



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0135800  
(43) 공개일자 2014년11월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H02K 53/00 (2006.01) H01F 7/02 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2014-7027613  
(22) 출원일자(국제) 2013년03월15일  
심사청구일자 없음  
(85) 번역문제출일자 2014년09월30일  
(86) 국제출원번호 PCT/US2013/032259  
(87) 국제공개번호 WO 2013/138751  
국제공개일자 2013년09월19일  
(30) 우선권주장  
13/421,219 2012년03월15일 미국(US)

(71) 출원인  
토쿠 멀티플라이어스, 엘엘씨  
미국 뉴저지 07069 왓칭 서머셋 스트리트 761  
피.오.박스 7417  
(72) 발명자  
밀러 주니어 해롤드 엘.  
미국 플로리다 32084 성 어거스틴 만레사 로드 48  
콜슨 주니어 앤드류 이.  
미국 뉴저지 07069 워칭 서머셋 스트리트 761  
피.오.박스 7417  
(74) 대리인  
리앤목특허법인

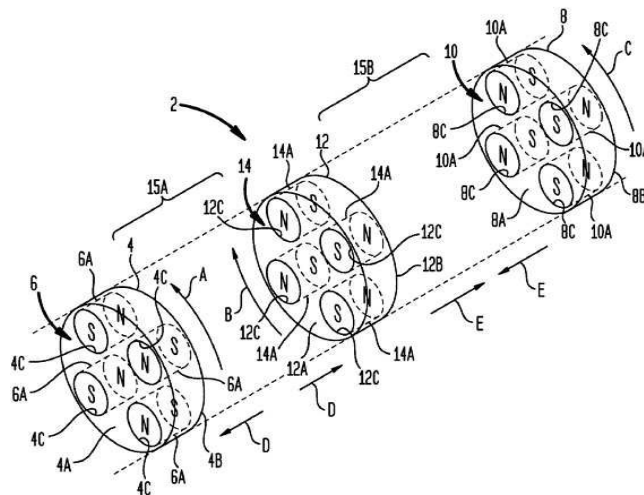
전체 청구항 수 : 총 27 항

(54) 발명의 명칭 영구 자석 구동 장치 및 동작 방법

(57) 요약

자기 구동 장치는 제1 및 제2 영구 자석 배열들을 수용하는 제1 및 제2 자석 캐리어들을 포함한다. 제1 자석 캐리어와 제2 자석 캐리어 사이에 배치된 중간 자석 캐리어는 제3 영구 자석 배열을 수용한다. 자석 캐리어들은, 자석 배열들이 상대 회전의 동력 구역 부분들 동안 제1 및 제2 스트로크 방향으로 자석 캐리어들이 상대 왕복 운동을 하게 하는 동력 스트로크 힘들을 야기하는 자기 상호 작용들을 발생시키도록 서로에 대해 회전을 위해 배열된다. 자기 상호 작용들은 상대 회전의 불감 구역 부분들 동안 실질적으로 어떤 동력 스트로크 힘들도 부여하지 않는다. 불감 구역들은 자석 캐리어 상대 회전 위치들을 포함하며, 여기서 대향하는 자극들이 상호 동축으로 정렬되지만 밀기 및 당기기 자기력들의 실질적으로 동등한 균형을 생성한다. 장치는 불감 구역들이 상사점 및 하사점 상대 왕복 운동 위치들과 동시에 발생하도록 동기화될 수 있다.

대표도 - 도1



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

제1 영구 자석 배열을 수용하는 제1 자석 캐리어;

제2 영구 자석 배열을 수용하는 제2 자석 캐리어; 및

상기 제1 자석 캐리어와 상기 제2 자석 캐리어 사이에 배치되고 제3 영구 자석 배열을 수용하는 중간 자석 캐리어를 포함하고,

상기 중간 자석 캐리어 및 상기 제1 및 제2 자석 캐리어들은 서로에 관한 회전(상대 회전)을 위해 배열되고;

상기 제1 영구 자석 배열, 상기 제2 영구 자석 배열 및 상기 제3 영구 자석 배열은 상기 중간 자석 캐리어 및 상기 제1 및 제2 자석 캐리어들이 상기 상대 회전될 때, 자기 상호 작용들을 발생시키도록 구성되고;

상기 자기 상호 작용들은 상기 상대 회전의 동력 구역 부분들 동안 제1 및 제2 스트로크 방향으로 상기 중간 자석 캐리어 및 상기 제1 및 제2 자석 캐리어들이 서로에 대해 왕복 운동(상대 왕복 운동)을 하게 하는 동력 스트로크 힘들을 발생시키고;

상기 자기 상호 작용들은 상기 상대 회전의 불감 구역 부분들 동안 실질적으로 어떤 동력 스트로크 힘들도 발생시키지 않고, 상기 불감 구역들은 상기 자석 캐리어들의 상대 회전 위치들을 포함하며, 여기서 상기 제1 영구 자석 배열, 상기 제2 영구 자석 배열 및 상기 제3 영구 자석 배열의 대향하는 자극들이 상호 동축으로 정렬되지 만 밀기 및 당기기 자기력들의 실질적으로 동등한 균형을 생성하고;

상기 상대 회전 및 상기 상대 왕복 운동은 상기 불감 구역들이 상기 상대 왕복 운동의 상사점 및 하사점 위치들에 근접하게 발생하게 될 수 있고, 상기 동력 구역들이 상기 상사점 상대 왕복 운동 위치와 상기 하사점 상대 왕복 운동 위치 사이에서 발생하도록 동기화 가능한, 자기 구동 장치.

### 청구항 2

제1항에 있어서,

전이 구역이 상기 불감 구역들 중 하나와 상기 동력 구역들 중 하나 사이의 각각의 전이에서 존재하고, 각각의 상기 전이 구역은 상기 자석 캐리어들이 실질적으로 어떤 동력 스트로크 힘들도 받지 않는 것과 실질적으로 최대 동력 스트로크 힘들을 받는 것 사이의 전이 기간을 나타내는, 장치.

### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제1 영구 자석 배열, 상기 제2 영구 자석 배열 및 상기 제3 영구 자석 배열은 각각 자석 패턴으로 배열되는 한 세트의 자석들을 포함하고, 상기 자석들은 제1 자석 캐리어 측면 상에 제1 자극 및 제2 자석 캐리어 측면 상에 제2 자극을 제공하도록 각각의 자석 캐리어들 상에 배향되는, 장치.

### 청구항 4

제3항에 있어서,

임의의 주어진 자석 캐리어 측면 상의 각각의 자석 패턴은 적어도 제1 극성의 n개의 인접 자극들을 갖는 제1 n-자석 그룹화 및 제2 극성의 n개의 인접 자극들을 갖는 제2 n-자석 그룹화를 포함하는, 장치.

### 청구항 5

제3항에 있어서,

임의의 주어진 자석 캐리어 측면 상의 각각의 자석 패턴은 4개의 자석들의 배수를 포함하는, 장치.

### 청구항 6

제3항에 있어서,

임의의 주어진 자석 캐리어 측면 상의 각각의 자석 패턴은 동등 수의 N 및 S 극들인, 짝수의 자석들을 포함하며, N 및 S 극들이 같은 극성의 짝수의 인접한 자석들을 갖는 자석 그룹화들로 배열되는, 장치.

#### 청구항 7

제3항에 있어서,

임의의 주어진 자석 캐리어 측면 상의 각각의 자석 패턴은 2개의 인접한 N 자극들을 갖는 제1 2-자석 그룹화 및 2개의 인접한 S 자극들을 갖는 제2 2-자석 그룹화로 배열되는 4개의 자석들을 갖는, 장치.

#### 청구항 8

제3항에 있어서,

상기 제1 자석 캐리어는 제1 자기 상호 작용 영역을 형성하도록 상기 중간 자석 캐리어의 제1 측면을 향하는 내부 측면을 갖고, 상기 제2 자석 캐리어는 제2 자기 상호 작용 영역을 형성하도록 상기 중간 자석 캐리어의 제2 측면을 향하는 내부 측면을 갖는, 장치.

#### 청구항 9

제8항에 있어서,

상기 동력 구역들은 상기 자석 캐리어들의 상대 회전 위치들을 포함하며, 여기서 상기 제1 영구 자석 배열, 상기 제2 영구 자석 배열 및 상기 제3 영구 자석 배열의 상기 대향하는 자극들은 상호 동축으로 정렬되며, 상기 제1 및 제2 자기 상호 작용 구역들에서의 상기 대향하는 자극들 모두가 서로 상호간에 반발하거나 상호간에 끌어당기는, 장치.

#### 청구항 10

제9항에 있어서,

상기 동력 스트로크 힘들은 상기 제1 자기 상호 작용 구역에서의 상기 대향하는 자극들이 모두 상호간에 서로 반발하는 반면에 상기 제2 자기 상호 작용 구역에서의 상기 대향하는 자극들이 모두 상호간에 서로 끌어당길 때, 상기 제1 스트로크 방향으로 상기 상대 왕복 운동을 발생시키고, 상기 동력 스트로크 힘들은 상기 제1 자기 상호 작용 구역에서의 상기 대향하는 자극들이 모두 상호간에 서로 끌어당기는 반면에 상기 제2 자기 상호 작용 구역에서의 상기 대향하는 자극들이 모두 상호간에 서로 반발할 때, 상기 제2 스트로크 방향으로 상기 상대 왕복 운동을 발생시키는, 장치.

#### 청구항 11

제8항에 있어서,

상기 불감 구역들은 상기 자석 캐리어들의 상대 회전 위치들을 포함하며, 여기서 상기 제1 및 제2 자기 상호 작용 구역들에서의 상기 대향하는 자극들의 절반이 상호간에 서로 반발하도록 정렬되고 상기 제1 및 제2 자기 상호 작용 구역들에서의 상기 대향하는 자극들의 다른 절반이 상호간에 서로 끌어당기도록 정렬되는, 장치.

#### 청구항 12

제1항에 있어서,

상기 자석 캐리어들 각각을 통해 연장되는 메인 샤프트로서, 중심 세로축을 갖고 상기 세로축 주위를 회전 가능하고 상기 세로축을 따라 왕복 운동이 가능한 메인 샤프트;

상기 메인 샤프트를 회전시키는 입력 구성 요소에의 동작적 결합을 위해 조정되는 상기 메인 샤프트의 제1 단부; 및

상기 메인 샤프트의 왕복 운동에 의해 구동되는 출력 구성 요소에의 동작적 결합을 위해 조정되는 상기 메인 샤프트의 제2 단부를 더 포함하고,

상기 메인 샤프트는 그것의 세로축 주위의 상기 메인 샤프트의 회전이 상기 중간 자석 캐리어와 상기 제1 및 제

2 자석 캐리어들 사이에 상기 상대 회전을 발생시키도록 상기 중간 자석 캐리어 또는 상기 제1 및 제2 자석 캐리어들에 회전 가능하게 결합되고;

상기 메인 샤프트는 상기 제1 및 제2 스트로크 방향들에서의 상기 중간 자석 캐리어와 상기 제1 및 제2 자석 캐리어들 사이의 상기 상대 왕복 운동이 그것의 세로축을 따라 상기 메인 샤프트의 왕복 운동을 발생시키도록 상기 중간 자석 캐리어 또는 상기 제1 및 제2 자석 캐리어들에 축방향으로 결합되는, 장치.

#### 청구항 13

제1항에 있어서,

상기 제1 및 제2 자석 캐리어들은 상기 자기 상호 작용들의 강도를 조정하기 위해 상기 중간 자석 캐리어 쪽으로 그리고 상기 중간 자석 캐리어에서 멀리 조정 가능하게 위치 가능한, 장치.

#### 청구항 14

제13항에 있어서,

상기 제1 및 제2 자석 캐리어들은 동력 구동 자석 캐리어 위치 선정 시스템에 의해 상기 중간 자석 캐리어 쪽으로 그리고 상기 중간 자석 캐리어에서 멀리 위치 가능한, 장치.

#### 청구항 15

제1 영구 자석 배열을 수용하는 제1 자석 캐리어;

제2 영구 자석 배열을 수용하는 제2 자석 캐리어;

상기 제1 자석 캐리어와 상기 제2 자석 캐리어 사이에 배치되고 제3 영구 자석 배열을 수용하는 중간 자석 캐리어;

상기 중간 자석 캐리어와 상기 제1 및 제2 자석 캐리어들 사이에 상대 회전을 발생시키도록 상기 중간 자석 캐리어 또는 상기 제1 및 제2 자석 캐리어들에 동작적으로 결합되는 입력 구성 요소로서,

상기 제1 영구 자석 배열, 상기 제2 영구 자석 배열 및 상기 제3 영구 자석 배열은 상기 입력 구성 요소가 상기 상대 회전을 발생시킬 때, 자기 상호 작용들을 발생시키도록 구성되고;

상기 자기 상호 작용들은 상기 중간 자석 캐리어 및 상기 제1 및 제2 자석 캐리어들이 상기 상대 회전의 동력 구역 부분들 동안 제1 및 제2 스트로크 방향들로 상대 왕복 운동을 하게 하는 동력 스트로크 힘들을 발생시키는 입력 구성 요소; 및

상기 제1 및 제2 스트로크 방향들에서의 상기 상대 왕복 운동이 출력 구성 요소를 작동시키도록 상기 중간 자석 캐리어 또는 상기 제1 및 제2 자석 캐리어들에 동작적으로 결합되는 출력 구성 요소를 포함하고,

상기 자기 상호 작용들은 상기 상대 회전의 불감 구역 부분들 동안 실질적으로 어떤 동력 스트로크 힘들도 발생시키지 않고, 상기 불감 구역들은 상기 자석 캐리어들의 상대 회전 위치들을 포함하며, 여기서 상기 제1 영구 자석 배열, 상기 제2 영구 자석 배열 및 상기 제3 영구 자석 배열의 대향하는 자극들이 상호 동축으로 정렬되지 만 밀기 및 당기기 자기력들의 실질적으로 동등한 균형을 생성하고;

상기 상대 회전 및 상기 상대 왕복 운동은 상기 불감 구역들이 상기 상대 왕복 운동의 상사점 및 하사점 위치들에 근접하게 발생하게 될 수 있고, 상기 동력 구역들이 상기 상사점 상대 왕복 운동 위치와 상기 하사점 상대 왕복 운동 위치 사이에서 발생하도록 동기화 가능한, 자기 구동 토크 변환기 장치.

#### 청구항 16

제15항에 있어서,

상기 상대 회전은 상기 제1 및 제2 자석 캐리어들이 서로에 관하여 동일 방향 또는 반대 방향으로 회전되는 것을 포함하는, 장치.

#### 청구항 17

제15항에 있어서,

상기 자석 캐리어들 각각을 통해 연장되는 메인 샤프트로서, 중심 세로축을 갖고 상기 세로축 주위를 회전 가능하고 상기 세로축을 따라 왕복 운동이 가능한 메인 샤프트를 더 포함하고,

상기 입력 구성 요소는 상기 메인 샤프트를 회전시키도록 상기 메인 샤프트의 제1 단부에 동작적으로 결합되고;

상기 출력 구성 요소는 상기 메인 샤프트의 왕복 운동에 의해 구동되도록 상기 메인 샤프트의 제2 단부에 동작적으로 결합되고;

상기 메인 샤프트는 상기 입력 구성 요소에 의한 세로축 주위의 상기 메인 샤프트의 상기 회전이 상기 중간 자석 캐리어와 상기 제1 및 제2 자석 캐리어들 사이에 상기 상대 회전을 발생시키도록 상기 중간 자석 캐리어 또는 상기 제1 및 제2 자석 캐리어들에 회전 가능하게 결합되고;

상기 메인 샤프트는 제1 및 제2 스트로크 방향들에서의 상기 중간 자석 캐리어와 상기 제1 및 제2 자석 캐리어들 사이의 상기 상대 왕복 운동이 그것의 세로축을 따라 상기 메인 샤프트의 상기 왕복 운동을 발생시키도록 상기 중간 자석 캐리어 또는 상기 제1 및 제2 자석 캐리어들에 축방향으로 결합되는, 장치.

#### 청구항 18

제17항에 있어서,

상기 불감 구역들이 상기 상사점 및 하사점 위치들에 근접하게 중심에 위치되도록 상기 메인 샤프트를 동기화함으로써 상기 동기화를 제공하도록 동작적으로 결합되는 동기화 디바이스를 더 포함하는, 장치.

#### 청구항 19

제18항에 있어서,

상기 메인 샤프트는 상기 불감 구역들이 위치 또는 크기가 동적으로 조정 가능하도록 동기화되는, 장치.

#### 청구항 20

제18항에 있어서,

상기 동기화 디바이스는 상기 입력 구성 요소, 상기 출력 구성 요소 및 상기 출력 구성 요소의 위치 선정에 기반하여 상기 입력 구성 요소를 제어하는 센서/피드백 시스템을 포함하는, 장치.

#### 청구항 21

제20항에 있어서,

상기 입력 구성 요소는 볼 스플라인 입력 결합 어셈블리에 의해 상기 메인 샤프트에 연결되는 회전 구동 모터를 포함하고, 상기 출력 구성 요소는 연결 로드와 연결되는 상기 메인 샤프트에 연결되는 크랭크샤프트를 포함하고, 상기 센서/피드백 시스템은 상기 크랭크샤프트의 회전을 감지하도록 배열되는 센서 및 상기 센서로부터의 크랭크 샤프트 위치 신호들에 응하여 상기 회전 구동 모터를 제어하도록 동작 가능한 제어기를 포함하는, 장치.

#### 청구항 22

대향하는 자석 배열들을 각각 수용하는 제1 및 제2 대향하는 자석 캐리어들을 포함하고,

상기 대향하는 자석 배열들은 상기 대향하는 자석 캐리어들이 상대 회전될 때, 자기 상호 작용들을 발생시키도록 구성되고;

상기 자기 상호 작용들은 상기 상대 회전의 동력 구역 부분들 동안 제1 및 제2 스트로크 방향들로 상기 대향하는 자석 캐리어들이 상대 왕복 운동을 하게 하는 동력 스트로크 힘들을 발생시키고;

상기 자기 상호 작용들은 상기 상대 회전의 불감 구역 부분들 동안 실질적으로 어떤 동력 스트로크 힘들도 발생시키지 않고, 상기 불감 구역들은 상기 자석 캐리어들의 상대 회전 위치들을 포함하며, 여기서 상기 대향하는 자석 배열들의 대향하는 자극들이 상호 동축으로 정렬되지만 밀기 및 당기기 자기력들의 실질적으로 동등한 균형을 생성하고;

상기 상대 회전 및 상기 상대 왕복 운동은 상기 불감 구역들이 상기 자석 캐리어들의 상사점 및 하사점 상대 왕복 운동 위치들에 근접하게 발생하게 될 수 있고, 상기 동력 구역들이 상기 상사점 상대 왕복 운동 위치와 상기

하사점 상대 왕복 운동 위치 사이에서 발생하도록 동기화 가능한, 자기 구동 장치.

### 청구항 23

대향하는 자석 배열들을 각각 수용하는 대향하는 자석 캐리어들을 제공하는 단계로서, 상기 대향하는 자석 배열들은 상기 대향하는 자석 캐리어들이 상대 회전될 때, 자기 상호 작용들을 발생시키도록 구성되는 단계;

상기 자기 상호 작용들을 발생시키기 위해 상기 대향하는 자석 캐리어들 사이에 상대 회전을 유발하는 단계로서,

상기 자기 상호 작용들은 상기 상대 회전의 동력 구역 부분들 동안 제1 및 제2 스트로크 방향으로 상기 대향하는 자석 캐리어들이 상대 왕복 운동을 하게 하는 동력 스트로크 힘들을 발생시키고;

상기 자기 상호 작용들은 상기 상대 회전의 불감 구역 부분들 동안 실질적으로 어떤 동력 스트로크 힘들도 발생시키지 않고, 상기 불감 구역들은 상기 자석 캐리어들의 상대 회전 위치들을 포함하며, 여기서 상기 대향하는 자석 배열들의 대향하는 자극들이 상호 동축으로 정렬되지만 밀기 및 당기기 자기력들의 실질적으로 동등한 균형을 생성하는 단계; 및

상기 불감 구역들이 상기 상대 왕복 운동의 상사점 및 하사점 위치들에 근접하게 발생하고, 상기 동력 구역들이 상기 상사점 상대 왕복 운동 위치와 상기 하사점 상대 왕복 운동 위치 사이에서 발생하도록 상기 상대 회전 및 상기 상대 왕복 운동을 동기화하는 단계를 포함하는, 영구 자석 구동 방법.

### 청구항 24

제23항에 있어서,

상기 동기화하는 단계는 상기 불감 구역들이 상기 상사점 및 하사점 상대 왕복 운동 위치들의 중심에 위치되고, 상기 동력 구역들이 상기 상사점 상대 왕복 운동 위치와 상기 하사점 상대 왕복 운동 위치 사이에서 발생하도록 상기 상대 회전 및 상기 상대 왕복 운동의 시간을 맞추는 단계를 포함하는, 방법.

### 청구항 25

제23항에 있어서,

상기 동기화하는 단계는 상기 불감 구역들이 위치 또는 크기가 동적으로 조정되도록 상기 상대 회전 및 상기 상대 왕복 운동의 시간을 맞추는 단계를 포함하는, 방법.

### 청구항 26

대향하는 자석 배열들을 각각 수용하는 대향하는 자석 캐리어들을 포함하고,

상기 대향하는 자석 배열들은 대향하는 자극들을 갖고 상기 대향하는 자석 캐리어들이 상대 회전될 때, 자기 상호 작용들을 발생시키도록 구성되고;

상기 자기 상호 작용들은 상기 상대 회전의 동력 구역 부분들 동안 제1 및 제2 스트로크 방향으로 상기 대향하는 자석 캐리어들이 상대 왕복 운동을 하게 하는 동력 스트로크 힘들을 발생시키고;

상기 상대 회전은 회전 불감 구역들을 포함하며, 여기서 상기 대향하는 자석 배열들의 상기 대향하는 자극들이 동등 수의 동일-극성 및 반대-극성 자기 상호 작용들을 한정하도록 상호 동축으로 정렬되는, 자기 구동 장치.

### 청구항 27

상기 상대 회전을 유발하는 하나 이상의 회전 입력 구성 요소들에 동작적으로 결합되고 상기 상대 왕복 운동에 의해 구동되는 공통 왕복 출력 구성 요소에 동작적으로 결합되는 청구항 26의 자기 구동 장치 중 2개 이상을 포함하는 조합.

## 명세서

## 기술분야

본 발명은 (구동 입력에서 가해지는) 입력 힘들 또는 토크들을 (구동 출력에서 전달되는) 출력 힘들 또는 토크

[0001]

들로 변환하는 기계 구동 장치에 관한 것이다. 보다 상세하게는, 본 발명은 영구 자석들 사이의 자계 상호 작용들을 통해 힘 또는 토크 변환을 수행하는 왕복 구동 시스템에 관한 것이다.

## 배경 기술

[0002] 종래에, 모션 변환기, 동력 전송기, 모터 및 다른 장치와 같은 왕복 구동 디바이스를 작동시키기 위해 영구 자석의 사용을 제안하는 다수의 특허들, 공개된 특허 출원들 및 다른 문헌이 있다. 많은 경우들에서, 제안된 디바이스들은 결코 구축되지 않았을 것 같고, 그것들이 구성되면 현실적 이익들을 만들어내지 않을 것 같은 개념들을 반영한다. 이것은 그러한 개시들이 효과가 없다고 말하는 것은 아니다. 실제로, 많은 영구 자석 구동 시스템들이 구성되었고, 어떤 것은 그러한 디바이스들을 묘사하는 다양한 영상들을 보기 위해 단지 대중적 You Tube® 웹사이트를 참고하는 것을 필요로 한다.

[0003] 그렇지만 어떤 것도, 왕복 엔진 동작의 기본 원리들을 염두에 두는 엔진 설계자의 관점에서 볼 때 영구 자석 구동 구성에 접근하지 않은 것처럼 보인다. 명백하게 인식되지 않은 필요 조건은 지속적인 왕복 운동을 용이하게 하기 위해 구동 구성 요소들을 주기적으로 완화할 필요이다. 알려진 바로는, 이러한 문제는 지금까지 다루어지지 않았고 영구 자석 왕복 구동 장치들이 대체로 취미 생활자들 및 서투른 수선자들의 영역에 남아 있는 하나의 이유일 수 있다.

## 발명의 내용

### 과제의 해결 수단

[0004] 종래 기술에 의해 왕복 동작에 특히 적합한 새로운 자석 배열을 갖는 자기 구동 장치가 제공된다. 일 실시예에서, 자기 구동 장치는 제1 및 제2 영구 자석 배열들을 수용하는 제1 및 제2 자석 캐리어들을 포함한다. 중간 자석 캐리어는 제1 자석 캐리어와 제2 자석 캐리어 사이에 배치되고 제3 영구 자석 배열을 수용한다. 중간 자석 캐리어 및 제1 및 제2 자석 캐리어들은 서로에 관한 회전(상대 회전)을 위해 배열된다. 그러한 상대 회전 동안, 자석 배열들은 동력 스트로크 힘들을 야기하는 자기 상호 작용들을 발생시킨다. 동력 스트로크 힘들은 상대 회전의 동력 구역 부분들 동안 제1 및 제2 스트로크 방향들로 중간 자석 캐리어 및 제1 및 제2 자석 캐리어들이 서로에 대해 왕복 운동(상대 왕복 운동)시킨다. 자기 상호 작용들은 상대 회전의 불감 구역 부분들 동안 실질적으로 어떤 동력 스트로크 힘들도 부여하지 않는다. 불감 구역들은 자석 캐리어들의 상대 회전 위치들을 포함하며, 여기서 제1, 제2 및 제3 영구 자석 배열들의 대향하는 자극들이 상호 동축으로 정렬되지만 밀기 및 당기기 자기력들의 실질적으로 동등한 균형을 생성한다. 중간 자석 캐리어와 제1 및 제2 자석 캐리어들 사이의 상대 회전 및 상대 왕복 운동은 불감 구역들이 (동력 스트로크 힘들의 완화가 원해지는 곳인) 자석 캐리어들의 상사점 및 하사점 상대 왕복 운동 위치들에 근접하게 발생하고, 동력 스트로크 힘들이 (최대 자기력이 원해지는 곳인) 상사점 상대 왕복 운동 위치와 하사점 상대 왕복 운동 위치 사이에서 발생하도록 동기화될 수 있다.

[0005] 자기 구동 장치의 일 실시예에서, 전이 구역은 불감 구역들 중 하나와 동력 구역들 중 하나 사이의 각각의 전이에서 존재한다. 각각의 전이 구역은 자석 캐리어들이 실질적으로 어떤 동력 스트로크 힘들도 겪지 않는 것과 실질적으로 최대 동력 스트로크 힘들을 겪는 것 사이의 전이 기간을 나타낸다.

[0006] 자기 구동 장치의 일 실시예에서, 제1 영구 자석 배열, 제2 영구 자석 배열 및 제3 영구 자석 배열은 각각 자석 패턴으로 배열되는 한 세트의 자석들을 포함한다. 자석들은 제1 자석 캐리어 측면 상에 제1 자극 및 제2 자석 캐리어 측면 상에 제2 자극을 제공하도록 그것들의 각각의 자석 캐리어들 상에 배향된다. 각각의 자석 패턴은 짝수의 자석들을 가질 수 있다. 임의의 주어진 자석 캐리어 측면 상에서, 적어도 제1 극성의  $n$ 개의 인접 자극들을 갖는 제1  $n$ -자석 그룹화 및 적어도 제2 극성의  $n$ 개의 인접 자극들을 갖는 제2  $n$ -자석 그룹화로 배열되는 동등 수의  $N$  및  $S$  극들이 있을 수 있으며, " $n$ "은 짝수이다.

[0007] 자기 구동 장치의 일 실시예에서, 제1 자석 캐리어는 제1 자기 상호 작용 구역을 형성하도록 중간 자석 캐리어의 제1 측면을 향하는 내부 측면을 갖고, 제2 자석 캐리어는 제2 자기 상호 작용 구역을 형성하도록 중간 자석 캐리어의 제2 측면을 향하는 내부 측면을 갖는다. 이러한 구성에서, 동력 스트로크 힘들은 제1 및 제2 자기 상호 작용 구역들에서의 모든 대향하는 자극들이 상호간에 서로 반발하거나 끌어당기도록 상대 자석 캐리어 회전의 동력 구역 부분들에서 동축으로 정렬될 때, 부여될 것이다. 특히, 동력 스트로크 힘들은 제1 자기 상호 작용 구역에서의 대향하는 자극들이 상호간에 서로 반발하도록 모두 동축으로 정렬되는 반면에 제2 자기 상호 작용 구역에서의 대향하는 자극들이 상호간에 서로 끌어당기도록 모두 동축으로 정렬될 때, 제1 방향으로의 상대 왕복 운동을 발생시킬 것이다. 반대로, 동력 스트로크 힘들은 제1 자기 상호 작용 구역에서의 대향하는 자극들이



상호간에 서로 끌어당기도록 모두 동축으로 정렬되는 반면에 제2 자기 상호 작용 구역에서의 대향하는 자극들이 상호간에 서로 반발하도록 모두 동축으로 정렬될 때, 제2 방향으로의 상대 왕복 운동을 발생시킬 것이다. 동력 구역들은 또한 동축 정렬 위치들의 어느 한 측 상에서 일부 회전 거리 동안 연장될 수 있다.

[0008] 자기 구동 장치의 일 실시예에서, 각각의 불감 구역은 자석 캐리어들의 상대 회전 위치를 포함하며, 여기서 제1 및 제2 자기 상호 작용 구역들에서의 대향하는 자극들의 절반이 상호간에 서로 반발하도록 동축으로 정렬되고 제1 및 제2 자기 상호 작용 구역들에서의 대향하는 자극들의 다른 절반이 상호간에 서로 끌어당기도록 동축으로 정렬된다. 불감 구역들은 또한 동축 정렬 위치들의 어느 한 측 상에서 일부 회전 거리 동안 연장될 수 있다.

[0009] 자기 구동 장치의 일 실시예에서, 메인 샤프트는 자석 캐리어들 각각을 통해 연장될 수 있다. 메인 샤프트는 중심 세로축을 가질 수 있고 세로축 주위를 회전 가능하고 세로축을 따라 왕복 운동 가능할 수 있다. 메인 샤프트의 제1 단부는 메인 샤프트를 회전시키는 입력 구성 요소에의 동작적 결합을 위해 조정될 수 있다. 메인 샤프트의 제2 단부는 메인 샤프트의 왕복 운동에 의해 구동되는 출력 구성 요소에의 동작적 결합을 위해 조정될 수 있다. 메인 샤프트는 중간 자석 캐리어 또는 제1 및 제2 자석 캐리어들에 회전 가능하게 결합될 수 있어 그것의 세로축 주위의 메인 샤프트의 회전이 중간 자석 캐리어와 제1 및 제2 자석 캐리어들 사이의 상대 회전을 발생시킨다. 메인 샤프트는 중간 자석 캐리어 또는 제1 및 제2 자석 캐리어들에 축방향으로 결합될 수 있어 그것의 세로축을 따른 메인 샤프트의 왕복 운동이 제1 및 제2 스트로크 방향들로의 중간 자석 캐리어와 제1 및 제2 자석 캐리어들 사이에 상대 왕복 운동을 발생시킨다. 예를 들어, 중간 자석 캐리어는 그것과 함께 왕복 운동 및 회전 둘 다를 위해 메인 샤프트에 고정될 수 있고, 제1 및 제2 자석 캐리어들은 전혀 메인 샤프트에 동작적으로 연결되지 않을 수 있다.

[0010] 자기 구동 장치의 일 실시예에서, 제1 및 제2 자석 캐리어들은 자기 상호 작용들의 강도를 조정하기 위해 중간 자석 캐리어 쪽으로의 그리고 중간 자석 캐리어에서 멀리의 조정 가능 위치 선정을 위해 배열될 수 있다. 제1 및 제2 자석 캐리어들은 동력 구동 자석 캐리어 위치 선정 시스템에 의해 중간 자석 캐리어 쪽으로 그리고 중간 자석 캐리어에서 멀리 조정 가능하게 위치될 수 있다.

[0011] 개시된 대상의 다른 양태에서, 자기 구동 토크 변환기 장치는 본 원에 개시된 바와 같이 자기 구동 장치를 입력 구성 요소 및 출력 구성 요소와 조합함으로써 제공된다. 입력 구성 요소는 중간 자석 캐리어와 제1 및 제2 자석 캐리어들 사이에 상대 회전을 발생시키도록 중간 자석 캐리어 또는 제1 및 제2 자석 캐리어들에 동작적으로 결합될 수 있다. 출력 구성 요소는 제1 및 제2 스트로크 방향들로의 중간 자석 캐리어와 제1 및 제2 자석 캐리어들 사이의 상대 왕복 운동이 출력 구성 요소를 작동시키도록 중간 자석 캐리어 또는 제1 및 제2 자석 캐리어들에 동작적으로 결합될 수 있다.

