_1 , 31_1 및 30_2 , 31_2)을 갖는 두 개의 로터 쌍들(3_1 , 3_2)로 구동 토크를 증가시키는 두 개의 다른 방식을 도시한다.
- [0086] 도 2a의 변형예에 있어서, 모든 트랙들에 전류가 공급되는 경우, 두 개의 별도의 로터 쌍들(3_1 , 3_2)에 속한 두 개의 중첩된 부품들(31_1 , 31_2)은 같은 방향으로 이동하게 된다.
- [0087] 대안으로, 도 2b의 변형예에서, 모든 트랙들에 전류가 공급되는 경우, 두 개의 별도의 로터 쌍(3_1 , 3_2)에 속한 두 개의 중첩된 부품들(31_1 , 31_2)은 같은 방향으로 이동하게 된다.
- [0088] 이들 대안 실시예들은, 첫째로 로터 부품들의 상대적인 회전 방향에 따른 로터 부품들 간의 마찰에 유리하거나 부정적인 영향을 미치는 척력 또는 인력의 이용(managing) 및 둘째로 각각의 구동 트랙부 내를 흐르는 전류에 의해 발생하는 자기장의 자동 보상(auto-compensating) 간의 타협을 해결하는 다른 방식을 허용한다.
- [0089] 전기 전력 공급과 관련하여, 같은 로터 쌍(3_1 , 3_2)의 두 개의 로터 부품들에는 직렬로 또는 병렬로 전류가 공급될 수 있다. 동일하게, 같은 에어 간극의 두 개의 로터 쌍들(3_1 , 3_2)에는 직렬로 또는 병렬로 전류가 동일하게 공급될 수 있다(도 2a, 2b 및 3 참조).

[0090] 도 3은, 액추에이터의 로터들이 두 개의 에어 간극들로 분할된 두 쌍들의 네 개 로터 부품들(30_1 , 30_2 ; 30_3 , 30_4 ; 31_1 , 31_2 ; 31_3 , 31_4)으로 각각 구성된 바람직한 실시예를 도시한다. 같은 에어 간극 내의 로터 부품들의 배치가 도 2a에 도시된다. 두 개의 에어 간극들 사이에 위치되는 중간 스테이터 부품(12)은 본질적으로 자기 릴레이(magnetic relay)(즉, 그의 기능은 더이상 자기장선을 밀폐시키는 것이 아님)로서 이용된다. 대칭 평면의 양측 상에 위치되는 영구 자석들은 제1 에어 간극의 자기 기둥으로부터 제2 에어 간극의 자기 기둥으로 연속성을 보장하고, 이들 자기 기둥들은 중간 또는 중앙 스테이터 부품(intermediate or central stator part)(12)의 양측 상에 위치되는 스테이터 부품들(10, 20)에 의해 밀폐된다. 이러한 바람직한 배치는 여러 장점들을 가진다. 먼저, 도 2a에 도시된 바와 같이, 네 개 대신에 여덟 개의 로터 부품들을 사용하기 때문에, 구동 토크가 증가된다. 대조적으로, 도 8에 도시된 바와 같이, 정해진 같은 방향으로 회전되는 로터 부품들은 두 개의 에어 간극 사이에 동일하게 분할된다. 따라서, 각각의 에어 간극들의 대칭 평면들 간의 거리를 신중하게 선택함으로써, 그리고 같은 방향으로 이동하는 로터 부품들을 기계적으로 연결시키는 스페이서를 사용함으로써, 도 2a 및 2b의 경우에서 예상될 수 있는 강성 보다 매우 큰 강성을 이와 같은 방식으로 구성된 로터 부품들에 부여하는 것이 가능하다. 따라서, 본 발명에 따른 액추에이터는 수 천(Nm) 정도의 대단히 큰 토크들을 발생시킬 수 있을 뿐만 아니라, 이러한 토크들을 마모 또는 품질 저하의 위험없이 이동되는 객체들(objects)에 전달할 수 있다.

[0091] 따라서, 도 4a 및 4b를 참조하여 앞서 설명된 바와 같이, 도 3의 실시예는 바람직하고, 이에 는 두 개의 중첩된 액추에이터들(A1, A2)와 함께 같은 자기 기둥(100, 200, 100)의 레벨에서, 로렌즈 구동력들과 자속들의 분포가 자세하게 도시된다. 두 개의 중첩된 로터 부품들이 반대 방향으로 접촉하면서 이동하게 되는 경우, 그들은 마찰을 일으키고, 이에 따라 품질이 저하된다. 그러나, 두 개의 중첩된 로터 부품들이 그들의 경계면(interface)에서 자기장을 둘러싼다면, 그 자기장은 그들을 멀리 떨어뜨리려 할 것이다.

[0092] 또한, 바람직한 변형에는 중첩된 로터 부품들 간의 마찰력과 척력을 감소시키는 것이다. 도 4a는 홀수 쌍(여기서는, 한 쌍)이 직접적으로 중첩되고 동일한 방향으로 이동되는 로터 부품들을 갖는 이러한 종류의 바람직한 변형예를 도시한다. 또한, 도 4b는 짝수 쌍들(여기서는, 두 쌍들)이 직접적으로 중첩되고 동일한 방향으로 이동되는 로터 부품들을 갖는 이러한 종류의 바람직한 변형예를 도시한다. 여기서, 로터 부품들에 의해 생성되는 자기장들이 더 큰 영역들, 즉 자기 기둥의 나머지 이상 보다 큰 영역들이 굽고 어두운 라인들로 도 4a 및 4b에 지시되어 있다는 것을 주목해야 한다. 또한, 수직 화살표가 에어 간극의 높이 방향으로 작용하는 힘을 나타내고 있다는 것을 주목해야 한다. 따라서, 로터 부품에 의해 양측이 싸여 있는 로터 부품은 그 로터 부품으로부터 밀려나거나 그 로터 부품에 대해 상대적인 이동을 하지 않는다. 스테이터 부품과 인접한 로터 부품은 X 방향으로 즉, 액추에이터들의 축을 따라 힘(토크)을 전달할 수 있다. 도 4a 및 4b의 배치들은 이러한 불리한 축 방향 힘들을 액추에이터들의 방향 X로 가능한 많이 보상될 수 있도록 할 수 있다. 선택된 전류의 방향이 어떠하더라도, 스테이터 부품들의 영구 자석들(100 또는 210)은 방향 X로 어떤 합성력(resultant force)과 어떤 합성 토크(resultant torque)을 받지 않는다. 기호로 나타낸 바와 같이, 자석들(100 또는 210) 상의 수직 화살표는 전체적으로 상쇄된다. 첫째로, 로터 부품들 및 영구 자석들 간의 힘은 작고, 그리고 무시할 정도인 것으로 간주될 수 있고, 둘째로 두 개의 인접한 로터 부품들 간의 힘은 전류 그 자체의 방향과 무관하다. 더욱이, 양호한 윤활 특성을 갖는 재료로 이루어진 실드(120, 220)의 존재는, 첫째로 영구 자석과 로터 부품의 직접적인 접촉을 방지하고, 둘째로 실드들 상에서의 로터 부품의 상대적 슬라이딩을 용이하게 한다는 것을 기억해야 한다.

