



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

(45) 공고일자 2010년12월31일  
(11) 등록번호 10-1004511  
(24) 등록일자 2010년12월21일

(51) Int. Cl.  
H02K 33/16 (2006.01) H02K 33/00 (2006.01)  
H02K 1/00 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2005-7005685  
(22) 출원일자(국제출원일자) 2003년10월01일  
심사청구일자 2008년08월05일  
(85) 번역문제출일자 2005년04월01일  
(65) 공개번호 10-2005-0059230  
(43) 공개일자 2005년06월17일  
(86) 국제출원번호 PCT/US2003/030970  
(87) 국제공개번호 WO 2004/030975  
국제공개일자 2004년04월15일  
(30) 우선권주장  
60/415,013 2002년10월01일 미국(US)  
(56) 선행기술조사문헌  
US3912992 A  
US6418857 A  
US4972779 A

(73) 특허권자  
마그네모션, 인코포레이티드  
미국 01720 매사추세츠, 액톤, 서드버리 로드 20  
(72) 발명자  
토른튼 리차드 디.  
미국 01742 매사추세츠 콘코드 갈필드 로드 330  
클락 트라씨 엠.  
미국 01730 매사추세츠 베드포드 윈더베리 웨이 24  
(74) 대리인  
윤석운, 홍순우, 김해중

전체 청구항 수 : 총 17 항

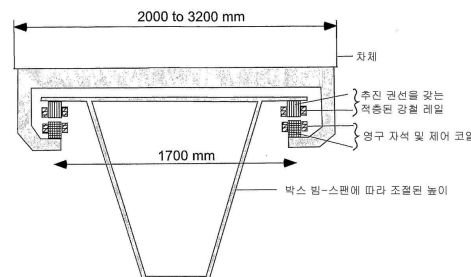
심사관 : 이용호

**(54) 자기 서스펜션 시스템**

**(57) 요약**

자기 부상(magnetic levitation) 방법 및 장치는 세 가지 힘, 즉 서스펜션력(suspension), 가이드력(guidance) 및 추진력(propulsion)을 제공하는 차량 자석들의 어레이들(arrays of vehicle magnets)을 사용한다. 상기 자석들은, 영구 자석들 또는 지속적인 전류 모드에서 작동하는 초전도체(superconducting) 자석들일 수 있으며, 상기 자석들이 적층 강철 레일(laminated steel rail)에 대해 제어가 가능한 인력(attractive force)을 제공할 수 있도록 하는 연관된 제어 코일들을 가지고 있다. 상기 제어 코일들은, 제어 코일들에서 현저한 전력 소산(power dissipation) 없이 안정한 균형을 이루도록, 자석들과 레일들 사이의 갭(gap)을 조절한다. 이들 동일한 자석들 및 강철 레일들은 또한, 트랙 상에서 차량을 유지하고 회전시 차량을 조향하기 위한 측방향 가이드력을 제공한다. 서스펜션 제어 코일들은 서스펜션 어레이들에서 오프셋(offset)된 자석들에 의해 측방향 감쇠(lateral damping)를 제공할 수 있다. 강철 레일들의 횡방향 슬롯들(transverse slots)의 권선들(windings)은, 차량 추진을 일으키기 위해 차량 자석들에 의해 생성된 자장에 대해 반발하는 전류로 여기(excite) 된다. 레일을 따라 파장(wavelength)당 권선 슬롯들이 세 개로 작을 시에도, 제공되는 코깅력(cogging force)이 무시할 수 있을 정도로 자석의 크기를 조절한다. 차량을 지지하기 위해 다중 자석 포드들(pods)이 사용될 수 있도록, 단부 효과(end effects)를 완화하기 위한 수단이 사용된다.

**대표도 - 도1**



**특허청구의 범위**

**청구항 1**

가이드웨이(guideway)와, 차량(vehicle)과, 적어도 하나의 제어 코일(control coil) 및 제 1 제어 시스템(first control system)을 포함하는 자기 서스펜션 시스템(magnetic suspension system)으로서,

상기 가이드웨이는 하나 또는 복수 개의(one or more) 강자성체 레일들(ferromagnetic rails)을 포함하고, 상기 강자성체 레일들 중 적어도 하나가 선형 동기 모터용 권선들(windings for a linear synchronous motor)을 추가로 포함하며;

상기 차량은 하나 또는 복수 개의 자석 어레이들(arrays of magnets)을 포함하고, 상기 자석 어레이들 중 적어도 하나가, (i)적어도 하나의 가이드웨이 레일(rail)에 대해 자기 인력(magnetic attraction forces)을 초래하고, (ii)상기 차량에 대해 측방향 복원력(lateral restoring forces)을 초래하고, (iii)하나 또는 복수 개의 권선들(windings)에서의 전류에 반응하여, 길이방향의 힘(longitudinal forces)을 초래하며;

상기 적어도 하나의 제어 코일은, 상기 하나 또는 복수 개의 자석 어레이들 및 상기 하나 또는 복수 개의 강자성체 레일들 사이의 수직 갭(gap)을 안정시키기 위해 자석들 둘레에 권선되어 있으며;

상기 제 1 제어 시스템은 상기 적어도 하나의 제어 코일을 제어하기 위한;

자기 서스펜션 시스템.

**청구항 2**

삭제

**청구항 3**

제 1 항에 있어서,

상기 동기 모터의 권선들을 구동하기 위한 제 2 제어 시스템을 포함하는 자기 서스펜션 시스템.

**청구항 4**

제 1 항에 있어서,

스웨이잉(sway) 및 요잉(yaw)력을 감소하기 위해 측방향 오프셋(lateral offset) 방식으로 배치된 적어도 한 쌍의 자석들을 추가로 포함하는 자기 서스펜션 시스템.

**청구항 5**

제 1 항에 있어서,

헤빙(heave), 롤링(roll), 스웨이잉, 및 요잉 진동을 감소하기 위한, 상기 차량 상에 배치된 하나 또는 복수 개의 장치들(devices)을 추가로 포함하는 자기 서스펜션 시스템.

**청구항 6**

제 1 항에 있어서,

코깅력(cogging forces)을 발생하지 않으면서, 쓰러스트 힘(thrust forces)을 발생하기 위한 선형 동기 모터를 추가로 포함하는 자기 서스펜션 시스템.

**청구항 7**

제 1 항에 있어서,

상기 가이드웨이에 대해 상기 차량의 위치를 결정하기 위한 위치 감지 시스템(position sensing system)을 추가로 포함하는 자기 서스펜션 시스템.

**청구항 8**

제 1 항에 있어서,

상기 자석 어레이는, 단부 효과(end effects)와 코깅력을 감소시키게끔, 크기와 위치를 갖는 단부 자석들(end magnets)을 부가로 포함하는 자기 서스펜션 시스템.

**청구항 9**

제 8 항에 있어서,

상기 자석 어레이는, 측방향으로 오프셋(offset) 되어 배치된 적어도 한 쌍의 자석들을 부가로 포함하는 자기 서스펜션 시스템.

**청구항 10**

제 8 항에 있어서,

히빙, 스웨이 및 요잉 진동을 감쇠하기 위한, 상기 차량 상에 배치된 하나 또는 복수 개의 장치들을 부가로 포함하는 자기 서스펜션 시스템.

**청구항 11**

가이드웨이(guideway)와, 차량(vehicle)과, 시스템(system)을 포함하는 자기 서스펜션 시스템(magnetic suspension system)으로서,

상기 가이드웨이는 하나 또는 복수 개의 강자성체 레일들(ferromagnetic rails)을 포함하고, 상기 강자성체 레일들 중 적어도 하나가 선형 동기 모터용 권선들(windings for a linear synchronous motor)을 부가로 포함하며;

상기 차량은 하나 또는 복수 개의 초전도체 자석 어레이들(arrays of superconducting magnets)을 포함하고, 상기 초전도체 자석 어레이들 중 적어도 하나가, (i)적어도 하나의 가이드웨이 레일(rail)에 대해 자기 인력(magnetic attraction forces)을 초래하고, (ii)상기 차량에 대해 측방향 복원력(lateral restoring forces)을 초래하고, (iii)하나 또는 복수 개의 권선들(windings)에서의 전류에 반응하여, 길이방향의 힘(longitudinal forces)을 초래하며;

상기 시스템은 수직 갭(vertical gap)을 안정시키는;

자기 서스펜션 시스템.