[0012] 자기 구동기 토크 변환기 장치의 일 실시예에서, 자기 구동 장치는 자석 캐리어들 각각을 통해 연장되는 메인 샤프트를 포함할 수 있다. 메인 샤프트는 상술된 바와 같이 중심 세로축을 갖고 세로축 주위를 회전 가능하고 세로축을 따라 왕복 운동 가능할 수 있다. 메인 샤프트의 제1 단부는 입력 구성 요소에 동작적으로 결합되며, 이는 메인 샤프트를 회전시킨다. 메인 샤프트의 제2 단부는 출력 구성 요소에 동작적으로 결합되며, 이는 메인 샤프트의 왕복 운동에 의해 구동된다. 앞서 언급된 바와 같이, 메인 샤프트는 중간 자석 캐리어 또는 제1 및 제2 자석 캐리어들에 회전 가능하게 결합될 수 있어 그것의 세로축 주위의 메인 샤프트의 회전이 중간 자석 캐리어와 제1 및 제2 자석 캐리어들 사이에 상대 회전을 발생시킨다. 마찬가지로, 메인 샤프트는 중간 자석 캐리어 또는 제1 및 제2 자석 캐리어들에 축방향으로 결합될 수 있어 그것의 세로축을 따른 메인 샤프트의 왕복 운동이 제1 및 제2 스트로크 방향들로 중간 자석 캐리어와 제1 및 제2 자석 캐리어들 사이에 상대 왕복 운동을 발생시킨다.

[0013] 자기 구동 토크 변환기 장치의 일 실시예에서, 동기화 디바이스는 불감 구역들이 메인 샤프트가 상사점 및 하사점 왕복 운동 위치들에 근접함과 동시 발생하도록 그것의 회전 및 왕복 운동 위치들에 대하여 메인 샤프트를 동기화하기 위해 동작적으로 결합된다. 예를 들어, 메인 샤프트는 불감 구역들이 상사점 및 하사점 왕복 운동 위치들 상의 중심에 위치되도록 동기화될 수 있다. 대안적으로, 메인 샤프트는 상기 불감 구역들이 위치 또는 크기가 동적으로 조정되도록 동기화될 수 있다.

[0014] 자기 구동 토크 변환기 장치의 일 실시예에서, 동기화 디바이스는 입력 구성 요소, 출력 구성 요소 및 출력 구성 요소의 위치 선정에 기반하여 입력 구성 요소를 제어하는 센서/피드백 시스템에 의해 제공될 수 있다.

[0015] 자기 구동 토크 변환기 장치의 일 실시예에서, 입력 구성 요소는 회전 구동 모터를 포함할 수 있고 출력 구성 요소는 연결 로드들에 의해 메인 샤프트에 연결되는 크랭크샤프트를 포함할 수 있다. 그러한 경우에서, 센서/피드



백 시스템은 크랭크샤프트의 회전을 감지하도록 배열되는 센서 및 센서로부터의 크랭크샤프트 위치 신호에 의하여 회전 구동 모터를 제어하도록 동작 가능한 제어기를 포함할 수 있다.

[0016] 개시된 대상의 다른 양태에서, 자기 구동 장치는 3-자석 캐리어 장치 대신에 2-자석 캐리어 장치로 구현된다. 2-자석 캐리어 장치는 3-자석 캐리어 장치에서 제공되는 제1, 제2 및 중간 자석 캐리어들 대신에 대향하는 제1 및 제2 자석 캐리어들을 포함한다. 2개의 대향하는 자석 캐리어들은 각각 대향하는 자석 캐리어들이 상대 회전될 때, 자기 상호 작용들을 발생시키도록 구성되는 대향하는 자석 배열들을 수용한다. 자기 상호 작용들은 상대 회전의 동력 구역 부분들 동안 제1 및 제2 스트로크 방향들로 대향하는 자석 캐리어들이 상대 왕복 운동을 하게 하는 동력 스트로크 힘들을 발생시킨다. 자기 상호 작용들은 상대 회전의 불감 구역 부분들 동안 실질적으로 어떤 동력 스트로크 힘들도 발생시키지 않는다. 불감 구역들은 자석 캐리어들의 상대 회전 위치들을 포함하며, 여기서 대향하는 자석 배열들의 대향하는 자극들이 상호 동축으로 정렬되지만 밀기 및 당기기 자기력들의 실질적으로 동등한 균형을 생성한다. 자석 캐리어들 사이의 상대 회전 및 상대 왕복 운동은 불감 구역들이 자석 캐리어들의 상사점 및 하사점 상대 왕복 운동 위치들에 근접하게 발생하고, 동력 구역들이 상사점 상대 왕복 운동 위치와 하사점 상대 왕복 운동 위치 사이에서 발생하도록 동기화 가능하다.

[0017] 개시된 대상의 다른 양태에서, 한 세트의 복수의 자기 구동 장치는 단일 출력 구성 요소를 구동하기 위해 하나 이상의 입력 구성 요소들에 의해 동력 공급될 수 있다. 복수의 자기 구동 장치의 각각의 세트는 2개 이상의 3-자석 캐리어 구동 장치, 2개 이상의 2-자석 캐리어 구동 장치, 또는 하나 이상의 3-자석 캐리어 장치 및 하나 이상의 2-자석 캐리어 장치의 임의의 원하는 조합을 포함할 수 있다.

[0018] 개시된 대상의 다른 양태에서, 자기 구동 방법이 제공된다. 방법의 일 예시적 실시예에서, 대향하는 자석 배열들을 각각 수용하는 대향하는 자석 캐리어들이 제공된다. 상대 회전은 자기 상호 작용들을 발생시키기 위해 대향하는 자석 캐리어들 사이에서 유발된다. 자기 상호 작용들은 상대 회전의 동력 구역 부분들 동안 제1 및 제2 스트로크 방향들로 대향하는 자석 캐리어들이 상대 왕복 운동을 하게 하는 동력 스트로크 힘들을 발생시킨다. 자기 상호 작용들은 상대 회전의 불감 구역 부분들 동안 실질적으로 어떤 동력 스트로크 힘들도 발생시키지 않는다. 불감 구역들은 자석 캐리어들의 상대 회전 위치들을 포함하며, 여기서 대향하는 자석 배열들의 대향하는 자극들이 상호 동축으로 정렬되지만 밀기 및 당기기 자기력들의 실질적으로 동등한 균형을 생성한다. 자석 캐리어들의 상대 회전 및 상대 왕복 운동은 원하는 효과를 달성하기 위해 동기화될 수 있다. 예를 들어, 동기화하는 것은 불감 구역들이 상사점 및 하사점 상대 왕복 운동 위치들 상의 중심에 위치되고, 동력 구역들이 상사점 상대 왕복 운동 위치와 하사점 상대 왕복 운동 위치 사이에서 발생하도록 자석 캐리어들의 상대 회전 및 상대 왕복 운동의 시간을 맞추는 것을 포함할 수 있다. 대안적으로, 동기화하는 것은 불감 구역들이 위치 또는 크기가 동적으로 조정되도록 자석 캐리어들의 상대 회전 및 상대 왕복 운동의 시간을 맞추는 것을 포함할 수 있다.

[0019] 개시된 대상의 다른 양태에서, 자기 구동 장치는 대향하는 자석 배열들을 각각 수용하는 대향하는 자석 캐리어들을 갖는다. 대향하는 자석 배열들은 대향하는 자극들을 갖고, 대향하는 자석 캐리어들이 상대 회전될 때, 자기 상호 작용들을 발생시키도록 구성된다. 자기 상호 작용들은 상대 회전의 동력 구역 부분들 동안 제1 및 제2 스트로크 방향들로 대향하는 자석 캐리어들이 상대 왕복 운동을 하게 하는 동력 스트로크 힘들을 발생시킨다. 상대 회전은 회전 불감 구역들을 더 포함하며, 여기서 대향하는 자석 배열들의 대향하는 자극들이 동등 수의 동일-극성 및 반대-극성 대향 극 쌍들을 한정하도록 상호 동축으로 정렬된다.

## 도면의 간단한 설명

[0020] 전술한 특징들 및 이점들과 다른 특징들 및 이점들은 첨부 도면들에서 도시되는 바와 같은 예시적 실시예들에 관한 이하의 보다 상세한 설명으로부터 명확해질 것이다.

도 1은 제1 동작 위치에서의 예시적 3-자석 캐리어 자기 구동 장치를 도시하는 개략 사시도이다.

도 2는 제2 동작 위치에서의 도 1의 자기 구동 장치를 도시하는 개략 사시도이다.

도 3은 제3 동작 위치에서의 도 1의 자기 구동 장치를 도시하는 개략 사시도이다.

도 4는 제4 동작 위치에서의 도 1의 자기 구동 장치를 도시하는 개략 사시도이다.

도 5는 도 1의 자기 구동 장치의 예시적 타이밍을 도시하는 타이밍도이다.

도 6a 내지 도 6h는 도 1의 자기 구동 장치의 예시적 타이밍을 도시하는 추가 타이밍도들이다.

도 7은 자기 구동 토크 변환기 장치를 제공하는 입력 구성 요소 및 출력 구성 요소와 조합된 도 1의 자기 구동

장치의 예시적 구성을 도시하는 사시도이다.

도 8은 자기 구동 토크 변환기 장치를 제공하는 입력 구성 요소 및 출력 구성 요소와 조합된 도 1의 자기 구동 장치의 다른 예시적 구성을 도시하는 사시도이다.

도 9는 도 8의 예시적 자기 구동 장치 구성을 도시하는 평면도이다.

도 10a는 도 9의 10A-10A 선을 따라 잘라 도시한 단면도이다.

도 10b는 도 9의 10B-10B 선을 따라 잘라 도시한 단면도이다.

도 10c는 도 9의 10C-10C 선을 따라 잘라 도시한 단면도이다.

도 10d는 도 9의 10D-10D 선을 따라 잘라 도시한 단면도이다.

도 10e는 도 9의 10E-10E 선을 따라 잘라 도시한 단면도이다.

도 10f는 도 9의 10F-10F 선을 따라 잘라 도시한 단면도이다.

도 11은 도 9의 11-11 선을 따라 잘라 도시한 단면도로서, 도8의 예시적 자기 구동 장치 구성의 부분 측면도/부분 단면도이다.

도 12a 및 도 12b는 도8의 예시적 자기 구동 장치 구성의 출력 결합 구성 요소를 도시하는 확대 사시도이다.

도 13a 내지 도 13h는 도 8의 예시적 자기 구동 장치 구성의 제1, 제2 및 중간 자석 캐리어들을 도시하는 사시도로, 제1 및 제2 자기 캐리어들이 회전 및 왕복 운동에 대하여 고정되고 중간 자석 캐리어가 다양한 회전 및 왕복 운동 위치들로 도시되어 있다.

도 14는 제1 및 제2 자석 캐리어들이 조정 가능하게 위치 가능한 도 8의 예시적 자기 구동 장치 구성의 변형을 도시하는 사시도이다.

도 15a 내지 도 15h는 도 1의 자기 구동 장치의 8-자석 실시예의 예시적 타이밍을 도시하는 타이밍도이다.

도 16a 내지 도 16h는 도 1의 자기 구동 장치의 다른 8-자석 실시예의 예시적 타이밍을 도시하는 타이밍도이다.

도 17은 제1 동작 위치들에서의 예시적 2-자석 캐리어 자기 구동 장치 구성을 도시하는 개략 사시도이다.

도 18은 제2 동작 위치에서의 도 17의 자기 구동 장치 구성을 도시하는 개략 사시도이다.

도 19는 제3 동작 위치에서의 도 17의 자기 구동 장치 구성을 도시하는 개략 사시도이다.

도 20은 제4 동작 위치에서의 도 17의 자기 구동 장치 구성을 도시하는 개략 사시도이다.

도 21은 공통 출력 구성 요소를 구동하는 자석 캐리어들의 다수의 세트들을 갖는 예시적 자기 구동 장치 구성을 도시하는 사시도이다.

도 22는 공통 출력 구성 요소를 구동하는 자석 캐리어들의 다수의 세트들을 갖는 다른 예시적 자기 구동 장치 구성을 도시하는 사시도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021]

이제, 반드시 일정한 비율로 그려진 것은 아닌 도면들을 참조하면, 동일한 참조 부호들이 수개의 도면들 모두에서 동일한 요소들을 나타내기 위해 사용될 것이다. 다양한 대안적인 실시예들과 관련되어 후술될 것인 바와 같이, 본원에 개시된 바에 따른 자기 구동 장치는 입력 동력원으로부터 수신되는 회전 입력을 부하를 구동하기 위해 사용될 수 있는 왕복 출력으로 변환하기 위해 사용될 수 있다. 회전 입력은 지속적이거나 간헐적인, 단일 방향성이거나 양방향성일 수 있다. 왕복 출력은 왕복 스트로크들의 반복 사이클을 포함할 수 있다. 자기 구동 장치는 영구 자석 배열들이 입력 동력원에 의해 서로에 관하여 회전됨에 따라 자기 상호 작용들을 생성하기 위해 선택된 자석 패턴으로 각각 구성되는 영구 자석 배열들을 사용한다. 이러한 자기 상호 작용들은 각각의 왕복 스트로크 방향(동력 스트로크들)으로 왕복 동력을 전달한다. 유리하게는, 자기 상호 작용들은 또한 각각의 왕복 스트로크의 단부에 근접하게 발생하게 될 수 있는 실질적으로 어떤 알짜 자기력도 없는 명확한 불감 구역들을 생성한다. 각각의 불감 구역 동안, 영구 자석 배열들에 의해 전달되는 알짜 자기력들은 필연적으로 "스위칭 오프"한다. 이것은 동력 스트로크 힘들이 동력 스트로크들 사이에서 순간적으로 완화되고 작업 거부되는 것을 가능하게 하고, 따라서 순조로운 지속적인 왕복 동작을 보장한다.

- [0022] 이제 도 1 내지 도 4를 참조하면, 예시적 3-자석 캐리어 자기 구동 장치(2)의 개략도들이 본원에 개시된 대상의 동작의 일반적 원리들을 예시하기 위해 도시된다. 예시된 실시예에서, 자기 구동 장치(2)의 좌측 단부는 한 세트의 영구 자석들(6A)을 갖는 제1 영구 자석 배열(6)을 수용하는 제1 자석 캐리어(4)를 갖는다. 자기 구동 장치(2)의 우측 단부는 한 세트의 영구 자석들(10A)을 갖는 제2 영구 자석 배열(10)을 수용하는 제2 자석 캐리어(8)를 갖는다. 중간 자석 캐리어(12)는 제1 자석 캐리어와 제2 자석 캐리어 사이에 배치되고 한 세트의 영구 자석들(14A)을 갖는 제3 영구 자석 배열(14)을 수용한다.
- [0023] 자석 캐리어들(4, 8 및 12)은 자석 캐리어 두께 치수를 한정하는 각각의 제1 및 제2 측면들(4A/4B, 8A/8B 및 12A/12B)을 갖는다. 자석 캐리어들(4, 8 및 12)이 디스크형으로 도시되지만, (예를 들어, 다각형, 별형 등의) 다른 자석 캐리어 구성들이 또한 사용될 수 있다. 자석 캐리어들(4, 8 및 12)은 알루미늄, 티타늄, 스테인레스 스틸, 폴리머들, 섬유 강화 복합체들 등을 포함하지만 이에 제한되지 않는 자기력들을 처리하는데 충분한 강도 및 강성을 갖는 임의의 적절한 금속 또는 비금속 재료를 사용하여 제작될 수 있다. 금속들의 경우에, 재료가 (알루미늄 또는 티타늄과 같이) 실질적으로 비자성이거나 (스테인레스 스틸과 같이) 단지 약간 자성인 것이 바람직하다. 이러한 재료들이 자석들(6A, 10A 및 14A)의 자계들에 영향을 줄 수 있는 것으로 이해된다면 (연장과 같이) 더 자성인 재료들이 또한 사용될 수 있다.
- [0024] 자석들(6A, 10A 및 14A)은 하나의 자석면 상에 N 자기 극성 및 반대 자석면 상에 S 자기 극성을 갖도록 축방향으로 자화되는 디스크 자석들로 도시된다. 각각의 자석(6A, 10A 및 14A)은 그것의 N극 및 S극 사이에서 연장되는 중심 세로축을 갖는다. 이러한 축은 자석들(6A, 10A 및 14A)의 주자계축을 나타낸다. 임의의 적절한 영구 자석 재료가 자석들(6A, 10A 및 14A)을 제작하기 위해 사용될 수 있다. 바람직하게는, 네오디뮴 철 붕소(NeFeB) 또는 사마륨 코발트(SmCo)를 포함하는 희토류 자석들과 같은 강한 자계 특성을 갖는 자석들이 사용될 것이다. 그것들의 더 낮은 자계 강도로 인해 덜 바람직하지만, 철 이외에 알루미늄, 니켈 및 코발트를 포함하는 알니코 자석들, 또는 페라이트 재료를 포함하는 세라믹 자석들을 포함하는 다른 타입들의 자석들이 또한 사용될 수 있다. 다른 자석 형상들이 또한 사용될 수 있다. 예를 들어, 디스크형인 자석들(6A, 10A 및 14A) 대신에, 자석들은 구형, 신장형, 바나나형 등일 수 있다. 또한, 단일 자석인 자석들(6A, 10A 및 14A) 각각 대신에, 자석들의 일부 또는 모두가 상호 인력을 위해 정렬되는 자석들의 자극들을 갖는 2개 이상의 자석들의 동축 스택으로 구현될 수 있다.
- [0025] 자석 캐리어들(4, 8 및 12)은 임의의 적절한 방식으로 그것들의 각각의 자석들(6A, 10A 및 14A)을 수용할 수 있다. 예를 들어, 각각의 자석 캐리어(4, 8 및 12)는 적절한 크기 및 형상의 자석-수용 컷아웃(cutout)들로 형성될 수 있다. 자석들이 도 1 내지 도 4에 도시된 바와 같이 디스크형이면, 자석 캐리어(4)는 4개의 자석들(6A)을 수용하는 4개의 원형 컷아웃들(4C)로 형성될 수 있다. 마찬가지로, 자석 캐리어(8)는 4개의 자석들(10A)을 수용하는 4개의 원형 컷아웃들(8C)로 형성될 수 있고, 자석 캐리어(12)는 4개의 자석들(14A)을 수용하는 4개의 원형 컷아웃들(12C)로 형성될 수 있다. 원한다면, 하나의 자석면에서 다른 자석면까지의 자석들(6A, 10A 및 14A)의 두께는 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 두께와 일치하도록 선택될 수 있다. 대안적으로, 자석들(6A, 10A 및 14A)은 그것들의 각각의 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 두께 치수보다 더 두껍거나 더 얇을 수 있다. 임의의 적절한 자석 유지 기법이 자석들(6A, 10A 및 14A)을 제위치에 유지하기 위해 사용될 수 있다. 예를 들어, (이하에 보다 상세히 설명되는) 도 8 내지 도 12b의 실시예는 자석 리테이너 플레이트들을 사용하여 자석들(6A, 10A 및 14A)을 자석 캐리어들(4, 8 및 12) 상에 고정시키는 예시적 기법을 보여준다.
- [0026] 제1 영구 자석 배열(6), 제2 영구 자석 배열(10) 및 제3 영구 자석 배열(14)은 (도 1 내지 도 4에 도시되지 않은) 회전 입력이 중간 자석 캐리어(12)와 제1 및 제2 자석 캐리어들(4 및 8) 사이에 상대 회전을 부여할 때, 변화되는 자기 상호 작용들을 발생시키도록 구성된다. 도 1 내지 도 4에서, 중간 자석 캐리어(12)와 제1 및 제2 자석 캐리어들(4 및 8) 사이의 상대 회전은 화살표들 "A," "B," 및 "C"로 나타내어진다. 도 1에서, 중간 자석 캐리어(12) 및 제1 및 제2 자석 캐리어들(4 및 8)이 제1 상대 회전 위치로 도시된다. 도 2에서, 중간 자석 캐리어(12) 및 제1 및 제2 자석 캐리어들(4 및 8)이 중간 자석 캐리어(12)와 제1 및 제2 자석 캐리어들(4 및 8) 사이에서 상대 회전의 180° 다음의 제2 상대 회전 위치로 도시된다. 도 3 및 도 4는 도 1의 상대 회전 위치 및 도 2의 상대 회전 위치 사이의 중간 지점인 상대 회전 위치들을 도시한다.
- [0027] 자기 구동 장치(2)를 중간 자석 캐리어(12)와 제1 및 제2 자석 캐리어들(4 및 8) 사이의 상대 회전을 용이하게 하도록 구성할 수 있는 다양한 방식들이 있다. 예를 들어, 중간 자석 캐리어(12)는 입력 구성 요소에 동작적으로 결합되고 저절로 회전될 수 있는 반면에, 제1 및 제2 자석 캐리어들(4 및 8)은 회전에 대하여 고정되게 남는다. 반대로, 제1 및 제2 자석 캐리어들(4 및 8)은 입력 구성 요소에 동작적으로 결합되고 함께 회전될 수 있는 반면에, 중간 자석 캐리어(12)는 회전에 대하여 고정되게 남는다. 제1 및 제2 자석 캐리어들(4 및 8)은 동일한

방향 또는 반대 방향으로 회전될 수 있다. 추가 대안은 중간 자석 캐리어(12)를 일 방향으로 회전시키는 반면에 제1 및 제2 자석 캐리어들(4 및 8)을 반대 방향으로 회전시키는 것일 것이다. 제1 접근법의 일 예는 도 7 및 도 8 내지 도 12b에 도시되는 구성들과 관련되어 이하에 보다 상세히 설명된다. 이러한 구성들에서, 중간 자석 캐리어(12)는 제1 및 제2 자석 캐리어들(4 및 8)과 관계 없이 자유롭게 회전하는 메인 샤프트에 실장된다. 제1 및 제2 자석 캐리어들(4 및 8)은 지지 프레임 어셈블리에 의해 회전에 대하여 고정된다.

[0028] 또한 자기 구동 장치(2)를 중간 자석 캐리어(12)와 제1 및 제2 자석 캐리어들(4 및 8) 사이의 상대 왕복 운동을 용이하게 하도록 구성할 수 있는 다양한 방식들이 있다. 예를 들어, 중간 자석 캐리어(12)는 출력 구성 요소에 동작적으로 결합되어 거기에 왕복 운동을 작동시킬 수 있는 반면에, 제1 및 제2 자석 캐리어들(4 및 8)은 왕복 운동에 대하여 고정되게 남는다. 반대로, 제1 및 제2 자석 캐리어들(4 및 8)은 출력 구성 요소에 둘 다 동작적으로 결합되어 거기에 왕복 운동을 작동시킬 수 있는 반면에, 중간 자석 캐리어(12)는 왕복 운동에 대하여 고정되게 남는다. 제1 접근법의 일 예는 도 7 및 도 8 내지 도 12b에 도시되는 구성들과 관련되어 이하에 보다 상세히 설명된다. 이러한 구성들에서, 중간 자석 캐리어(12)는 제1 및 제2 자석 캐리어들(4 및 8)과 관계 없이 자유롭게 왕복 운동하는 메인 샤프트에 실장된다. 제1 및 제2 자석 캐리어들(4 및 8)은 지지 프레임 어셈블리에 의해 왕복 운동에 대하여 고정된다.

[0029] 중간 자석 캐리어(12)와 제1 및 제2 자석 캐리어들(4 및 8) 사이의 상대 왕복 운동을 발생시키기 위해 왕복 운동하도록 조정되는 임의의 자석 캐리어가 또한 중간 자석 캐리어와 제1 및 제2 자석 캐리어들 사이의 상대 회전을 발생시키기 위해 회전되도록 조정될 수 있다는 점이 주목되어야 한다. 마찬가지로, 왕복 운동에 대하여 고정되는 임의의 자석 캐리어는 또한 회전에 대하여 고정될 수 있다. 예를 들어, 도 7 및 도 8 내지 도 12b에 도시되는 구성들과 관련되어 이하에 보다 상세히 설명되는 바와 같이, 중간 자석 캐리어(12)는 회전되고 왕복 운동하도록 조정될 수 있는 반면에, 제1 및 제2 자석 캐리어들(4 및 8)은 회전 및 왕복 운동에 대하여 고정되게 남는다. 반대로, 제1 및 제2 자석 캐리어들(4 및 8)은 회전되고 왕복 운동하도록 조정될 수 있는 반면에, 중간 자석 캐리어(12)는 회전 및 왕복 운동에 대하여 고정되게 남는다. 추가 대안으로서, 왕복 운동하도록 조정되는 임의의 자석 캐리어는 회전에 대하여 고정되고, 그 반대일 수 있다. 예를 들어, 중간 자석 캐리어(12)는 왕복 운동하지만 회전되지 않도록 조정될 수 있는 반면에, 제1 및 제2 자석 캐리어들(4 및 8)은 회전되지만 왕복 운동하지 않도록 조정된다. 반대로, 제1 및 제2 자석 캐리어들(4 및 8)은 왕복 운동하지만 회전되지 않도록 조정될 수 있는 반면에, 중간 자석 캐리어(12)는 회전되지만 왕복 운동하지 않도록 조정된다.

[0030] 도 1 내지 도 4의 실시예에서, 각각의 영구 자석 배열(6, 10 및 14)에서의 자석들(6A, 10A 및 14A)의 수는 4개이다. 자석들(6A, 10A 및 14A)은 서로로부터 동등하게 이격되고 정사각형이고 균형 잡힌 (자석들의 수에 상응하여) 4개의 면으로 된 다각형 패턴으로 그것들의 각각의 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 중심들 주위에 대칭적으로 배열된다. 임의의 주어진 자석 캐리어 측면(4A/4B, 8A/8B 또는 12A/12B) 상의 각각의 자석 패턴은 제1 극성(예를 들어, N-극성)의 인접 자극들의 제1 쌍 및 제2 극성(예를 들어, S-극성)의 인접 자극들의 제2 쌍을 포함한다. 도 1 내지 도 4에 도시되는 정사각형 4-자석 패턴들에서, 각각의 자석 패턴의 제1의 2개의 대향하는 측면들은 제1 극성의 자극들을 갖고 자석 패턴의 제2의 2개의 대향하는 측면들은 제2 극성의 자극들을 갖는다. 각각의 정사각형 자석 패턴에서 서로로부터 비스듬한 자극들은 반대 극성이다. 이하에 보다 상세히 논의되는 바와 같이, 4개 보다 많은 자석들을 갖는 자석 배열들이 또한 구성될 수 있다.

[0031] 도 1 내지 도 4의 각각에서, 제1 자석 캐리어(4)의 제2 측면(4B)은 중간 자석 캐리어(12)의 제1 측면(12A)을 향하여 제1 자기 상호 작용 구역(15A)을 형성한다. 제2 자석 캐리어(8)의 제1 측면(8A)은 중간 자석 캐리어(12)의 제2 측면(12B)을 향하여 제2 자기 상호 작용 구역(15B)을 형성한다. 이러한 자석 구성으로, 자석 캐리어 상대 회전에 의해 발생하는 변화되는 자기 상호 작용들은 동력 스트로크 힘들을 앞서 언급된 왕복 출력을 발생시키는 자석 캐리어들(4, 8 및 12)에 부여한다. 특히, 동력 스트로크 힘들은 제1 및 제2 자기 상호 작용 구역들(15A 및 15B)의 각각에서의 모든 대향하는 자극들이 서로 상호간에 반발하거나 서로 끌어당기도록 정렬될 때, 부여될 것이다.

[0032] 동력 스트로크 힘들은 제1 자기 상호 작용 구역(15A)에서의 대향하는 자극들이 모두 서로 상호간에 반발하는 반면에 제2 자기 상호 작용 구역(15B)에서의 대향하는 자극들이 모두 서로 상호간에 끌어당길 때, 제1 방향으로 자석 캐리어들(4, 8 및 12) 사이에서 상대 왕복 운동을 발생시킨다. 반대로, 동력 스트로크 힘들은 제1 자기 상호 작용 구역(15A)에서의 대향하는 자극들이 모두 서로 상호간에 끌어당기는 반면에 제2 자기 상호 작용 구역(15B)에서의 대향하는 자극들이 모두 서로 상호간에 반발할 때, 제2 방향으로 자석 캐리어들(4, 8 및 12) 사이에서 상대 왕복 운동을 발생시킨다.



- [0033] 자석 캐리어들(4, 8 및 12)은 자기 상호 작용들이 상술된 동력 스트로크 힘들을 발생시킬 때, 그것들의 상대 회전의 "동력 구역" 부분들에 있는 것으로 말할 수 있다. 각각의 동력 스트로크 방향마다 하나의 동력 구역이 존재한다. 자기 구동 장치(2)의 동력 구역 위치들은 도 1 및 도 2에 의해 예시된다. 도 1은 자기 상호 작용들이 제1 방향으로 동력 스트로크 힘들을 발생시키는 제1 동력 구역의 중심에서의 자기 구동 장치(2)를 도시한다. 중간 자석 캐리어(12) 및 제1 자석 캐리어(4)는 제1 자석 캐리어의 측면(4B) 상의 같은 극성의 대향하는 자극과 상호 동축으로 정렬되는 중간 자석 캐리어의 측면(12A) 상의 각각의 자극으로 인해 떠밀린다. 이러한 미는 힘은 화살표들 "D"로 나타내어진다. 알 수 있는 바와 같이, 자석 캐리어들(4 및 12)은 자기 상호 작용 구역(15A)에서 2개의 N-N 상호 작용들 및 2개의 S-S 상호 작용들이 존재하도록 회전 가능하게 위치된다. 동시에, 중간 자석 캐리어(12) 및 제2 자석 캐리어(8)는 제2 자석 캐리어의 측면(8A) 상의 반대 극성의 대향하는 자극과 상호 동축으로 정렬되는 중간 자석 캐리어의 측면(12B) 상의 각각의 자극으로 인해 함께 당겨진다. 이러한 당기기 힘은 화살표들 "E"로 나타내어진다. 알 수 있는 바와 같이, 자석 캐리어들(8 및 12)은 자기 상호 작용 구역(15B)에서 2개의 N-S 상호 작용들 및 2개의 S-N 상호 작용들이 존재하도록 회전 가능하게 위치된다.
- [0034] 도 2는 자기 상호 작용들이 제2 방향으로 동력 스트로크 힘들을 발생시키는 제2 동력 구역의 중심에서의 자기 구동 장치(2)를 도시한다. 앞서 주목된 바와 같이, 이러한 상태는 중간 자석 캐리어(12)와 제1 및 제2 자석 캐리어들(4 및 8) 사이에서 (도 1에 도시된 위치로부터) 상대 회전의 180°를 뒤따른다. 중간 자석 캐리어(12) 및 제1 자석 캐리어(4)는 제1 자석 캐리어의 측면(4B) 상의 반대 극성의 대향하는 자극과 상호 동축으로 정렬되는 중간 자석 캐리어의 측면(12A) 상의 각각의 자극으로 인해 함께 당겨진다. 이러한 당기기 힘은 화살표들 "E"로 나타내어진다. 알 수 있는 바와 같이, 자석 캐리어들(4 및 12)은 자기 상호 작용 구역(15A)에서 2개의 N-S 상호 작용들 및 2개의 S-N 상호 작용들이 존재하도록 회전 가능하게 위치된다. 동시에, 중간 자석 캐리어(12) 및 제2 자석 캐리어(8)는 제2 자석 캐리어의 측면(8A) 상의 같은 극성의 대향하는 자극과 상호 동축으로 정렬되는 중간 자석 캐리어의 측면(12B) 상의 각각의 자극으로 인해 떠밀린다. 이러한 미는 힘은 화살표들 "D"로 나타내어진다. 알 수 있는 바와 같이, 자석 캐리어들(8 및 12)은 자기 상호 작용 구역(15B)에서 2개의 N-N 상호 작용들 및 2개의 S-S 상호 작용들이 존재하도록 회전 가능하게 위치된다.
- [0035] 동력 구역들이 도 1 및 도 2에 도시되는 자극들의 동축 정렬 위치들을 넘어 연장되어 각각의 동력 구역이 자석 캐리어 상대 회전의 일 회전의 일부에 걸치는 회전 범위 또는 "폭"을 갖게 된다는 점이 주목되어야 한다. 따라서, 각각의 동력 구역은 자석 배열들(6, 10 및 14)의 대향하는 자극들이 상호 동축 정렬로 회전되기 이전에 시작할 것이고 상호 동축 정렬 위치 이후에 종료할 것이다. 동력 스트로크 힘들은 각각의 동력 구역 내에서 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 임의의 주어진 상대 회전 위치에서 생성될 것이다.
- [0036] 자석 배열들(6, 10 및 14)은 자석 캐리어들(4, 8 및 12)에 작용하는 실질적으로 어떤 동력 스트로크 힘들도 없을 때, 그것들의 상대 회전의 "불감 구역" 부분들에 있는 것으로 말할 수 있다. 도 1 내지 도 4의 4-자석 배열들(6, 10 및 14)에서, 각각의 명확한 동력 구역 사이의 중심에 위치되는 하나의 명확한 불감 구역이 있고, 각각의 상대 왕복 운동 사이클은 2개의 불감 구역들에 의해 분리되는 2개의 동력 구역들을 포함한다. 불감 구역들은 제1 자석 캐리어(4), 제2 자석 캐리어(8) 및 중간 자석 캐리어(12)의 대향하는 자극들이 상호 동축으로 정렬되지만 밀기 및 당기기 자기력들의 실질적으로 동등한 균형을 생성할 때, 존재한다. 불감 구역들에서, 제1 및 제2 자기 상호 작용 구역들(15A 및 15B)에서의 대향하는 자극들의 절반은 서로 상호간에 반발하도록 정렬되고 제1 및 제2 자기 상호 작용 구역들에서의 대향하는 자극들의 다른 절반은 서로 상호간에 끌어당기도록 정렬된다. 불감 구역들은 중간 자석 캐리어(12)와 제1 및 제2 자석 캐리어들(4 및 8) 사이의 상대 회전이 각각의 동력 구역 내에서 동력 스트로크들을 발생시키는 회전 위치들 사이의 중간에 있을 때, 초래된다. 불감 구역들은 도 3 및 도 4에 도시되는 상대 회전 위치들의 중심에 위치된다.
- [0037] 도 3에 도시되는 불감 구역의 중심은 도 1의 동력 구역 회전 위치로부터의 자석 캐리어 상대 회전의 90°에 상응한다. 도 4에 도시되는 불감 구역의 중심은 도 2의 동력 구역 회전 위치로부터의 자석 캐리어 상대 회전의 90°에 상응한다. 이러한 불감 구역 위치들 둘 다에서, 각각의 자기 상호 작용 구역(15A 및 15B)에서의 대향하는 자극들은 상호 동축으로 정렬되지만, 그것들의 극성들은 동일 극성인 대향하는 자극들 중 2개 및 반대 극성인 다른 2개의 대향하는 자극들의 결과로서 실질적으로 제로인 알짜 자기력들을 생성할 정도이다. 특히, 도 3 및 도 4의 각각에서, 자석 캐리어들(4, 8 및 12)은 각각의 자기 상호 작용 구역(15A 및 15B)에서 하나의 N-N 상호 작용, 하나의 S-S 상호 작용, 하나의 N-S 상호 작용 및 하나의 S-N 상호 작용이 존재하도록 회전 가능하게 위치된다. 동력 구역들처럼, 불감 구역들은 자극들의 동축 정렬 위치들을 넘어 연장되어 각각의 불감 구역이 상대 자석 캐리어 회전의 일 회전의 일부에 걸치는 회전 범위 또는 "폭"을 갖게 된다. 따라서, 각각의 불감 구역은 자석 배열들(6, 10 및 14)의 대향하는 자극들이 동축 정렬로 회전되기 이전에 시작할 것이고, 동축 정렬 위치

이후에 종료할 것이다.