[0093] 영구 자석들(100, 210)에 관하여, 그 영구 자석들은 액추에이터들의 일 단부에 있지 않고, 즉 일련의 영구 자석들의 일 단부에 있지 않는다. 이에 따라, 로터 부품들의 회전에 의해 작동되는 본 발명의 액추에이터의 모든 자석들에 적용된다. 대조적으로, 회전식 액추에이터(rotary actuator)의 점근적 한계(asymptotic limit)로 간주되는 선형 액추에이터(linear actuator)의 경우에 있어서, 단부 영구 자석들(end permanent magnets)은 액추에이터 또는 액추에이터들의 축 방향으로의 합성력 및 합성 토크에 불가피하게 저항해야 한다. 도 4a 및 4b로부터 명백한 바와 같이, 같은 방향으로 이동(회전)되는 인접한 로터 부품들은 실제로 서로에 대해 이동하지 않는다. 따라서, 그들을 기계적으로 연결시키는 것, 또는 심지어 그들을 일체로 제조하는 것이 예상될 수 있다. 도 4b의 변형예에서, 스테이터 부품들에 인접한, 즉 영구 자석들에 가장 근접한 로터 부품들이 바람직하지 않은 실시예로서 그에 견고하게 결합될 수 있다. 이는, 그들이 액추에이터 구동 토크를 제공하는데 기여하지 않는다는 의미에서, 이러한 방식으로 회생된 로터 부품들에서의 줄 효과의 손실(Joule effect losses)의 대가로, 가장 근접한 로터 부품을 밀어내 자유롭게 이동하게 함으로써 마찰을 감소시킬 수 있는 전자기적 반발(electromagnetic repulsion)의 이익을 가진다. 도 4b는 스테이터 부품(100 또는 210) 및

인접한 로터 부품의 결합을 기호적으로 나타낸 어두운 박스(C)를 도식적으로 도시하고, 이러한 로터는 자기적 베어링 롤(magnetic bearing roll)의 역할을 하고, 그들의 이동을 나타내는 화살표는 의미없게 된다. 본 발명의 바람직한 실시예에 있어서, 이러한 프레임은 무시될 수 있으며, 화살표는 그의 통상 의미를 회복할 수 있다.

[0094] 도 5는, 표유 인덕턴스(stray inductance)를 최소화시키는 동안 구동 토오크를 위해 큰 값은 얻어질 수 있도록 하는 로터 부품의 유리한 변형예를 도시한다. 도시된 로터 부품(30_i)은 단일의 트랙부를 형성하는 전기-전도성 재료의 네 개의 중첩된 층들을 갖는 다층 인쇄 회로(multi-layer printed circuit)로 구성된다. 따라서, 평면 XY에서 들어가는 전류가 흐르는 트랙부(300)는 네 개의 중첩된 층들(300.1, 300.2, 300.3, 300.4)로 구성된다. 유사하게, 전류가 반대되는 방향으로 흐르는 인접한 트랙부(301)는 네 개의 중첩된 층들(301.1, 301.2, 301.3, 301.4)로 구성된다. 동일한 트랙부(300 또는 301)를 구성하기 위해 중첩된 짝수의 전도성 층들이 효과적이다. 짝수의 층들로서, 주어진 층의 귀환 경로(return path)는 인쇄 회로의 다른 중첩된 층으로 이루어진다. 이러한 방식으로 제조된 전도성 재료의 트랙들로 인한 자기 인덕턴스(self-inductance)는 가능한 한 작게 될 수 있다. 즉, 그 목적은 동일한 로터 부품의 전도성 재료의 자기 인덕턴스를 최소화시키는 것이다. 로터 부품(30_i)의 기판은 에폭시 수지(epoxy resin)와 같은 재료로 사전에 함침되는 것이 바람직하고, 전기 전도성 재료의 층들은 구리로 이루어져 있으며 전기 절연 재료로 이루어진 마감층(finishing layer)(302)으로 덮여 있다. 이러한 방식으로, 로터 부품의 질량 및 관성이 최소화될 수 있다. 실제로, 상대적으로 넓고 얇은 프로파일을 갖는 전도성 트랙(4)의 부들(300, 301)이 켈빈 효과(Kelvin effect)로도 알려진 표피 효과(skin effect)를 감소시키기 위해 제조될 수 있고, 이에 의해 어떤 고주파수(high frequency)에서, 전류는 컨덕터들의 표피에서만 흐르는 경향을 나타낸다. 그러한 넓고 얇은 프로파일로서, 기판(30)과 전도성 트랙들(4)의 기계적인 부착력 또한 증가되고, 이에 따라 힘의 전달을 위한 그들 간의 기계적인 결합력이 증가된다. 예를 들어, 전도성 트랙(4)은 70 μm 정도의 두께(e)에 대해 12mm 내지 15mm 정도의 폭(l)을 가질 수 있다. 이 예를 통해, 보호층(302)은 70 μm 정도의 두께를 가질 수 있다.