**청구항 12**

제 11 항에 있어서,

가속력(acceleration forces)을 발생시키기 위한 권선 제어 시스템(winding control system)을 포함하는 자기 서스펜션 시스템.

**청구항 13**

가이드웨이(guideway)와, 차량(vehicle)과, 적어도 하나의 제어 코일(control coil)과, 제 1 제어 시스템(first control system)과, 제 2 제어 시스템을 포함하는 자기 서스펜션 시스템(magnetic suspension system)으로서,

상기 가이드웨이는 하나 또는 복수 개의 강자성체 레일들(ferromagnetic rails)을 포함하고, 상기 강자성체 레일들 중 적어도 하나가 선형 동기 모터용 권선들(windings for a linear synchronous motor)을 부가로 포함하며;

상기 차량은 하나 또는 복수 개의 초전도체 자석 어레이(array of superconducting magnets)를 포함하고, 상기 초전도체 자석 어레이 중 적어도 하나가, (i)적어도 하나의 가이드웨이 레일(rail)에 대해 자기 인력(magnetic attraction forces)을 초래하고, (ii)상기 차량에 대해 측방향 복원력(lateral restoring forces)을 초래하고, (iii)하나 또는 복수 개의 권선들(windings)에서의 전류에 반응하여, 길이방향의 힘(longitudinal forces)을 초래하며;

상기 적어도 하나의 제어 코일은 안정된 수직 갭(vertical gap)을 초래하기 위해 자석들 둘레에 권선되어 있으며;

상기 제 1 제어 시스템은 상기 코일들을 제어하며;

상기 제 2 제어 시스템은, 상기 차량을 가속시키는 권선들을 구동하는;

자기 서스펜션 시스템.

**청구항 14**

가이드웨이(guideway)와, 차량(vehicle)과, 적어도 하나의 제어 코일(control coil) 및 제 1 제어 시스템(first control system)을 포함하는 자기 서스펜션 시스템(magnetic suspension system)으로서,

상기 가이드웨이는 하나 또는 복수 개의 강자성체 레일들(ferromagnetic rails)을 포함하고, 상기 강자성체 레일들 중 적어도 하나가 선형 동기 모터용 권선들(windings for a linear synchronous motor)을 부가로 포함하며;

상기 차량은 하나 또는 복수 개의 자석 어레이들(arrays of magnets)을 포함하고, 상기 자석 어레이들 중 적어도 하나가, (i)적어도 하나의 가이드웨이 레일(rail)에 대해 평면인 갭 전체에 걸쳐 자기 인력(magnetic attraction forces)을 초래하고, (ii)상기와 동일한 평면인 갭 전체에 걸쳐, 추가적인 구조체의 필요 없이, 상기 차량에 대한 가이드런스(guidance)를 제공하기에 충분한 측방향 복원력(lateral restoring forces)을 초래하고, (iii)하나 또는 복수 개의 권선들(windings)에서의 전류에 반응하여, 상기와 동일한 평면인 갭 전체에 걸쳐 길이방향의 힘(longitudinal forces)을 초래하며;

상기 적어도 하나의 제어 코일은, 상기 하나 또는 복수 개의 자석 어레이들 및 상기 하나 또는 복수 개의 강자성체 레일들 사이의 수직 갭(gap)을 안정시키기 위해 자석들 둘레에 권선되어 있으며;

상기 제 1 제어 시스템은 상기 적어도 하나의 제어 코일을 제어하기 위한;

자기 서스펜션 시스템.

**청구항 15**

삭제

**청구항 16**

제 14 항에 있어서,

상기 동기 모터의 권선들을 구동하기 위한 제 2 제어 시스템을 포함하는 자기 서스펜션 시스템.

**청구항 17**

가이드웨이(guideway)와, 차량(vehicle)과, 적어도 하나의 제어 코일(control coil) 및 제 1 제어 시스템(first control system)을 포함하는 자기 서스펜션 시스템(magnetic suspension system)으로서,

상기 가이드웨이는 하나 또는 복수 개의 강자성체 레일들(ferromagnetic rails)을 포함하고, 상기 강자성체 레일들 중 적어도 하나가 선형 동기 모터용 권선들(windings for a linear synchronous motor)을 부가로 포함하며;

상기 차량은 하나 또는 복수 개의 자석 어레이들(arrays of magnets)을 포함하고, 상기 자석 어레이들 중 적어도 하나가, (i)적어도 하나의 가이드웨이 레일(rail)에 대해 평면인 갭 전체에 걸쳐 자기 인력(magnetic attraction forces)을 초래하고, (ii)상기와 동일한 평면인 갭 전체에 걸쳐, 적어도 하나의 회전을 수행할 수 있도록 하고 측방향 바람의 힘에 저항할 수 있도록 하기에 충분한 측방향 복원력(lateral restoring forces)을 초래하고, (iii)하나 또는 복수 개의 권선들(windings)에서의 전류에 반응하여, 상기와 동일한 평면인 갭 전체에 걸쳐 길이방향의 힘(longitudinal forces)을 초래하며;

상기 적어도 하나의 제어 코일은, 상기 하나 또는 복수 개의 자석 어레이들 및 상기 하나 또는 복수 개의 강자성체 레일들 사이의 수직 갭(gap)을 안정시키기 위해 자석들 둘레에 권선되어 있으며;

상기 제 1 제어 시스템은 상기 적어도 하나의 제어 코일을 제어하기 위한;  
자기 서스펜션 시스템.

**청구항 18**

가이드웨이(guideway)와, 차량(vehicle)과, 시스템(system)을 포함하는 자기 서스펜션 시스템(magnetic suspension system)으로서,

상기 가이드웨이는 하나 또는 복수 개의 강자성체 레일들(ferromagnetic rails)을 포함하고, 상기 강자성체 레일들 중 적어도 하나가 선형 동기 모터용 권선들(windings for a linear synchronous motor)을 추가로 포함하며;

상기 차량은 하나 또는 복수 개의 자석 어레이들(arrays of magnets)을 포함하고, 상기 자석 어레이들 중 적어도 하나가, (i)적어도 하나의 가이드웨이 레일(rail)에 대해 평면인 갭 전체에 걸쳐 자기 인력(magnetic attraction forces)을 초래하고, (ii)상기와 동일한 평면인 갭 전체에 걸쳐, 적어도 하나의 회전을 수행할 수 있도록 하고 측방향 바람의 힘에 저항할 수 있도록 하기에 충분한 측방향 복원력(lateral restoring forces)을 초래하고, (iii)하나 또는 복수 개의 권선들(windings)에서의 전류에 반응하여, 상기와 동일한 평면인 갭 전체에 걸쳐 길이방향의 힘(longitudinal forces)을 초래하며;

상기 시스템은 수직 갭(vertical gap)을 안정시키며;

상기 하나 또는 복수 개의 자석 어레이들은 초전도체 자석들 및 영구 자석들 중 어느 하나 또는 둘 다를 포함하는;

자기 서스펜션 시스템.

**청구항 19**

가이드웨이(guideway)와, 차량(vehicle)과, 적어도 하나의 제어 코일(control coil)과, 제 1 제어 시스템(first control system)과, 제 2 제어 시스템을 포함하는 자기 서스펜션 시스템(magnetic suspension system)으로서,

상기 가이드웨이는 하나 또는 복수 개의 강자성체 레일들(ferromagnetic rails)을 포함하고, 상기 강자성체 레일들 중 적어도 하나가 선형 동기 모터용 권선들(windings for a linear synchronous motor)을 추가로 포함하며;

상기 차량은 하나 또는 복수 개의 자석 어레이(array of magnets)를 포함하고, 상기 자석 어레이들 중 적어도 하나가, (i)적어도 하나의 가이드웨이 레일(rail)에 대해 평면인 갭 전체에 걸쳐 자기 인력(magnetic attraction forces)을 초래하고, (ii)상기와 동일한 평면인 갭 전체에 걸쳐, 적어도 하나의 회전을 수행할 수 있도록 하고 측방향 바람의 힘에 저항할 수 있도록 하기에 충분한 측방향 복원력(lateral restoring forces)을 초래하고, (iii)하나 또는 복수 개의 권선들(windings)에서의 전류에 반응하여, 상기와 동일한 평면인 갭 전체에 걸쳐 길이방향의 힘(longitudinal forces)을 초래하며;

상기 적어도 하나의 제어 코일은 안정된 수직 갭(vertical gap)을 초래하기 위해 자석들 둘레에 권선되어 있으며;

상기 제 1 제어 시스템은 상기 코일들을 제어하며;

상기 제 2 제어 시스템은, 상기 차량을 가속시키는 권선들을 구동하며;

상기 하나 또는 복수 개의 자석 어레이는 초전도체 자석들 및 영구 자석들 중 어느 하나 또는 둘 다를 포함하는;

자기 서스펜션 시스템.