[0038] (이하에 보다 상세히 논의되는) 도 8 내지 도 12b에 따라 구성되었던 자기 구동 장치(2)의 원형 구현에서, 각각의 자석 캐리어(4, 8 및 12) 상의 4개의 자석들(6A, 10A 및 14A)은 3인치 직경, 1인치 두께의, K & J Magnetics, Inc.에서의 등급 N52 네오디뮴 디스크 자석들로 구현되었다. 각각의 자석(6A, 10A 및 14A)은 축방향으로 자화되었고 대략 360 파운드의 최대 밀기/당기기 힘을 발생시키는 것으로 제조자에 의해 등급이 정해졌다. 자석들(6A, 10A 및 14A)은 자석 중심들이 자석 캐리어 중심들로부터 2.75인치이도록 그것들의 각각의 자석 캐리어들(4, 8 및 12) 상에 배열되었다. 자석 캐리어 상대 왕복 운동의 스트로크 길이는 5.5인치이었다. 각각의 스트로크의 종료 부분에서, 함께 가장 근접한 자석 캐리어들 사이의 분리는 1.125인치의 대향하는 자석들(극면 대 극면) 사이의 최소 이격을 야기하였다. 중간 스트로크에서, 자석 캐리어들 사이의 분리는 동일하였고, 3.875인치의 대향하는 자석들(극면 대 극면) 사이의 최대 이격이 발생되었다. 이러한 원형에 행해지는 테스트들에서, 동력 구역들 및 불감 구역들은 각각 모든 상대 왕복 운동 위치들에서 자석 캐리어 상대 회전의 대략 90°에 걸쳐 있다. 유사한 결과들이 다른 자기 구동 장치 구현들에 대해 예상될 것이며, 여기서 자석 배열들이 각각 균형 잡힌 정사각형 자석 패턴으로 배열되는 4개의 자석들을 갖는다.

[0039] 중간 자석 캐리어(12)와 제1 및 제2 자석 캐리어들(4 및 8) 사이의 상대 회전 및 상대 왕복 운동은 불감 구역들 및 동력 구역들이 자석 캐리어 상대 왕복 운동의 선택된 부분들에서 발생하도록 동기화될 수 있다. 도 1은 제1 방향으로 제1 동력 스트로크의 중간 지점에 근접하게 중심에 위치되는 동력 구역을 도시한다. 도 2은 반대 방향으로 제2 동력 스트로크의 중간 지점에 근접하게 중심에 위치되는 다른 동력 구역을 도시한다. 도 3은 도 1의 동력 스트로크의 종료 부분과 도 2의 동력 스트로크의 시작 부분 사이의 중심에 위치되는 불감 구역을 도시한다. 이것은 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 하사점 상대 왕복 운동 위치로 지칭될 수 있다. 도 4는 도 2의 동력 스트로크의 종료 부분과 도 1의 동력 스트로크의 시작 부분 사이의 중심에 위치되는 다른 불감 구역을 도시한다. 이것은 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 상사점 상대 회전 위치로 지칭될 수 있다.

[0040] 도 5는 도 1 내지 도 4에 도시되는 동기화를 보는 다른 방식을 나타내는 타이밍 디스크를 도시한다. 이러한 예시에서, 자석 캐리어 상대 회전 및 자석 캐리어 상대 왕복 운동 둘 다는 각 용어들로 표현된다. 동기화는 상대 자석 캐리어 회전의 각 도마다, 일도의 상대 자석 캐리어 왕복 운동이 있는 정도이다. 불감 구역들은 0° 상사점 및 180° 하사점 상대 왕복 운동 위치들의 중심에 위치되고, 동력 구역들은 불감 구역들 사이의 중심에 위치된다. 상대 왕복 운동이 주기적 움직임을 나타내므로, 자석 캐리어 상대 왕복 운동을 각도 용어들로 표현하는 것이 허용된다는 점이 이해될 것이다. 상대 왕복 운동의 각도 표현을 사용하는 것은 실제 자석 캐리어 상대 변위를 사용하는 것보다 편리한 데, 후자가 구현 특정적이기 때문이다. 예를 들어, 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 상대 왕복 운동이 단순한 조화적인 움직임을 나타낸다면, 표준 식:  $d = A \cos(\theta)$ 은 자석 캐리어 상대 변위 "d"를 부여한다. 이러한 식에서, 각  $\theta$ 는 각도 용어로 자석 캐리어 상대 왕복 운동이고, 값 "A"는  $\theta = 0^\circ$  및  $\theta = 180^\circ$ 에서 발생하는 중간 스트로크 위치로부터의 최대 자석 캐리어 상대 변위이다. 다른 식들은 다른 타입들의 주기적 움직임을 규정한다. 예를 들어, 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 상대 왕복 운동이 (그것이 이하의 도 8 내지 도 12b의 실시예에서 행하는 바와 같이) 연결 로드를 통해 크랭크샤프트에 결합되는 피스톤같이 행한다면, 자석 캐리어 상대 변위는 표준 식  $d = r \cos(\theta) + (l^2 - r^2 \sin^2(\theta))^{1/2}$ 로 주어질 것이다. 이러한 식에서, 각  $\theta$ 는 각도 용어로 자석 캐리어 상대 왕복 운동이고, 값 "d"는 크랭크샤프트 축에 대한 자석 캐리어 상대 변위이고, "r"은 크랭크 아암 길이이고, "l"은 연결 로드 길이이다.

[0041] 진술된 바와 같이, 도 5는 상대 자석 캐리어 회전의 각 도마다, 일도의 상대 자석 캐리어 왕복 운동이 있는 동기화 방식을 도시한다. "TDC"로 표시된 0° 위치에서, 자석 캐리어들(4, 8 및 12)은 상사점 상대 왕복 운동 위치에 있고 제1 불감 구역의 중심에 회전 위치된다. 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 상대 회전/왕복 운동의 대략 45°에서, 제1 불감 구역의 종료 부분은 도달되고 자석 캐리어들은 제1 방향으로의 동력 스트로크 힘들을 발생시키는 제1 동력 구역으로 전이한다. 이러한 동력 구역의 중심은 대략 90° 상대 회전/왕복 운동 위치에 있다. 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 상대 회전/왕복 운동의 대략 135°에서, 제1 동력 구역의 종료 부분은 도달되고 자석 캐리어들은 제2 불감 구역으로 전이한다. "BDC"로 표시된 180° 위치에서, 자석 캐리어들(4, 8 및 12)은 자석 캐리어들(4, 8 및 12)은 하사점 상대 왕복 운동 위치에 있고 제2 불감 구역의 중심에서 회전 위치된다. 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 상대 회전/왕복 운동의 대략 225°에서 제2 불감 구역의 종료 부분에 도달되고 자석 캐리어들은 제2 방향으로의 동력 스트로크 힘들을 발생시키는 제2 동력 구역으로 전이한다. 이러한 동력 구역의 중심은 대략 270° 상대 회전/왕복 운동 위치에 있다. 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 상대 회전/왕복 운동의 대략 315°에서, 제2 동력 구역의 종료 부분에 도달되고 자석 캐리어들은 제1 불감 구역으로 다시 전이한다. 0°

TDC 위치는 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 상대 회전/왕복 운동의 다른 45° 후에 다시 도달된다.

[0042] 앞서 주목된 바와 같이, 동력 구역들 및 불감 구역들의 시작 및 종료 위치들은 근사치이다. 이것은 동력 구역에서 불감 구역으로 그리고 불감 구역에서 동력 구역으로의 전이가 즉각적으로 발생하지 않기 때문이다. 그러나, 유리하게는, (도 5에서 "플립(flip)" 구역들로 지정되는) 이러한 전이 구역들은 매우 짧은 것으로 판단되었고, 자기 구동 장치(2)의 상술된 원형 구현에서 상대 회전/왕복 운동의 대략 5° 를 초과하지 않았다. 각각의 전이 구역은 자석 캐리어들(4, 8 및 12)이 실질적으로 어떤 동력 스트로크 힘들도 겪지 않는 것과 실질적으로 최대 동력 스트로크 힘들을 겪는 것 사이의 전이 기간을 나타낸다. 불감 구역들을 "실질적으로 어떤 동력 스트로크 힘들도" 발생시키지 않는 것으로 특성화하는 것이 반드시 불감 구역들 내에서 정확히 제로 알짜 힘들이 존재하는 것을 의미하는 것은 아니라는 점이 주목되어야 한다. 그러나, 어떤 불감 구역 힘들도 수 파운드보다 더 많이 초과하는 것으로 관측되지 않았고, 자기 구동 장치(2)의 원형 구현에서의 동력 스트로크 힘들보다 수 자릿수 작은 것은 아니었다. 게다가, 이러한 매우 작은 불감 구역 힘들은 불감 구역 중심들에서 멀리 발생하고, 자기 구동 장치(2)의 왕복 동작 상에 어떤 영향도 미치지 않는다.

[0043] 도 8 내지 도 12b에 도시되는 예시적 구성과 관련되어 후술되는 바와 같이, 도 1 내지 도 5에 도시되는 동기화는 자석 캐리어들(4, 8 및 12) 사이의 상대 왕복 운동을 모니터링하고 자석 캐리어들의 상대 회전을 제어하기 위해 이러한 정보를 사용하는 피드백 시스템에 의해 확립되고 유지될 수 있다. 대안적으로, 기계 타이밍 시스템이 제공될 수 있으며, 여기서 자석 캐리어들(4, 8 및 12) 사이의 상대 회전 및 상대 왕복 운동이 기계 결합 배열을 사용하여 동기화된다. 원한다면, 동기화는 자석 캐리어 상대 회전이 자석 캐리어 상대 왕복 운동에 대하여 진행되거나 지연되도록 조정될 수 있다. 예를 들어, 불감 구역 상대 회전 위치들은 불감 구역들이 TDC 및 BDC 상대 왕복 운동 위치들 전에 또는 후에 중심에 위치되도록 편이될 수 있다. 자동차 엔진에서와 같이, 자석 캐리어 상대 회전은 자석 캐리어 상대 왕복 운동의 속도에 따라 불감 구역 위치들을 조정하도록 동적으로 진행되고 지연될 수 있다. 또한 상대 회전의 각각의 회전 동안 선택된 횟수로 자석 캐리어 상대 왕복 운동에 관하여 자석 캐리어 상대 회전을 동적으로 진행시키고 지연시키는 것이 가능해질 것이다. 이것은 동력 구역들에 대한 불감 구역들의 크기를 조정하는 효과를 갖게 될 것이다. 예를 들어, 불감 구역 폭을 감소시키는 반면에 동력 구역 폭을 증가시키는 것이 원해진다면, 자석 캐리어 상대 회전은 동력 구역들 내에서 동적으로 지연되고(감속되고) 불감 구역들 내에서 동적으로 진행될 수 있다(가속될 수 있다). 마찬가지로, 불감 구역 폭을 증가시키는 반면에 동력 구역 폭을 감소시키는 것이 원해진다면, 자석 캐리어 상대 회전은 동력 구역들 내에서 동적으로 진행되고(가속되고) 불감 구역들 내에서 동적으로 지연될 수 있다(감속될 수 있다).

[0044] 도 6a 내지 도 6h는 도 1 내지 도 5에 도시되는 동기화 방식을 사용하는 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 상대 회전/왕복 운동 사이클의 부가 시점들을 나타낸다. 도 6a 내지 도 6h의 각각은 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 상대 회전 및 왕복 운동 위치들의 45° 증분을 도시한다. 각각의 도면의 중심부는 (각도 용어들로) 자석 캐리어 상대 왕복 운동 위치를 도시한다. 각각의 도면의 좌측부는 제1 자석 캐리어(4) 및 중간 자석 캐리어(12)의 상대 회전 위치들을 도시한다. 각각의 쌍의 대향하는 자석들의 극성들(즉, 중간 자석 캐리어(12)의 제1 측면(12A) 상의 자석들(14A)의 극성들 및 제1 자석 캐리어(4)의 제2 측면(4B) 상의 자석들(6A)의 극성들)과 같이 제1 자기 상호 작용 구역(15A)(도 1 내지 도 4 참조)에서의 대향하는 자석들의 정렬이 또한 도시된다. 각각의 도면의 우측부는 제2 자석 캐리어(8) 및 중간 자석 캐리어(12)의 상대 회전 위치들을 도시한다. 각각의 쌍의 대향하는 자석들의 극성들(즉, 중간 자석 캐리어(12)의 제2 측면(12B) 상의 자석들(14A)의 극성들 및 제2 자석 캐리어(8)의 제1 측면(8A) 상의 자석들(10A)의 극성들)과 같이 제2 자기 상호 작용 구역(15B)(도 1 내지 도 4 참조)에서의 대향하는 자석들의 정렬이 또한 도시된다.

[0045] 해석상의 지표로서, 도 6a 내지 도 6h의 좌측부는 제1 자석 캐리어(4)의 제2 측면(4B)에서 중간 자석 캐리어(12)의 제1 측면(12A) 쪽으로 보는 시점이다. 도 6a 내지 도 6h의 우측부는 중간 자석 캐리어(12)의 제2 측면(12B)에서 제2 자석 캐리어(8)의 제1 측면(8A) 쪽으로 보는 시점이다. 대향하는 자석들이 겹치는 위치들(즉, 도 6a, 도 6c, 도 6e 및 도 6g)에서, 각각의 도시된 자석 쌍의 중심에서의 문자(S 또는 N)는 중간 자석 캐리어(12) 상의 자석(14A)의 극성이고, 파생 문자(S 또는 N)는 제1 또는 제2 자석 캐리어(4 또는 8) 상의 그것의 대향하는 자석(6A 또는 10A)의 극성이다. 대향하는 자석들이 겹치지 않는 위치들(즉, 도 6b, 도 6d, 도 6f 및 도 6h)에서, 중간 자석 캐리어(12)의 자석들(14A)은 제1 또는 제2 자석 캐리어들(4 또는 8)의 대향하는 자석들(6A 또는 10A) 위에 있는 것으로 도시된다. 유사한 성질로, 대향하는 자석 쌍들의 극성들이 이하에 논의될 때, 제1 극성은 중간 자석 캐리어(12)의 자석(14A)의 극성일 것이고 (제1 자기 상호 작용 구역(15A)이 논의되고 있는지 아니면 제2 자기 상호 작용 구역(15B)이 논의되고 있는지에 따라) 제2 극성은 제1 자석 캐리어(4)의 자석(6A) 또는 제2 자석 캐리어(8)의 자석(10A)의 극성일 것이다. 자석 쌍 극성들이 이하에 열거될 때, 그것들은 각각의



자석 배열의 상부 좌측 사분면에서 시작하고 시계 바늘 방향 순서로 계속될 것이다.

- [0046] 도 6a는  $0^\circ$  상대 회전/왕복 운동 위치에서의 자석 캐리어들(4, 8 및 12)을 도시한다. 이러한 위치에서, 제1 자기 상호 작용 구역(15A)에서의 자기 상호 작용들은 S-N, S-S, N-S 및 N-N이다. 제2 자기 상호 작용 구역(15B)에서의 자기 상호 작용들은 N-N, N-S, S-S 및 S-N이다. 각각의 자기 상호 작용 구역(15A 및 15B)에서, 대향하는 자석 쌍들의 절반은 상호 인력을 위해 동축으로 정렬되고 다른 절반은 상호 반발력을 위해 동축으로 정렬된다. 따라서, 도 6a는 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의  $0^\circ$  TDC 상대 왕복 운동 위치에서 중심에 위치되는 불감 구역을 도시한다. 알 수 있는 바와 같이, 이러한 불감 구역은 폭이 대략  $90^\circ$  이다.
- [0047] 도 6b는  $45^\circ$  상대 회전/왕복 운동 위치에서의 자석 캐리어들(4, 8 및 12)을 도시한다. 이러한 위치에서, 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 상대 회전은 불감 구역 회전 위치의 중간 지점과 동력 구역 회전 위치의 중간 지점 사이의 중간에 있다. 따라서, 자석 캐리어들(4, 8 및 12)은 전이 구역에 있으며, 여기서 자기력들이 불감 구역의 실질적으로 순 제로 상태에서 동력 구역의 전 자기력 상태로 변화되고 있다.
- [0048] 도 6c는  $90^\circ$  상대 회전/왕복 운동 위치에서의 자석 캐리어들(4, 8 및 12)을 도시한다. 이러한 위치에서, 제1 자기 상호 작용 구역(15A)에서의 자기 상호 작용들은 N-N, S-S, S-S 및 N-N이다. 이러한 자기 상호 작용 구역에서의 대향하는 자석 쌍들 모두는 제1 자석 캐리어(4) 및 중간 자석 캐리어(12)가 최대 밀기 힘으로 서로 반발하도록 같은 극성들로 동축으로 정렬된다. 제2 자기 상호 작용 구역(15B)에서의 자기 상호 작용들은 S-N, N-S, N-S 및 S-N이다. 이러한 자기 상호 작용 구역에서의 대향하는 자석 쌍들 모두는 제2 자석 캐리어(8) 및 중간 자석 캐리어(12)가 최대 당기기 힘으로 서로 끌어당기도록 반대 극성들로 동축으로 정렬된다. 그러므로, 도 6c는 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의  $90^\circ$  상대 왕복 운동 위치의 중심에 위치되는 제1 동력 구역을 도시한다. 알 수 있는 바와 같이, 이러한 동력 구역은 폭이 대략  $90^\circ$  이다.
- [0049] 도 6d는  $135^\circ$  상대 회전/왕복 운동 위치에서의 자석 캐리어들(4, 8 및 12)을 도시한다. 이러한 위치에서, 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 상대 회전은 불감 구역 회전 위치의 중간 지점과 동력 구역 회전 위치의 중간 지점 사이의 중간에 있다. 따라서, 자석 캐리어들(4, 8 및 12)은 전이 구역에 있으며, 여기서 자기력들이 동력 구역의 전 자기력 상태에서 불감 구역의 실질적으로 순 제로 상태로 변화되고 있다.
- [0050] 도 6e는  $180^\circ$  상대 회전/왕복 운동 위치에서의 자석 캐리어들(4, 8 및 12)을 도시한다. 이러한 위치에서, 제1 자기 상호 작용 구역(15A)에서의 자기 상호 작용들은 N-N, N-S, S-S 및 S-N이다. 제2 자기 상호 작용 구역(15B)에서의 자기 상호 작용들은 S-N, S-S, N-S 및 N-N이다. 각각의 자기 상호 작용 구역(15A 및 15B)에서, 대향하는 자석 쌍들의 절반은 상호 인력을 위해 동축으로 정렬되고 다른 절반은 상호 반발력을 위해 동축으로 정렬된다. 따라서, 도 6e는 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의  $180^\circ$  BDC 상대 왕복 운동 위치의 중심에 위치되는 불감 구역을 도시한다. 알 수 있는 바와 같이, 이러한 불감 구역은 폭이 대략  $90^\circ$  이다.
- [0051] 도 6f는  $225^\circ$  상대 회전/왕복 운동 위치에서의 자석 캐리어들(4, 8 및 12)을 도시한다. 이러한 위치에서, 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 상대 회전은 불감 구역 회전 위치의 중간 지점과 동력 구역 회전 위치의 중간 지점 사이의 중간에 있다. 따라서, 자석 캐리어들(4, 8 및 12)은 전이 구역에 있으며, 여기서 자기력들이 불감 구역의 실질적으로 순 제로 상태에서 동력 구역의 전 자기력 상태로 변화되고 있다.
- [0052] 도 6g는  $270^\circ$  상대 회전/왕복 운동 위치에서의 자석 캐리어들(4, 8 및 12)을 도시한다. 이러한 위치에서, 제1 자기 상호 작용 구역(15A)에서의 자기 상호 작용들은 S-N, N-S, N-S 및 S-N이다. 이러한 자기 상호 작용 구역에서의 대향하는 자석 쌍들 모두는 제1 자석 캐리어(4) 및 중간 자석 캐리어(12)가 최대 당기기 힘으로 서로 끌어당기도록 반대 극성들로 동축으로 정렬된다. 제2 자기 상호 작용 구역(15B)에서의 자기 상호 작용들은 N-N, S-S, S-S 및 N-N이다. 이러한 자기 상호 작용 구역에서의 대향하는 자석 쌍들 모두는 제2 자석 캐리어(8) 및 중간 자석 캐리어(12)가 최대 밀기 힘으로 서로 반발하도록 같은 극성들로 동축으로 정렬된다. 그러므로, 도 6g는 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의  $270^\circ$  상대 왕복 운동 위치의 중심에 위치되는 동력 구역을 도시한다. 알 수 있는 바와 같이, 이러한 동력 구역은 폭이 대략  $90^\circ$  이다.
- [0053] 도 6h는  $315^\circ$  상대 회전/왕복 운동 위치에서의 자석 캐리어들(4, 8 및 12)을 도시한다. 이러한 위치에서, 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 상대 회전은 불감 구역 회전 위치의 중간 지점과 동력 구역 회전 위치의 중간 지점 사이의 중간에 있다. 따라서, 자석 캐리어들(4, 8 및 12)은 자기력들이 동력 구역의 전 자기력 상태에서 불감 구역의 실질적으로 순 제로 상태로 변화되고 있는 전이 구역에 있다.
- [0054] 이제 도 7을 참조하면, 자기 구동 장치(2)는 예시적 구성(2A)으로 도시되며, 여기서 중간 자석 캐리어(12)가 회전 및 왕복 운동을 위해 조정되는 반면에, 제1 및 제2 자석 캐리어들(4 및 6)이 회전 및 왕복 운동에 대하여 고

정되게 남도록 조정된다. 자기 구동 장치 구성(2A)에서, 메인 샤프트(16)는 자석 캐리어들(4, 8 및 12)에 각각 형성되는 중심 보어들(4D, 8D 및 12D)을 통해 연장되도록 배열된다. 메인 샤프트(16)는 실질적으로 일직선이고 자석들(6A, 10A 및 14A)의 세로 축들 (및 자계축들)에 실질적으로 평행한 중심 세로축(18)을 갖는다.

[0055] 메인 샤프트(16)는 동시 회전 및 왕복 운동을 위해 배열된다. 메인 샤프트(16)의 제1 단부(20)는 메인 샤프트를 회전 가능하게 구동하는 도 7에 개략적으로 도시되는 입력 구성 요소(21)에의 동작적 결합을 위해 조정된다. 예를 들어, 도 8 내지 도 12b와 관련되어 이하에 보다 상세히 설명되는 바와 같이, 입력 구성 요소(21)는 회전 구동 모터에 의해 제공될 수 있다. 샤프트(16)의 제2 단부(22)는 메인 샤프트(18)의 왕복 운동에 의해 구동되는 출력 구성 요소에의 동작적 결합을 위해 조정된다. 도 7에서, 크랭크샤프트로 구현될 수 있는 예시적 회전 출력 구성 요소(23)가 개략적으로 도시된다. 대안적으로, 공압 또는 유압 피스톤과 같은 왕복 출력 구성 요소는 메인 샤프트(18)의 왕복 운동에 의해 구동되도록 배열될 수 있다. 자기 구동 장치 구성(2A)에의 입력 및 출력 구성 요소들(21 및 23)의 부가는 입력 구성 요소에 의해 가해지는 입력 토크를 출력 구성 요소(23)에 의해 전달되는 출력 토크로 변환하는 자기 구동 토크 변환기 장치를 형성한다.

[0056] 메인 샤프트(16)는 중간 자석 캐리어(12)의 중심 개구부(12D)에 회전 가능하게 결합되지만, 제1 및 제2 자석 캐리어들(4 및 8)의 중심 개구부들(4D 및 8D) 내에서 자유롭게 회전한다. 회전 가능하게 결합된 중간 자석 캐리어(12)는 메인 샤프트(16)로 회전하지만, 회전 불가능하게 결합된 제1 및 제2 자석 캐리어들(4 및 8)은 회전하지 않을 것이고, 바람직하게는 회전에 대하여 고정될 것이다. 이러한 방식으로, 입력 구성 요소(21)에 의한 메인 샤프트(16)의 세로축(18) 주위의 메인 샤프트(16)의 회전은 중간 자석 캐리어(12)와 제1 및 제2 자석 캐리어들(4 및 8) 사이에 상대 회전을 발생시킬 것이다. 메인 샤프트(16)는 또한 중간 자석 캐리어(12)의 중심 개구부(12D)에 축방향으로 결합되지만, 제1 및 제2 자석 캐리어들(4 및 8)의 중심 개구부들(4D 및 8D)을 통해 자유롭게 왕복 운동한다. 축방향으로 결합된 중간 자석 캐리어(12)는 메인 샤프트(16)로 왕복 운동하지만, 비축방향으로 결합된 제1 및 제2 자석 캐리어들(4 및 8)은 왕복 운동하지 않을 것이고, 바람직하게는 왕복 운동에 대하여 고정될 것이다. 이러한 방식으로, 메인 샤프트(16)의 세로축(18)을 따른 메인 샤프트(16)의 왕복 운동은 제1 및 제2 스트로크 방향으로 중간 자석 캐리어(12)와 제1 및 제2 자석 캐리어들(4 및 8) 사이에 상대 왕복 운동을 발생시킬 것이다.

[0057] 이제 도 8 내지 도 12b를 참조하면, 자기 구동 장치(2)는 도 7의 예시적 구성(2A)과 관련되어 설명된 회전/왕복 메인 샤프트 배열을 사용하는 추가의 예시적 구성(2B)으로 도시된다. 도 7의 경우에서와 같이, 도 8 내지 도 12b는 자기 구동 장치 구성(2B)이 입력 및 출력 구성 요소들 즉, (둘 다가 이하에 보다 상세히 설명되는) 입력 모터(36) 및 크랭크샤프트 어셈블리(40)에 동작적으로 결합되므로, 자기 구동 토크 변환기 장치를 도시한다. 자기 구동 장치 구성(2B)에서, 중간 자석 캐리어(12)는 메인 샤프트(16)에 다시 회전 가능하게 그리고 축방향으로 결합되는 반면에, 제1 및 제2 자석 캐리어들(4 및 8)은 임의의 방식으로 메인 샤프트에 결합되지 않는다. 도 10a 내지 도 10c에 도시된 바와 같이, 제1 및 제2 자석 캐리어들(4 및 8)은 중간 자석 캐리어(12)보다 직경이 더 크다. 이것은 자석 캐리어들(4 및 8)이 제1 및 제2 자석 캐리어들을 원하는 이격으로 유지하고 위치시키는 지지 프레임 어셈블리(24)(도 8 참조)에 편리하게 고정되는 것을 가능하게 한다. 지지 프레임 어셈블리(24)는 또한 메인 샤프트(16)를 수용한다.

[0058] 지지 프레임 어셈블리(24)는 제1 및 제2 자석 캐리어들(4 및 8)을 상호 연결하지만, 중간 자석 캐리어(12)를 상호 연결하지 않는 한 세트의 4개의 세로 스푼(spool) 어셈블리들(26)로 구성된다. 스푼 어셈블리들(26)은 또한 자석 캐리어들(4 및 8)에 실질적으로 평행하게 배향되는 한 세트의 안정화 플레이트들(28, 30 및 32)을 실장한다. 도 10a 및 도 10c 내지 도 10e에 도시된 바와 같이, 각각의 스푼 어셈블리(26)는 자석 캐리어들(4 및 8), 및 안정화 플레이트들(28, 30 및 32)에 형성되는 상응하는 개구부들을 통해 연장되는 연장된 로드(26A)를 포함할 수 있다. 각각의 스푼 어셈블리(26)는 또한 이러한 구성 요소들을 적절하게 이격하기 위해 인접한 자석 캐리어들 및/또는 안정화 플레이트들의 각각의 쌍 사이의 연장된 로드(26A) 상에 실장되는 한 세트의 스페이서들(26B)을 포함할 수 있다. 도 8 및 도 9에서 볼 수 있는 바와 같이, 각각의 스푼 어셈블리(26)는 4개의 스페이서들(26B), 안정화 플레이트(28)와 제1 자석 캐리어(4) 사이에 하나의 스페이서, 제1 자석 캐리어(4)와 제2 자석 캐리어(8) 사이에 제2 스페이서, 제2 자석 캐리어(8)와 안정화 플레이트(30) 사이에 제3 스페이서, 및 안정화 플레이트(30)와 안정화 플레이트(32) 사이의 제4 스페이서,를 갖는 것으로 도시되어 있다. 연장된 로드들(26A)의 단부들은 지지 프레임(24)을 함께 고정시키는 유지 부재들(26C)을 수용하도록 나사산이 내어진다. 각각의 쌍의 이격된 구성 요소들 사이에 연결되는 별도의 이격 로드들과 같은 다양한 자석 캐리어들 및 안정화 플레이트들을 이격하는 다른 배열들이 또한 사용될 수 있다는 점이 이해될 것이다.

[0059] 도 11에서 가장 양호하게 도시된 바와 같이, 안정화 플레이트(28)는 제1 자석 캐리어(4)에 인접하게 위치되고

제1 단부(20)에 근접한 메인 샤프트(16)를 지지하기 위해 사용된다. 특히, 안정화 플레이트(28)는 메인 샤프트(16)를 수용하는 중심 개구부(28A)의 하나의 측부 상의 입력 결합 어셈블리(34)를 수용한다. 입력 결합 어셈블리(34)는 거기에 회전력들을 부여하는 동안 저마찰 왕복 움직임을 위해 메인 샤프트(16)를 지지하도록 내부적으로 구성된다. 모터(36)는 자기 구동 장치(2)의 동작 동안 메인 샤프트(16)를 회전시키는 회전 입력 구성 요소의 역할을 하는 입력 결합 어셈블리(34)에 동작적으로 연결된다. 안정화 플레이트(30)는 제2 자석 캐리어(8)에 인접하게 위치되고 그것의 제2 단부(22)에 근접한 메인 샤프트(16)를 지지하기 위해 사용된다. 특히, 안정화 플레이트(30)는 메인 샤프트(16)를 회전 가능하게 지지하기 위해 볼 베어링 어셈블리(38)를 실장하는 중심 개구부(30A)를 갖는다. 안정화 플레이트(32)는 안정화 플레이트(30)에 인접하게 위치된다. 그것은 메인 샤프트(16)뿐만 아니라 크랭크샤프트 어셈블리(40)의 구성 요소들을 수용하는 큰 중심 개구부(32A)를 가지며, 이는 안정화 플레이트(32)의 외부에 실장된다. 크랭크샤프트 어셈블리(40)는 자기 구동 장치 구성(2B)의 동작 동안 메인 샤프트(16)의 왕복 운동에 의해 구동되는 회전 출력 구성 요소의 역할을 한다.

[0060] 도 8, 도 9 및 도 11에서 가장 양호하게 도시된 바와 같이, 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 각각은 각각의 자석들(6A, 10A 및 14A)을 제위치에 고정시키기 위해 자석 리테이너 플레이트들(42, 44 및 46)의 각각의 쌍을 포함한다. 자석 리테이너 플레이트들(42, 44 및 46)은 자석들(6A, 10A 및 14A) 사이의 자기 상호 작용들에 부정적으로 영향을 주지 않는 임의의 재료로 형성될 수 있다. 자석 리테이너 플레이트들은 도 10a, 도 10b 및 도 10c에 도시된 바와 같이 예를 들어, 접시형 기계 나사들(48)로 임의의 적절한 실장 기법을 사용하여 자석 캐리어들(4, 8 및 12)에 각각 고정될 수 있다.