[0095] 도 6a 및 6b는 디스크(disk)(6), 더 정확하게는 링(ring)의 일반적인 형상에 합치하는 로터 부품(30_i)을 도시한다. 로터 디스크(30_i, 6)는 절연 기판으로 제조되는 전기 전도성 재료의 단일 트랙(4)을 구비한다. 모든 방사형 트랙부들(radial track portions)(300, 301)은 크레넬레이션들(crenellations)을 형성하는 접선부들(tangential portions)(3010)에 의해 상호 연결되어 있기 때문에, 도시된 실시예는 효과적이다. 이는 스테이터 부품들의 영구 자석들을 마주 보는 모든 반경부(radial portions)(300, 301) 간의 간단한 상호 연결을 가능하게 한다. 즉, 본 발명의 액추에이터들에서 요구되는 로렌츠 구동력들을 발생시키는 반경부들(300, 301)은 전체 토오크에 기여할 수 있도록 최적으로 상호 연결된다. 도시된 예에 있어서, 반경부들(300, 301)은 두 개의 인접한 반경부들 간에 15°의 각도 간격을 갖도록 제조된다. 트랙(4) 내에서의 전류(I)의 입구 및 출구를 위한 입력 및 출력 연결 텅들(inlet and outlet connecting tongues)(61, 62)이 가요성 와이어들(flexible wires)에 의한 간단한 전기적인 연결을 위해 링(6) 내측에 나란히 제공된다. 상술한 바와 같이, 로터 부품들의 각 또는 선형 이동(angular or linear movement)이 매우 작기 때문에, 전기적인 연결들은 전체적으로 가요성 와이어들에 의해 이루어진다. 전기 연결 와이어들은 무게가 가볍다는 것에 더하여, 이들은 로터 부품들의 관성을 증가시키지 않는다. 디스크(6)은 그 외주에 후술되는 바와 같이 이동 전달 플랜지(a movement transmission flange)로서 알려진 기계적 연결 플랜지(mechanical connection flange)를 체결하기 위한 다수의 홀들(60)을 구비한다. 또한, 디스크(6)은 그 내주에, 용량성 전류들(capacitive currents)을 유도하기 쉬운 전기장으로부터 제어 전자기기(control electronics)를 보호할 수 있는 스크린(screen)을 구성하는 전도성 트랙(conductive track)(63)을 구비하고, 제어된 펄스 전류의 발전기들(controlled pulsed current generators)의 개수는 로터 디스크들의 개수와 같을 수 있다. 간단성 및 비용의 이유로, 그 개수가 감소되는 것이 유리할 수 있고, 모든 로터 부품들이 직렬로 연결되어 후술되는 바와 같이 주어진 액추에이터를 위한 또는 두 개의 액추에이터들의 세트(A1, A2)를 위한 단 하나의 제어된 펄스 전류의 발전기를 가진다. 유리하게, 전기 전력 공급을 제공하기 위해, 동일한 액추에이터의 모든 로터 부품들이 직렬로 연결될 수도 있다. 실제로, 이는 입력 및 출력 연결 텅들(61, 62)의 레벨에서 가요성 연결 와이어들에 의해 달성되는 것이 바람직하다. 전기적인 직렬 연결은 가요성 와이어들로 로터 부품들의 관성을 불리하게 만들 수 있는 불필요한 질량을 추가하지 않고, 그리고 간단하게 제공된다. 도 7a 및 7b에 도시된 바와 같이, 로터 디스크(6)는 그를 관통하는 홀들(64)로 뚫려 있다. 이러한 홀들(64)의 각각은 도시되지 않았지만 스페이서를 수용한다. 이 스페이서는 에어 간극들의 활성 부분 내의 자속(magnetic flux)을 방해하지 않지 않기 위해 무자기성 재료로 제조된다. 스페이서들의 기능은 스테이터 부품들 사이에서 로터 부품들이 조여지는 것을 방지하기 위해 에어

간극의 두께를 보장하는 것이다. 기능적인 여유(functional clearance)가 스페이서 및 그가 수용되는 홀들(64) 사이에 제공된다는 것에 주목해야 한다. 이러한 기능적인 여유는 각각의 로터 디스크(6)의 사전에 결정된 각 이동(angular movement)을 가능하게 할 정도로 충분해야 한다.

[0096] 도 7a 및 7b는 본 발명의 로터 디스크(6)의 변형예를 도시한다. 이러한 변형예에 있어서, 전도성 트랙들을 구비하지 않고, 이에 따라 전체적으로 전기-절연성 재료로 이루어진 디스크(6)의 주연부가 도 7a에 도시된 바와 같이 정해진 직경을 따라 규칙적으로 이격되고 그리고 정해진 직경으로부터 다른 직경으로 오프셋된 개구들(600)로 뚫려 있다. 이는 로터 부품의 지지부의 전기 절연체(30)에서 발생할 수 있는 누설 전류들(leakage currents)의 경로를 증가시킨다. 즉, 누설 라인들(leakage lines)의 길이가 로터 부품에 걸쳐 증가된다. 즉, 그 목적은 이들 개구들(600) 사이에 유전성 시के인들(dielectric chicanes)을 생성하는 것이다.

[0097] 도 8은 네 개의 동일한 로터 부품들(30₁, 30₂; 30₃ 및 30₄) 간에 고정되는 다수의 기계적인 연결 플랜지들(mechanical connecting flanges)(7)의 바람직한 체결(fastening)을 도시한다. 그 로터 부품들은, 전기적인 전류가 흐를 경우, 동일한 회전 방향 Y으로 회전하고, 중첩된 두 개의 액추에이터들(A1, A2)에 속한다. 각각의 로터 부품들(30₁, 30₂; 30₃ 및 30₄)은 도 7a 및 7b에 도시된 바와 같이 환형의 디스크(6)의 형상으로 제조된다. 따라서, 중공의 환형부(hollowed-out tubular flange)에 의해 구성되는 기계적인 연결 플랜지(7)는 홀들(60)을 통해, 먼저 너트 및 볼트 시스템(71)에 의해 위로부터 액추에이터(A1)의 두 개의 로터 부품들(30₁, 30₂)에, 다음으로 너트 및 볼트 시스템(72)에 의해 아래로부터 액추에이터(A2)의 두 개의 로터 부품들(30₃, 30₄)에 스크류 고정된다. 너트 및 볼트 시스템들(71, 72)은 다른 균등한 기계적인 시스템에 의해 대체될 수 있다. 그 체결은 일 방향으로 회전하는 로터 디스크들(30₁, 30₂; 30₃ 및 30₄) 및 반대 방향으로 회전하는 로터 디스크들(31₁, 31₂; 31₃ 및 31₄) 외주의 전체에 걸쳐 제공되고, 이에 따라 두 개의 인접하는 강체 플랜지들(rigid flanges)(70)는 서로에 대해 반대되는 방향으로 이동하게 되는 로터 디스크들에 연결된다. 후술되는 바와 같이, 로터 디스크들의 회전 이동의 전달의 기능을 넘어서서, 제한된 연결 플랜지들(70)은 일종의 자체 지지형 강제 구조(self-supporting rigid structure)을 만들어낼 수 있다. 종래 기술의 회전식 액추에이터들과 비교하여, 많은 부품들, 특히 로터 부품을 적절히 지지하는 샤프트(shaft) 및 그 샤프트를 지지하는 베어링들(bearings)을 필요로 하지 않기 때문에 특히 유리하다.

[0098] 도 9는 병진 이동되는 기계적 요소들(mechanical elements) 및 회전 운동하는 액추에이터의 로터 디스크들 간의 기계적인 전달 수단을 도시한다. 축 Y를 따라 반대되는 방향으로 병진적으로 이동하는 각각의 두 개의 인접한 플랜지들(7d, 7g)은 튜브의 중공부(hollowed out part) 내에서 샤프트(73)에 의해 두 개의 링크들(74.1, 74.2)과 관절식으로 연결되어 있다. 각각의 두 개의 링크들(74.1, 74.2)은 동일한 기계적 요소(mechanical element)(8.1 및 8.2)와 관절식으로 연결되어 있다. 따라서, 로터 디스크들이 서로 반대 방향으로 회전하는 경우, 두 개의 인접한 플랜지들(7g, 7d)은 축 Y를 따라 반대되는 방향으로 동시에 병진 이동하게 되고, 이에 따라 각각의 기계적 요소(8.1 또는 8.2)의 축 X 따른 병진 이동을 동시에 발생시킨다. 즉, 도 9에 도시된 기계적인 연결로서, 이동되는 기계적 요소들과 로터 디스크들 간의 기계적인 전달 힘의 최적 분배(optimum distribution)를 가능하게 하는 변형 가능한 평행 사변형(pralleogram)이 형성된다.

