

도전성 환봉의 비접촉 반송 방법

Driving technologies to convey the conductive rod without contact

*원광민¹, #정광석¹, 이상현²

*K. M. Won¹, #K. S. Jung(ksjung@cjnu.ac.kr)¹, S. H. Lee²

¹충주대학교 기계공학과, ²안동대학교 기계공학부

Key words : Electrodynamic force, Magnetic levitation, Noncontact conveyance

1. 서론

강자성 환봉의 경우 자기 베어링을 이용하면 임계 속도의 증가, 기계적 소음 및 마모 감소 등 비접촉 회전에 따른 여러 이점을 얻을 수 있다. 이에 반해 재질이 자성체가 아닌, 전도성 환봉인 경우 자기 흡인력 대신 자기 반발력이 이용되어야 하므로 전도성 환봉의 비접촉 구동을 위해서는 전자기 유도 방식이 필요하다. 본 논문에서는 이러한 목적을 위한 몇 가지 반송 방법을 제안하고 특장을 서로 비교한다.

2. 자기차륜의 단차에 의한 다축력 생성

전자기 유도는 전도체에 교번하는 자기장에 의해 발생하는데 이 때 교번 자장은 다상 전원을 통해 구현하는 것이 일반적이지만 발생하는 자기력 밀도가 PM(영구자석) 기반의 시스템보다 열악하다. 따라서 코일에 의한 이동 자장(traveling field) 대신 PM의 기계적 운동에 의해 자기장을 교번하는 자기차륜이 효과적으로 이용될 수 있다.

자기차륜은 원주 방향으로 주기적인 극성 정렬을 갖는 PM 배열을 의미하는데 전도판 위에서 회전하는 자기차륜은 반발 부상력과 회전 방향으로의 강한 견인 토크를 발생시킨다.¹ 이러한 기존 자기 차륜의 축 방향(axial) 구조 대신 차륜의 내측면을 도전성 환봉 주위로 정렬시켜 이를 회전시키면 차륜의 중심 선상 근처에서 기계적인 접촉없이 환봉을 회전시키는 것이 가능하다. 이 때 이웃하는 PM 간에 원주 방향으로 단차를 두면 Fig. 1 에서와 같이 환봉은 회전과 동시에 축 방향으로 전진하는 스크류 운동을 한다. 즉, 환봉에는 3 축의 전자기 유도력이 작용한다. 환봉 반송 시스템을 원주 방향

으로 펼쳐 놓으면 Fig. 2 와 같은데, PM 은 NS NS..NS 의 주기적인 극성을 갖는다. 단차를 갖는 차륜이 회전하면 그림에서와 같이 N 극 뒤에는 S 극이, S 극 뒤에는 N 극이 유도되는데 환봉에 유도된 N 극은 아래 N 극의 PM 에 의해 북동쪽으로 밀리게 된다. 마찬가지로 맨 아래 PM 의 전면에 형성된 N 극은 바로 위 S 극의 PM 에 의해 북동쪽으로 잡아당겨진다. 따라서 PM 아래의 환봉은 x, z 축 뿐만 아니라 y 축으로도 구동되는데 y 축 운동이 Fig. 1 에서의 축 방향 운동에 해당된다. Fig. 2 와 같은 구조를 갖는 시스템을 대상으로 전산모의시험을 수행하여 얻은 자기력 변화 선도를 Fig. 3 에 나

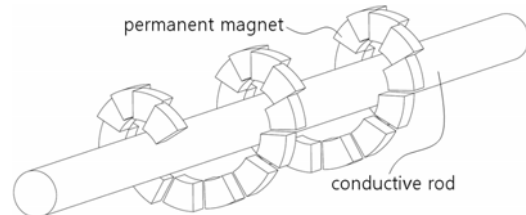


Fig. 1 Concept layout of contact-free conveyance using the spiral magnet wheel around a conductive rod

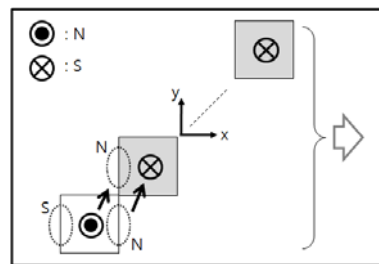


Fig. 2 Generation principle of three-axial forces by rotation of the spiral magnet wheel