[0061] 도 11에서 볼 수 있는 바와 같이, 중간 자석 캐리어(12)의 중심 보어(12D)는 예를 들어, 키형 샤프트 결합 배열(도시되지 않음)을 사용하여 메인 샤프트와 함께 회전 및 왕복 운동을 위해 메인 샤프트(16) 상에 고정된다. 또한 도 11에 도시된 바와 같이, 제1 및 제2 자석 캐리어들(4 및 8)의 중심 보어들(4D 및 8D)은 메인 샤프트가 제1 및 제2 자석 캐리어들에 대하여 자유롭게 회전하고 왕복 운동하도록 메인 샤프트(16)로부터 이격된다.

[0062] 도 8, 도 9 및 도 11에서 볼 수 있는 바와 같이, 지지 플레이트들(28 및 32)은 지지 프레임(24)을 지지면(도시되지 않음)에 고정시키는 실장 부재들(50)을 포함할 수 있다. 입력 모터(36)는 모터를 지지면(도시되지 않음)에 고정시키는 실장 부재들(52)을 마찬가지로 포함할 수 있다. 입력 모터(36)는 예를 들어, 플랜지형 결합 연결부(54)를 사용함으로써 임의의 적절한 방식으로 입력 결합 어셈블리(34)에 동작적으로 연결될 수 있다. 입력 결합 어셈블리(34)는 지지 플레이트(28)의 외부에 볼트 접합되거나 고정적으로 부착될 수 있는 베이스 하우징(56)을 포함한다. 도 11에 도시된 바와 같이, 입력 결합 어셈블리(34)는 외부 직경이 볼 베어링 어셈블리(60)를 통해 베이스 하우징(56)에 회전 가능하게 연결되는 볼 스플라인(ball-spline) 유닛(58)을 더 포함한다. 볼 스플라인 유닛(58)의 내부 직경은 메인 샤프트(16)의 제1 단부(20)에 근접하게 형성될 수 있는 상응하는 세로 스플라인들(64)을 체결하도록 배열되는 복수의 세로 열들의 볼 베어링 요소들(62)을 포함한다. 볼 베어링 요소들(62)은 메인 샤프트(16)에 회전력들을 부여하는 반면에, 샤프트가 최소 마찰을 갖고 전후로 왕복 운동하는 것을 가능하게 한다. 플랜지형 커버 튜브(66)는 볼 스플라인 어셈블리(58)의 단부면에 실장되고, 플랜지형 결합 연결부(54)의 일측부를 수용하기 위해 사용된다. 플랜지형 결합 연결부의 타측부는 모터(36)의 출력 샤프트에 부착된다. 커버 튜브(66)는 거기에 메인 샤프트(16)의 제1 단부(20)의 왕복 운동을 수용하기에 충분히 길다.

[0063] 도 8, 도 9 및 도 11을 계속해서 참조하면, 크랭크샤프트 어셈블리(40)는 안정화 플레이트(32)에 의해 수용되는 한 쌍의 크랭크샤프트 지지 플레이트들(68)로 구성될 수 있다. 크랭크샤프트 지지 플레이트들(68)은 크랭크샤프트(70)를 회전 가능하게 수용하는 메인 베어링들(도시되지 않음)이 제공된다. 크랭크샤프트(70)는 한 쌍의 평형추/크랭크 아암 부재들(72)을 포함한다. 도 9에 도시된 바와 같이, 각각의 평형추/크랭크 아암 부재(72)의 중심부는 크랭크샤프트 지지 플레이트들(68) 중 하나의 메인 베어링에 회전 가능하게 실장되는 외측 연장 메인 저널(73)을 갖는다. 도 9, 및 또한 도 11에 부가적으로 도시된 바와 같이, 각각의 평형추/크랭크 아암 부재(72)의 크랭크 아암 단부는 연결 로드 저널(74)의 일단부를 지지한다. 연결 로드 저널(74)은 적절한 베어링 배열을 통해 연결 로드(76)의 일단부에 부착된다.

[0064] 연결 로드(76)의 타단부는 클레비스(clevis) 연결을 통해 메인 샤프트 결합 어셈블리(78)에 회전 가능하게 부착된다. 도 12a 및 도 12b에 부가적으로 도시된 바와 같이, 결합 어셈블리(78)는 메인 샤프트(16)가 결합 어셈블리에 관하여 자유롭게 회전하도록 메인 샤프트(16)의 제2 단부(22)에 회전 가능하게 실장된다. 결합 어셈블리(78)는 메인 샤프트(16)의 제2 단부(22)를 수용하는 적절한 베어링(82)(예를 들어, 플랜지형 오일라이트(oilite) 베어링)이 삽입되는 튜브형 하우징(80)으로 구성될 수 있다. 메인 샤프트 제2 단부(22)에서 감소된 직경 지주 위에 나사산이 내어지는 볼트(84)(도 11 참조)는 그것의 왕복 운동 동안 메인 샤프트(16) 상에 결합 어셈블리(78)를 유지하기 위해 사용될 수 있다. 결합 어셈블리(78)는 부시형(bushed) 클레비스 볼트 배열(88)로



연결 로드(76)에 핀 고정되는 클레비스(86)를 포함한다. 결합 어셈블리(78)가 베어링(82)으로 인한 그것의 제2 단부(22)에서의 메인 샤프트(16)의 자유 회전을 가능하게 할 것인 것을 도 11, 도 12a 및 도 12b에서 알 수 있다. 동시에, 결합 어셈블리(78)는 메인 샤프트(16)의 왕복 움직임을 그것의 제1 및 제2 스트로크 방향들로 연결 로드(76)를 통해 크랭크샤프트(70)로 전달하여, 크랭크샤프트를 회전시킬 것이다. 도 9에서 볼 수 있는 바와 같이, 크랭크샤프트(70)의 출력 단부(82)는 원하는 출력 부하(도시되지 않음)에 연결될 수 있다.

[0065] 앞서 주목된 바와 같이, 도 8 내지 도 12b에 도시되는 자기 구동 토크 변환기 장치의 원형 구현에서, 각각의 자석 캐리어(4, 8 및 12) 상의 4개의 자석들(6A, 10A 및 14A)은 3인치 직경, 1인치 두께의, K & J Magnetics, Inc.에서의 등급 N52 네오디뮴 디스크 자석들로 구현되었다. 각각의 자석(6A, 10A 및 14A)은 축방향으로 자화되었고 대략 360 파운드의 최대 밀기/당기기 힘을 발생시키는 것으로 제조자에 의해 등급이 정해졌다. 자석들(6A, 10A 및 14A)은 자석 중심들이 자석 캐리어 중심들로부터 2.75인치이도록 그것들의 각각의 자석 캐리어들(4, 8 및 12) 상에 배열되었다. 자석 캐리어 상대 왕복 운동의 스트로크 길이는 5.5인치이었다. 평형추/크랭크 아암 부재들(72)의 크랭크 아암부에 의해 제공되는 크랭크 아암 길이는 2.75인치이었다. 연결 로드(76)의 길이는 10인치이었다. 자석 캐리어들(4, 8 및 12)은 두께가 1인치이었고 자석 리테이너들(42, 44 및 46)은 두께가 0.25인치이었다. 각각의 스트로크의 단부에서, 함께 가장 근접한 세트의 대향하는 자석 리테이너들(즉, 42/44 또는 46/44) 사이의 분리 갭은 0.625인치이어서, 대향하는 자석들(극면 대 극면) 사이의 최소 이격은  $0.625 + (2 \times 0.25) = 1.125$ 인치이었다. 중간 스트로크에서, 각각의 세트의 대향하는 자석 리테이너들(즉, 42/44 및 46/44) 사이의 분리 갭은 3.375인치이어서, 대향하는 자석들(극면 대 극면) 사이의 최대 이격은  $3.375 + (2 \times 0.25) = 3.875$ 인치이었다.

[0066] 도 8 내지 도 12b에 도시되는 자기 구동 토크 변환기 장치는 (메인 샤프트의 왕복 운동에 의해 구동되는 바와 같이) 메인 샤프트(16)의 회전이 크랭크샤프트(70)의 회전에 관하여 시간을 맞추도록 임의의 적절한 방식으로 동기화될 수 있다. 도 8 및 도 9에 도시된 바와 같이, 예시적 동기화 디바이스(90)는 크랭크샤프트 위치를 모니터링하는 센서(92)(예를 들어, 회전 인코더) 및 위치 신호에 따라 (제어 회로(97)를 통해) 입력 모터(36)를 제어하는 (예를 들어, 프로그램 가능 디지털 디바이스로서 구현되는) 프로그램 가능 서보 제어기(96)에 크랭크샤프트 위치 신호를 제공하는 신호-운반 피드백 회로(94)를 포함할 수 있다. 다양한 기존 로봇식 서보 제어기 시스템들 중 임의의 것이 이러한 목적을 위해 사용될 수 있다. 다른 타입들의 동기화 디바이스는 또한 입력 구동 모터의 회전 입력을 크랭크샤프트 의 회전 출력에 기계적으로 결합시키는 기계 타이밍 시스템을 포함하지만 이에 제한되지 않는 예시된 자기 구동 토크 변환기 장치의 동작을 동기화하기 위해 사용될 수 있다.

[0067] 본 원에 개시된 바와 같은 자기 구동 장치를 동기화하는 개념은 앞서 논의되었다. 도 8 내지 도 12b의 자기 구동 토크 변환기 장치에서, 서보 제어기(96)는 크랭크샤프트(70)의 각 위치에 기반하여 메인 샤프트의 회전 위치를 제어하도록 프로그래밍되며, 이는 정의 가능한 수학적 관계를 통해 메인 샤프트의 왕복 운동 위치에 상응한다(위의 도 5의 논의 참조). 앞서 주목된 바와 같이, 자기 불감 구역들은 메인 샤프트(16)가 그것의 상사점 및 하사점 왕복 운동 위치들에 근접함과 동시 발생하도록, 그리고 자기 동력 구역들이 이러한 위치들 사이에서 발생하도록 이루어질 수 있다. 또한 주목된 바와 같이, 서보 제어기(96)는 또한 불감 구역들이 상사점 및 하사점 왕복 운동 위치들에 관하여 동적으로 진행되거나 지연되도록, 또는 불감 구역들의 위치 또는 크기를 변화시키기 위해 메인 샤프트(16)의 회전을 동기화하도록 프로그래밍될 수 있다.

[0068] 도 13a 내지 도 13h는 예시되는 자기 구동 토크 변환기 장치의 2개의 왕복 스트로크들 동안 제1 및 제2 자석 캐리어들(4 및 8)에 대한 중간 자석 캐리어(12)의 회전 및 왕복 운동 위치들을 도시한다. 이러한 도면들에서, 메인 샤프트(16)는 2개의 불감 구역들이 메인 샤프트의 0° 및 180° 왕복 운동 위치들의 중심에 위치되고, 동력 구역들이 90° 및 270° 왕복 운동 위치들의 중심에 위치되도록 서보 제어기(96)에 의해 동기화된다. 따라서, 도 13a 내지 도 13h는 도 6a 내지 도 6h에 도시되는 타이밍 배열에 각각 상응한다. 각각의 불감 구역 및 각각의 동력 구역은 폭이 대략 90° 이다.

[0069] 도 13a는 0° TDC 왕복 운동 위치에서의 그리고 제1 불감 구역의 중간에서의 중간 자석 캐리어(12)를 도시한다. 도 13b는 45° 왕복 운동 위치의 중간 자석 캐리어(12)를 도시하며, 여기서 중간 자석 캐리어가 제1 불감 구역 외로 그리고 제1 동력 구역으로 전이하고 있다. 도 13c는 90° 왕복 운동 위치의 중간 자석(12)을 도시하며, 여기서 중간 자석 캐리어가 제1 동력 구역의 중간에 있다. 도 13d는 135° 왕복 운동 위치의 중간 자석 캐리어(12)를 도시하며, 여기서 중간 자석 캐리어가 제1 동력 구역 외로 그리고 제2 불감 구역으로 전이하고 있다. 도 13e는 180° BDC 왕복 운동 위치의 중간 자석 캐리어(12)를 도시하며, 여기서 중간 자석 캐리어가 제2 불감 구역의 중간에 있다. 도 13f는 225° 왕복 운동 위치의 중간 자석 캐리어(12)를 도시하며, 여기서 중간 자석 캐리어가 제2 불감 구역 외로 그리고 제2 동력 구역으로 전이하고 있다. 도 13g는 270° 왕복 운동 위치의 중간 자

석(12)을 도시하며, 여기서 중간 자석 캐리어가 제2 동력 구역의 중간에 있다. 도 13h는 315° 왕복 운동 위치의 중간 자석 캐리어(12)를 도시하며, 여기서 중간 자석 캐리어가 제2 동력 구역 외로 전이하고 제1 불감 구역으로 복귀하고 있다.

[0070] 도 14는 추가의 자기 구동 장치 구성(2C)을 도시하며, 여기서 자석 캐리어 이격 조정 능력이 제공된다. 이러한 구성은 제1 및 제2 자석 캐리어들(4 및 8)이 중간 자석 캐리어(12)에 대하여 그것들의 이격을 변화시켜, 자기 상호 작용들을 강도를 조정하기 위해 동작 동안 동적으로 조정 가능하게 위치 가능한 것을 제외하면, 도 8 내지 도 12b의 구성(2B)과 실질적으로 유사하다. 이러한 효과를 달성하기 위해, 스폴 어셈블리들(26)는 나사식 로드들(26A)을 노출시키기 위해 제1 및 제2 자석 캐리어들(4 및 8)의 각각의 측면 상의 이격 부재들(26B)을 제거함으로써 변경될 수 있다. 제1 및 제2 자석 캐리어들(4 및 8)은 그 다음 그것들이 나사식 로드들(26A)을 나사식으로 수용하도록 변경될 수 있다. 따라서, 나사식 로드들(26A)의 회전은 (로드 회전의 방향에 따라) 중간 자석 캐리어(12) 쪽으로 그리고 중간 자석 캐리어(12)로부터 멀리 제1 및 제2 자석 캐리어들(4 및 8)을 재위치시킬 것이다. 필요하다면, 부가 이격 부재들(도시되지 않음)이 서로에 관하여 안정화 플레이트들(28, 30 및 32)의 위치들을 유지하기 위해 부가될 수 있다. 폴리들(98)과 같은 로드 회전 부재들은 각각의 나사식 로드(26A)의 일단부에 실장될 수 있다. 로드 회전 부재들은 적절한 구동 메커니즘에 의해 구동될 수 있다. 예를 들어, 폴리들(98)이 사용된다면, 구동 메커니즘은 예를 들어, 구동 벨트(102)를 통해 폴리들(98)에 동작적으로 결합되는 구동 모터(100)를 포함할 수 있다. 구동 모터(100)는 예를 들어, 시동 시간에서 자기 상호 작용 힘들을 완화하는 것이 원해질 때마다, 제1 및 제2 자석 캐리어들(4 및 8)의 위치 선정을 조정하는 적절한 제어 시스템(도시되지 않음)에 연결될 수 있다.

[0071] 앞서 논의된 자기 구동 장치 실시예들 각각이 각각 4개의 자석들을 갖는 영구 자석 배열들에 기반하지만, 다른 자석 배열들이 또한 가능할 것이다. 예로는 8개의 자석들, 12개의 자석들, 16개의 자석들, 20개의 자석들, 24개의 자석들 등을 포함하는 자석 배열들을 포함하지만 이에 제한되지 않는다. 예시된 4-자석 배열들 같이, 이러한 대안적인 자석 배열들은 각각의 배열에서 자석들의 수에 상응하는 다각형 형상을 정의하는 대칭적 자석 패턴으로 구성될 수 있다. 중첩된 관계로의 2개의 (또는 그 이상의) 다각형 자석 패턴들을 갖는 자석 배열들이 또한 가능할 것이다. 각각의 자석 캐리어 측면 상에서, 자석 패턴은 각각의 그룹화로 n개의 인접한 같은 극성의 자극들을 갖는 n-자석 그룹화들을 포함할 수 있다. 이러한 방식으로, 자석 캐리어 상대 회전은 대향하는 자극들이 상호 동축 정렬로 회전 가능하게 진행될 때마다 변화되는 자기 상호 작용들을 발생시킬 것이다. 이전에 설명된 4-자석 배열들의 경우에서와 같이, 자석 캐리어 상대 회전 위치들에 있을 것이며, 여기서 임의의 2개의 대향하는 자석 캐리어들 사이의 자기 상호 작용 구역에서의 모든 대향하는 자극들이 NN 또는 NS 관계들로 동축으로 정렬된다. 다른 자석 캐리어 상대 회전 위치들에서, 임의의 2개의 대향하는 자석 캐리어들 사이의 자기 상호 작용 구역에서의 대향하는 자극들은 NN 및 NS 관계 둘 다의 관계로 동축으로 정렬될 것이며, NN 및 NS 관계들의 수는 동등하다. 이하에 보다 상세히 논의되는 바와 같이, 이러한 특성이 임의의 주어진 자석 캐리어 측면 상에 동등수의 N 및 S 극들인 짝수의 자석들을 갖는 임의의 자석 배열에 의해 만들어 내어질 것이고, 여기서 N 및 S 극들은 같은 극성의 짝수의 인접한 자석들을 갖는 자석 그룹화들로 배열되는 것이 예상된다.

[0072] 도 15a 내지 도 15h에 도시된 바와 같이, 8개의 자석들을 갖는 대안적인 자석 배열이 구현될 수 있다. 도시된 8-자석 배열의 사용은 중간 자석 캐리어(12)가 그것의 회전 속도의 두 배로 왕복 운동하는 것을 가능하게 한다. 따라서, 중간 자석 캐리어(12)와 제1 및 제2 자석 캐리어들(4 및 8) 사이의 상대 회전의 일 회전은 4개의 동력 스트로크들을 포함하는 2개의 상대 왕복 운동 사이클들을 발생시킬 것이다. 반대로, 2개의 동력 스트로크들을 포함하는 중간 자석 캐리어(12)와 제1 및 제2 자석 캐리어들(4 및 8) 사이의 상대 왕복 운동의 하나의 사이클은 상대 회전의 반회전만을 필요로 할 것이다. 불감 구역들 및 동력 구역들은 각각 상대 회전의 대략 45°를 점유하며, 이는 4-자석 배열에서의 90° 불감 구역들 및 동력 구역들의 절반 크기이다. 이러한 특성들은 예를 들어, 중간 자석 캐리어(12)의 회전 속도를 늦추거나 그것의 왕복 운동의 속도를 증가시키는 일부 응용들에 유용할 수 있다.

[0073] 도 15a 내지 도 15h에 대한 해석의 원칙들은 도 6a 내지 도 6h에 대한 해석의 원칙들과 동일하다. 따라서, 각각의 자기 상호 작용 구역(15A 및 15B)에서, 중간 자석 캐리어(12)는 상응하는 제1 또는 제2 자석 캐리어(4 또는 8) "위에" 있는 것으로 도시된다. 그러나, 자석 쌍 극성들이 이하에 열거될 때, 그것들은 각각의 자석 배열의 12시 위치에서 시작하고 시계 바늘 방향 순서로 계속될 것이다. 도 15a는 0° 상대 회전/왕복 운동 위치에서의 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 8-자석 변형을 도시한다. 제1 자기 상호 작용 구역(15A)에서의 자기 상호 작용들은 S-S, N-S, N-N, S-N, S-S, N-S, N-N 및 S-N이다. 제2 자기 상호 작용 구역(15B)에서의 자기 상호 작용들은 S-N, N-N, N-S, S-S, S-N, N-N, N-S 및 S-S이다. 각각의 자기 상호 작용 구역(15A 및 15B)에서, 자석 쌍들의

절반은 상호 인력을 위해 정렬되고 다른 절반은 상호 반발력을 위해 정렬된다. 따라서, 도 15a는 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 0° 상사점 상대 왕복 운동 위치의 중심에 위치되는 불감 구역을 도시한다. 알 수 있는 바와 같이, 이러한 불감 구역은 폭이 대략 45° 이다.

[0074] 도 15b는 22.5° 상대 회전 위치 및 45° 상대 왕복 운동 위치에서의 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 8-자석 변형을 도시한다. 이러한 위치에서, 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 상대 회전은 불감 구역 회전 위치의 중간 지점과 동력 구역 회전 위치의 중간 지점 사이의 중간에 있다. 따라서, 자석 캐리어들(4, 8 및 12)은 전이 구역에 있으며, 여기서 자기력들이 불감 구역의 순 제로 상태에서 동력 구역의 전 자기력 상태로 변화되고 있다.

[0075] 도 15c는 45° 상대 회전 위치 및 90° 상대 왕복 운동 위치에서의 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 8-자석 변형을 도시한다. 이러한 위치에서, 제1 자기 상호 작용 구역(15A)에서의 자기 상호 작용들은 S-S, S-S, N-N, N-N, S-S, S-S, N-N 및 N-N이다. 이러한 자기 상호 작용 구역에서의 대향하는 자석 쌍들 모두는 제1 자석 캐리어(4) 및 중간 자석 캐리어(12)가 최대 밀기 힘으로 서로 반발하도록 같은 극성들로 정렬된다. 제2 자기 상호 작용 구역(15B)에서의 자기 상호 작용들은 S-N, S-N, N-S, N-S, S-N, S-N, N-S 및 N-S이다. 이러한 자기 상호 작용 구역에서의 대향하는 자석 쌍들 모두는 제2 자석 캐리어(8) 및 중간 자석 캐리어(12)가 최대 당기기 힘으로 서로 끌어당기도록 반대 극성들로 정렬된다. 그러므로, 도 15c는 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 45° 상대 회전 위치 및 90° 상대 왕복 운동 위치의 중심에 위치되는 제1 동력 구역을 도시한다. 알 수 있는 바와 같이, 이러한 동력 구역은 폭이 대략 45° 이다.

[0076] 도 15d는 67.5° 상대 회전 위치 및 135° 상대 왕복 운동 위치에서의 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 8-자석 변형을 도시한다. 이러한 위치에서, 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 상대 회전은 불감 구역 회전 위치의 중간 지점과 동력 구역 회전 위치의 중간 지점 사이의 중간에 있다. 따라서, 자석 캐리어들(4, 8 및 12)은 전이 구역에 있으며, 여기서 자기력들이 동력 구역의 전 자기력 상태에서 불감 구역의 순 제로 상태로 변화되고 있다.

[0077] 도 15e는 90° 상대 회전 위치 및 180° 상대 왕복 운동 위치에서의 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 8-자석 변형을 도시한다. 이러한 위치에서, 제1 자기 상호 작용 구역(15A)에서의 자기 상호 작용들은 N-S, S-S, S-N, N-N, N-S, S-S, S-N 및 N-N이다. 제2 자기 상호 작용 구역(15B)에서의 자기 상호 작용들은 N-N, S-N, S-S, N-S, N-N, S-N, S-S 및 N-S이다. 각각의 자기 상호 작용 구역(15A 및 15B)에서, 대향하는 자석 쌍들의 절반은 상호 인력을 위해 정렬되고 다른 절반은 상호 반발력을 위해 정렬된다. 따라서, 도 15e는 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 90° 상대 회전 위치 및 180° 하사점 상대 왕복 운동 위치의 중심에 위치되는 불감 구역을 도시한다. 알 수 있는 바와 같이, 이러한 불감 구역은 폭이 대략 45° 이다.

[0078] 도 15f는 112.5° 상대 회전 위치 및 225° 상대 왕복 운동 위치에서의 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 8-자석 변형을 도시한다. 이러한 위치에서, 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 상대 회전은 불감 구역 회전 위치의 중간 지점과 동력 구역 회전 위치의 중간 지점 사이의 중간에 있다. 따라서, 자석 캐리어들(4, 8 및 12)은 전이 구역에 있으며, 여기서 자기력들이 불감 구역의 순 제로 상태에서 동력 구역의 전 자기력 상태로 변화되고 있다.

[0079] 도 15g는 135° 상대 회전 위치 및 270° 상대 왕복 운동 위치에서의 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 8-자석 변형을 도시한다. 이러한 위치에서, 제1 자기 상호 작용 구역(15A)에서의 자기 상호 작용들은 N-S, N-S, S-N, S-N, N-S, N-S, S-N 및 S-N이다. 이러한 자기 상호 작용 구역에서의 대향하는 자석 쌍들 모두는 제1 자석 캐리어(8) 및 중간 자석 캐리어(12)가 최대 당기기 힘으로 서로 끌어당기도록 반대 극성들로 정렬된다. 제2 자기 상호 작용 구역(15B)에서의 자기 상호 작용들은 N-N, N-N, S-S, S-S, N-N, N-N, S-S 및 S-S이다. 이러한 자기 상호 작용 구역에서의 대향하는 자석 쌍들 모두는 제2 자석 캐리어(8) 및 중간 자석 캐리어(12)가 최대 밀기 힘으로 서로 반발하도록 같은 극성들로 정렬된다. 그러므로, 도 15g는 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 135° 상대 회전 위치 및 270° 상대 왕복 운동 위치의 중심에 위치되는 동력 구역을 도시한다. 알 수 있는 바와 같이, 이러한 동력 구역은 폭이 대략 45° 이다.

[0080] 도 15h는 157.5° 회전 위치 및 315° 왕복 운동 위치에서의 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 8-자석 변형을 도시한다. 이러한 위치에서, 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 상대 회전은 불감 구역 회전 위치의 중간 지점과 동력 구역 회전 위치의 중간 지점 사이의 중간에 있다. 따라서, 자석 캐리어들(4, 8 및 12)은 전이 구역에 있으며, 여기서 자기력들이 동력 구역의 전 자기력 상태에서 불감 구역의 순 제로 상태로 변화되고 있다.

[0081] 도 6a 내지 도 6h의 4-자석 배열 및 도 15a 내지 도 15h의 8-자석 배열 둘 다가 대칭적 자석 패턴(즉, 각각 정사각형 및 8각형)을 포함하고, 같은 극성의 인접 자극들을 갖는 자석 그룹화들이 있는 점을 알 것이다. 도 6a 내지 도 6h의 4-자석 패턴에서, 2개의 인접한 N-극성 자극들을 갖는 하나의 2-자석 그룹화 및 2개의 인접한 S-

극성 자극들을 갖는 하나의 2-자석 그룹화가 있다. 도 15a 내지 도 15h의 8-자석 패턴에서, 2개의 인접한 N-극성 자극들을 각각 포함하는 2개의 2-자석 그룹화 및 2개의 인접한 S-극성 자극들을 각각 포함하는 2개의 2-자석 그룹화가 있다. 2-자석 그룹화들은 N-극성 자극 그룹화들이 S-극성 자극 그룹화들과 함께 산재되도록 상호 배치된다. 그러나, 이것은 필요 조건이 아니고 8-자석 배열이 4개의 인접한 N-극성 자극들을 갖는 하나의 4-자석 그룹화 및 4개의 인접한 S-극성 자극들을 갖는 하나의 4-자석 그룹화로 구현될 수 있다는 점이 주목된다.

[0082] 이러한 대안적인 8-자석 구성이 도 16a 내지 도 16h에 도시된다. 설명될 것인 바와 같이, 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 상대 회전 및 왕복 운동은 (도 15a 내지 도 15h의 8-자석 구성에서와 같이) 왕복 운동의 속도의 절반인 회전 대신에 이러한 대안적인 8-자석 구성으로 동기화된다. 도 16a 내지 도 16h의 대안적인 8-자석 구성의 다른 특성은 동력 스트로크들이 2개의 구역들 - 부분적 동력 구역 및 전 동력 구역을 갖는 것이다. 부분적 동력 구역에서, 각각의 자기 상호 작용 구역(15A 및 15B)에서의 대향하는 자석들의 6개의 쌍들은 밀기 또는 당기기 힘들을 가할 것이고, 대향하는 자석들의 2개의 남은 쌍들은 반대로 행할 것이다. 전 동력 구역에서, 각각의 자기 상호 작용 구역(15A 및 15B)에서의 대향하는 자석들의 모든 8개의 쌍들은 밀기 또는 당기기 힘들을 가할 것이다.

[0083] 도 16a 내지 도 16h에 대한 해석의 원칙들은 도 6a 내지 도 6h 및 도 15a 내지 도 15h에 대한 해석의 원칙들과 동일하다. 따라서, 각각의 자기 상호 작용 구역(15A 및 15B)에서, 중간 자석 캐리어(12)가 상응하는 제1 또는 제2 자석 캐리어(4 또는 8) "위에" 있는 것으로 도시된다. 도 15a 내지 도 15h에서와 같이, 자석 쌍 극성들이 이하에 열거될 때, 그것들은 각각의 자석 배열의 12시 위치에서 시작하고 시계 바늘 방향 순서로 계속될 것이다. 도 16a는 0° 상사점 상대 회전/왕복 운동 위치에서의 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 대안적인 8-자석 변형을 도시한다. 제1 자기 상호 작용 구역(15A)에서의 자기 상호 작용들은 S-S, S-S, N-S, N-S, N-N, N-N, S-N 및 S-N이다. 제2 자기 상호 작용 구역(15B)에서의 자기 상호 작용들은 S-N, S-N, N-N, N-N, N-S, N-S, S-S 및 S-S이다. 각각의 자기 상호 작용 구역(15A 및 15B)에서, 대향하는 자석 쌍들의 절반은 상호 인력을 위해 정렬되고 다른 절반은 상호 반발력을 위해 정렬된다. 따라서, 도 16a는 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 0° 상사점 상대 왕복 운동 위치의 중심에 위치되는 불감 구역을 도시한다. 알 수 있는 바와 같이, 이러한 불감 구역은 폭이 대략 45°이다.

[0084] 도 16b는 22.5° 상대 회전/왕복 운동 위치에서의 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 대안적인 8-자석 변형을 도시한다. 이러한 위치에서, 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 상대 회전은 불감 구역 회전 위치의 중간 지점과 부분적 동력 구역 회전 위치의 중간 지점 사이의 중간에 있다. 따라서, 자석 캐리어들(4, 8 및 12)은 전이 구역에 있으며, 여기서 자기력들이 불감 구역의 순 제로 상태에서 부분적 동력 구역의 부분 자기력 상태로 변화되고 있다.

[0085] 도 16c는 45° 상대 회전/왕복 운동 위치에서의 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 대안적인 8-자석 변형을 도시한다. 이러한 위치에서, 제1 자기 상호 작용 구역(15A)에서의 자기 상호 작용들은 S-S, S-S, S-S, N-S, N-N, N-N, N-N 및 S-N이다. 이러한 자기 상호 작용 구역에서의 대향하는 자석 쌍들 중 6개는 같은 극성들로 정렬되는 반면에, 대향하는 자석 쌍들 중 2개는 반대 극성이다. 따라서, 제1 자석 캐리어(4) 및 중간 자석 캐리어(12)는 부분적 밀기 힘으로 서로 반발한다. 제2 자기 상호 작용 구역(15B)에서의 자기 상호 작용들은 S-N, S-N, S-N, N-N, N-S, N-S, N-S 및 S-S이다. 이러한 자기 상호 작용 구역에서의 대향하는 자석 쌍들 중 6개는 반대 극성들로 정렬되는 반면에, 대향하는 자석 쌍들 중 2개는 동일 극성이다. 따라서, 제2 자석 캐리어(8) 및 중간 자석 캐리어(12)는 부분적 당기기 힘으로 서로 끌어당긴다. 그러므로, 도 16c는 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 45° 상대 왕복 운동 위치의 중심에 위치되는 제1 부분적 동력 구역을 도시한다. 알 수 있는 바와 같이, 이러한 부분적 동력 구역은 폭이 대략 45°이다.

[0086] 도 16d는 67.5° 회전/왕복 운동 위치에서의 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 대안적인 8-자석 변형을 도시한다. 이러한 위치에서, 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 상대 회전은 부분적 동력구역 회전 위치의 중간 지점과 전 동력 구역 회전 위치의 중간 지점 사이의 중간에 있다. 따라서, 자석 캐리어들(4, 8 및 12)은 전이 구역에 있으며, 여기서 자기력들이 부분적 동력 구역의 부분적 자기력 상태에서 전 동력 구역의 전 자기력 상태로 변화되고 있다.

[0087] 도 16e는 90° 상대 회전/왕복 운동 위치에서의 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 대안적인 8-자석 변형을 도시한다. 이러한 위치에서, 제1 자기 상호 작용 구역(15A)에서의 자기 상호 작용들은 S-S, S-S, S-S, S-S, N-N, N-N, N-N 및 N-N이다. 이러한 자기 상호 작용 구역에서의 대향하는 자석 쌍들 모두는 제1 자석 캐리어(4) 및 중간 자석 캐리어(12)가 최대 밀기 힘으로 서로 반발하도록 같은 극성들로 정렬된다. 제2 자기 상호 작용 구역



(15B)에서의 자기 상호 작용들은 S-N, S-N, S-N, S-N, N-S, N-S, N-S 및 N-S이다. 이러한 자기 상호 작용 구역에서의 대향하는 자석 쌍들 모두는 제2 자석 캐리어(4) 및 중간 자석 캐리어(12)가 최대 당기기 힘으로 서로 끌어당기도록 반대 극성들로 정렬된다. 그러므로, 도 16e는 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 90° 상대 왕복 운동 위치의 중심에 위치되는 전 동력 구역을 도시한다. 알 수 있는 바와 같이, 이러한 전 동력 구역은 폭이 대략 45°이다,

[0088] 도 16f는 112.5° 상대 회전/왕복 운동 위치에서의 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 대안적인 8-자석 변형을 도시한다. 이러한 위치에서, 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 상대 회전은 전 동력 구역 회전 위치의 중간 지점과 부분적 동력 구역 회전 위치의 중간 지점 사이의 중간에 있다. 따라서, 자석 캐리어들(4, 8 및 12)은 전이 구역에 있으며, 여기서 자기력들이 전 동력 구역의 전 자기력 상태에서 부분적 동력 구역의 부분적 자기력 상태로 변화되고 있다.