[0099] 마지막으로, 도 10a 내지 10c는 앞서 설명된 기계적 요소(8.1; 8.2)가 진공 인터럽터(vacuum interrupter)(9)의 가동 접촉부(movable contact)(90)에 고정되어 있고, 진공 인터럽터의 다른 접촉부가 정지되어 있는 바람직한 애플리케이션을 도시한다. 이들 도면들로부터 알 수 있는 바와 같이, 도시되지 않은 본 발명의 액추에이터들의 로터 부품들의 매우 작은 각 이동(angular movement)($\alpha_2 - \alpha_0$)은 기계적인 연결 플랜지들(70)에 의해 두 개의 진공 인터럽터들(9)의 닫힌 위치(closed position)(도 10a)로부터 완전히 열린 위치(open position)(도 10c)로의 이동을 가능하게 한다. 이러한 진공 인터럽터들(9)은 고압에서 고전류를 생성시키거나, 방해하거나, 또는 차단시키는 전기적인 스위치 기어(electrical switch gear)의 일부를 구성한다. "매카트로닉 회로-차단기, 관련된 트리거링 방법, 및 고직류전류의 차단으로의 애플리케이션"이라는 명칭으로, 그리고 본 출원과 동일자로 출원된 특허출원에서 설명되고 청구된 바와 같이, 매카트로닉 회로-차단기에서의 차단에 관한 주된 애플리케이션에 있어서, 진공 인터럽터들은 그들 자신이 이러한 전류를 차단할 필요가 없다.

[0100] 이러한 진공 인터럽터들에 대한 주된 대상 애플리케이션은, 매우 짧은 시간 내에 고전압의 직류 또는 교류 전류들 차단시킬 수 있는 매카트로닉 회로-차단기에서의 전기기계적인 스위치-디스커넥터 시스템(electromechanical switch-disconnector system)을 구성하는 것이다.

[0101] 본 발명에 따른 영구 자석 전자기식 액추에이터들 및 이에 의해 구동되는 기계적인 스위치-디스커넥터는, 이

들이 두 레벨들에서 모듈식 설계(modular design)를 사용하는 것으로 구성된 아래의 바람직한 방법으로 제조되는 경우에 가장 효과적이다.

[0102]

제1 레벨은, 이른바 스위치-디스커넥터의 닫힌 위치에 대해, 낮은 레벨의 삽입 손실들(insertion losses)로, 예를 들어 300 암페어(A)의 연속적인 고전류들을 운반하는 능력, 그리고 이른바 같은 스위치-디스커넥터의 이른바 열린 위치에 대해, 고압의 다른 주 회로부들(primary circuit portions)의 각각으로부터 고립시키는 능력에 관련된 것이다. 종래 전기적인 스위치기어(electrical switchgear)에 있어서, 이러한 듀얼 기능의 측면은, 작은 접촉 저항을 만들기 위해 요구되는 고 베어링 압력들(high bearing pressures)과 큰 접촉 면적들 및 전압들을 견디기 위해 열린 위치에서의 접촉부(contacts) 간의 수 센티미터의 긴 거리를 때문에 수 킬로그램에 이르는 크고 무거운 이동 부품들(massiv moving parts)로 반영된다. 또한, 본 발명에 따른 제1 모듈식 설계 특성은 주 컨덕터(primary conductor)를 복수의 서브-브랜치들(sub-branches)로 분할하는 것으로 구성되고, 각각의 서브-브랜치들은 단일의 브랜치와 동일한 기능을 가지며, 감소된 응력들(stresses)을 가진다. 따라서, 본 발명의 제1 모듈식 설계 특성에 따른 바람직한 실시예에서, 주 컨덕터는 12개의 서브-브랜치들로 분할되고, 스위치-디스커넥터가 닫힌 위치에 있을 경우, 전류가 그들 간에 분할된다. 본 발명에 따른 바람직한 실시예에서, 스위치-디스커넥터가 도 10에 도시된 바와 같은 진공 인터럽터들의 12개의 쌍으로 분할된 경우, 각각의 진공 인터럽터들은, 전류가 인터럽터들의 각 쌍에 균일하게 분배된다고 가정하면, 전체 전류의 12분의 1(1/12)을 전도시켜야 한다. 3000(A)의 전체 주 전류(total primary current)의 앞서 언급된 예시에서는, 직렬의 인터럽터들의 각 쌍은 250(A)만을 통과시켜야 한다. 접촉부들의 치수들 및 닫힌 위치에서의 정적 압력들이 동일한 성능을 제공하는 단일의 인터럽터의 경우 보다 상당히 작다는 것이 명백하다. 본 발명에 따른 전자기식 액추에이터는 도 3 및 8에 도시된 바와 같은 이중 반전 로터들의 형태로 배치된, 도 6 및 7에 도시된 바와 같은 인쇄 회로의 로터 부품들로부터 제조된다. 따라서, 이는, 본 발명의 액추에이터의 로터 주위에 균일하게 분포된 도 8에 도시된 바와 같은 복수의 진공 인터럽터들의 쌍들(모듈들)을 구동시키는데 전적으로 적합하다. 진공 인터럽터 모듈들이, 액추에이터의 스테이터들에 대해 고정된 기준 프레임에 대해 고정된 경우, 로터 부품들은 진공 인터럽터 모듈들에의 결합에 의해 자동적으로 위치 결정된다. 기계적인 용어의 의미에 있어서의 정적 불확정성(static indeterminacy)의 위험은 적절한 여유들(clearances), 특히 스테이터 부품들의 위치 결정 스페이서들(positioning spacers)을 관통하는 홀들 내에 제공되는 여유들에 의해 회피될 수 있다.

[0103]