**명세서**

**기술분야**

본 출원은 발명의 명칭이 "자력을 사용하는 서스펜션, 가이드 및 추진 차량"인 2002년 10월 1일자로 출원된 미

[0001]

국 가특허 출원 제60/415,013호에 개시된 우선권의 이득을 청구한다. 이 출원은 발명의 명칭이 동기 기계 설계 및 제조 방법인 2002년 10월 1일자로 출원된 미국 특허 출원 제10/262,541호의 일부 연속 출원이다. 상술한 출원들의 내용이 본 명세서에 참조로 합체되었다.

[0002] 본 발명은 자기 부상(maglev) 운송 시스템 및 방법에 관한 것으로, 특히 자력을 사용하여 차량을 서스펜션, 가이드 및 추진하기 위한 자기 부상 운송 시스템 및 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0003] 차량을 서스펜션, 가이드 및 추진하기 위한 자력의 사용은 광범위하게 연구되고 있고, 몇몇 완전한 치수의 전시 모형이 제조되어 왔다. 빠르고, 안락하며, 조용하고 효과적인 작동과 같은 증명된 장점에도 불구하고, 자기 부상은 값비싼 것으로 인식되어 왔고 주로 매우 고속 작동을 위해 적합한 것으로 인식되어 왔다. 도시(시가지)의 사용을 위한 적용은 고속 운송, 경량 레일, 모노레일, 통근 레일 및 고속 버스 전용 도로와 같은 종래의 가이드 시스템과 효과적으로 경쟁하기 위해 제안된 설계 성능에 의해 제한되어 왔다.

[0004] 실제적으로, 운송 적용을 위해 심각하게 고려되는 모든 자기 부상 설계는 전기 역학 서스펜션(ElectroDynamic Suspension ; EDS) 또는 전자기 서스펜션(ElectroMagnetic Suspension ; EMS) 중 하나에 특징이 있다. EDS 설계는 전류를 발생하는 변경 자장을 갖는 유도 전류의 상호 작용에 의해 생성된 힘을 사용하는 반면에, EMS 설계는 강자성체에 대한 자석의 인력(attractive force)을 사용한다. EDS와 EMS 설계는 실행가능한 것으로 알려진 150m/s(336mph, 540km/h) 이상의 속도로 설계되어 왔고 시험되어 왔다.

각 설계는 장단점이 있는데, EDS는 EMS 보다 큰 자기 갭(magnetic gap)으로 작동되는 장점을 가지나, 저속에서 높은 드래그(drag)를 생성하고 정지시 어떤 서스펜션력을 제공하지 않는 근본적인 단점을 갖는다. 다른 한편, EMS는 저속에서 매우 잘 작동하는 장점을 가지나, 자기 갭이 EDS 설계에서의 실용적인 갭보다 훨씬 적어야 한다는 단점을 가지고 있다.

[0005] 삭제

[0006] 일본의 고속 주행 시험 트랙에 의하면, 100mm의 갭을 갖는 EDS 시스템으로 적어도 150m/s(353mph)의 속도를 달성할 수 있음을 알 수 있고, 독일 운송 EMS 시험 트랙에 의하면, 125m/s(280mph)의 속도에서 10mm의 갭에 대해 신뢰성 있는 작동이 증명되었다. 도시에서의 적용을 위해서는, EMS가 장점이 많은 것으로 보여지며, 만일 자기 갭이 증가한다면 저속과 고속 설계 양자에 대해 장점이 더 커질 것으로 보여진다.

[0007] 기존 특허 공보들에 개시된 종래 기술을 고려하여 본 명세서에 개시된 발명이 종래 기술과 얼마나 다르고 어떻게 개량해야 하는지를 이해하기 위하여 기존 특허 공보들을 재검토하는 것이 유익하다.

[0008] 미국 특허 제3,638,093호(1972년 1월 25일자로 제임스 로스에게 허여된 자기 서스펜션 및 추진 시스템)는 서스펜션과 추진을 조합하는 설계의 초기 실예이다. 이 특허 공보에는 1889년경의 오래된 중요한 특허들중 몇개가 참조되어 있다. 이 설계는 동력이 차량을 추진하기 위하여 차량에 전달되는 것을 요구하고 서스펜션이 영구자석을 사용하지 않기 때문에 실질적인 동력을 요구한다.

[0009] 미국 특허 제3,842,751호(1974년 10월 22일자로 리차드 토른톤과 헨리 콜름에게 허여된 전자기적 서스펜션, 가이드 및 추진 차량을 사용하는 운송 시스템)는 차량을 서스펜션, 가이드 및 추진하기 위해 단일 세트의 초전도체 또는 영구 자석을 어떻게 사용하는지를 개시하고 있으나, 다른 불안정한 서스펜션을 제어할 필요없이 EDS 기술에 기초하고 있다. 이 설계는 저속 작동용 휠의 사용을 요구하나, 높은 저속 드래그 때문에 저속 작동에 적합하지 않다.

[0010] 미국 특허 제3,860,300호(1975년 1월 14일자로 조셉 리만에게 허여된 실질적으로 제로 동력식 자기 서스펜션)는 서스펜션 시스템에서 영구 자석을 어떻게 사용하는지를 개시하고 있으나, 이 설계는 자기 베어링용이며 영구 자석과 전자석을 위한 전체적으로 독립적인 구조체를 요구하고 있다. 이 특허는 가이드 또는 추진의 문제는 해결하지 못했다.

[0011] 미국 특허 제3,937,148호(1976년 2월 10일자로 폴 에이. 심슨에게 허여된 실질적으로 제로 동력식 선형 자기 베어링)는 상기 특허 제3,860,300호가 운송용을 위해 어떻게 사용할 수 있는지를 개시하고 있으나, 독립적인 전자석을 요구하고 가이드 및 추진의 문제는 해결하지 못했다.

[0012] 미국 특허 제4,088,379호(1978년 5월 9일자로 로이드 페퍼에게 허여된 가변 영구 자석 서스펜션 시스템)는 상기

특허 제3,860,300호에서의 문제를 해결하기 위한 것이나, EMS를 사용하는 자기 부상에 직접 적용할 수는 없다.

- [0013] 미국 특허 제5,722,326호(1998년 3월 3일자로 리차드 포스트에게 허여된 물체 운동용 자기 부상 시스템)는 영구 자석들의 홀배치(Halbach) 어레이(array)를 사용하는 상기 특허 제3,842,751호의 변형예이다. 이 공보는 EDS에 특정되고 EMS 설계에서 영구 자석을 어떻게 사용하는지에 대해선 기술하고 있지 않다.
- [0014] 미국 특허 제3,860,300호(1975년 1월 14일자로 조셉 리만에게 허여된 실질적으로 제로 동력식 자기 서스펜션)는 영구 자석이 자기 서스펜션을 제공하기 위해 어떻게 사용되는지를 개시하고 있으나, 개시된 설계는 독립적인 전 자석을 요구하고 운송 적용에 쉽게 적용할 수 없다.
- [0015] 미국 특허 제3,937,148호(1976년 2월 10일자로 폴 에이. 심슨에게 허여된 실질적으로 제로 동력식 선형 자기 베 어링)는 선형 특허가 운송 적용을 위해 어떻게 사용되는지를 개시하고 있으나, 독립적인 전자석을 요구하고 가 이드 및 추진의 문제를 해결하지 못했다.
- [0016] 상술된 특허들은 본 명세서에 개시된 특허의 목적의 중요성을 지시하고 있으나, 이들은 중요한 성분을 고려하지 않고 있다.
- [0017] 상술한 바에 의해, 본 발명의 목적은 자기 부상(maglev)을 위해 향상된 방법 및 장치를 제공하는 것이며, 특허 자력을 사용하여 차량을 서스펜션, 가이드 및/또는 추진하기 위한 방법 및 장치를 제공하는 것이다.
- [0018] 다른 목적은 가이드, 서스펜션 및 추진 비용이 저감되도록, 차량 중량이 감소되게끔 상기 방법 및 장치를 제공 하는 것이다.
- [0019] 본 발명의 또다른 목적은 특허 대기 시간과 이동 시간 양자를 감소시키도록 짧은 전진 및 고속으로 작동할 수 있는 상기 방법 및 장치를 제공하는 것이다.
- [0020] 관련된 목적은 경제적으로 제조되는 상기 방법 및 장치를 제공하는 것이다.