[0089] 도 16g는 135° 회전/왕복 운동 위치에서의 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 대안적인 8-자석 변형을 도시한다. 이러한 위치에서, 제1 자기 상호 작용 구역(15A)에서의 자기 상호 작용들은 N-S, S-S, S-S, S-S, S-N, N-N, N-N 및 N-N이다. 이러한 자기 상호 작용 구역에서의 대향하는 자석 쌍들 중 6개는 같은 극성들로 정렬되고 대향하는 자석 쌍들 중 2개는 반대 극성이다. 따라서, 제1 자석 캐리어(8) 및 중간 자석 캐리어(12)는 부분적 밀기 힘으로 서로 반발한다. 제2 자기 상호 작용 구역(15B)에서의 자기 상호 작용들은 N-N, S-N, S-N, S-N, S-S, N-S, N-S 및 N-S이다. 이러한 자기 상호 작용 구역에서의 대향하는 자석 쌍들 중 6개는 반대 극성들로 정렬되고 대향하는 자석 쌍들 중 2개는 같은 극성이다. 따라서, 제2 자석 캐리어(8) 및 중간 자석 캐리어(12)는 부분적 당기기 힘으로 서로 끌어당긴다. 그러므로, 도 16g는 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 135° 상대 왕복 운동 위치의 중심에 위치되는 부분적 동력 구역을 도시한다. 알 수 있는 바와 같이, 이러한 부분적 동력 구역은 폭이 대략 45°이다.

[0090] 도 16h는 157.5° 상대 회전/왕복 운동 위치에서의 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 대안적인 8-자석 변형을 도시한다. 이러한 위치에서, 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 상대 회전은 부분적 동력 구역 회전 위치의 중간 지점과 불감 구역 회전 위치의 중간 지점 사이의 중간에 있다. 따라서, 자석 캐리어들(4, 8 및 12)은 전이 구역에 있으며, 여기서 자기력들이 부분적 동력 구역의 부분적 자기력 상태에서 불감 구역의 순 제로 상태로 변화되고 있다.

[0091] 지금까지 논의된 자석 배열들의 각각에서, 중간 자석 캐리어(12)와 제1 및 제2 자석 캐리어들(4 및 8) 사이의 상대 회전은 자기 상호 작용 구역들(15A 및 15B)에서의 대향하는 자석들이 상호 정렬로 회전 가능하게 진행될 때마다 변화되는 자기 상호 작용들을 발생시킨다. 이러한 변화되는 자기 상호 작용들은 명확한 동력 구역들 사이의 중심에 위치되는 명확한 불감 구역들을 포함한다. 자석들의 정렬 위치들은 같은 극성 자석들이 각각의 자석 배열로 그룹화되는 방식에 의해 결정된다.

[0092] 임의의 주어진 자석 캐리어 측면 상의 임의의 주어진 자석 배열을 이해하는 것의 보조로서, 자석 그룹화들 각각 그리고 그 안에 자석들의 극성들을 식별하는 자석 시퀀스로 자석 패턴을 표현하는 것이 도움이 될 수 있다. 예를 들어, 도 6a 내지 도 6h의 4-자석 배열은 NN SS의 자석 시퀀스로 나타내어질 수 있다. 마찬가지로, 도 15a 내지 도 15h의 8-자석 배열은 NN SS NN SS의 자석 시퀀스로 나타내어질 수 있다. 마찬가지로, 도 16a 내지 도 16h의 대안적인 8-자석 배열은 NNNN SSSS의 자석 시퀀스로 나타내어질 수 있다.

[0093] 전술한 목록은 또한 명확한 동력 구역들 사이에 명확한 불감 구역들을 생성하는 다른 자석 배열들을 식별하는데 도움이 될 수 있는 자석 배열 평가 기법에서 사용될 수 있다. 제안된 자석 평가 기법은 상대 회전을 겪는 임의의 2개의 대향하는 자석 캐리어들 사이의 자기 상호 작용들이 자석 캐리어들 중 하나를 고정된 것 그리고 다른 자석 캐리어를 회전되는 것으로 지정함으로써 표현될 것을 가정한다. (전 밀기, 전 당기기 또는 불감 구역 배향과 같은) 선택된 자기 배향에서 시작하여, 2개의 자석 캐리어들의 자석들이 동축 정렬의 위치들로 연속적으로 이동되는 회전되는 자석 캐리어의 연속적 회전 증분들이 묘사될 수 있다. 회전되는 자석 캐리어의 각각의 회전은 그것의 자석 시퀀스 일 위치의 자석들을 우측으로 편이하고, 시퀀스의 가장 우측의 자석을 시퀀스의 시작 부분으로 이동시킴으로써 나타내어질 수 있다. 좌측으로의 위치 조정들이 또한 사용될 수 있다. 따라서, 도 6a 내지 도 6h의 4-자석 배열의 자기 상호 작용들은 표 1에서 이하에 나타낸 방식으로 구해질 수 있다:

[0094] 표 1 - 2-자석 그룹화들로의 4개의 자석들

[0095] 초기 위치 --

[0096] 고정된 자석 캐리어: NN SS

[0097]	회전되는 자석 캐리어: NN SS	4 밀기
[0098]	제1 회전 --	
[0099]	고정된 자석 캐리어: NN SS	불감 구역
[0100]	회전되는 자석 캐리어: SN NS	2 밀기/당기기
[0101]	제2 회전 --	
[0102]	고정된 자석 캐리어: NN SS	
[0103]	회전되는 자석 캐리어: SS NN	4 당기기
[0104]	유사한 방식으로, 도 15a 내지 도 15h의 8-자석 배열의 자기 상호 작용들이 표 2에서 이하에 나타낸 방식으로 구해질 수 있다:	
[0105]	표 2 - 2-자석 그룹화들의 8개의 자석들	
[0106]	초기 위치 --	
[0107]	고정된 자석 캐리어: NN SS NN SS	
[0108]	회전되는 자석 캐리어: NN SS NN SS	8 밀기
[0109]	제1 회전 --	
[0110]	고정된 자석 캐리어: NN SS NN SS	불감 구역
[0111]	타이밍 휠: SN NS SN NS	4 밀기/당기기
[0112]	제2 회전 --	
[0113]	고정된 자석 캐리어: NN SS NN SS	
[0114]	회전되는 자석 캐리어: SS NN SS NN	8 당기기
[0115]	도 16a 내지 도 16h의 대안적인 8-자석 배열의 자기 상호 작용들이 표 3에서 이하에 나타낸 방식으로 마찬가지로 구해질 수 있다:	
[0116]	표 3 - 4-자석 그룹화들의 8개의 자석들	
[0117]	초기 위치 --	
[0118]	고정된 자석 캐리어: NNNN SSSS	
[0119]	회전되는 자석 캐리어: NNNN SSSS	8 밀기
[0120]	제1 회전 --	
[0121]	고정된 자석 캐리어: NNNN SSSS	
[0122]	회전되는 자석 캐리어: SNNN NSSS	6 밀기/당기기
[0123]	제2 회전 --	
[0124]	고정된 자석 캐리어: NNNN SSSS	불감 구역
[0125]	타이밍 휠: SSNN NSSS	4 밀기/당기기
[0126]	제3 회전 --	
[0127]	고정된 자석 캐리어: NNNN SSSS	
[0128]	회전되는 자석 캐리어: SSSN NNNS	2 밀기, 6 당기기
[0129]	제4 회전 --	
[0130]	고정된 자석 캐리어: NNNN SSSS	

- [0131] 회전되는 자석 캐리어: SSSS NNNN 8 밀기
- [0132] 명확한 동력 구역들 사이의 중심에 위치되는 명확한 불감 구역들을 생성할 부가 자석 배열들의 예들은 12-자석 배열들, 16-자석 배열들, 20-자석 구성들, 및 다른 4 자석 배수들을 포함한다. 12-자석, 16-자석 및 20-자석 구성들의 각각에서, 자석들은 2개의 인접한 같은 극성의 자극들을 갖는 2-자석 그룹화들로 배열될 수 있으며, N-극성 그룹화들이 S-극성 그룹화들과 상호 배치되도록 2-자석 그룹화들이 상호 배치된다. 2-자석 그룹화들을 갖는 12-자석 배열은 NN SS NN SS NN SS의 자석 시퀀스를 가질 것이다. 2-자석 그룹화들을 갖는 16-자석 배열은 NN SS NN SS NN SS NN SS의 자석 시퀀스를 가질 것이다. 2-자석 그룹화들을 갖는 20-자석 배열은 NN SS NN SS NN SS NN SS NN SS의 자석 시퀀스를 가질 것이다.
- [0133] 대안적으로, 자석들은 n개의 인접한 같은 극성의 자극들을 갖는 n-자석 그룹화들로 배열될 수 있으며, 여기서 n은 자석들의 총수의 절반이다. 예를 들어, 12-자석 배열은 이하와 같이 6개의 인접한 N 극성 극들을 갖는 하나의 6-자석 그룹화 및 6개의 인접한 S-극성 극들을 갖는 다른 6-자석 그룹화를 가질 수 있다: NNNNNN SSSSSS. 16-자석 배열은 이하와 같이 8개의 인접한 N 극성 극들을 갖는 하나의 8-자석 그룹화 및 8개의 인접한 S-극성 극들을 갖는 다른 8-자석 그룹화를 가질 수 있다: NNNNNNNN SSSSSSSS. 16-자석 배열에서, 4개의 인접한 같은 극성의 자극들을 갖는 4-자석 그룹화들이 이하와 같이 또한 사용될 수 있으며, N-극성 그룹화들이 S-극성 그룹화들과 다시 상호 배치됨을 주목해야 한다: NNNN SSSS NNNN SSSS. 20-자석 배열은 이하와 같이 10개의 인접한 N 극성의 자극들을 갖는 하나의 10-자석 그룹화 및 10개의 인접한 S-극성의 자극들을 갖는 다른 10-자석 그룹화를 가질 수 있다: NNNNNNNNNN SSSSSSSSSS.
- [0134] 도 15a 내지 도 15h 및 도 16a 내지 도 16h의 8-자석 배열들의 논의에서, 같은 극성의 인접 자극들의 4-자석 그룹화들을 갖는 배열이 부분적 동력 구역들을 생성했는데 반해 2-자석 그룹화들을 갖는 배열은 그렇지 않았다는 것을 알았다. 상술된 자석 배열 평가 기법을 사용하여, 명확한 동력 구역들 사이의 중심에 위치되는 명확한 불감 구역들을 생성하는 임의의 자석 배열의 경우, 같은 극성의 인접한 극들의 2-자석 그룹화들을 갖는 자석 배열들만이 부분적 동력 구역들 없이 불감 구역들을 생성할 것이라는 것을 입증할 수 있다. 이것은 하기 표 4, 표 5 및 표 6에 예시되며, 이들은 각각 같은 극성의 인접한 극들로의 2-자석 그룹화들을 갖는 12-자석, 16-자석 및 20-자석 배열들을 각각 예시한다.
- [0135] 표 4 - 2-자석 그룹화들로의 12개의 자석들
- [0136] 초기 위치 --
- [0137] 고정된 자석 캐리어: NN SS NN SS NN SS
- [0138] 회전되는 자석 캐리어: NN SS NN SS NN SS 12 밀기
- [0139] 제1 회전 --
- [0140] 고정된 자석 캐리어: NN SS NN SS NN SS 불감 구역
- [0141] 회전되는 자석 캐리어: SN NS SN NS SN NS 6 밀기/당기기
- [0142] 제2 회전 --
- [0143] 고정된 자석 캐리어: NN SS NN SS NN SS
- [0144] 회전되는 자석 캐리어: SS NN SS NN SS NN 12 당기기
- [0145] 표 5 - 2-자석 그룹화들로의 16개의 자석들
- [0146] 초기 위치 --
- [0147] 고정된 자석 캐리어: NN SS NN SS NN SS NN SS
- [0148] 회전되는 자석 캐리어: NN SS NN SS NN SS NN SS 16 밀기
- [0149] 제1 회전 --
- [0150] 고정된 자석 캐리어: NN SS NN SS NN SS NN SS 불감 구역
- [0151] 회전되는 자석 캐리어: SN NS SN NS SN NS SN NS 8 밀기/당기기
- [0152] 제2 회전 --

[0153]	고정된 자석 캐리어: NN SS NN SS NN SS NN SS	
[0154]	회전되는 자석 캐리어: SS NN SS NN SS NN SS NN	16 당기기
[0155]	표 6 - 2-자석 그룹화들로의 20개의 자석들	
[0156]	초기 위치 --	
[0157]	고정된 자석 캐리어: NN SS NN SS NN SS NN SS NN SS	
[0158]	회전되는 자석 캐리어: NN SS NN SS NN SS NN SS NN SS	20 밀기
[0159]	제1 회전 --	
[0160]	고정된 자석 캐리어: NN SS NN SS NN SS NN SS NN SS	불감 구역
[0161]	타이밍 휠: SN NS SN NS SN NS SN NS SN NS	10 밀기/당기기
[0162]	제2 회전 --	
[0163]	고정된 자석 캐리어: NN SS NN SS NN SS NN SS NN SS	
[0164]	회전되는 자석 캐리어: SS NN SS NN SS NN SS NN SS NN	20 당기기
[0165]	<p>명확한 동력 구역들 사이의 중심에 위치되는 명확한 불감 구역들을 생성하는 모든 다른 자석 배열들은 (또한 표 2에 도시되는) 도 16a 내지 도 16h의 대안적인 8-자석 배열의 경우와 같이 또한 부분적 동력 구역들을 생성할 것이다. 몇몇 경우들에서 각각의 불감 구역과 각각의 전 동력 구역 사이에 수개의 부분적 동력 구역들이 있을 것이다. 예를 들어, NNNNNN SSSSSS의 자석 시퀀스를 갖는 12-자석 배열에서, 각각의 불감 구역과 각각의 전 동력 구역 사이에 2개의 부분적 동력 구역들이 있을 것이다. 이것은 표 7에서 이하에 나타내어진다:</p>	
[0166]	표 7 - 6-자석 그룹화들로의 12개의 자석들	
[0167]	초기 위치 --	
[0168]	고정된 자석 캐리어: NNNNNN SSSSSS	
[0169]	회전되는 자석 캐리어: NNNNNN SSSSSS	12 밀기
[0170]	제1 회전 --	
[0171]	고정된 자석 캐리어: NNNNNN SSSSSS	
[0172]	회전되는 자석 캐리어: SNNNNN NSSSSS	10 밀기, 2 당기기
[0173]	제2 회전 --	
[0174]	고정된 자석 캐리어: NNNNNN SSSSSS	
[0175]	회전되는 자석 캐리어: SSNNNN NNSSSS	8 밀기, 4 당기기
[0176]	제3 회전 --	
[0177]	고정된 자석 캐리어: NNNNNN SSSSSS	불감 구역
[0178]	회전되는 자석 캐리어: SSSNNN NNNSSS	6 밀기/당기기
[0179]	제4 회전 --	
[0180]	고정된 자석 캐리어: NNNNNN SSSSSS	
[0181]	회전되는 자석 캐리어: SSSSNN NNNNSS	4 밀기, 8 당기기
[0182]	제5 회전 --	
[0183]	고정된 자석 캐리어: NNNNNN SSSSSS	
[0184]	회전되는 자석 캐리어: SSSSSN NNNNNS	2 밀기, 10 당기기
[0185]	제6 회전 --	

[0186]	고정된 자석 캐리어: NNNNNN SSSSSS	
[0187]	회전되는 자석 캐리어: SSSSSS NNNNNN	12 당기기
[0188]	NNNNNNNN SSSSSSSS의 자석 시퀀스를 갖는 16-자석 배열에서, 각각의 불감 구역과 각각의 전 동력 구역 사이에 3개의 부분적 동력 구역들이 있을 것이다. 이것은 표 8에서 이하에 나타내어진다:	
[0189]	표 8 - 8-자석 그룹화들로의 16개의 자석들	
[0190]	초기 위치 --	
[0191]	고정된 자석 캐리어: NNNNNNNN SSSSSSSS	
[0192]	회전되는 자석 캐리어: NNNNNNNN SSSSSSSS	16 밀기
[0193]	제1 회전 --	
[0194]	고정된 자석 캐리어: NNNNNNNN SSSSSSSS	
[0195]	회전되는 자석 캐리어: SNNNNNNN NSSSSSSS	14 밀기, 2 당기기
[0196]	제2 회전 --	
[0197]	고정된 자석 캐리어: NNNNNNNN SSSSSSSS	
[0198]	회전되는 자석 캐리어: SSNNNNNN NNSSSSSS	12 밀기, 4 당기기
[0199]	제3 회전 --	
[0200]	고정된 자석 캐리어: NNNNNNNN SSSSSSSS	
[0201]	회전되는 자석 캐리어: SSSNNNNN NNNSSSSS	10 밀기, 6 당기기
[0202]	제4 회전 --	
[0203]	고정된 자석 캐리어: NNNNNNNN SSSSSSSS	불감 구역
[0204]	회전되는 자석 캐리어: SSSSNNNN NNNSSSSS	8 밀기/당기기
[0205]	제5 회전 --	
[0206]	고정된 자석 캐리어: NNNNNNNN SSSSSSSS	
[0207]	회전되는 자석 캐리어: SSSSNNN NNNNNSSS	6 밀기, 10 당기기
[0208]	제6 회전 --	
[0209]	고정된 자석 캐리어: NNNNNNNN SSSSSSSS	
[0210]	회전되는 자석 캐리어: SSSSSNN NNNNNSSS	4 밀기, 12 당기기
[0211]	제7 회전 --	
[0212]	고정된 자석 캐리어: NNNNNNNN SSSSSSSS	
[0213]	회전되는 자석 캐리어: SSSSSSN NNNNNNS	2 밀기, 14 당기기
[0214]	제8 회전 --	
[0215]	고정된 자석 캐리어: NNNNNNNN SSSSSSSS	
[0216]	회전되는 자석 캐리어: SSSSSSSS NNNNNNNN	16 당기기
[0217]	반면에, NNNN SSSS NNNN SSSS의 자석 시퀀스를 갖는 16개의 자석 배열에서, 각각의 불감 구역과 각각의 전 동력 구역 사이에 하나의 부분적 동력 구역이 있을 것이다. 이것은 표 9에서 이하에 나타내어진다:	
[0218]	표 9 - 4-자석 그룹화들로의 16개의 자석들	
[0219]	초기 위치 --	

[0220]	고정된 자석 캐리어: NNNN SSSS NNNN SSSS	
[0221]	회전되는 자석 캐리어: NNNN SSSS NNNN SSSS	16 밀기
[0222]	제1 회전 --	
[0223]	고정된 자석 캐리어: NNNN SSSS NNNN SSSS	
[0224]	회전되는 자석 캐리어: SNNN NSSS SNNN NSSS	12 밀기, 4 당기기
[0225]	제2 회전 --	
[0226]	고정된 자석 캐리어: NNNN SSSS NNNN SSSS	불감 구역
[0227]	회전되는 자석 캐리어: SSNN NNSS SSNN NNSS	8 밀기/당기기
[0228]	제3 회전 --	
[0229]	고정된 자석 캐리어: NNNN SSSS NNNN SSSS	
[0230]	회전되는 자석 캐리어: SSSN NNNS SSSN NNNS	4 밀기, 12 당기기
[0231]	제4 회전 --	
[0232]	고정된 자석 캐리어: NNNN SSSS NNNN SSSS	
[0233]	회전되는 자석 캐리어: SSSS NNNN SSSS NNNN	16 당기기
[0234]	NNNNNNNNNN SSSSSSSSSS의 자석 시퀀스를 갖는 20-자석 배열에서, 각각의 불감 구역과 각각의 전 동력 구역 사이에 4개의 부분적 동력 구역들이 있을 것이다. 이것은 표 10에서 이하에 나타내어진다:	
[0235]	표 10 - 10-자석 그룹화들로의 20개의 자석들	
[0236]	초기 위치 --	
[0237]	고정된 자석 캐리어: NNNNNNNNNN SSSSSSSSSS	
[0238]	회전되는 자석 캐리어: NNNNNNNNNN SSSSSSSSSS	20 밀기
[0239]	제1 회전 --	
[0240]	고정된 자석 캐리어: NNNNNNNNNN SSSSSSSSSS	
[0241]	회전되는 자석 캐리어: SNNNNNNNNN NSSSSSSSSS	18 밀기, 2 당기기
[0242]	제2 회전 --	
[0243]	고정된 자석 캐리어: NNNNNNNNNN SSSSSSSSSS	
[0244]	회전되는 자석 캐리어: SSNNNNNNNN NNSSSSSSSS	16 밀기, 4 당기기
[0245]	제3 회전 --	
[0246]	고정된 자석 캐리어: NNNNNNNNNN SSSSSSSSSS	
[0247]	회전되는 자석 캐리어: SSSNNNNNNN NNNSSSSSSS	14 밀기, 6 당기기
[0248]	제4 회전 --	
[0249]	고정된 자석 캐리어: NNNNNNNNNN SSSSSSSSSS	
[0250]	회전되는 자석 캐리어: SSSSNNNNNN NNNSSSSSSS	12 밀기, 8 당기기
[0251]	제5 회전 --	
[0252]	고정된 자석 캐리어: NNNNNNNNNN SSSSSSSSSS	불감 구역
[0253]	회전되는 자석 캐리어: SSSSNNNNNN NNNNNSSSSS	10 밀기/당기기
[0254]	제6 회전 --	

- [0255] 고정된 자석 캐리어: NNNNNNNNNN SSSSSSSSSS
- [0256] 회전되는 자석 캐리어: SSSSSNNNN NNNNNSSSS 8 밀기, 12 당기기
- [0257] 제7 회전 --
- [0258] 고정된 자석 캐리어: NNNNNNNNNN SSSSSSSSSS
- [0259] 회전되는 자석 캐리어: SSSSSNNNN NNNNNSSSS 6 밀기, 14 당기기
- [0260] 제8 회전 --
- [0261] 고정된 자석 캐리어: NNNNNNNNNN SSSSSSSSSS
- [0262] 회전되는 자석 캐리어: SSSSSSSNN NNNNNNNSS 4 밀기, 16 당기기
- [0263] 제9 회전 --
- [0264] 고정된 자석 캐리어: NNNNNNNNNN SSSSSSSSSS
- [0265] 회전되는 자석 캐리어: SSSSSSSSN NNNNNNNNS 2 밀기, 18 당기기
- [0266] 제10 회전 --
- [0267] 고정된 자석 캐리어: NNNNNNNNNN SSSSSSSSSS
- [0268] 회전되는 자석 캐리어: SSSSSSSSS NNNNNNNNN 20 당기기
- [0269] 앞서 언급된 바와 같이, 명확한 동력 구역들 사이의 중심에 위치되는 명확한 불감 구역들을 제공하는 원하는 특성이 임의의 주어진 자석 캐리어 측면 상에 동등 수의 N 및 S 극들인 짝수의 자석들을 갖는 자석 배열들에 의해 생성될 것이며, N 및 S 극들이 같은 극성의 짝수의 인접한 자석들을 갖는 자석 그룹화들로 배열되는 것이 예상된다.
- [0270] 지금까지 개시된 자기 구동 장치 구성들이 이중 자기 상호 작용 구역들(15A 및 15B)을 형성하도록 배열된 3개의 자석 캐리어들(4, 8 및 12)을 갖지만, 다른 구성들이 또한 가능할 것이다. 예를 들어, 본 명세서에 따른 자기 구동 장치는 단일 자기 상호 작용 구역을 형성하도록 배열된 2개의 대향하는 자석 캐리어들로 구성될 수 있다. 이전의 구성들에서와 같이, 대향하는 자석 배열들은 대향하는 자석 캐리어들이 상대 회전될 때, 자기 상호 작용들을 발생시키도록 구성된다.
- [0271] 도 17 내지 도 20은 2개의 자석 캐리어들을 사용하는 단일-자기 상호 작용 구역 실시예를 나타내는 예시적 자기 구동 장치 구성(2D)을 도시한다. 자기 구동 장치 구성(2D)에서, 단일 자기 상호 작용 구역(15A)을 제공하는 제1 자석 캐리어(4) 및 중간 자석 캐리어(12)만이 있다. 제2 자석 캐리어(8) 및 제2 자기 상호 작용 구역(15B)은 존재하지 않는다. 대향하는 자석 캐리어들(4 및 12)의 상대 회전(화살표들 "A" 및 "B" 참조) 동안 자기 상호 작용 구역(15A)에서의 자기 상호 작용들은 상대 회전의 동력 구역 부분들 동안 자석 캐리어들이 제1 및 제2 스트로크 방향들로 상대 왕복 운동을 하게 하는 동력 스트로크 힘들을 발생시킨다.
- [0272] 동력 구역들은 도 17 및 도 18에 도시되고, 상호 동축으로 정렬되고 최대 밀기 또는 당기기 자기력들을 발생시키는 대향하는 자석 배열들(6 및 14)의 대향하는 자극들에 의해 특성화된다. 특히, 도 17은 제1 동력 구역을 도시하며, 여기서 자석 캐리어들(4 및 12)이 서로로부터 멀리 반발되고(화살표들 "D" 참조), 도 18은 제2 동력 구역을 도시하며, 여기서 자석 캐리어들이 서로를 향해 끌어당겨진다(화살표들 "E" 참조). 자기 상호 작용들은 상대 회전의 불감 구역 부분들 동안 실질적으로 어떤 동력 스트로크 힘들도 발생시키지 않는다. 불감 구역 위치들은 도 19 및 도 20에 예시되고, 상호 동축으로 정렬되지만 밀기 및 당기기 자기력들의 실질적으로 동등한 균형을 생성하는 대향하는 자석 배열들(6 및 14)의 대향하는 자극들에 의해 특성화된다. 이전 실시예들에서와 같이, 상대 회전 및 왕복 운동은 불감 구역들이 자석 캐리어들(4 및 12)의 상사점 및 하사점 상대 왕복 운동 위치들과 동시에 발생하고, 자기 구동 장치가 상사점 상대 왕복 운동 위치와 하사점 상대 왕복 운동 위치 사이에 있을 때 동력 구역들이 발생하도록 동기화될 수 있다. 마찬가지로, 상대 회전 및 왕복 운동은 상기 불감 구역들이 위치 또는 크기가 동적으로 조정 가능하도록 동기화될 수 있다.
- [0273] 부가 자기 구동 장치 구성들이 다수의 세트들의 자석 캐리어들을 사용하여 구현될 수 있다는 점이 이해될 것이다. 하나의 예시적 구성이 도 21의 자기 구동 장치 구성(2E)으로 도시된다. 자기 구동 장치 구성(2E)은 메인 샤프트(16) 상에 실장되는 제1, 제2 및 중간 자석 캐리어들(4, 8 및 12)을 각각 포함하는 2개의 세트들의 자석 캐



리어들이 있는 것을 제외하면, 도 7의 자기 구동 장치 구성(2A)에 기반한다. 자기 구동 장치 구성(2A)에서와 같이, 입력 구동 구성 요소(21)는 메인 샤프트(16)의 제1 단부(20)에 동작적으로 결합된다. 메인 샤프트(16)의 제2 단부(22)는 크랭크샤프트와 같은 단일 회전 출력(23)에 동작적으로 결합된다.

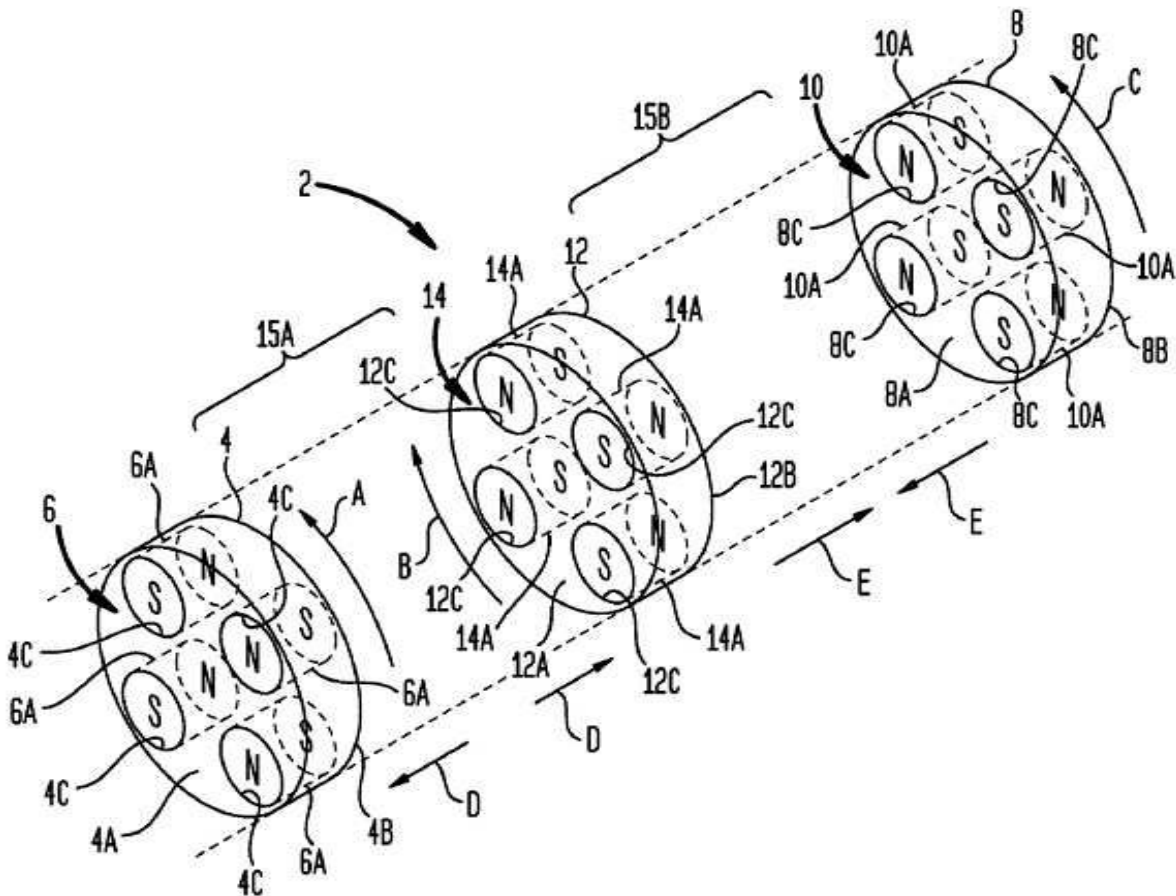
[0274] 도 21은 각각이 제1, 제2 및 중간 자석 캐리어들(4, 8 및 12)의 그것 자체의 세트를 갖는 2개의 메인 샤프트들(16)이 있는 것을 제외하면, 도 7의 자기 구동 장치 구성(2A)에 또한 기반하는 다른 자기 구동 장치 구성(2F)을 도시한다. 각각의 메인 샤프트(16)는 제1 샤프트 단부(20)에 동작적으로 결합되는 그것 자체의 입력 구동 구성 요소(21)를 갖는다. 그러나, 각각의 메인 샤프트(16)의 제2 단부(22)는 크랭크샤프트와 같은 단일 회전 출력(23)에 동작적으로 결합된다.

[0275] 도 19 및 도 20의 실시예들이 임의의 수의 자석 캐리어 세트들을 가질 수 있다는 점이 이해될 것이다. 도시된 바와 같이, 각각의 자석 캐리어 세트는 2개의 자기 상호 작용 구역들을 형성하는 3개의 자석 캐리어들을 가질 수 있다. 대안적으로, 자석 세트들의 일부 또는 모두는 도 15 내지 도 18의 실시예에 기반할 수 있으며, 2개의 자석 캐리어들이 하나의 자기 상호 작용 구역을 형성한다.