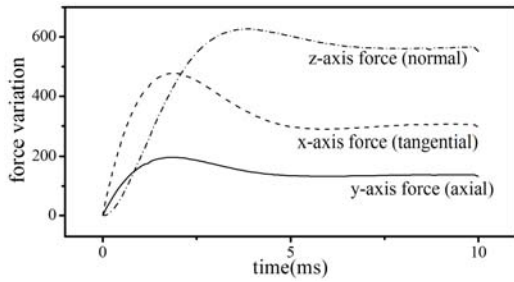


Fig. 3 Transient variation of three-axis forces generated on the conductive plate of Fig. 2

내었다. 3 축력 모두 시간 지연이 약간씩 있는 것을 알 수 있으며 각 힘의 상대적인 크기의 비는 시스템을 구성하는 여러 가지 요소들에 의해 영향을 받는다.²

3. 나선 운동을 위한 차륜의 극성 조합

환봉을 둘러싸는 자기차륜의 PM 조합은 다양하게 구성할 수 있으며 각 조합은 독특한 자기력 특성을 갖는다. 기본적으로 이웃하는 두 개의 PM 은 Fig. 2 의 N-S(환봉의 중심을 향해) 혹은 Fig. 4 의 N-N 조합이다. 이 때 N-N 의 경우 그림에서와 같이 상단의 PM 후미에 발생하는 S 극성과 하단의 N 극의 PM 사이에 폐루프의 자기장이 형성되기 때문에 Fig. 2 의 N-S 구조에 대비하여 축방향 힘이 진행 방향 힘에 비해 더욱 크게 발생한다. 또한 N-N 구조는 축방향 힘의 방향이 N-S 구조와 반대이다.

주기적인 극성을 갖는 PM 배열은 환봉 주위에서 일정한 단차로 360 도 이상을 감싸는 형태인데 PM 배치는 Fig. 2 와 같이 원주 방향 전체에서 계단 구조일 필요는 없다. 이웃 PM 간의 와전류 발생 형태를 고려하면 Fig. 5 에서와 같이 원주 방향으로 2 열 형태로도 동일한

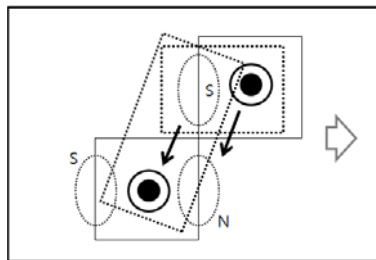


Fig. 4 Force between neighboring PMs for magnetic combination NN...NN

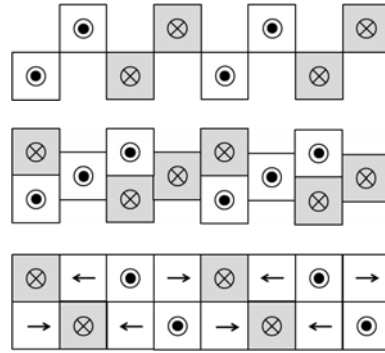


Fig. 5 Periodical polar pattern of PMs for a spiral motion of conductive rod

자기력 패턴을 얻을 수 있다. Fig. 5 의 상단은 N-N-S-S 의 반복 극성을, 중간은 이를 응용하여 단차를 반으로 줄이고 대신 축 방향력을 극대화한 조합이며 하단 조합은 상단의 조합을 기초로 한 Halbach 배열이다. 하단의 조합은 이웃 PM 간에 폐회로가 형성되므로 진행 방향 힘과 부상력이 상단 조합보다 훨씬 크다.

4. 결론

자기 차륜은 강자성 스핀들을 대상으로 한 자기 베어링과 같이 도전성 환봉의 고속 회전 혹은 비접촉 반송에 효과적으로 이용될 수 있다. 환봉을 둘러싼 PM 의 주기적인 극성 조합에 따라 다양한 특성을 갖는 자기력 생성이 가능하며 차륜을 구성하는 다양한 제 변수들은 이러한 자기력의 크기 등에 큰 영향을 미친다.

후기

이 논문은 2009 년 정부재원(교육과학기술부 술연구구성사업비)으로 한국연구재단의 지원을 받아 연구되었음(2009-0071607).

참고문헌

- 정광석, 심기분, 이상현, "마그네트 휠의 공극 자기장 차폐판 조절에 의한 도전성 평판의 비접촉 반송," 한국 정밀공학회지, **27**, 109-116, 2010.
- 심기분, 이상현, 정광석, "자기차폐를 이용한 전방향 자기 차륜," 한국 정밀공학회지, **26**, 72-80, 2009.