제2 모듈식 설계 특성은 열린 위치에서 고 전압들을 견디는 능력에 관련된 것이다. 종래의 전기적인 스위치기어에 있어서, 이는 수 킬로그램에 이르고, 수 센티미터의 거리 이상의 크고 무거운 접촉 부품들(massive contact parts)을 이동시키는 것을 필요로 하고, 그리고 이는 매우 짧은 시간 및 상대적으로 높은 특정 속도 상태에 있으며 높은 구동 에너지를 요구한다. 고 전압계에서는, 요구되는 디퍼런셜 속도(differential speed)의 절반과 실질적으로 같은 속도로 동일한 스위치기어의 두 개의 대향하는 접촉부들을 동시에 이동시키는 것으로 구성되는 이른바 듀얼 이동 기술(dual moving technique)이 알려져 있다. 일차로, 그 결론은 작동을 위해 요구되는 기계적인 에너지를 반으로 감소시키는 것이다. 본 발명의 기계적인 스위치-디스커넥터와 영구 자석 전자기식 액추에이터의 제2 모듈식 설계 특징은, 이중 이동 특징(double movement feature)의 대상이 된 객체로 구성되고, 작동 에너지를 최소화시키는 것이다. 본 발명의 제2 모듈식 설계 특징은 기계적인 스위치-디스커넥터의 모듈식 설계로 구성되어, 복수의 동일한 스위치-디스커넥터들의 직렬 연결을 허용한다. 이는 접지에 상관없이 통전 대상물들을 작동시키기 위해 에너지를 제공하도록 하는 능력을 가정한다. 본 발명의 다른 액추에이터의 해결책을 보완하는 언급된 두 개의 모듈식 설계 특징들의 장점들로 인해, 스위치기어가 산발적으로만 로딩되는 그러한 스위치기어의 사용 모드를 고려하면, 열림 및/또는 닫힘 작동(opening and/or closing operation)을 위해 필요한 에너지가 온보드 커패시터 뱅크(onboard capacitor bank) 내에 저장될 수 있는 장치가 생산되고, 로딩(사용)율(rate of load/use)을 고려할때, 작동 후의 그 에너지를 회복하는데 필요한 평균 전력은 충분히 작고, 그 에너지는 하나 이상의 반도체 레이저 장치들(semiconductor lasers) 또는 하나 이상의 고전력 발광 다이오드들(light-emitting diodes)과 같은, 접지에 위치되고, 그리고 하나 이상의 광 섬유들(optical fibers), 바람직하게는 실리카 섬유(silica fibers)들을 통해 본 발명의 액추에이터의 내부로 경로 설정되는 광원(light source)로부터 광학적으로 전달되고, 광 에너지의 전기 에너지로의 변환은 하나 이상의 광발전 컨버터들(photovoltaic converters)을 통해 알려진 방식으로 수행된다.

[0104]

열림 및/또는 닫힘 작동을 위해 요구되는 에너지의 광 전달(optical transmission)이 관련될 수 있는 앞서 설명되었던 두 개의 모듈식 설계 특징들로 인해, 본 발명의 기계적인 스위치-디스커넥터 및 영구 자석 전자기식 액추에이터가 "매카트로닉 서킷-브레이커 장치, 관련된 트리거링 방법, 및 고 직류 전류 차단에의 애플리케이션"이라는 명칭으로, 그리고 본 출원과 동일자로 출원된 특허출원에서 설명되고 청구된 바와 같은 매카트로닉

서킷-브레이커에 사용될 수 있다.

[0105] 여러 개선된 실시예가 본 발명의 범위를 벗어나지 않고 이루어질 수 있다.

[0106] 따라서, 재료들과 관련하여, 본 발명의 모든 영구 자석들은 네오뮴-철-보론 마그네틱과 같은 희토류 자석들(rare earth magnets)일 수 있다. 동일하게, 영구 자석들은 유기 재료(organic material)로 이루어질 수 있다.

[0107] 영구 자석들의 기관들에의 체결과 관련하여, 기관들에의 직접적인 접착(gluing)이 단순히 예상될 수 있고, 기관들 내의 홈들에의 필요한 삽입과 관련하여, 이들 홈들로 인해, 자석들이 설치되는 스테이터 부품을 조립할 경우, 본질적으로 자석들의 위치 결정이 용이하게 될 수 있다.

[0108] 또한, 영구 자석들의 형상과 관련하여, 평행육면체의 일반적인 형상(parallelepiped general shape)의 자석들을 예상할 수 있다. 본 발명의 회전식 액추에이터에 대하여, 스테이터 부품들의 정면도에서 보여지는 바와 같이, 그 길이를 따라 사다리꼴(trapezoidal) 형상의 영구 자석들을 예상할 수 있다. 따라서, 그들은 로터 부품들의 능동적 전도부들(active conductive portions) 즉, 로렌즈 구동력들을 생성시키는 전류를 운반하는 것들일 수 있고, 영구 자석들의 전방에서 각 이동의 전체에 걸쳐 유지된다. 즉, 그들의 각 이동의 전체에 걸쳐서, (방사상으로 연장된) 그 능동적인 전도성 부분들은 가장 능동적인 자기장 영역들 내에 가능한 많이 유지된다. 영구 자석들의 두께 또는 즉 생성된 에어 간극의 두께 방향으로의 사다리꼴 섹션의 자석들이 예상될 수도 있다. 따라서, 자속 밀도가 그들의 레벨에서 국소적으로 증가될 수 있다.

[0109] 더욱이, 이동되는 기계적 요소들과 로터 부품들 간의 기계적 힘들을 전달시키기 위한 기계적 연결들과 관련해서, 그들은 도 9에 도시된 바와 같이 변형 가능한 평행 사변형으로 유리하게 구성될 수 있다. 더욱이, 링크들(74.1 또는 74.2)은 강체이거나 변형가능할 수 있다. 그들이 강체인 경우에, 그들은 플라스틱 재료들, 바람직하게는 사출 성형되는 재료들로 제조될 수 있다. 링크들의 섹션은 요구에 따라 변형될 수 있고, 이에 따라 링크들은 평탄하거나, 실린더형이거나 비대칭일 수 있다.