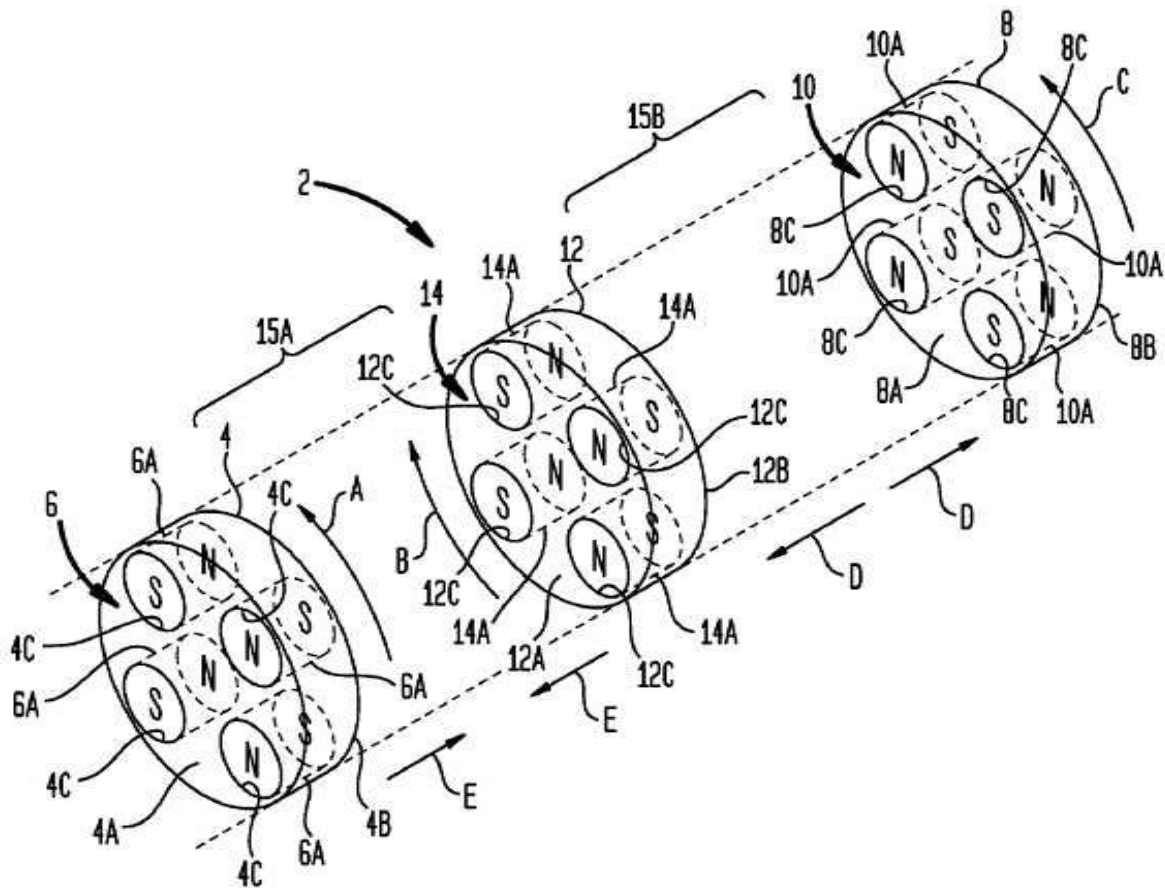
[0276] 따라서, 수 개의 자기 구동 장치 및 관련된 동작 방법들이 개시되었다. 다양한 실시예들이 설명되었지만, 많은 변형들 및 대안적인 실시예들이 본원에 개시된 발명 개념들에 따라 구현될 수 있다는 점이 분명할 것이다. 그러므로, 본 발명이 첨부된 청구항들 및 그것들의 균등물들의 사상에 따르는 것을 제외하고 어떠한 방식에 제한되는 것이 아니라는 것을 이해해야 할 것이다.

## 도면

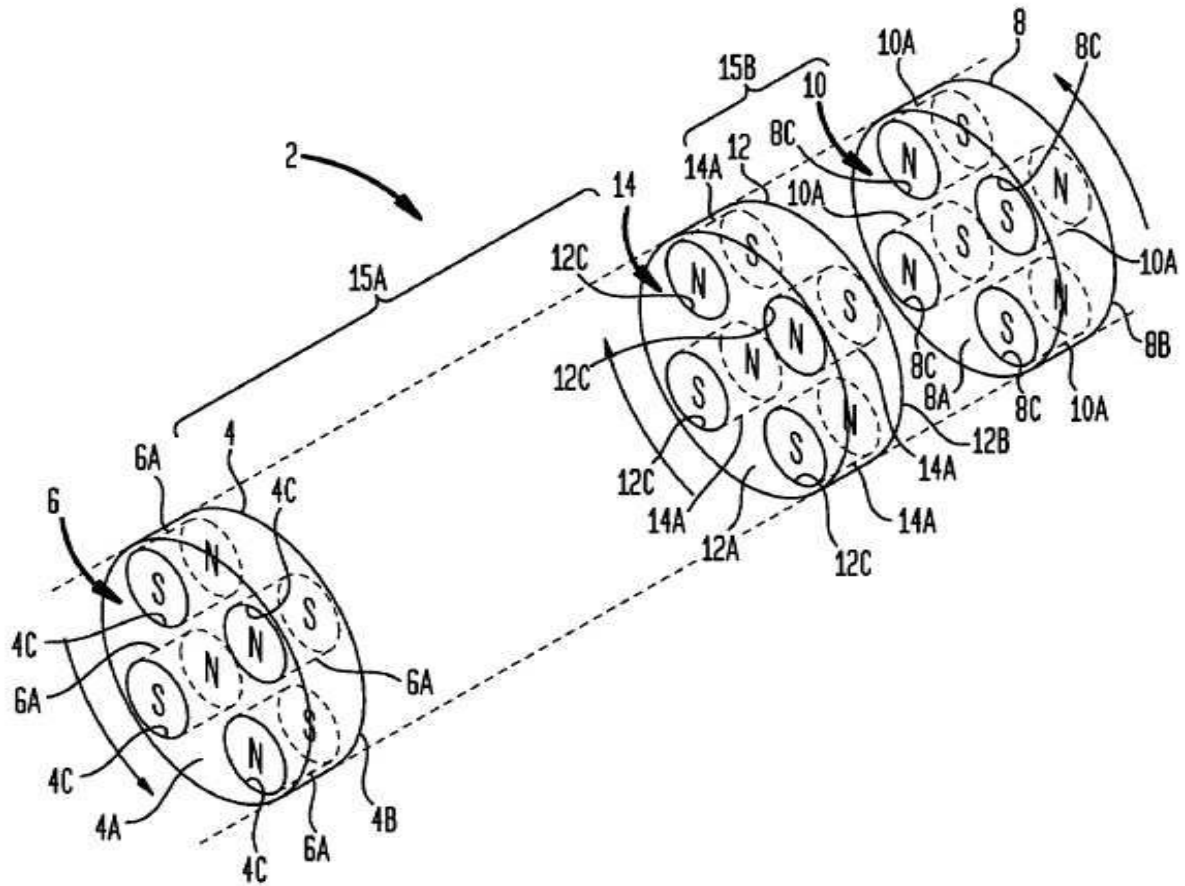
### 도면1



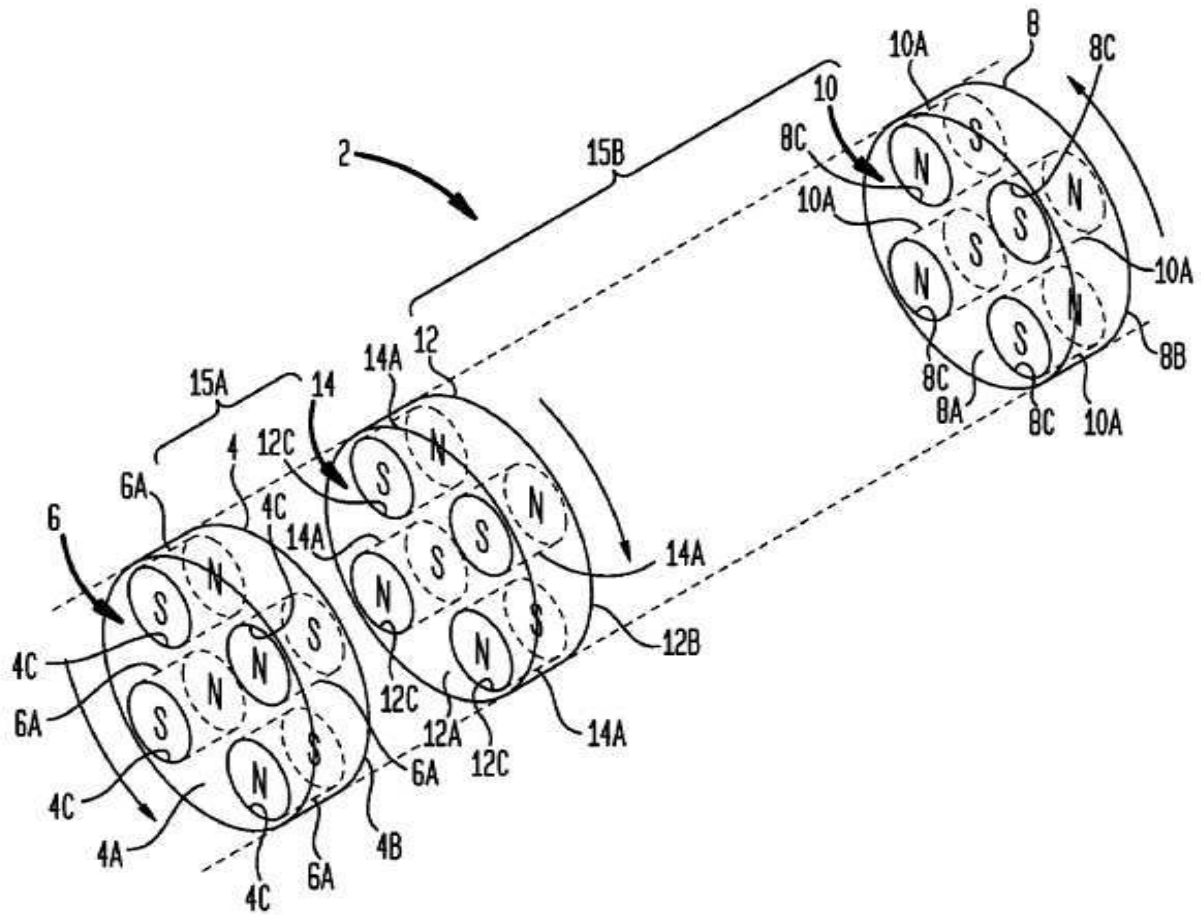
도면2



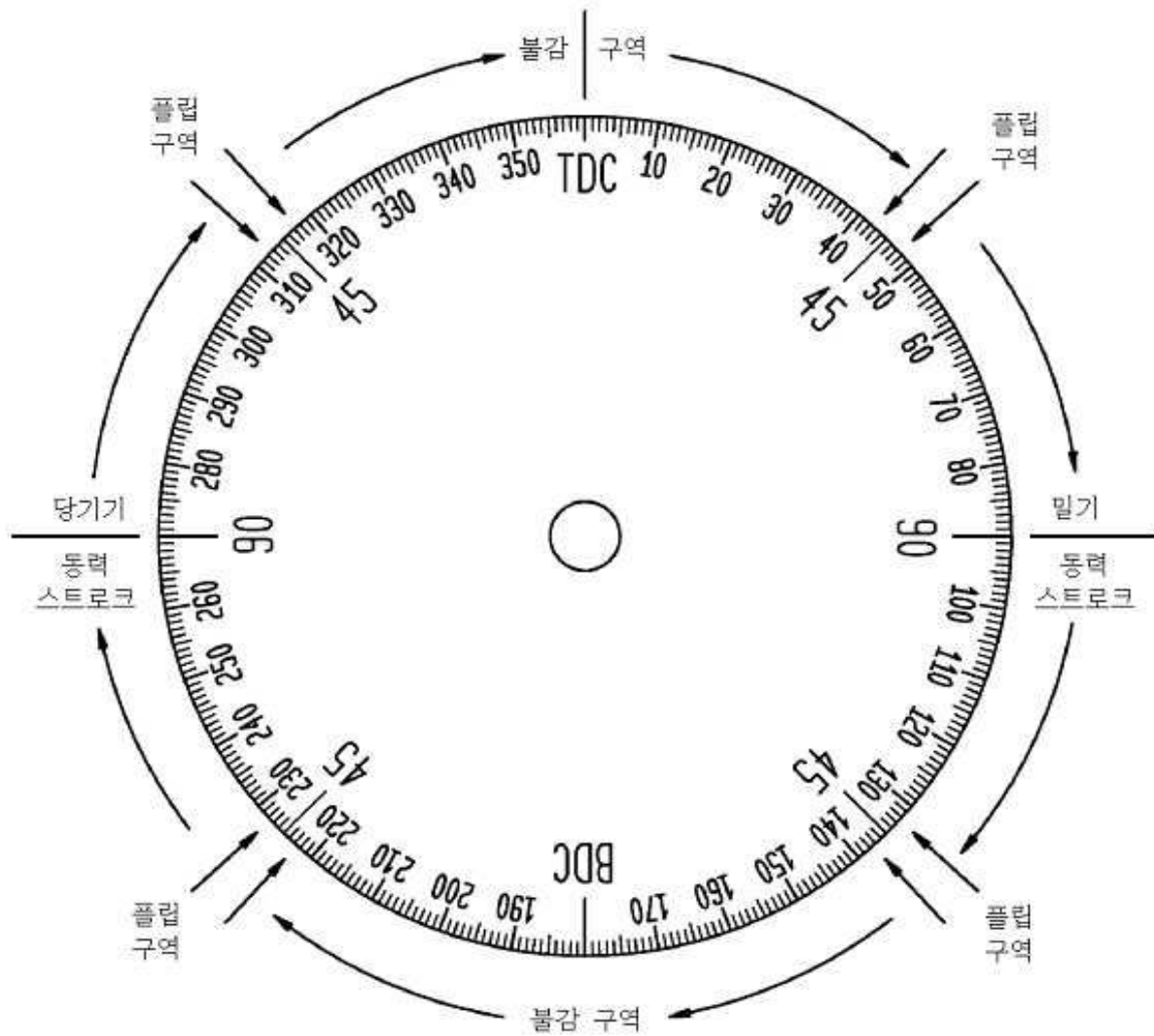
도면3



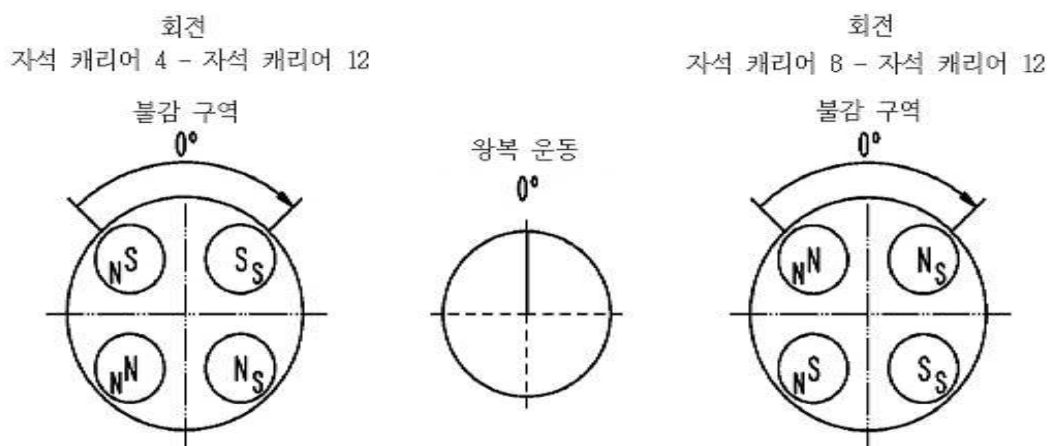
도면4



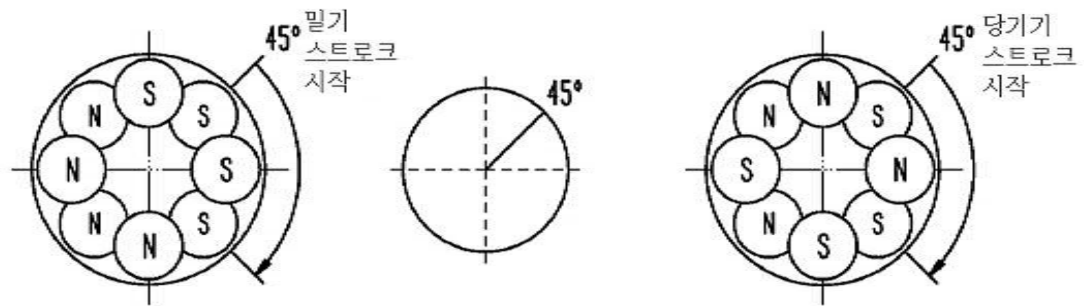
도면5



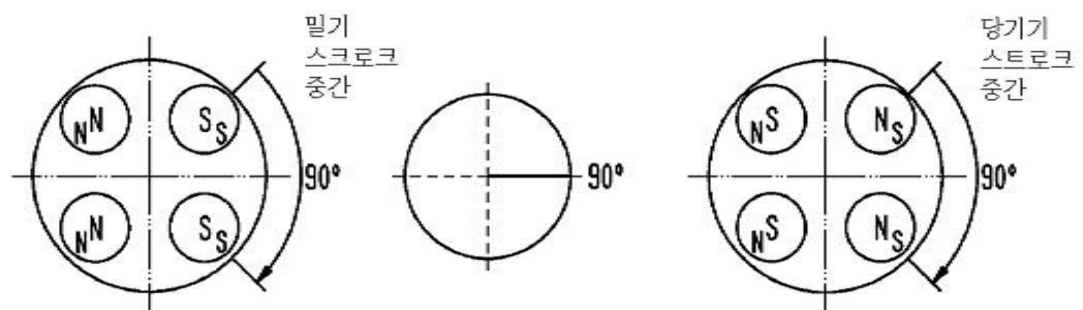
도면6a



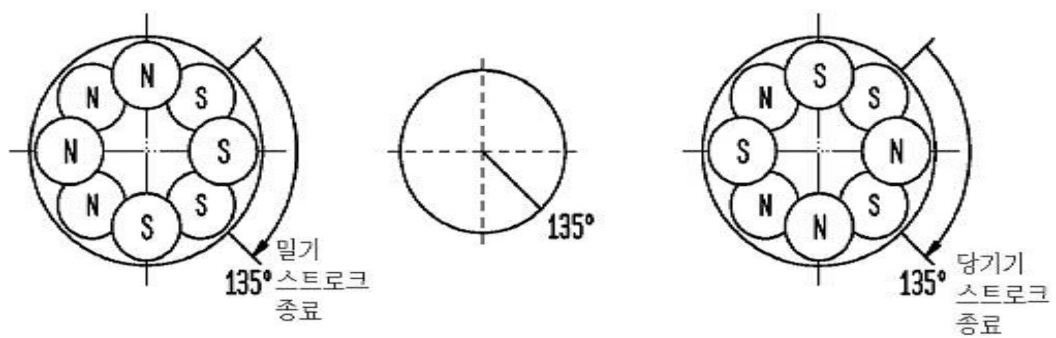
도면6b



도면6c



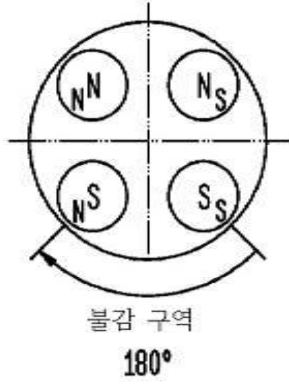
도면6d



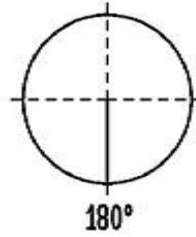


도면6e

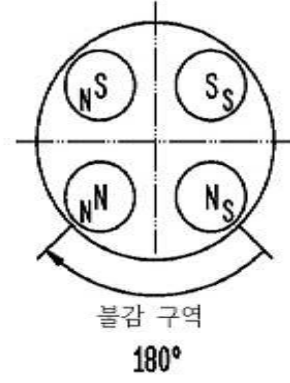
회전  
자석 캐리어 4 - 자석 캐리어 12



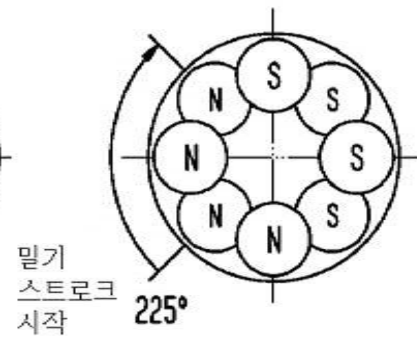
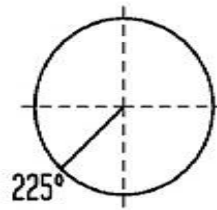
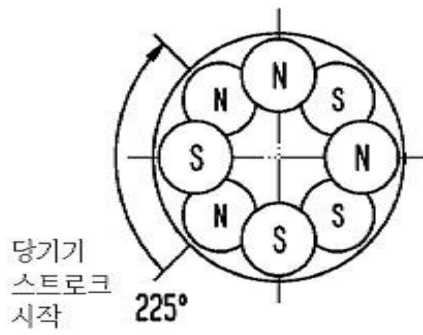
왕복 운동



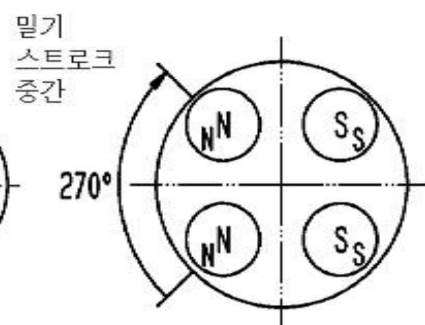
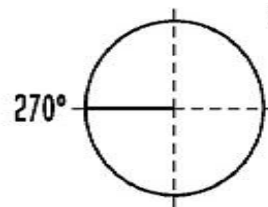
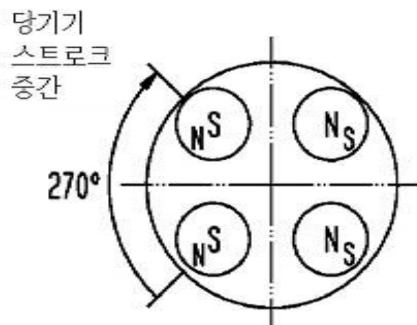
회전  
자석 캐리어 8 - 자석 캐리어 12