**발명의 상세한 설명**

- [0021] 상술한 내용은, 몇몇 특징에 있어서, 수직 서스펜션력, 측방향 가이드력, 및 길이방향 추진력을 제공하기 위해, 단일 자기 구조체(single magnetic structure), 또는 필요한 경우에는 다중 구조체(multiple structures)를 사 용하는 자기 부상 장치를 제공하는 본 발명에 의해 얻어지는 목적들 중 일부이다. 본 발명의 일 특징에 있어서, 자기 구조체(들)는 서스펜션(suspension)을 제공하는 자석을 포함한다. 본 발명의 바람직한 일실시에 에 따르면, 이것은 영구 자석일 수 있다. 자석 주위를 감싸는(또는 이에 인접하게 배치된) 코일들은 소정의 모 든 방향으로 안정되도록 서스펜션을 제어한다.
- [0022] 본 발명의 관련 특징에 따르면, 상술한 코일들은 예를 들어 차량의 중량이 자석들의 인력과 동일하도록 자기 갭 을 제어하는 전류에 의해 여기된다. 이들 제어 전류는 히빙(heave), 피칭(pitch), 요잉(yaw), 롤링(roll) 및/ 또는 스웨이(sway)을 적극적으로 감쇠하도록, 피드백 제어 시스템에 의해 발생할 수 있다.
- [0023] 다른 특징에 있어서, 상술한 바와 같은 자기 부상 장치는 제어 전류를 인가하여, 자기 갭을 소정의 값으로부터 변화시키는 어떤 섭동(perturbation)에 대항하는 힘을 생성할 수 있다.
- [0024] 본 발명의 또 다른 특징은 자석들이 엇갈리게 배열된 상술한 바와 같은 자기 부상 장치를 제공하는 것인데, 이 로써 측방향 운동의 능동 제어를 제공하기 위해, 동일한 제어 코일들을 사용할 수 있다.
- [0025] 본 발명의 또 다른 특징은 종래 기술 시스템에서 실용적인 값의 두 배로 큰 갭(또는 더 큰 갭)으로 배열된 상술 한 바와 같은 자기 부상 장치를 제공하는 것이다.
- [0026] 본 발명의 또 다른 특징은 상술한 영구 자석 대신에(또는 이에 부가하여) 초전도체 자석들이 사용되는 상술한 바와 같은 자기 부상 장치를 제공하는 것이다. 본 발명의 관련 특징에 있어서, 이들 초전도체 자석들은 초전도 체 전류의 제어가 필요없이 지속 모드(persistent mode)로 작동될 수 있다.
- [0027] 본 발명의 또 다른 특징은 상술한 바와 같은 자기 부상 장치를 활용하는 차량을 제공하는 것이다. 이들은 예를 들어 짧은 간격(short headway)으로 운전하는 여객 수송 수단, 수화물 수송 수단, 또는 여타의 주행 장치가 될 수 있다.
- [0028] 본 발명에 따른 시스템 및 방법은 많은 관점에서 장점을 갖는데, 이들 중 하나는, 높은 가속도가 제공되어 저속 으로 급한 회전을 하거나 정지하는 것이 빈번하더라도, 고속 운전이 가능하다는 것이다.



[0029] 본 발명의 다른 특징은, 상술한 기능들과 병행하여 여객의 수송 수단, 수화물 수송 수단, 및 여타의 자기 부상 장치를 작동시키는 방법을 제공하는 것이다.

**실시예**

[0041] 본 발명에 따른 시스템은 서스펜션, 추진 및 가이드를 제공하기 위한 자기 구조체를 사용한다. 일 실시예에서, 서스펜션은 자기 구조체 중량의 약 10배를 상승시킬 수 있고, 합체된 추진 시스템은 90% 이상의 평균 효율로 작동될 수 있다. 이러한 서스펜션, 추진 및 가이드를 사용하는 운송 시스템은 경량 차량을 갖고, 에너지를 적게 소비하며, 감소된 소음, 보다 높은 상한 속도, 보다 높은 가속력 및 휠 베이스 시스템(wheel-based system)과 관련된 유지보수가 없는 것과 같은 공지된 자기 부상 설계의 장점을 갖는다.

[0042] **치수의 선택(Choice of Dimensions)**

[0043] 도 1은 본 발명에 따른 시스템에서 기준 서스펜션 설계의 단면도를 도시한다. 차량은 각 측면상에서 일련의 자석들에 의해 지지되고, 이들 자석들은 가이드웨이(guideway)상의 적층된 강철 레일들에 대해 인력(attractive forces)을 생성한다. 도 1에 도시된 치수는 하기와 같은 몇몇 인자들을 고려하여 선택된다.

[0044] (i) 차량 폭은 여러 적용을 수용하기 위하여 적어도 2.0 내지 3.2m(6.6 내지 10.5ft) 범위 이상을 채용해야 한다. 이러한 범위에는 밴(van), 버스, 및 기차의 폭이 포함되며, 폭이 크면 고속 및 대용량에 적합하고, 폭이 좁으면 저속 및 소용량에 적합하다.

[0045] (ii) 자기 부상 차량 중량은 시장에서 하중에 따라 길이 일미터당 약 0.9tonne(0.9Mg 또는 2,000lbs)으로 예상된다. 도시된 실시예에서, 자석 포드가 차량 길이의 대부분에 걸쳐 연장된다고 가정하면, 각 포드는 미터당 약 0.5tonne을 지지해야 한다. 또한 도시된 실시예에서, 이것은 약 20mm의 자기 갭을 갖는 쉽게 이용가능한 영구 자석들과 약 80mm 폭의 강철 레일들을 사용하여 달성된다.(그러나 다른 형태의 자석들, 다른 크기의 갭과 레일들, 및 다른 재료의 레일들도 사용 가능하다.)

[0046] (iii) 상승력을 제공하는 동일한 자석들이 또한 가이드력을 제공하는 것이 바람직하다. 측방향 가이드력 조건은, 예를 들어 회전 및 높은 바람의 최악의 상태하에서 0.4g 만큼 클 수 있다. 본 발명자들은 가이드웨이상의 강철 레일들이 공칭 자기 갭(nominal magnetic gap)의 4배 만큼 넓다면, 상기 조건이 달성되는 것을 깨달았다. 이것은 예를 들어 상술한 바와 같이 20mm 자기 갭과 80mm 와이드 레일과 일치한다.

[0047] (iv) 강철 레일들의 중심 대 중심 간격은, 레일들의 내측 엣지(inside edges) 사이의 간격이 1435mm인 통상적인 기차레일보다 다소 큰, 도시된 바와 같이 1700mm로 선택된다.

[0048] 다른 실시예들의 치수는 그들 적용에 적합하게 달라질 수 있다. 예를 들면, 저속의 그룹 래피드 트랜짓(Group Rapid Transit, GRT) 적용을 위해선 좁은 레일 게이지(rail gauge)를 사용하는 것이 적합하고, 속력이 매우 높거나 하중이 큰 경우에는 가이드웨이의 미터당 높은 하중을 갖는 보다 넓은 강철 레일들을 사용하는 것이 바람직하다.

[0049] **폴 피치와 자석 크기의 선택(Choice of Pole pitch and Magenet Size)**

[0050] 도 1의 서스펜션의 측면도가 도 2a에 도시되어 있다. 자장은 소위 파장으로 불리는 간격으로 반복된다. 파장의 최적 값은 차량 크기, 속도, 중량 및 가속을 위한 요구 조건에 따라 넓은 범위에 걸쳐 변화할 수 있다. 도 1에 도시된 치수에 대해, 파장은 약 0.5m가 되도록 선택하는 것이 양호하다(그러나 다른 크기도 사용 가능하다.). 이것은 단면이 대략 정사각형인 추진 코일들을 유도하고, 수용가능하게 작은 추진 권선 인덕턴스(propulsion winding inductance)를 부여한다. 0.5m 파장과 45m/s(101mph)의 차속에 대해, 선형 동기 모터(LSM) 여기 주파수(excitation frequency)는 90Hz이다. 보다 긴 파장을 갖는 실시예는 스테이터 레일들(stator rails)에서 및 차량 자석들을 위해서 더 많은 백 아이언(back iron)을 사용한다(이는 가이드웨이 비용과 차량 중량을 증가시킬 수 있다.). 더 짧은 파장을 갖는 실시예는 더 높은 여기 주파수를 갖는다(이는 와류 손실(eddy current loss)과 권선 인덕턴스의 문제점을 증가시킬 수 있다.).