부호의 설명

[0110] 1 : 제1 스테이터 부품

2 : 제2 스테이터 부품

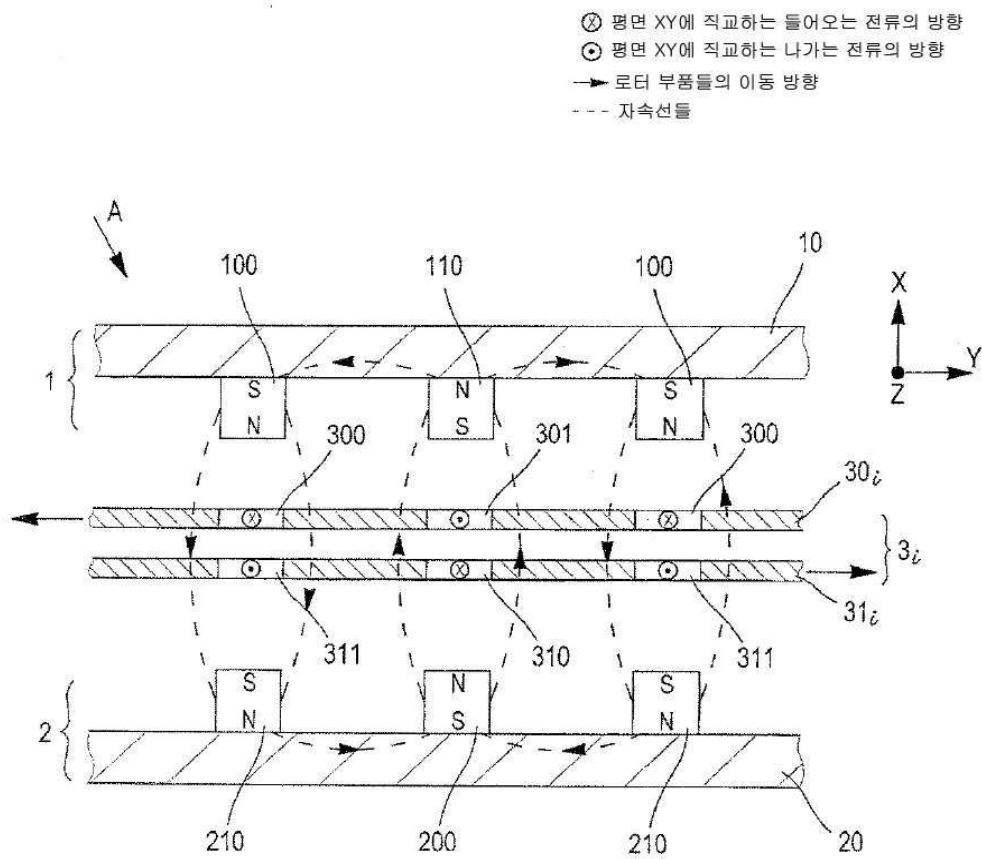
30_i : 로터 부품들

100, 110 : 제1 일련의 영구 자석들

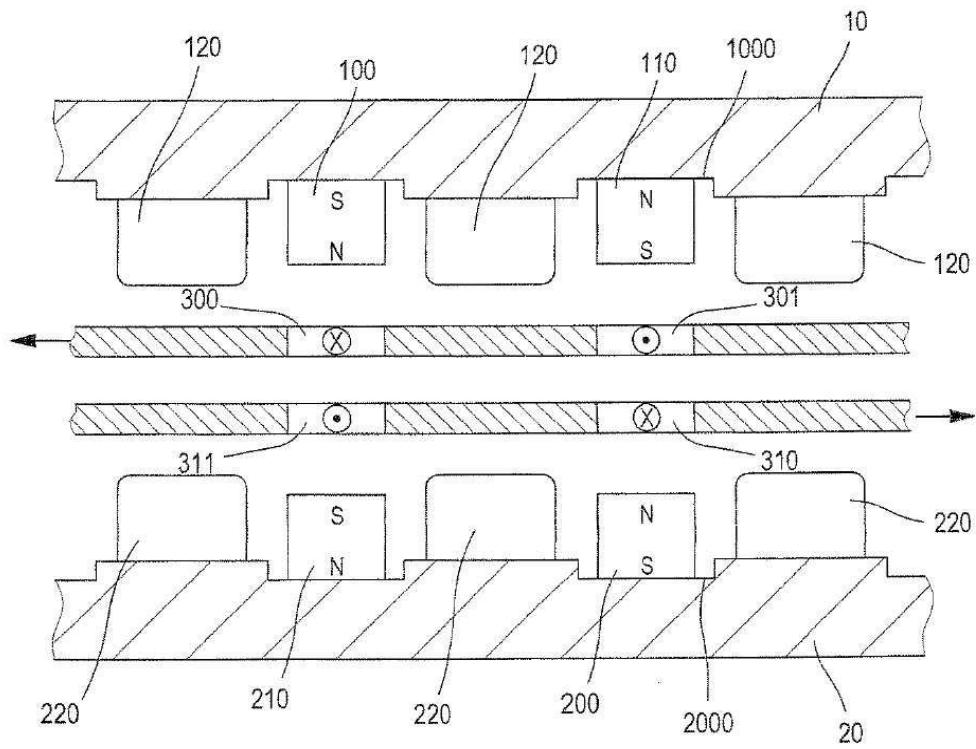
200, 210 : 제2 일련의 영구 자석들

도면

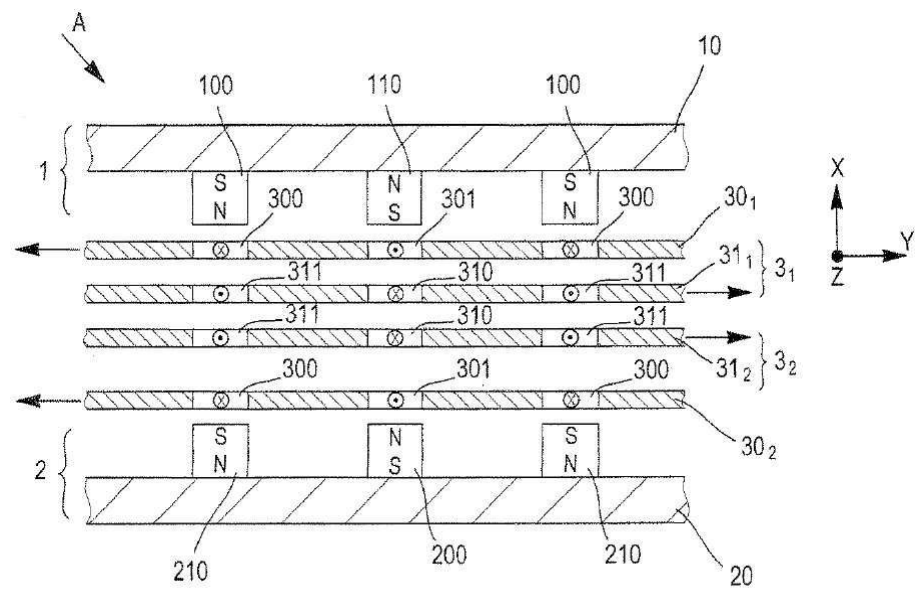
도면1



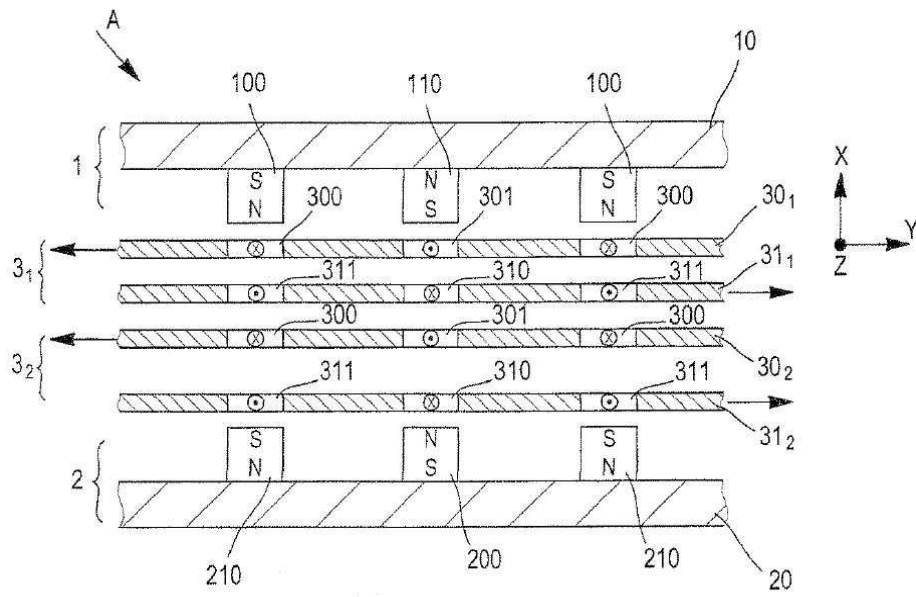
도면1a