도면6f

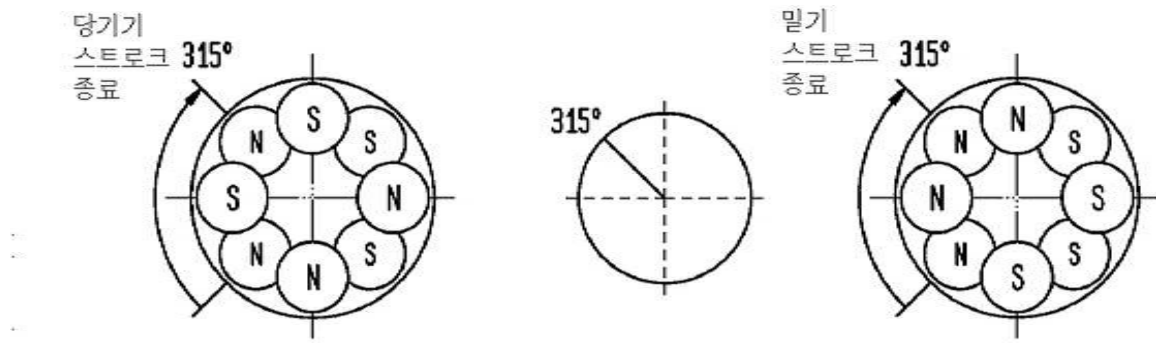


도면6g

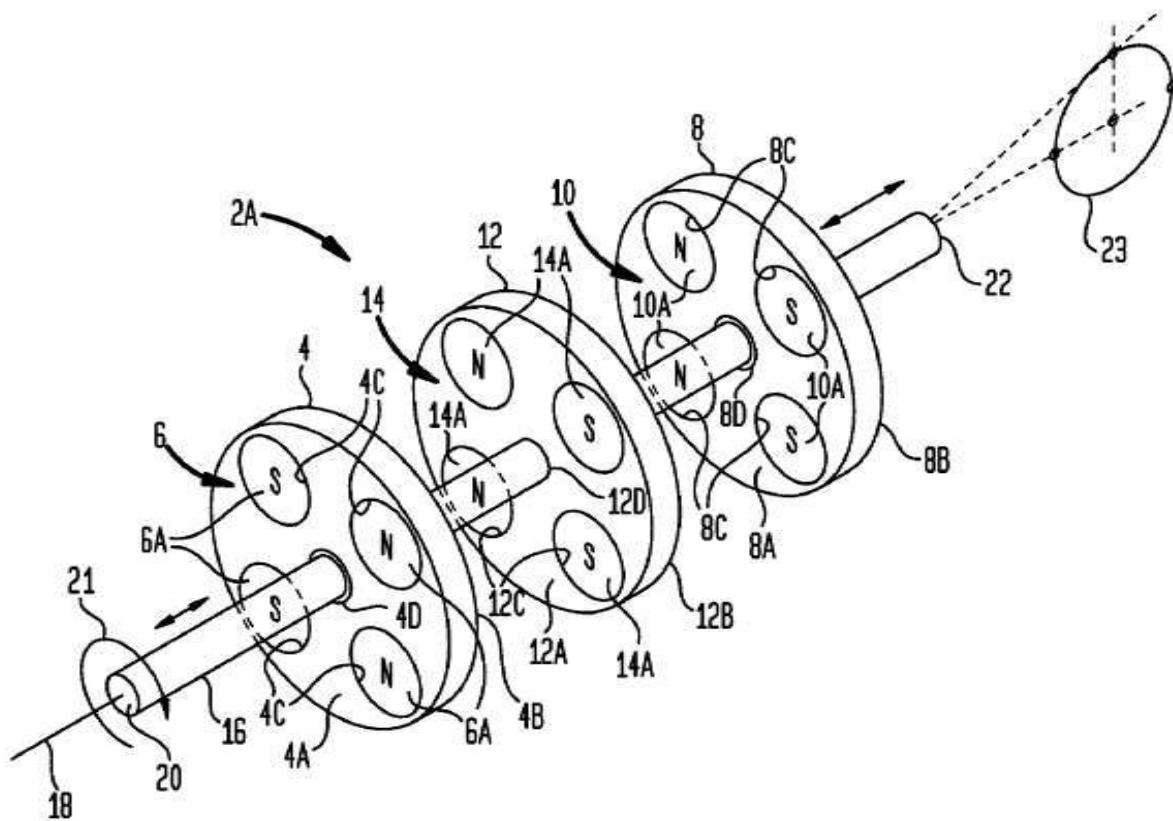




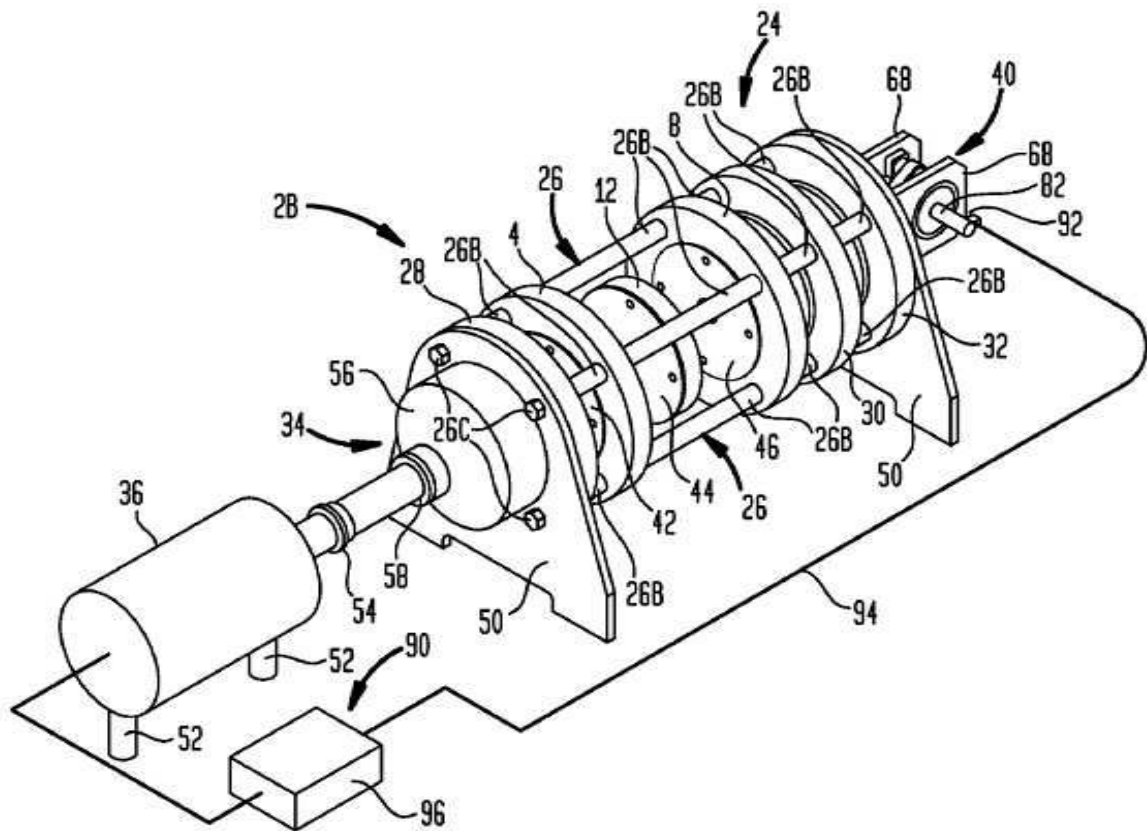
도면6h



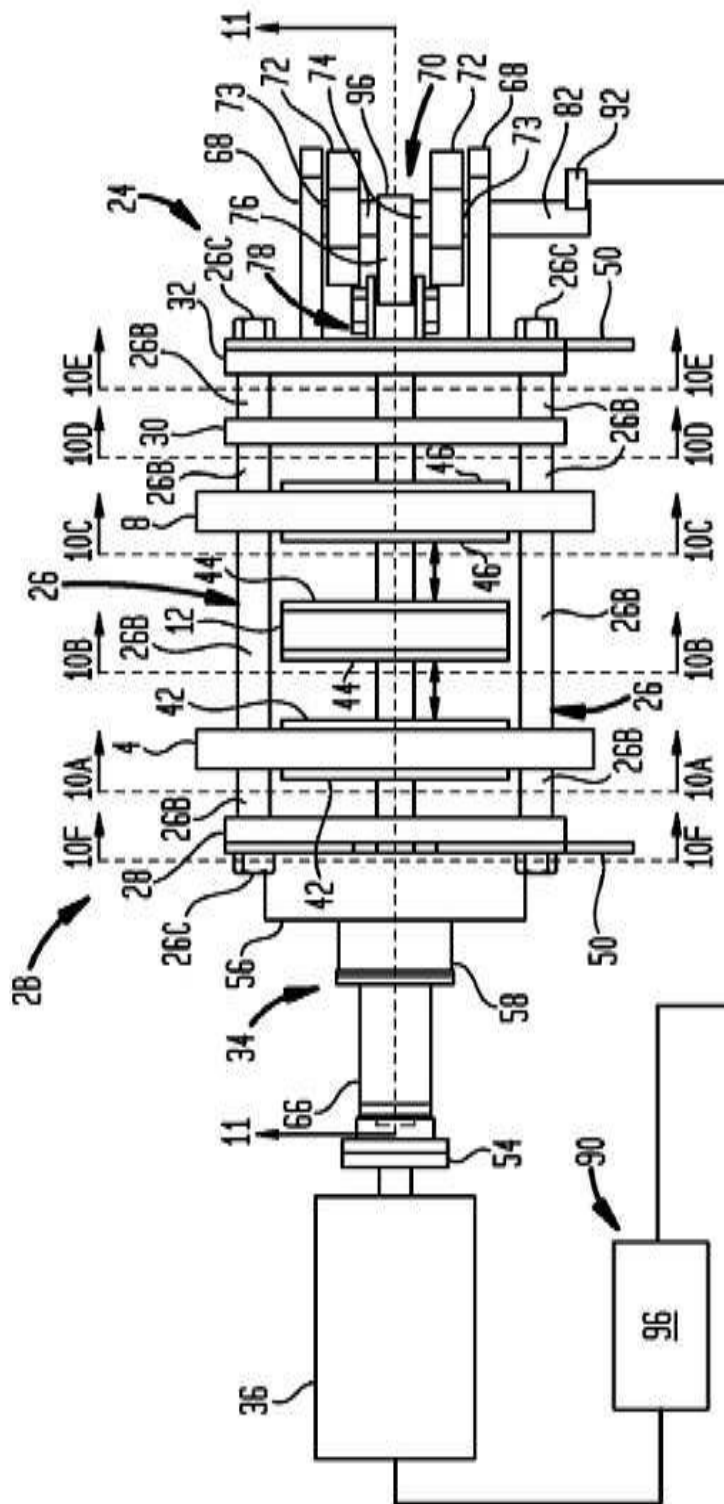
도면7



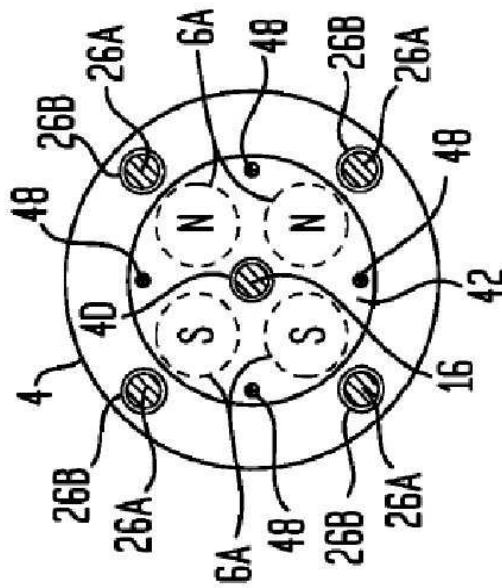
도면8



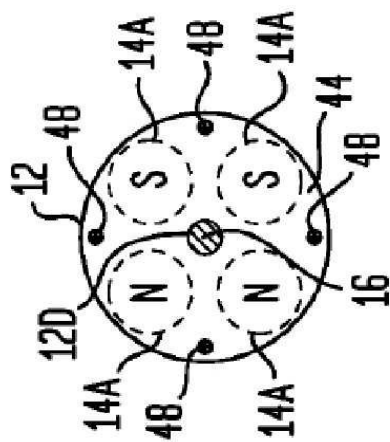
도면9



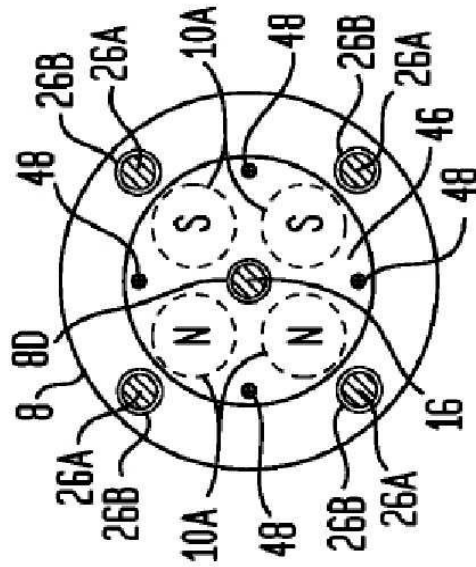
도면10a



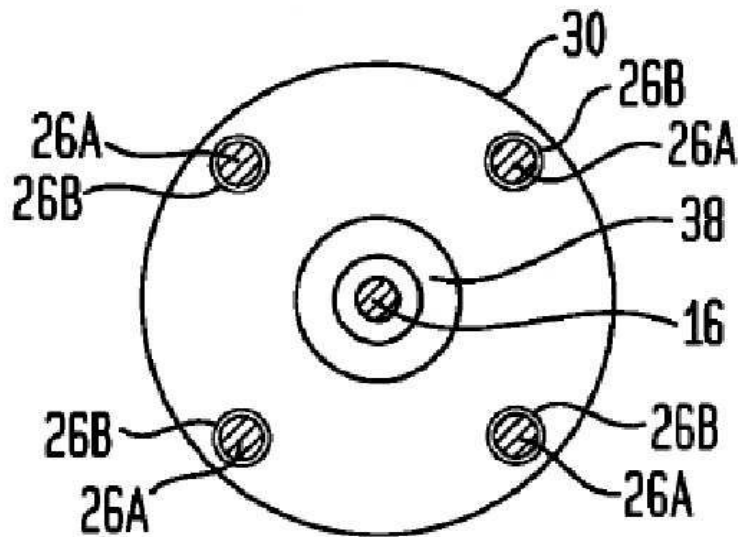
도면10b



도면10c

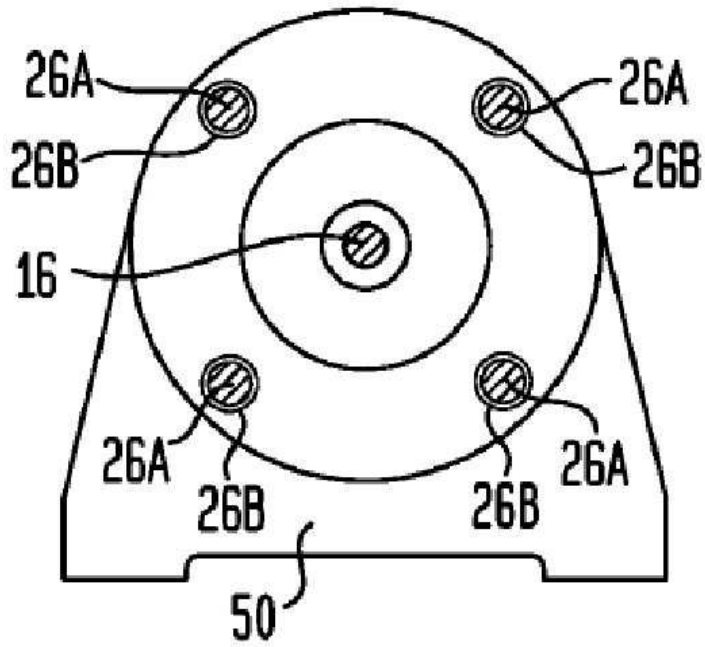


도면10d

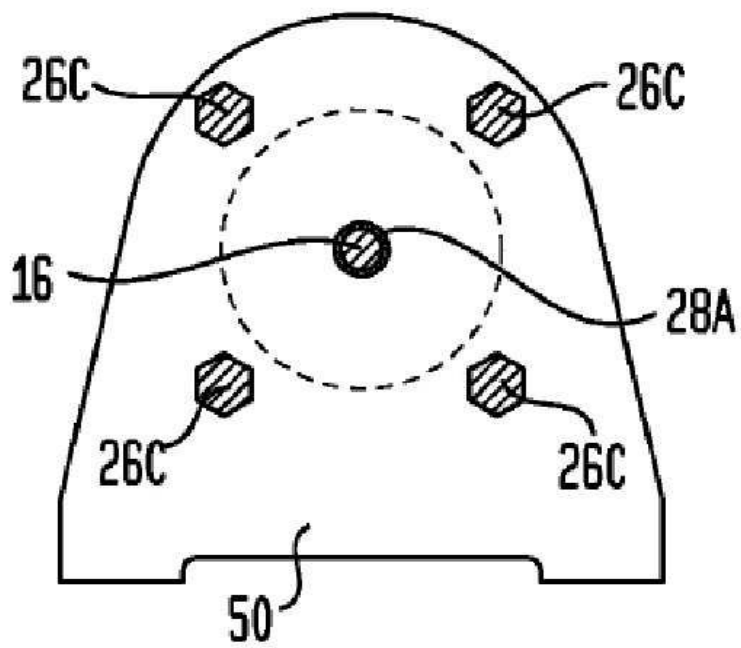




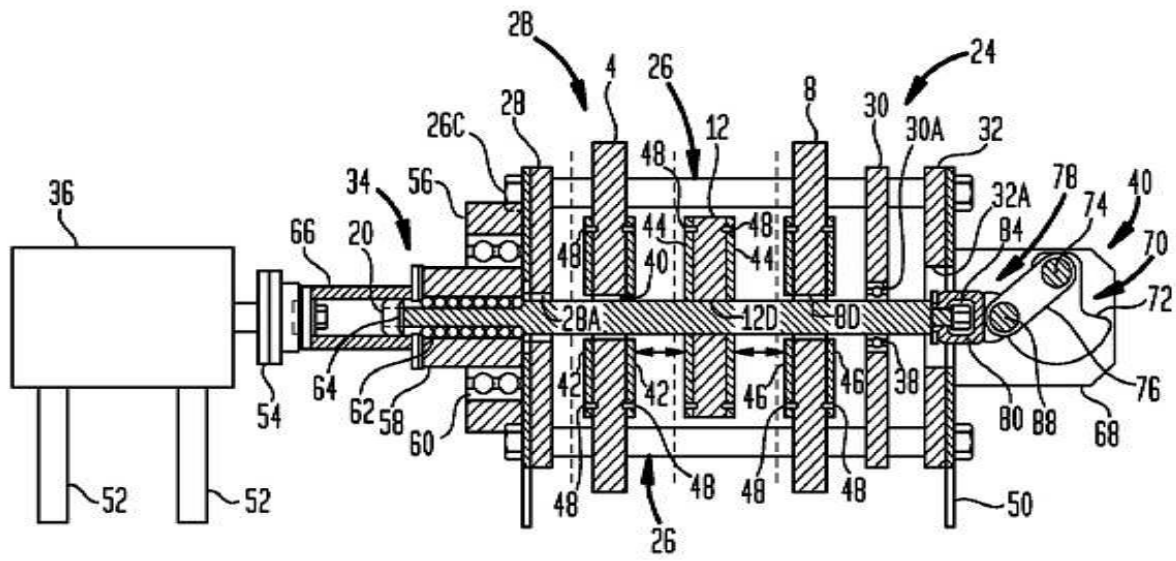
도면10e



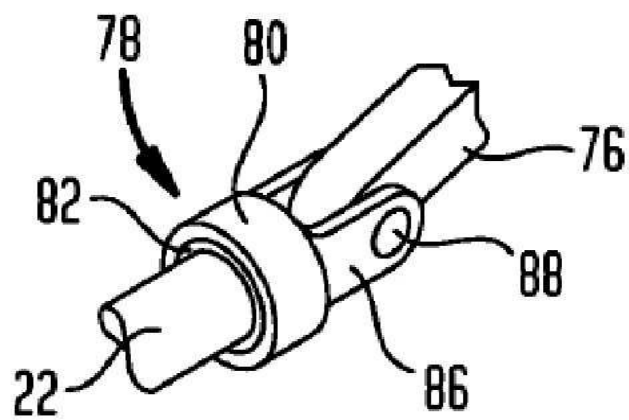
도면10f



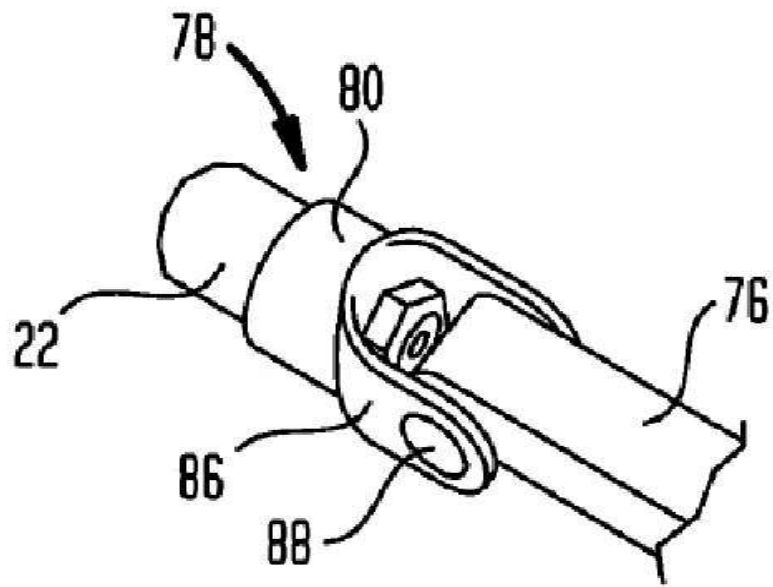
도면11



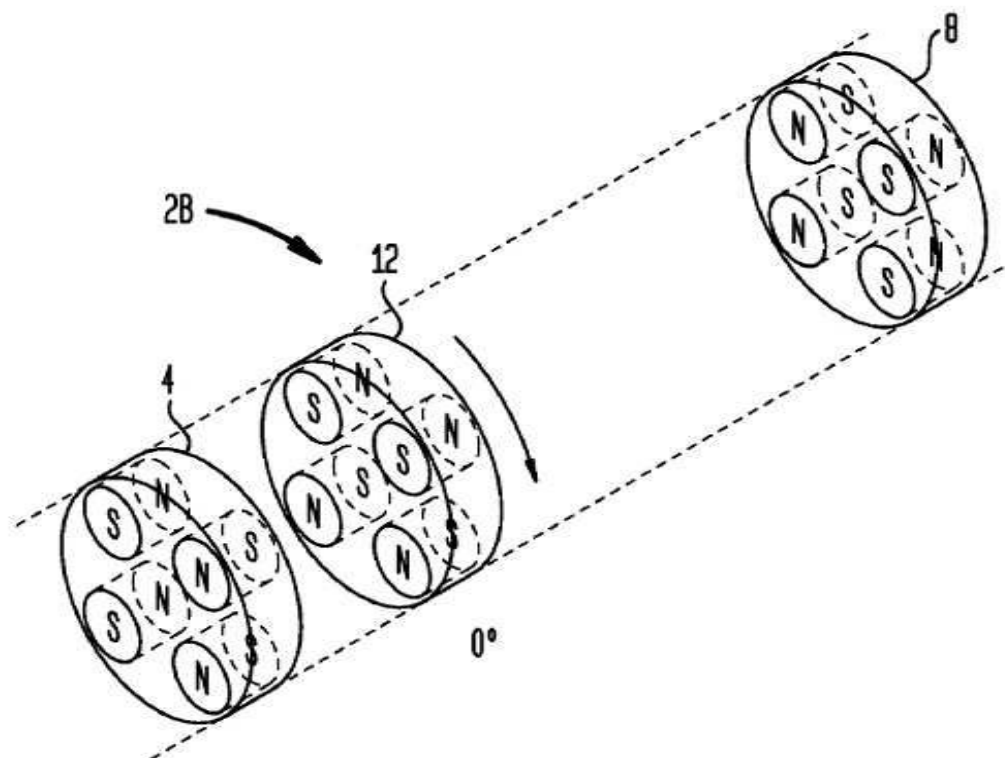
도면12a



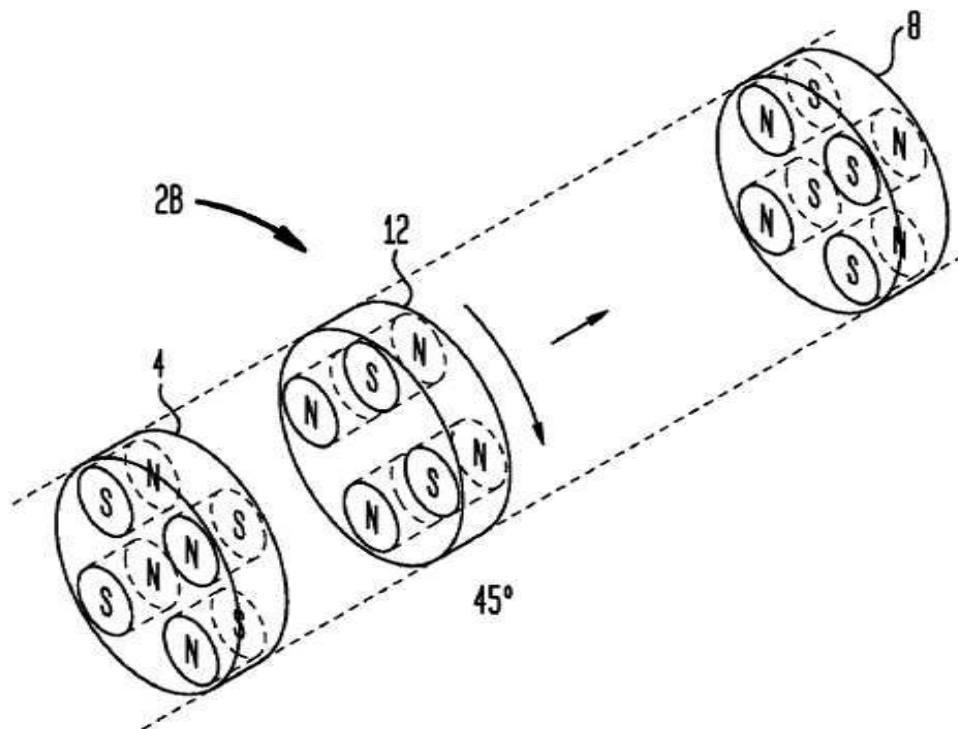
도면12b



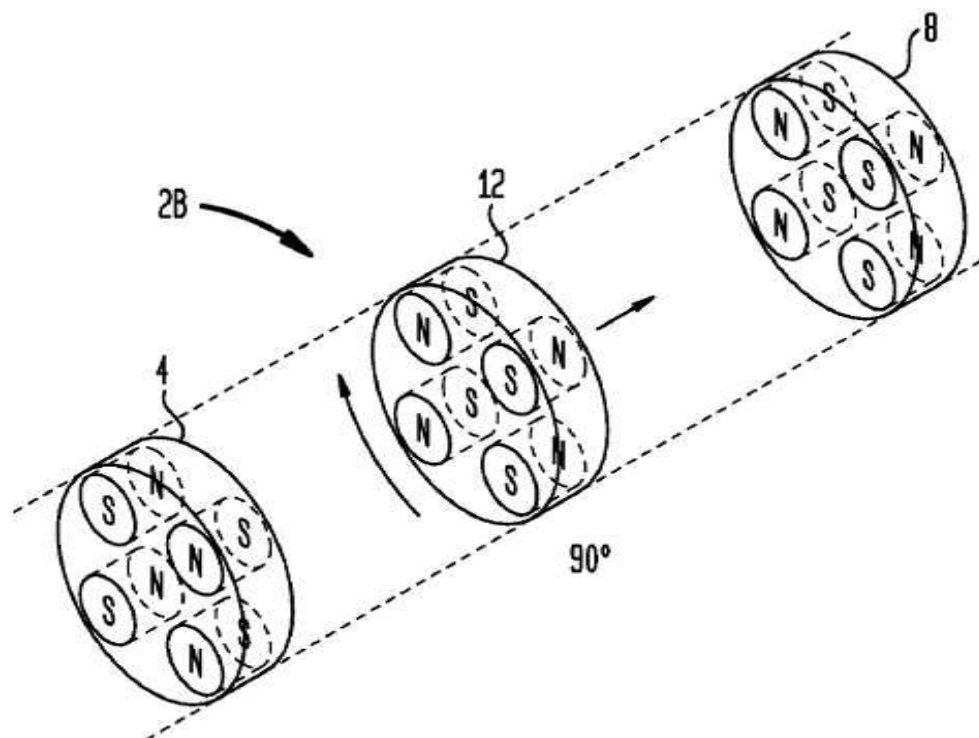
도면13a



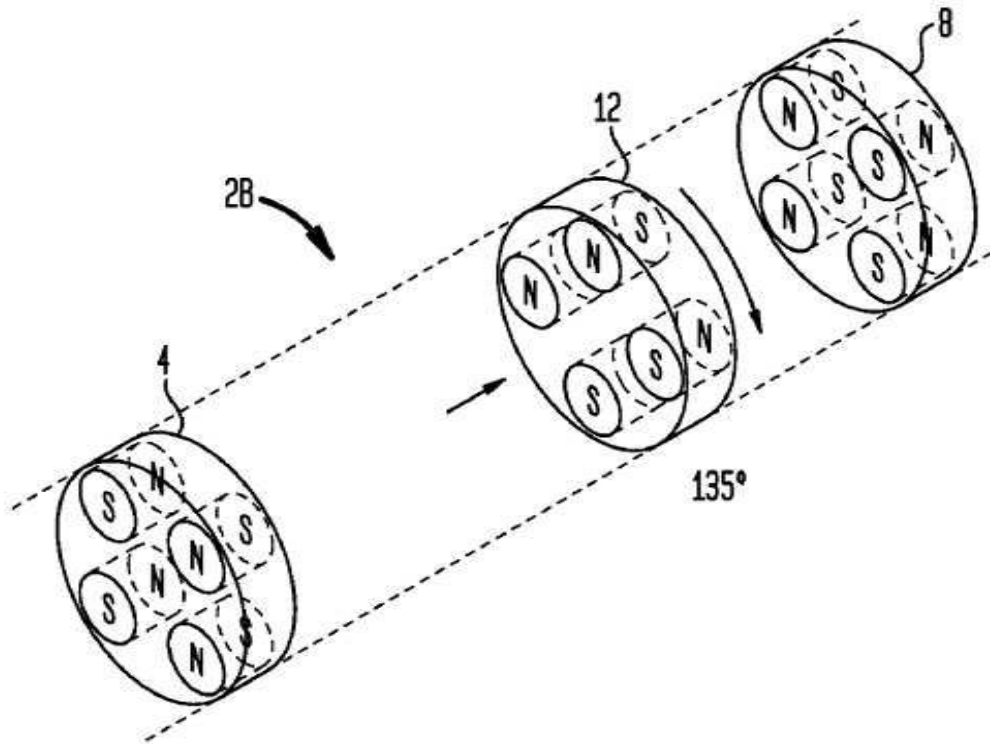
도면13b



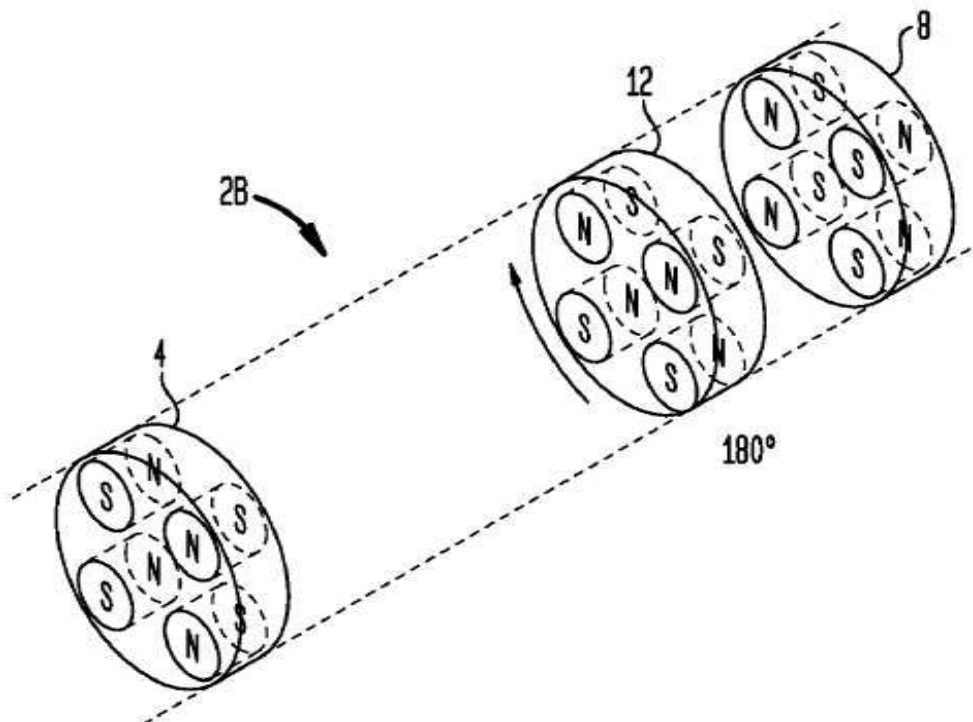
도면13c



도면13d

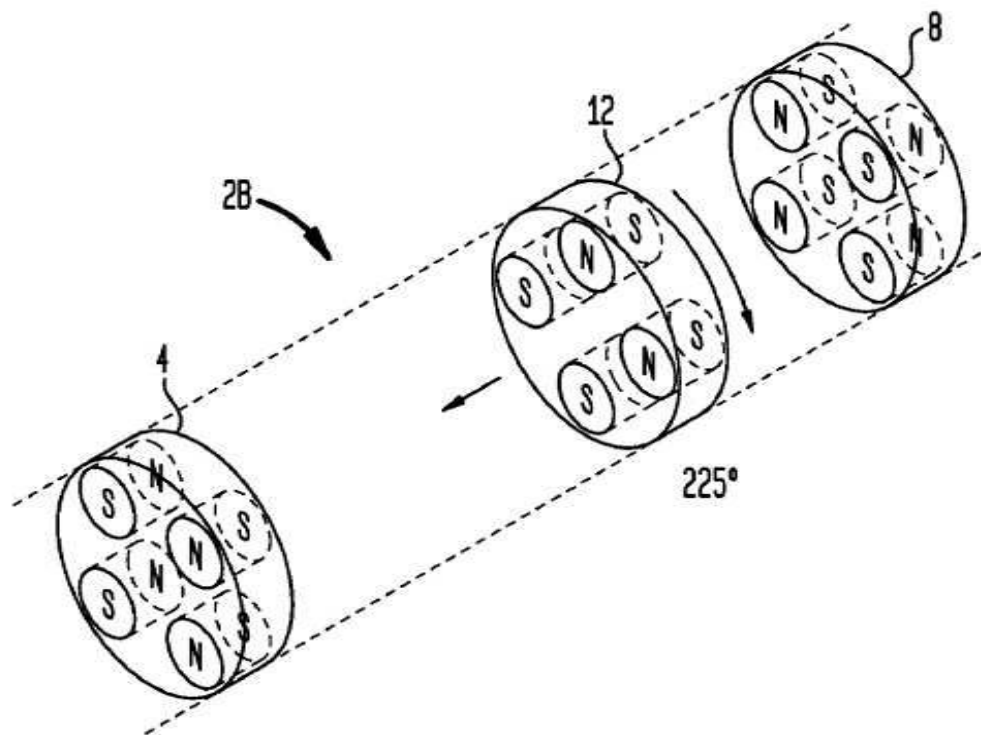


도면13e

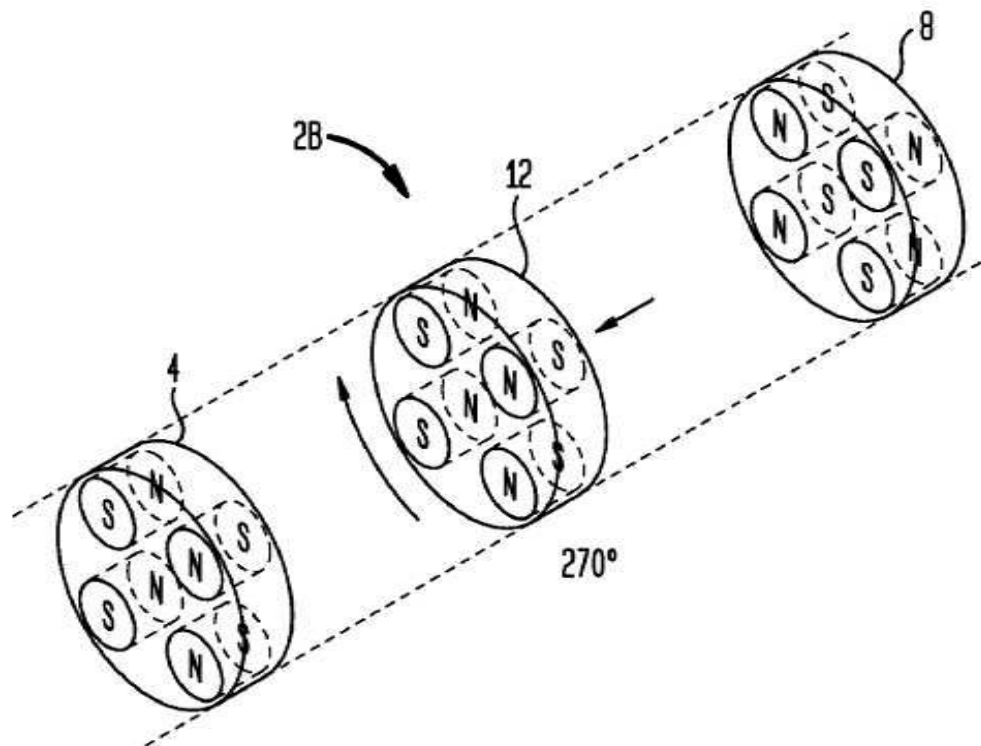




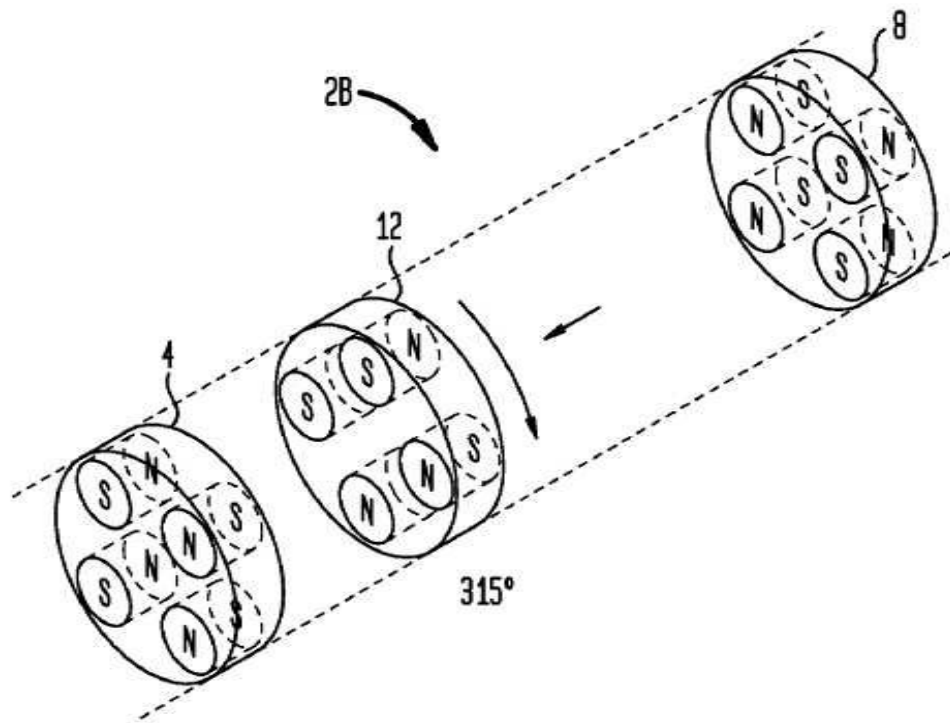
도면13f



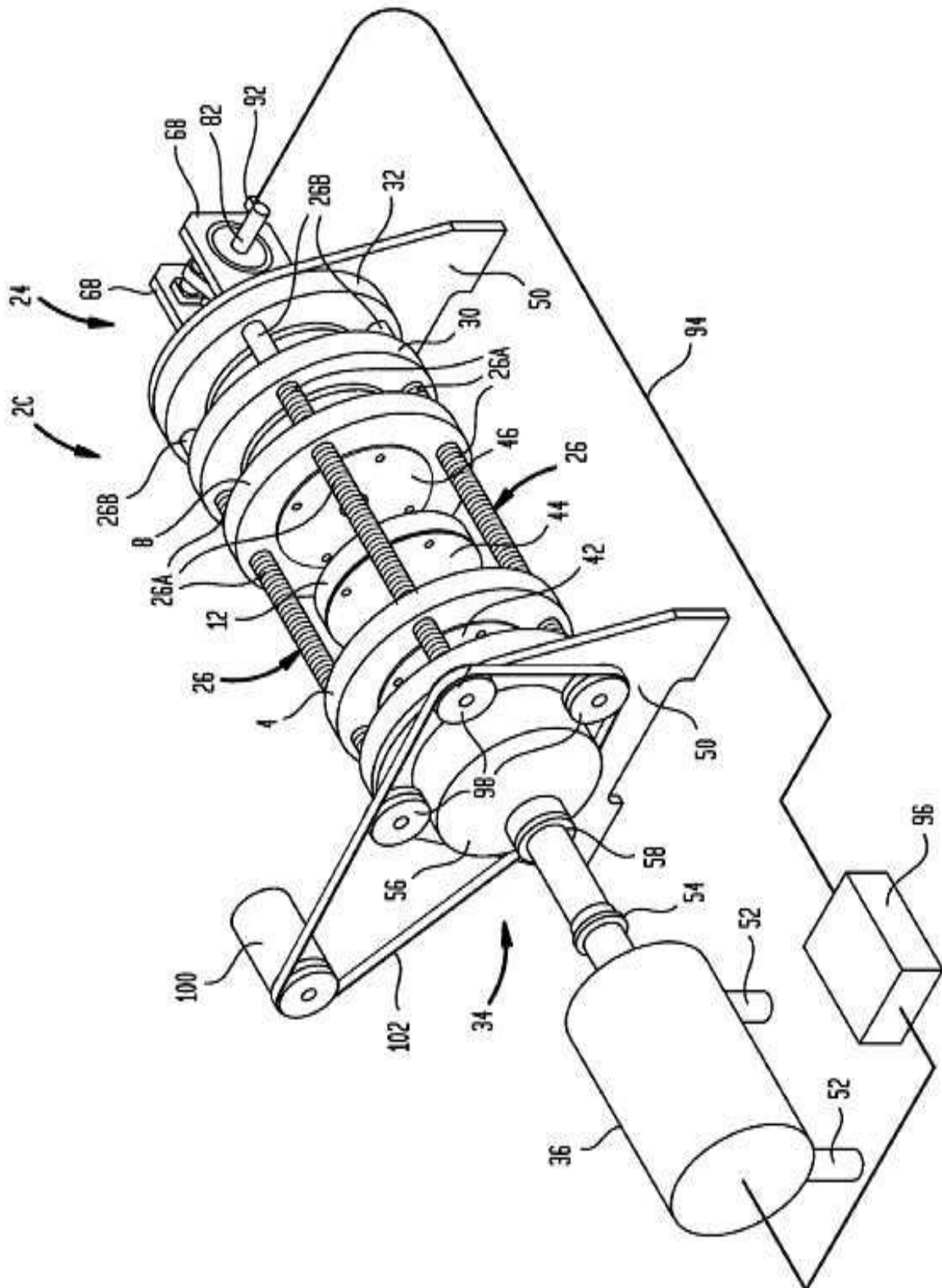
도면13g



도면13h

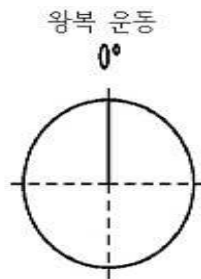
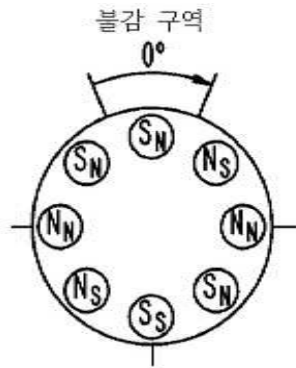