도 3은 상술한 바와 같은 시스템에서, 차량 자석들의 1 파장(0.5m) 섹션과 80mm 레일 폭에 대해, 측방향 변위 함수로서 서스펜션력과 가이드력을 나타내는 그래프이다. 이 그래프는 40 메가 가우스 에르스텝(Mega Gauss Oersted, MGO)의 에너지를 생성하는 자석들에 대해, 주기적인 경계 조건을 갖는 3D 유한 요소 분석법을 사용하여 작성되었다. 정상 작동은 20mm 수직 변위와 제로(0) 수평 변위를 가지는데, 이 때의 서스펜션력은 그래프에 도시된 바와 같이 파장당 2,700N이다. 이 경우 서스펜션은 자석 포드의 길이 미터당 550Kg 매스(mass)를 지지



한다. 상기 포드들의 단부상에서 2 하프-자석들(half-magnets)은, 도 2b에 도시된 바와 같은 치수와 위치를 갖는 자석들에 대해 전체 630N의 추가적인 상승력을 발생한다. 각각 3m의 길이를 갖는 네개의 포드들은 통상적으로 부하된(즉, 시트의 75%가 채워짐) 작은 버스 크기의 차량의 개략적인 중량인 6,700Kg을 부상시킬 것이다.

[0051] 삭제

[0052] 도시된 실시예에서, 스테이터의 치수는, 2001년 10월 1일자로 제출된 미국 특허출원 제60/326,278호의 우선권을 주장하고, 본원과 동일자로 제출된 발명의 명칭이 "동기 기계 설계 및 제조 방법"인 특허 출원에 개시된 바와 같이 정해진다. 상기 양 출원은 본 양수인에게 양도되었고, 그 내용은 본 명세서에 참조로 합체되었다.

[0053] 인덕턴스를 최소화하고 추진 권선을 단순화하기 위해, 스테이터에서의 권선 슬롯들(winding slots)은 어떤 자극 선단(pole tips) 연장부 없이 수직 측면들을 갖는다. 코깅력을 최소화하기 위해, 자석들의 길이방향 길이는 상기 원형 출원에서 논의된 바와 같이 선정될 수 있다. 예를 들면, 과장당 3 슬롯에 대해, 슬롯 폭이 치차 폭(tooth width)과 동일하다면, 코깅을 최소화하는 자석 길이는 1/2 과장의 0.45 또는 0.77배중 어느 하나이다. 500mm 과장에 대해서, 최적의 자석 길이는 약 112mm 또는 186mm이다. 이들 양자의 선택은 매우 적은 코깅을 부여하고, 짧은 자석은 70%의 서스펜션력만을 부여한다(그러므로, 대개 긴 자석을 선택하는 것이 더 양호하다). 레일 폭에 따른 엣지 효과의 관점에서 코깅을 최소화하기 위해, 186mm의 자석 길이는 상술한 치수를 위해 양호한 선택이다.

[0054] 슬롯 폭은 넓은 범위에 걸쳐 변할 수 있으나, 치차 폭과 동일한 슬롯 폭을 만들므로써, 스크랩(scrap) 없이 스테이터 적층을 제조할 수 있다. 몇몇 실시예에서, 소정 효과를 달성하기 위해 상대 권선 슬롯 폭(relative winding slot width)을 변화시키는 것이 바람직하고, 이로 인해, 코깅을 최소화하기 위해 다른 길이의 자석을 길이를 사용하는 것이 또한 필요하게 될 수 있다.

[0055] 자석들의 높이(즉, 두께)는 공기 갭(air gap) 보다 약 25% 더 많게, 즉 이 갭이 20mm일때 25mm로 되게 선택된다. 더 높은 자석은 많은 인력과 추진력을 부여하나, 제어 코일(control coil)에서 많은 암페어-턴(ampere-turn)의 사용과 자석 중량의 증가를 수반한다. 더 작은 값은 인력을 감소시키고 추진력을 저하시킨다. 25%를 선택하는 것이 몇몇 적용에 있어서 거의 최적으로 나타나고 있다.

[0056] 권선에서 저항 동력 손실(resistive power loss)을 도약중에 수용가능한 레벨로 감소시키기 위하여, 제어 코일의 높이는 자석 높이보다 크게 할 필요가 있다. 자석들을 받침대(pedestals) 상에 배치함으로써, 이렇게 행하는 것이 가능하다. 일부 적용에 있어서, 중량 증가와 동력 손실 사이에서 절충하여, 제어 코일의 높이를 40mm로 하는 것이 양호하다.

**자석 타입 및 형상(Magnet Type and Configuration)**

[0057] 삭제

[0058] 현재 기술에 있어서, 자석 재료의 양호한 선택은 니오디뮴-철-붕소(NdFeB)이다. 등급들 중에서의 선택시에, 최대 에너지 산출과 자기소거(소자; demagnetization)를 위해 요구되는 항자력(coercive force)을 가능한 최대 작동 온도에서 평가하는 것이 바람직하다. 도시된 실시예에서는, 자속이 50℃의 온도에서 0으로 구동될 때 실질적으로 자기소거되지 않는 조건을 갖고, 40 MGO의 에너지 산출 비율을 갖고 재료가 사용된다. 현재 이용가능한 재료로 40 MGO를 초과하는 에너지 산출을 갖는 NdFeB 자석들이 사용될 수도 있는데, 이들은 쉽게 자기소거되는 경향이 있다. 본 발명의 몇몇 실시예를 위해, 재료를 선택하는 데 있어서, 갭이 최소치일 때 갭을 증가시키기 위해, 제어 전류가 자속을 요구되는 레벨로 감소시킬 때에 자석의 상당 부분에서 자기소거가 충분히 작게 되도록 하는 것을 목표로 한다. 홀배치 어레이(Halbach array)와 같은 다른 자석의 형태가 여타 실시예에서 사용될 수 있으나, 이는 그 설계에 실질적으로 영향을 미치지 않는다.

**단부 자석들(End Magnets)**

본 발명에 따른 시스템에서, 차량 자석 어레이는 통상적으로 수 과장 길이에 불과하다. 단부 자석 배열을 결정할 시에는 다음 사항들을 고려하는 것이 바람직하다.