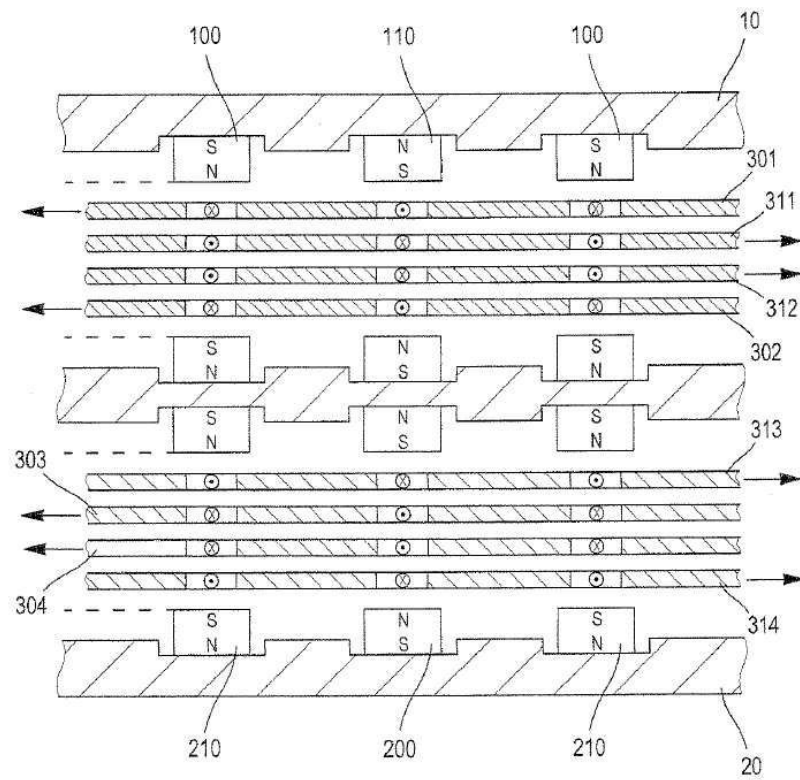
도면2a



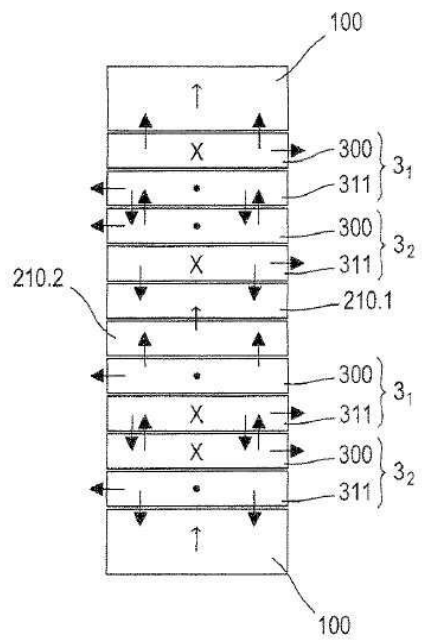
도면2b



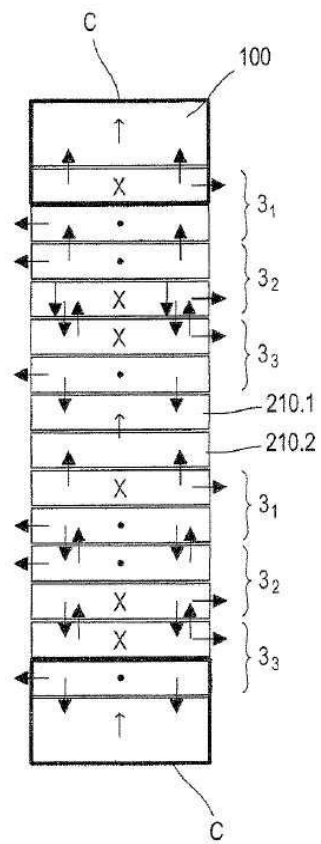
도면3



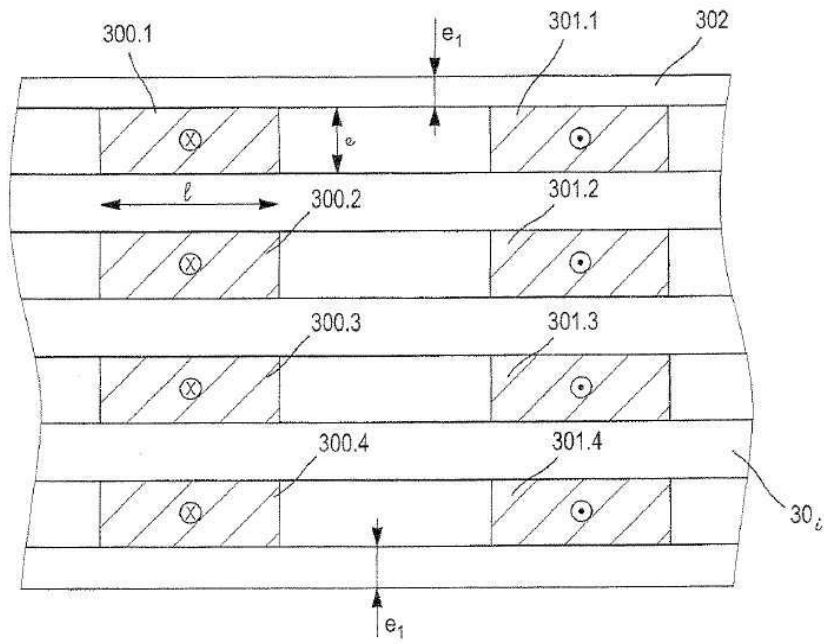
도면4a



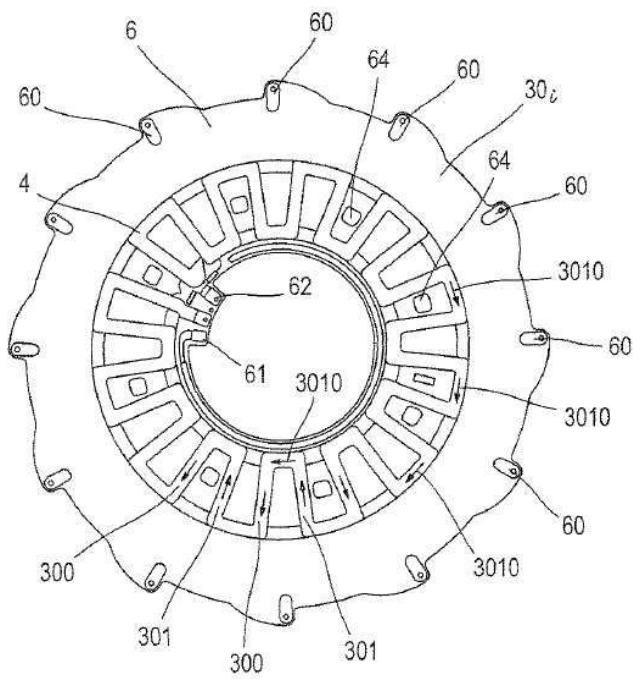
도면4b



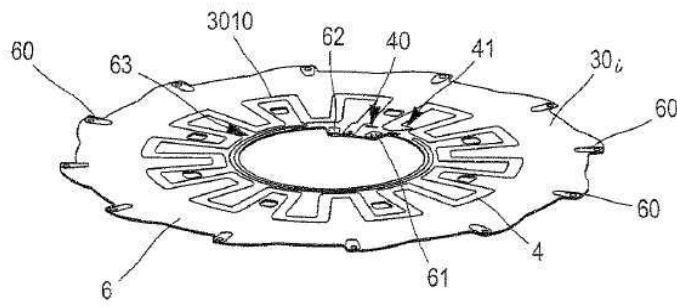
도면5