도면14

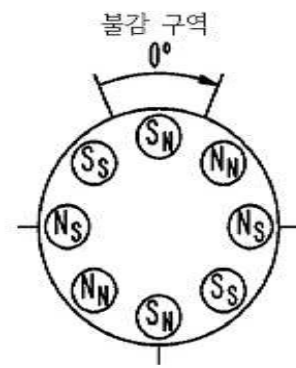


도면15a

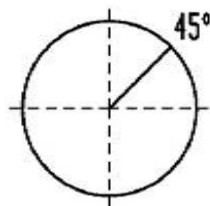
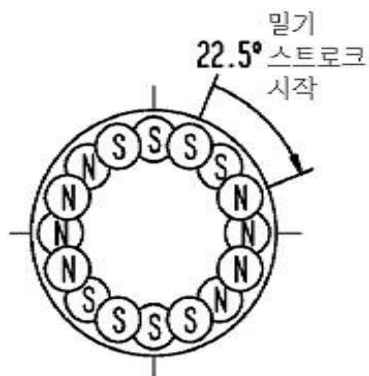
회전  
자석 캐리어 4 - 자석 캐리어 12



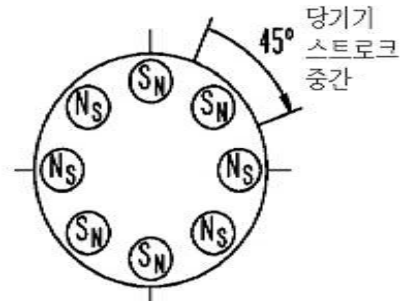
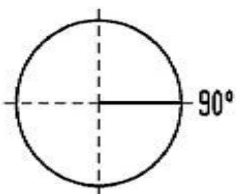
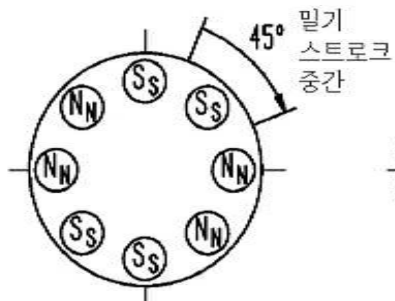
회전  
자석 캐리어 8 - 자석 캐리어 12



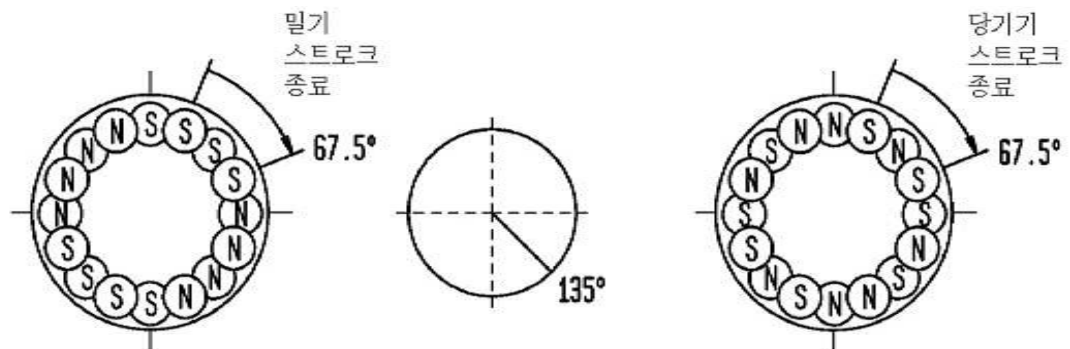
도면15b



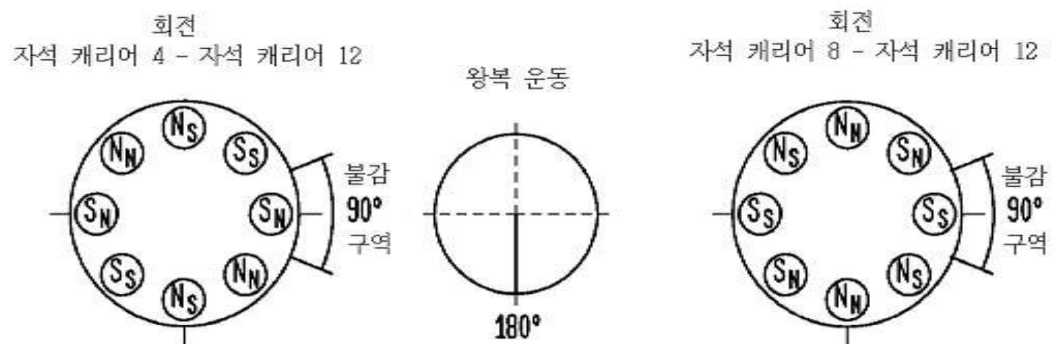
도면15c



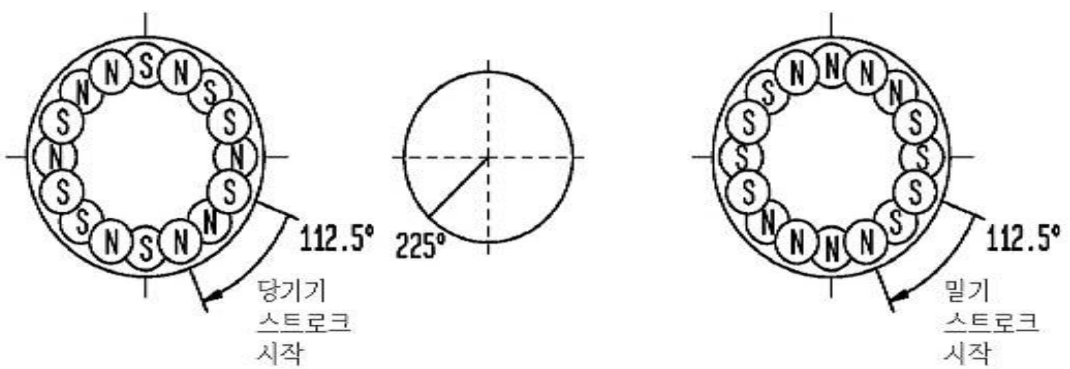
도면15d



도면15e

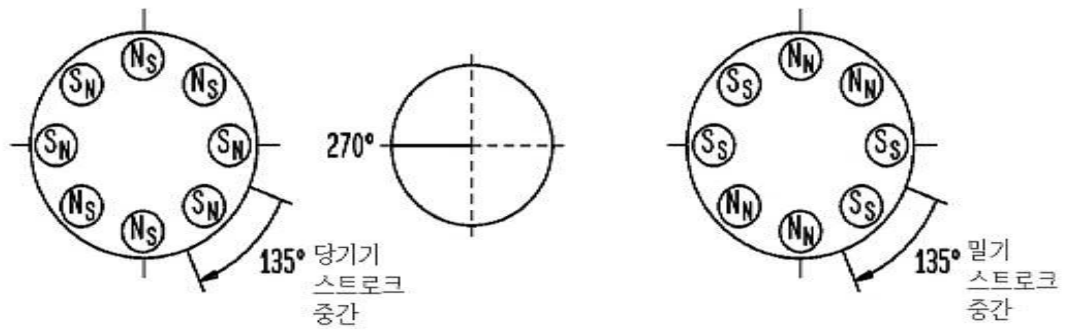


도면15f

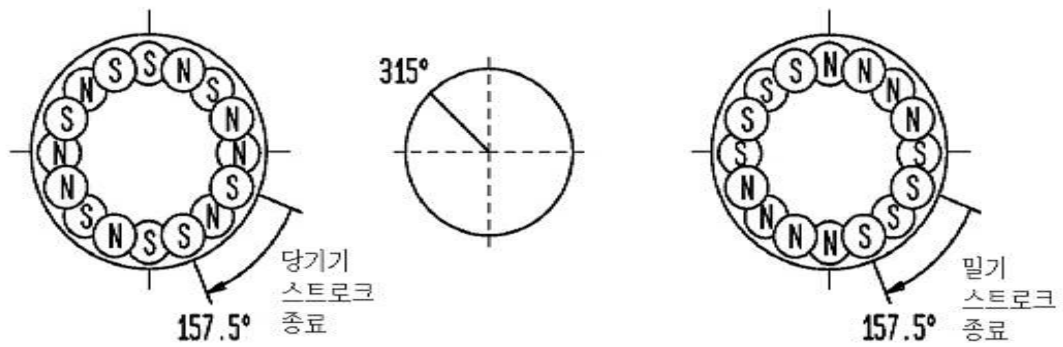




도면15g

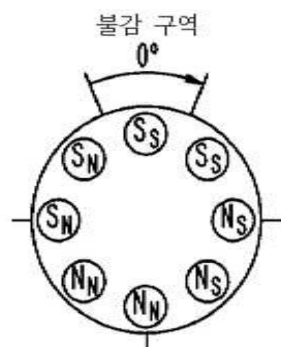


도면15h

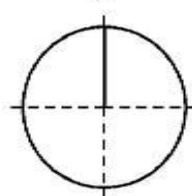


도면16a

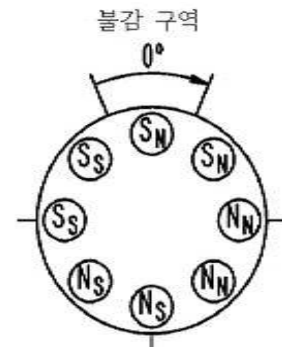
회전  
자석 캐리어 4 - 자석 캐리어 12



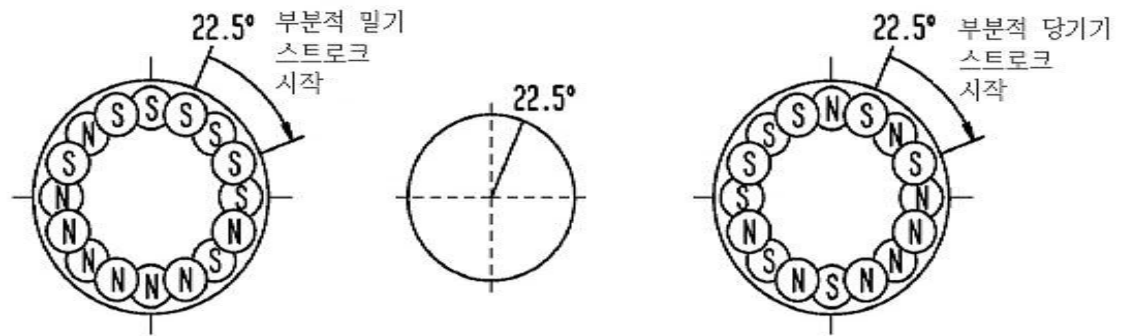
왕복 운동  
0°



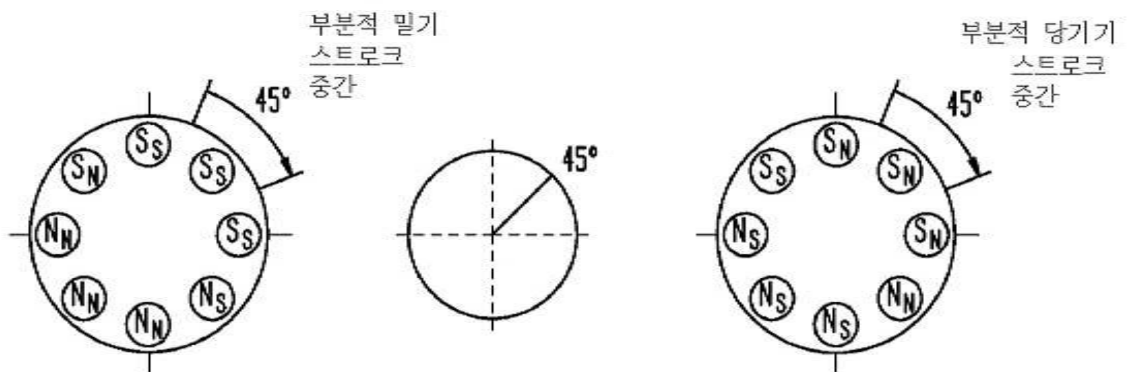
회전  
자석 캐리어 8 - 자석 캐리어 12



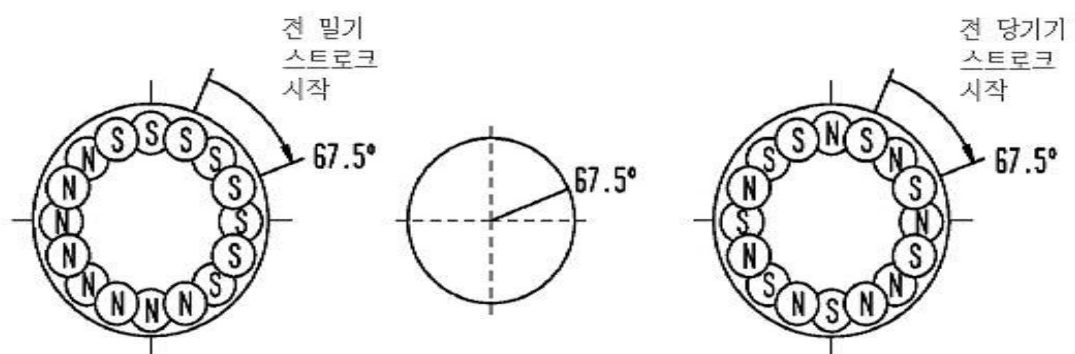
도면16b



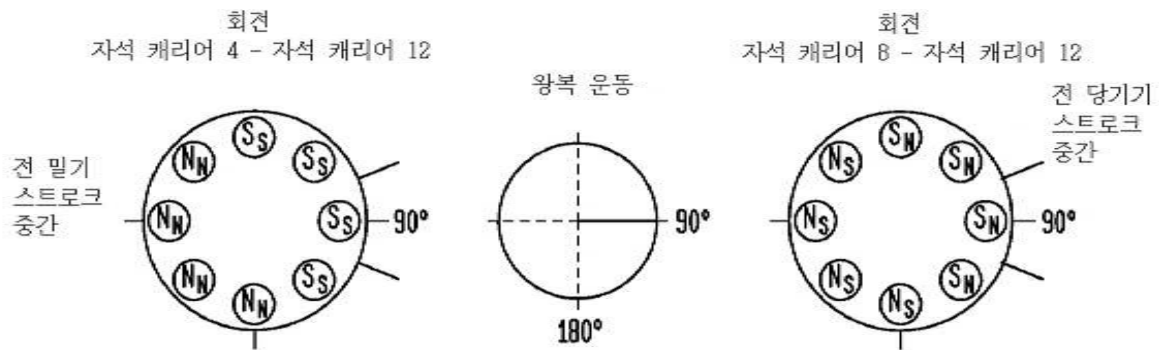
도면16c



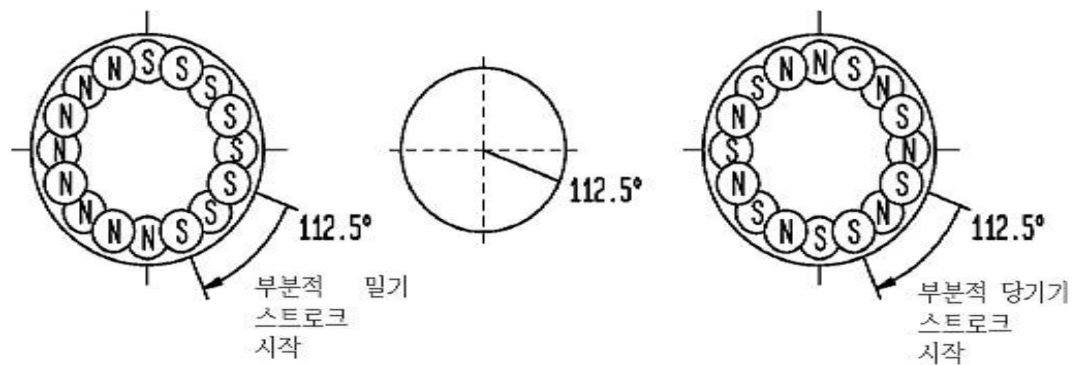
도면16d



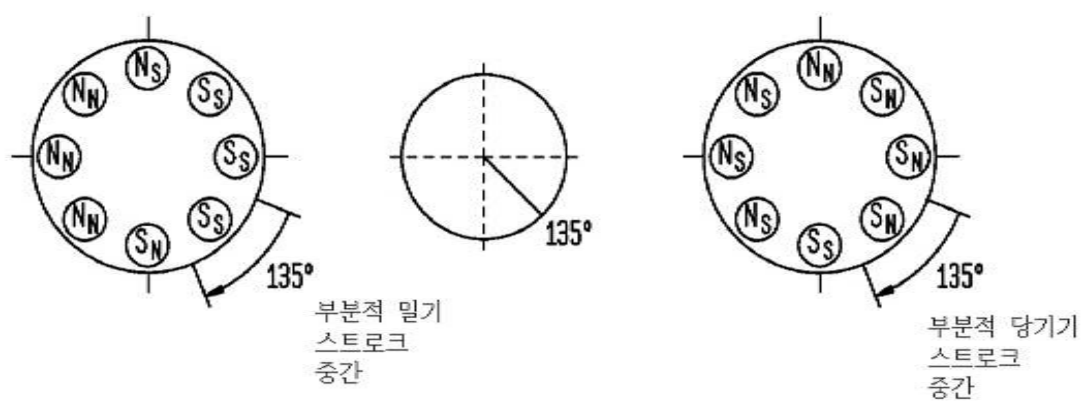
도면16e



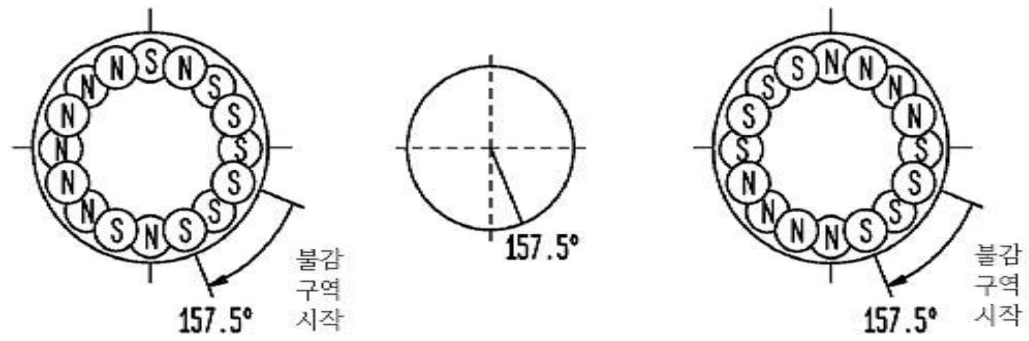
도면16f



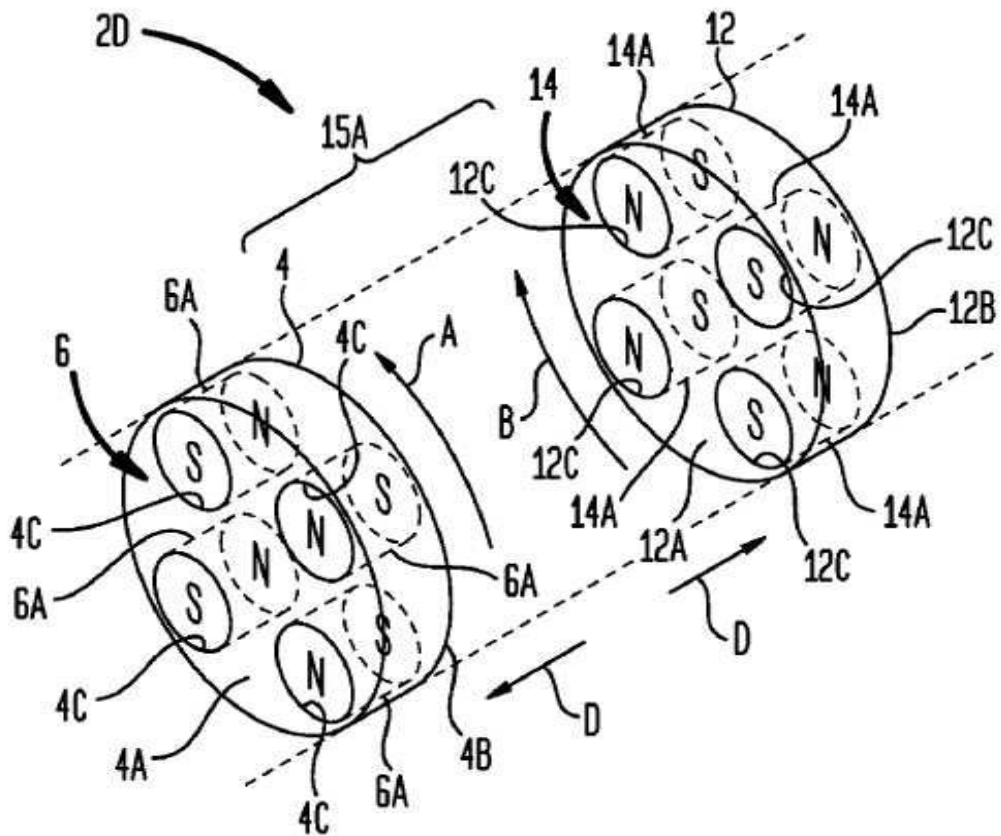
도면16g



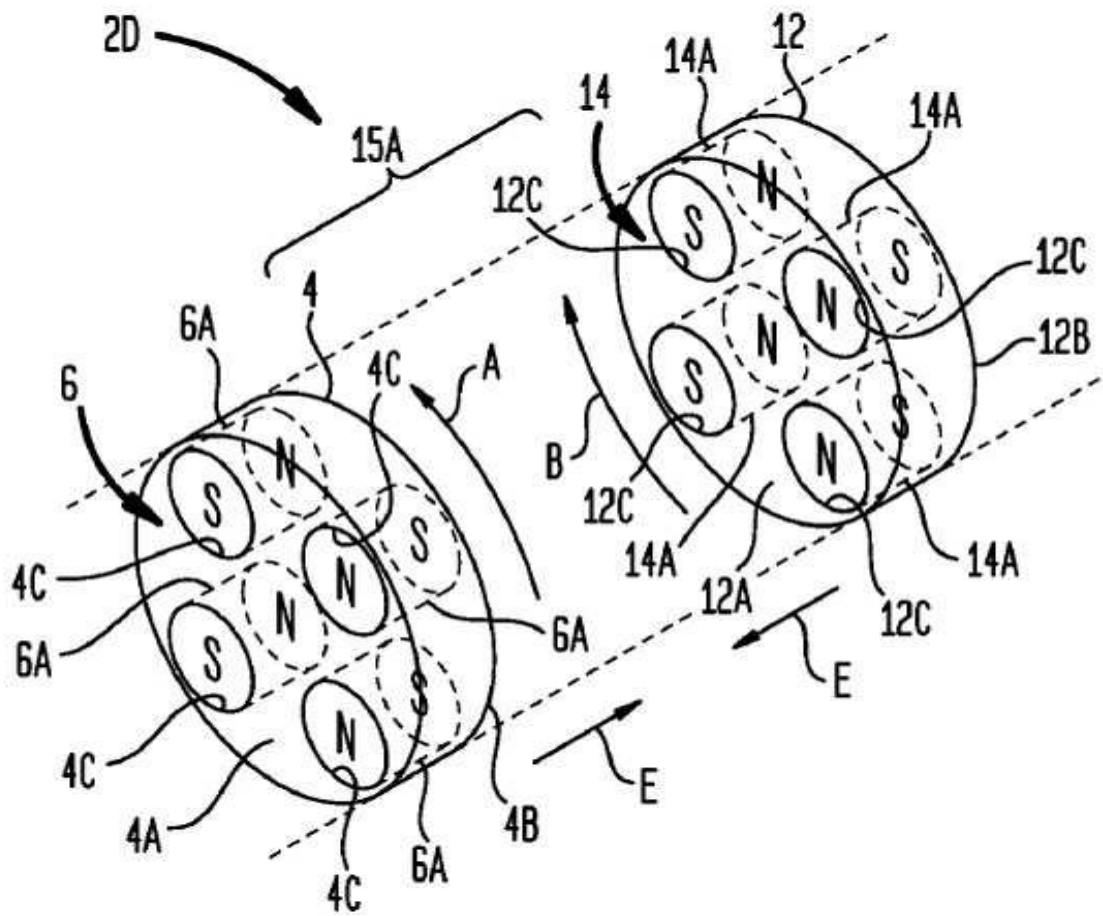
도면16h



도면17

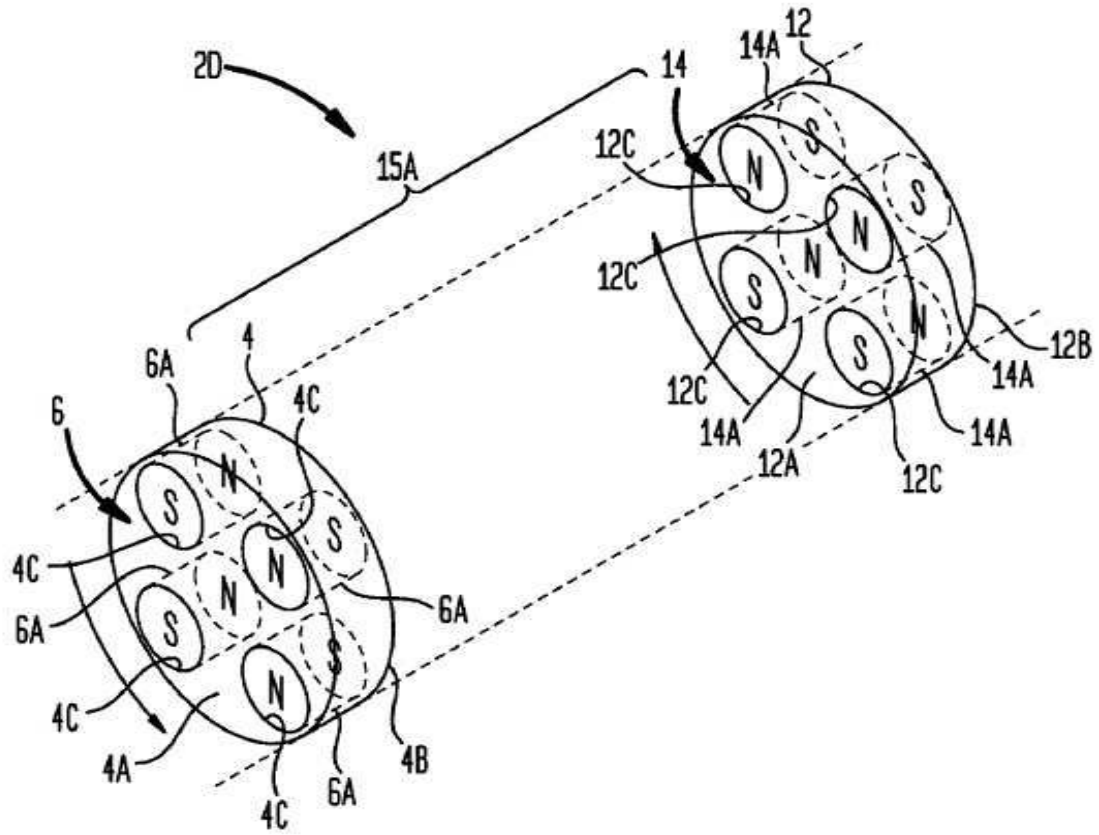


도면18

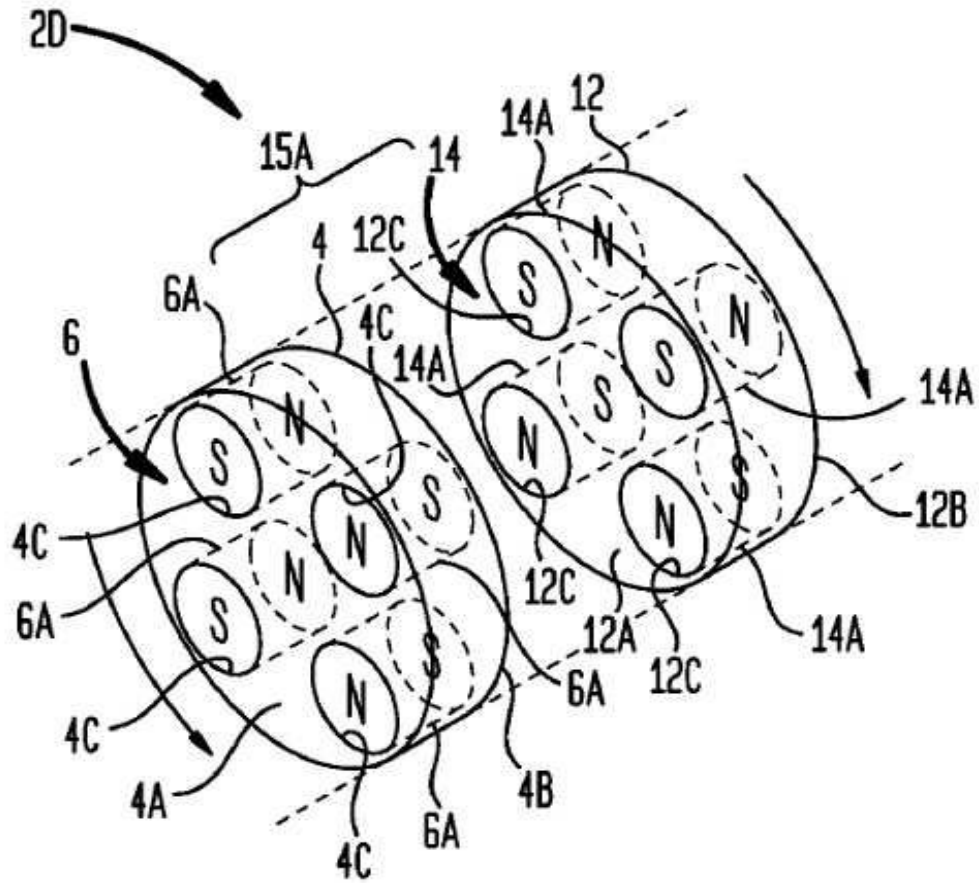




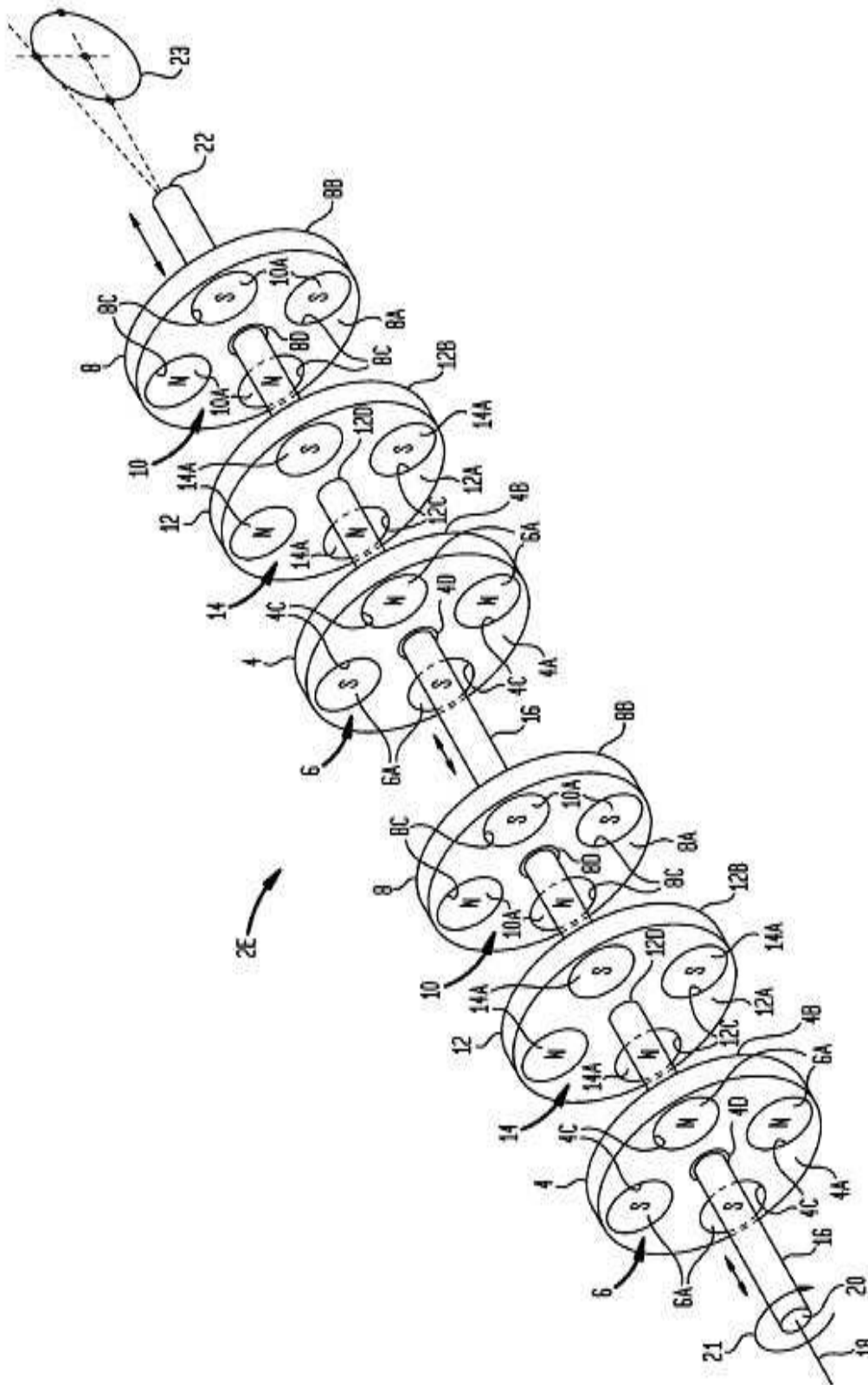
도면19



도면20



도면21



도면22