- [0060] 삭제
- [0061] 1. 차량 어레이가 매우 긴 경우와 매우 유사하게 되는 스테이터 자속을 생성하도록, 자석들이 어레이의 주기적 부분(periodic part)으로부터 자속을 종료시키는 것이 바람직하다.
- [0062] 2. 주기적 어레이(periodic array)가 코깅력(cogging force)을 발생시키지 않는다면, 단부 자석들이 코깅을 일으키지 않는 것이 바람직하다..
- [0063] 3. 단부 자석들은 어레이 상에서 과도한 피칭력을 발생시키지 않는 것이 바람직하다.
- [0064] 이로 인해, 몇몇 실시예에서 다음과 같은 형태가 초래된다.
- [0065] 1. 자석들은 대략 규정 자석만큼 길지만, 감소된 높이를 갖는다. 그들의 크기와 배치는 인접한 자석들로부터의 자속의 절반이 각 길이방향으로 나아가도록 선택된다.
- [0066] 2. 단부 자석들의 길이와 간격은 코깅이 없도록 선택된다.
- [0067] 3. 짝수의 자석들이 주기적인 어레이에 사용되고, 단부 자석들에 의해 생성되는 피칭력이 매우 작게 되도록, 주의 깊게 계산된 크기와 배치가 사용된다.
- [0068] 도 2b에 도시된 관련 치수는 이러한 기준에 따라 선택된다. 네개의 전체 자석들과 두개의 단부 자석들을 갖는 자석 포드가 도 4에 도시되어 있다.
- [0069] 도 2b에서, 단부 자석들은 전체 높이가 아니고 제어 코일들을 갖지 않는다. 감소된 높이는 자기 갭이 작을 때 인력을 감소시키고, 이것은 제어 코일들에서 요구되는 피크 전류를 감소시킨다. 몇몇 실시예에서, 제어 코일은 단부 자석들 주위에 배치된다. 단부 자석들의 설계는 자석 어레이가 매우 짧거나 또는 높은 서스펜션력이 요구된다면 아주 다를 것이고, 이것은 본 명세서에서 계획된다.
- [0070] **서스펜션 제어(Suspension Control)**
- [0071] 본 발명에 따른 시스템에서, 서스펜션 자석들 둘레에 권선된 코일들에서, 전류의 변화는 수직 서스펜션력을 제어한다. 제어의 두가지 목적은 다음과 같다.
- [0072] 1. 불안정한(unstable) 균형 지점(equilibrium point)을 안정한(stable) 균형 지점으로 변환.
- [0073] 2. 제어 코일들에서의 동력 소산(power dissipation)을 최소화시키는 값으로 자기 갭(magnetic gap)을 조절.
- [0074] 이러한 작업을 달성하는 제어 시스템은 통상적으로 두개의 독립적인 피드백 제어 루프(feedback control loops)로서 구성된다. 갭과 가속 센서들(gap and acceleration sensors)를 사용하는 빠른 루프(fast loop)는 안정화를 제공하고, 전류 센서(current sensors)를 사용하는 느린 루프(slower loop)는 제어 전류를 최소화시킨다.
- [0075] 정전자석(static electromagnets)의 시스템이 본질적으로 적어도 하나의 자유도에서 불안정하기 때문에 안정화(stabilization)가 사용된다. 본 명세서에 설명된 설계는 수직 방향으로 불안정하나, 다른 모든 방향으로 안정하다. 통상적인 작동에서, 자기 갭이 공칭 하중(nominal load)을 지니고 20mm로 설계된다면, 서스펜션 자력이 제어 코일들에서의 작은 전류로 하중력에 밀접하게 매치될 때, 20mm가 균형점이 되도록 자석 포드들의 길이를 선택한다. 하중이 증가하면, 제어 시스템의 빠른 반응 부분은 증가된 하중을 방해하는 제어 전류를 즉시 인가하고, 시간에 걸쳐서, 제로 동력 제어 루프(zero-power control loop)는 균형 근처에서 요구되는 제어 전류가 작게 되게끔 서스펜션 갭을 감소시킨다. 통상적인 차량은 공칭 값에 대해 대략  $\pm 20\%$ 로 변화하는 하중을 갖는데, 이로 인해 자기 갭이 그 공칭 값으로부터 약  $\pm 3\text{mm}$ 로 변화하게 되며, 하중이 무거우면 작은 갭이 요구된다(도 3 참조).
- [0076] 도 5는 본 발명에 따른 통상적인 포드를 위한 제어 시스템의 간단한 블록선도이다. 상기 포드는 n으로 표시되는 임의의 수량의 제어 코일들을 가질 수 있으며, 상기 제어 코일 각각은, 교대로 디지털 신호 프로세서(digital signal processor, DSP)에 의해 제어되는 H-브릿지(H-bridge)에 의해 제어된다. 상기 포드 각 단부에서의 갭과 가속 센서는 안정한 갭을 유지하기 위해 필요한 센서 입력을 제공한다. 실용상으로는, 제어 시스템의 실패시에 여분이 있도록 하나 이상의 프로세서가 있을 수 있다.
- [0077] **LSM 및 그 제어(LSM and Its Control)**
- [0078] 도시된 실시예의 선형 동기 모터(LSM)는 상기 인용된 출원들(미국 특허 출원 제60/326,278호 및 동일 명칭으로

본원과 동일한 날에 출원된 출원서)에 기재된 것에 기초하거나, 또는 다른 설계된 방법(종래의 방법 또는 기타 방법)을 사용할 수 있다. 상기 LSM 및 서스펜션 설계는, 가이드를 제공하기 위한 추가적인 자기 구조체가 필요치 않게끔, 충분한 측방향 힘(lateral force)이 존재하도록 선택되는 것이 바람직하다. 만일 상기 갭이 작으면, 서스펜션 레일을 둘 이상의 부분으로 분할하는 것이 수반될 수 있으며, 이들 부분 각각은, 예를 들어, 일본의 HST 자기 부상(maglev) 시스템의 방식으로 가이드를 제공한다. 상기 LSM은 도 6에 제어 시스템 블록선도로 도시된 바와 같이 다상(多相; multiphase) 인버터를 구동하는 마이크로프로세서에 의해 제어될 수 있다.

[0079] 도시된 실시예에서의 위치 감지는, 그 내용이 본 명세서에 참조로 합체된 미국 특허 제6,011,508호 "가이드웨이 작동식 차량용 정확한 위치 감지 및 통신"에 기재된 바와 같이 달성되며, 다른 메카니즘(종래에 공지되거나 그렇지 않은)이 사용될 수도 있다. 상기 위치 감지 시스템은 LSM에 통합되며, 이는 인버터의 전환을 제어한다. 요구되는 쓰러스트(thrust)가 낮을 때에는, 전류가 모터 백-전압(motor back-voltage)과 동조되도록 하고, 전류의 부호에 의해 모터가 전방 쓰러스트를 제공하는지 또는 후방 쓰러스트를 제공하는지가 결정되도록, 인버터를 작동시키는 것이 바람직하다. 동조 작동(operating in-phase)은 LSM 권선에서의 전력 소산을 최소화시킨다.

[0080] 도시된 실시예의 통상적인 적용을 위해, LSM의 인덕턴스는 상당히 크며, 쓰러스트가 클 때, LSM 제어는 권선에서의 전력 소산이 최소인 상태에서 요구되는 쓰러스트와 속도를 얻기 위해, 모터 백 전압과 전류 사이의 위상각을 조정해야 한다. 이 경우 전류 및 백 전압은 동조되지 못할 것이며, 제어는 보다 복잡해진다. 이러한 상황은 회전식 모터에서는 일반적이지 않은데, 그 이유는 회전식 모터가 대개 작은 공기 갭을 갖고, 모든 권선을 여기(exicting)시키는 자계의 자석을 가짐으로써, 단위 인덕턴스(per-unit inductance)가 크지 않기 때문이다.

[0081] **측방향 힘의 감쇠(Damping of Lateral Force)**

[0082] 도 1, 도 2a, 및 도 2b에 도시된 설계는 회전을 실행할 수 있고, 측방향의 바람 힘에 대해 저항할 수 있게끔 충분한 측방향 힘을 생성한다. 이 측방향 힘의 감쇠를 제공하기 위하여, 자석 쌍들(pairs of magnets)은 도 9에 도시한 바와 같이 오프셋되며, 상기 도 9는 네 개의 전장(full-length) 자석들(91, 92)과 두 개의 단부 자석들(93)을 구비한 본 발명에 따른 짧은 자석 포드(pod)의 평면도이다.

[0083] 상당한 측방향 힘을 생성하기 위해서, 수직 서스펜션 힘에 있어서 단지 작은 감소만을 제공하는 오프셋이 사용될 수 있다. 예를 들어, 제어 코일들이 일방향으로 오프셋되는 코일들(및 자석들)의 힘을 증가시키고, 반대방향으로 오프셋되는 코일들(및 자석들)의 힘을 감소시키면, 수직방향 힘의 변화는 전혀 없이 순수 측방향 힘이 있을 수 있다. 레일에 대한 자석들의 측방향 운동을 검출하기 위해 센서들을 사용함으로써, 이들 전류를 제어하여 진동을 감쇠시킬 수 있다. 이 제어는 측방향 가이드 힘을 제공하고자 함이 아니고, 단지 측방향 운동 공진과 연관된 진동을 감쇠시키고자 하는 것이다.

[0084] 자석이 포드상에 장착되고 몇 개의 포드들이 차량을 지지하기 위해 사용되면, 몇 가지 형태의 운동을 감쇠시키기 위해 측방향 힘을 사용할 수 있다. 예를 들면, 스웨이잉은 차량의 측방(side-to-side) 운동이며, 롤링은 차량의 종축 주위로의 회전 운동이다. 차량 아래에서의 서스펜션 자석에 의해 가해지는 어떤 측방향 힘이 스웨이잉 및 롤링을 생성하므로 상기 두 모드는 결합된다. 수직 및 측방향 자력을 제어함으로써, 스웨이잉 및 롤링을 감쇠시킬 수 있다.