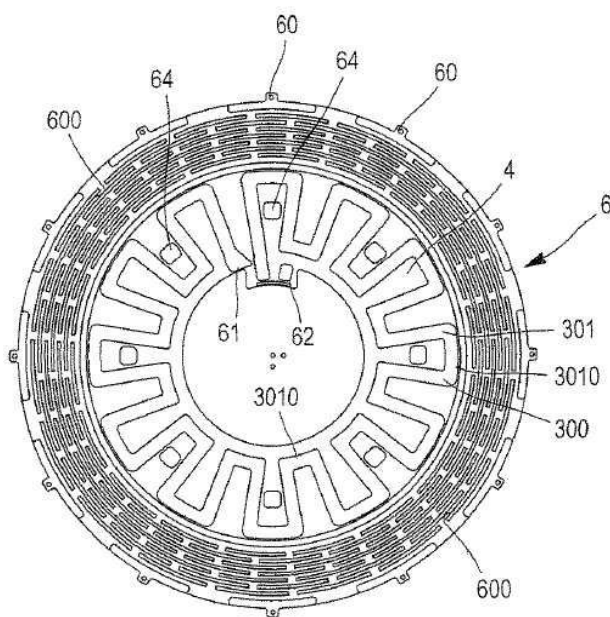
도면6a



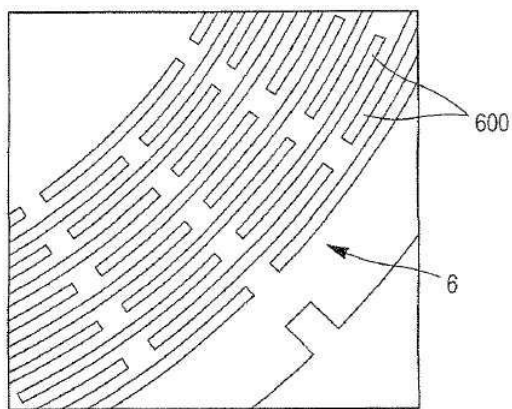
도면6b



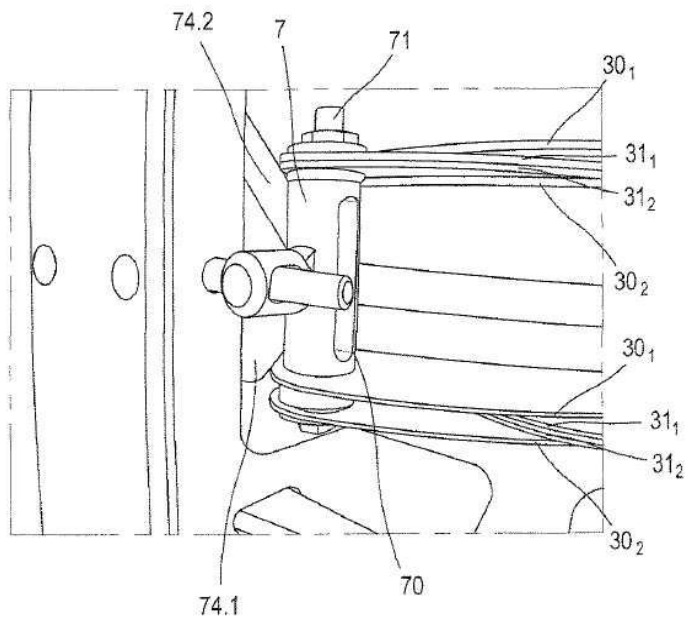
도면7



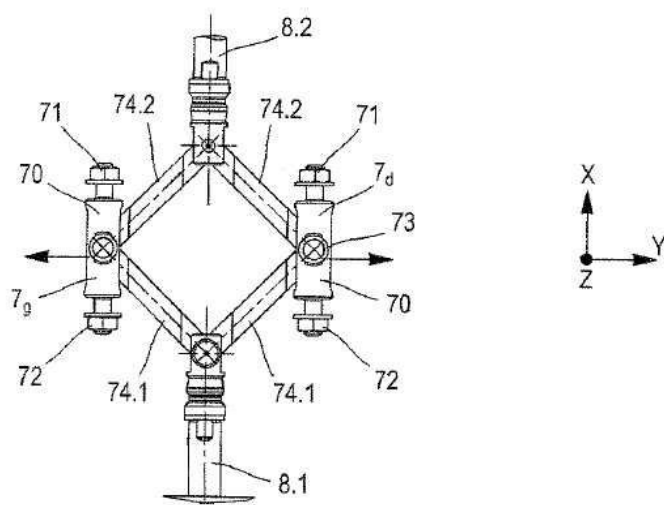
도면7a



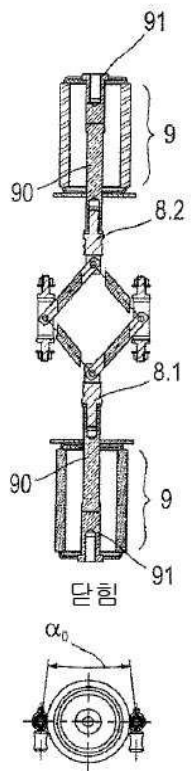
도면8



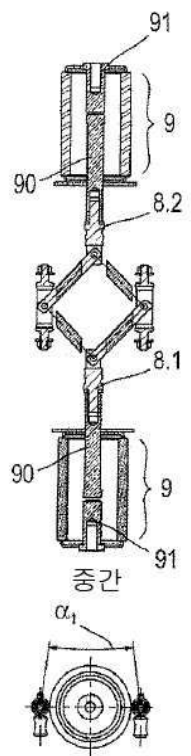
도면9



도면10a



도면10b



도면10c