[0085] 요잉은 차량의 수직 축에 관한 차량의 회전 운동이며, 이는 후방 포드에 가해지는 측방향 힘에 대해 반대 방향으로 전방 포드에 측방향 힘을 가함으로써 감쇠될 수 있다. 차량 아래에 가해지는 이들 측방향 힘은 소량의 롤링을 생성할 수 있는데, 상기 롤링은 상술한 바와 같이 감쇠되어야 한다.

[0086] 많은 경우에 있어서, 하나 이상의 자유도의 기계적 감쇠를 추가하는 것이 또한 바람직할 것이다. 그러나, 저속 시스템에서는, 모든 또는 대부분의 기계적 감쇠를 제거하고 제어를 위한 자력만을 사용할 수도 있다.

[0087] **초전도체 자석의 사용(Use of Superconducting Magnets)**

[0088] 본 발명에 따른 일 실시예에 있어서, 영구 자석에 추가적으로 또는 영구자석을 대신하여 초전도체 자석들이 사용될 수 있다. 이는, 예를 들면 갭을 안정시키기 위해 초전도체 코일내의 전류를 제어하거나, 초전도체 코일을 영구 전류 모드로 작동시키고, 전술된 영구 자석 서스펜션의 경우와 같이 외부 제어 코일을 사용함으로써, 이루어질 수 있다. 후자의 접근 방식은 초전도체 자석이 현저히 단순화될 수 있다는 장점을 갖는다.

[0089] 초전도체 자석들을 사용하는 바람직한 방법은, 영구 자석 구조체를 도 10에 도시된 것과 유사한 구조체로 대체하는 것이다. 여기서 초전도체 코일들(102a, 102b)은 고온 초전도체들로 구성될 수 있으며, 코강력을 최소화하는 방식으로 자속을 분포시키기 위해 사용되는 자극 선단(pole tips)(104)을 갖는 적층 강철 자극들(laminated

steel poles)(103) 주위에 권선된다. 상기 코일용으로 강철 코어(steel core)의 사용은 필요한 초전도체 코일의 크기를 감소시키고 제어 코일의 크기를 감소시키는 이점을 갖는다. 이는 또한 저온에서 발생하는 초전도체에서의 와류 손실(eddy current loss)을 감소시킨다.

[0090] 도 10에서, 초전도체 권선은 독립적으로 구성되고, 자극 선단 및 제어 권선 위에 삽입될 수 있다.

[0091] **단일 오버헤드 서스펜션 레일의 사용(Use of a Single Overhead Suspension Rail)**

[0092] 본 발명의 부가적인 실시예들은 케이블카가 오버헤드 케이블에 의해 지지되는 것과 유사한 방식으로 차량을 지지하는 단일 오버헤드 서스펜션 레일을 사용한다. 이 서스펜션 방법은 하기의 몇가지 장점을 갖는다.

[0093] (i) 하나의 서스펜션 레일 및 하나의 추진 권선 만이 필요하므로 비용을 절감할 수 있다.

[0094] (ii) 신속하게 작용하는 스위치를 설계하기가 보다 용이하다.

[0095] (iii) 지지 빔이 보다 작을 수 있고 덜 튼튼할 수 있다.

[0096] 공항과 같은 실내에서의 사용을 위해서, 오버헤드 시스템은 양호한 선택이 될 수 있다. 차량이 정지하거나 천천히 이동할 때에는 스윙 운동에 저항하기 위한 기계적 가이드 휠이 있을 수 있으며, 바람이 없으면 스윙 운동이 억제될 수 있다. 오버헤드 서스펜션은 또한 터널 내에서 사용하기에 바람직할 수도 있다. 이 경우에 스윙 운동을 억제하기 위한 척력(repulsive force)을 생성하는 자석이 있을 수 있으며, 오버헤드 서스펜션은 보다 소직경의 터널 및 보다 저비용의 서스펜션 및 추진 시스템을 가능하게 한다.

[0097] **스케일링(Scaling)**

[0098] 본 발명에 따른 서스펜션 시스템의 크기는 사람을 이동시키기에는 잘 맞지만, 물건을 이동시키기에는 최적이지 않을 수 있다. 예를 들면, 휠베이스 서스펜션(wheel-based suspension)으로부터의 오염이 문제될 수 있는 반도체 제조 설비에서와 같은 클린룸(clean room)에서 사용하기 위해, 보다 작은 스케일 버전(scale version)으로 구성되는 것이 요구될 수도 있다. 다른 예로는 방사능 재료를 이동하기 위한 것이며, 이 경우, 차량은 밀폐된 덕트(duct) 내부에서 작동될 수 있고, 추진 권선은 덕트 외부에 배치된다. 또한, 보다 많은 힘을 다루기 위해 보다 넓은 서스펜션 레일을 사용함으로써, 설계가 확대될 수 있으며, 또는, 보다 높은 속력을 위해, 보다 큰 갭과 보다 긴 파장을 갖게끔 설계될 수도 있다. 이러한 모든 변형들이 가능하며, 여기에서 논의된 설계 원리는 여전히 적용가능하다.

[0099] 상술한 것은 소정 목표를 달성하기 위한 시스템 및 방법이다. 본 명세서에 개시되고 논의된 실시예들은 단지 본 발명의 일예이며, 그 변화를 이용하는 다른 실시예들이 본 발명의 범위에 포함된다는 것을 알아야 한다.

**도면의 간단한 설명**

[0030] 도 1은 차량의 각 측면이 조합된 서스펜션, 가이드 및 추진을 제공하는 자석 모듈(module)을 갖는 본 발명에 따른 자기 부상 가이드웨이(guideway) 및 서스펜션 시스템의 단면도.

[0031] 도 2a는 도 1의 시스템의 중심부에 대한 자석 모듈 및 구조체 부분의 측면도.

[0032] 도 2b는 자속을 균등화하고 코깅(cogging)을 경감하는 도 1의 시스템의 말단 단면도.

[0033] 도 3은 80mm 와이드 레일(wide rail)의 경우에, 도 2a 및 도 2b에 도시된 자석 포드들(magnet pods)의 1파장 섹션(1-wavelength section)에 대한 서스펜션력, 가이드력 및 추진력을 도시하는 그래프.

[0034] 도 4는, (a)추진 권선(propulsion winding)이 있는 스테이터 적층(stator lamination)을 도시하는 본 발명에 따른 짧은 스테이터 섹션과, (b)중심부에 제어가능한 자석을 갖고, 자속(flux)을 균등화하고, 코깅력(cogging force) 및 피칭력(pitching force)을 최소화하는 특징의 단부 자석들(end magnets)을 갖는 차량 자석 포드를 3차원적으로 도시하는 도면.

[0035] 도 5는 본 발명에 따른 서스펜션 제어 시스템의 블록선도(block diagram).

[0036] 도 6은 본 발명에 따른 선형 동기 모터(liner synchronous motor, LSM) 제어 시스템의 블록선도.

[0037] 도 7은 수평 및 수직 회전의 절충을 허용하기 위하여 2차원으로 선회하는 4포드를 갖는 본 발명에 따른 차량을 도시한 도면.

[0038] 도 8은 도 7에 도시된 바와 같은 자석 포드들이 본 발명에 따른 차량에 어떻게 부착되는지를 도시한 도면으로,



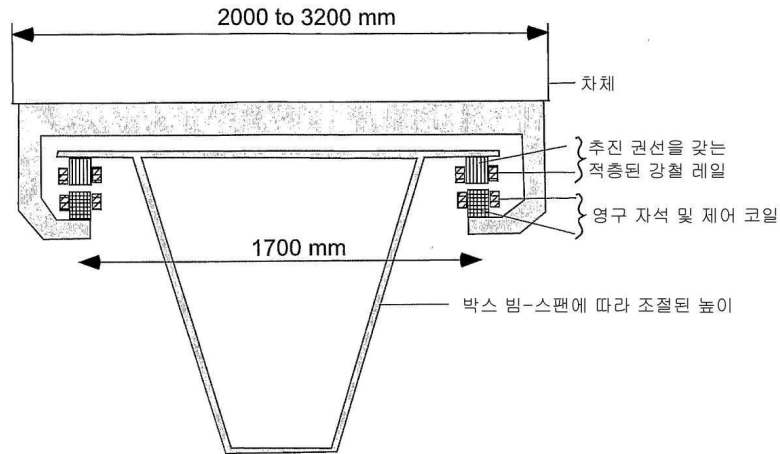
차량에 대해 상기 포드들의 진동을 감소시키는 본 발명에 따른 임의의 기계적 기구를 도시한 도면.

[0039] 도 9는 본 발명에 따른 시스템에서, 서스펜션 제어 시스템이 측방향 진동(lateral oscillations)을 감소하도록, 자석들이 서스펜션 레일에 대해 어떻게 오프셋(offset) 되는지를 도시한 도면.

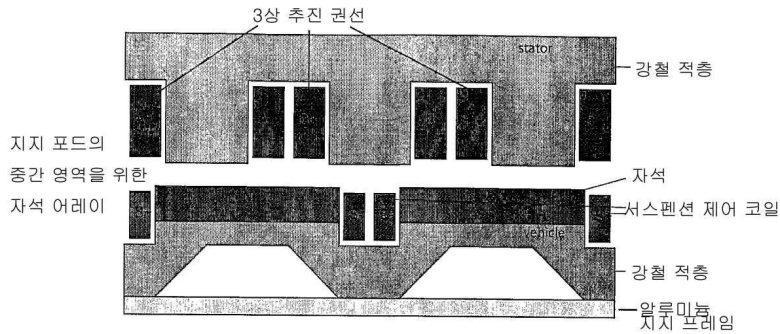
[0040] 도 10은 영구 자석이 초전도체 자석에 의해 대체되는 본 발명에 따른 시스템을 도시한 도면.

도면

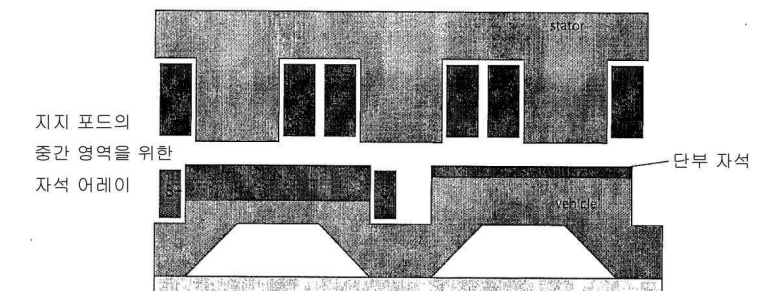
도면1



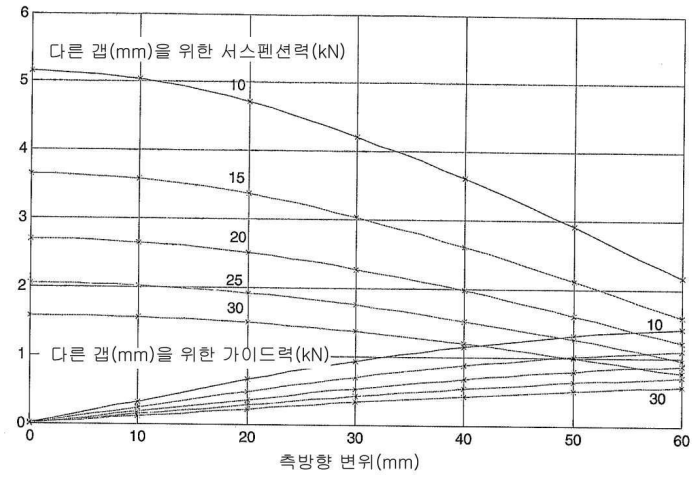
도면2a



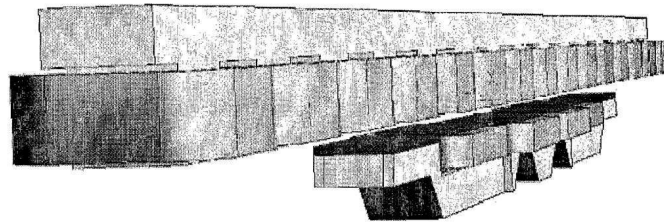
도면2b



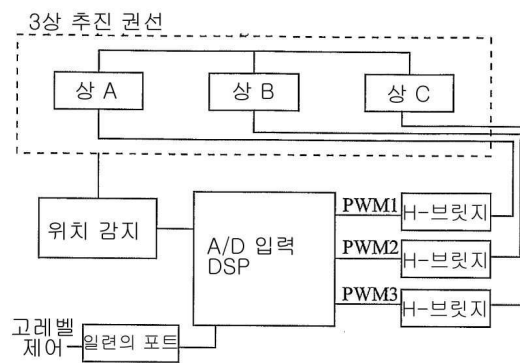
도면3



도면4

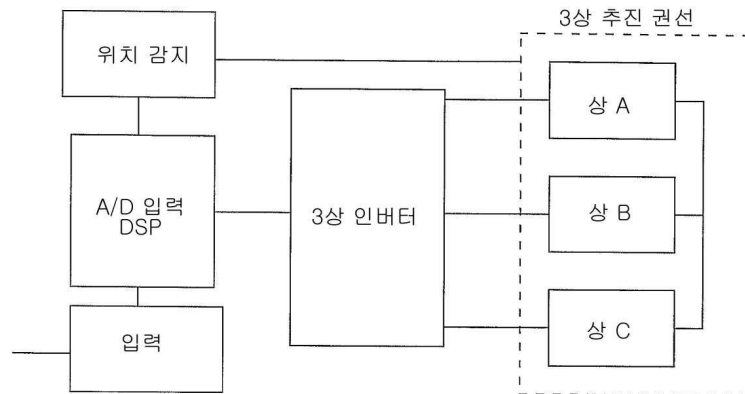


도면5

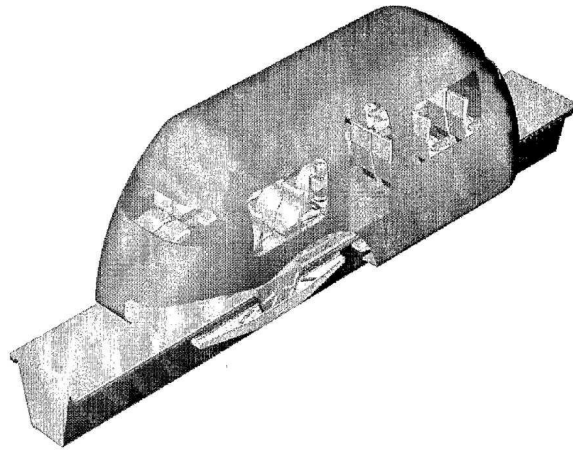




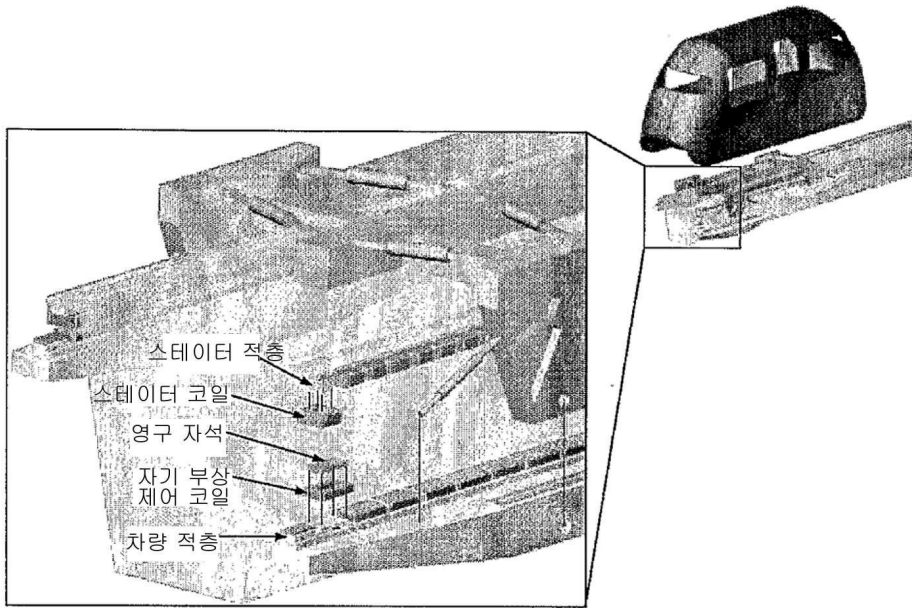
도면6



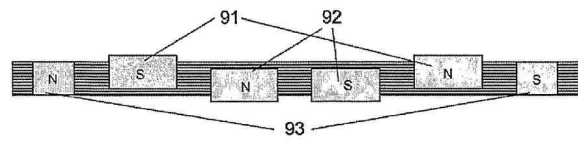
도면7



도면8



도면9



도면10

