

고밀도 광 디스크용 가동자석형 구동기의 조립성능 개선

Improvement of Assembling Efficiency for Moving Magnet Type Actuator in High Density Optical Disc

김도환*.정호섭**.윤용한***

Do-Hwan Kim, Ho-Seop Jeong and Yong-Han Yoon

Key Words : Moving Magnet Type Actuator(가동자석형 구동기), Magnet Circuit(자기회로), Optical Disc(광디스크), Magnetic Force(자기력)

ABSTRACT

가동자석형 픽업 구동기를 조립하는 경우 조립 전후에 오차가 발생하게 된다. 즉, 렌즈홀더와 스프링홀더 ASSY 를 요크에 조립하기 전과 후에 렌즈홀더가 shift 된 양을 살펴보면 상당한 편차가 있음을 볼 수 있다. 이것은 자석 중심과 요크 중심이 어긋날 경우 자석과 요크 사이에 발생하는 자기력의 영향으로 발생하는 것으로, 자기해석을 수행한 결과 자석과 요크의 크기에 따라 자기력의 영향이 달라짐을 확인할 수 있었고, 개발모델에 적용하여 조립성능이 향상됨을 확인할 수 있었다.

A moving-magnet type pickup actuator has an assembly error. That is, the actuating part of an actuator is shifted from initial position after we assemble it into yoke. This is the result of an effect of magnetic force between magnet and yoke. We performed magnetic-analysis using FEA. As a result of simulation, we improved the assembling efficiency for moving-magnet type actuator.

1. 서 론

정보화 사회가 점점 다가오면서 고밀도의 기록 저장 매체에 대한 관심은 날로 고조되고 있다. 고밀도 기록저장 매체의 하나로 지금 현재 많은 주목을 받고 있는 DVD(Digital Versatile Disk), BD(Blu-ray Disk) 등의 광 관련 미디어와 관련된 기술들은 선진 기업들의 연구가 치열히 진행되고 있다.

DVD, BD 등의 고밀도 광 디스크의 광 기록재 생장치는 고 개구율(Numerical Aperature, NA)의 대물렌즈로 집광 빔의 크기를 소형화하여 기록 용량을 증대시키고 있다. 이 경우 디스크에 대한 대물렌즈의 광축경사에 대한 수차가 개구율의 3

승에 비례하여 커지기 때문에 양호한 기록 재생 신호를 얻기 위해서는 디스크에 대한 대물렌즈의 경사를 보다 정밀하게 위치를 결정할 필요가 있다. 그러나 피딩계의 경사보정이나 DC 모터를 이용한 경사보정은 저주파수의 각도 어긋남을 어느 정도는 보정할 수 있으나 수차절감에는 한계가 있다. 결과적으로 광축과 광 디스크의 기록면에 대한 경사는 광학적인 수차가 발생하고 신호 레벨의 저하나 포커스 트래킹 서보에 오프셋(offset)이나 기록시의 피트(pit) 형성의 오류, 크로스토크(Crosstalk) 등의 문제가 발생한다.

이를 극복하기 위해서 직접 디스크의 경사에 따라 제어할 수 있는 픽업 구동기가 제안되어 왔다. 구동기는 가동코일형(moving coil type)과 가동자석형(moving magnet type)으로 나뉘어 질 수 있다. 먼저 가동코일형 구동기는 디스크와 대물렌즈와의 상대각도를 검출하고 그 검출 신호에 근거하여 가동체에 고정되어진 복수개의 포커싱 코일에 흐르는 구동전류를 조정하고 경사를 보정하는 방법으로 저주파수로부터 고주파수에 있어서

* 삼성전기 중앙연구소
E-mail : dohwan27.kim@samsung.com
Tel : (031) 210-6678, Fax : (031) 210-6652

** 삼성전기 중앙연구소

*** 삼성전기 중앙연구소

넓은 범위에서의 광축 어긋남을 보정한 것이 가능하다. 그렇지만 이와 같은 구성에서는, 자기회로는 고정되어 있기 때문에 가동체의 이동을 수반하고 자기회로의 자속밀도 분포에 의한 복수개의 포커싱 코일의 위치가 변화하기 때문에 각각의 포커싱 코일과 직교하는 자속밀도가 변동한다. 따라서 가동체의 위치에 따라 구동감도가 변동하고 서보의 안정성 및 제어 정밀도의 열화등의 문제점을 가지고 있다. 또한 여러개의 구동코일에 접근하기 위한 배선이 매우 복잡해 진다. 최소 6 개 이상의 와이어를 지지부재로서 이용하거나 FPCB 를 이용하여 구동체로부터 배선을 유도하여야 한다. 따라서 비용이나 신뢰성, 조립성면에서 문제점을 갖는다. 반면에 가동자석형 구동기는 코일부분이 고정자에 붙어있기 때문에 전류를 인가하기 위한 배선에는 전혀 문제가 없다. 하지만 가동코일형에 비해 자기회로가 폐회로를 구성하지 못하기 때문에 구동감도가 상대적으로 가동코일형에 비해 작은 문제점을 안고 있다. 그리고 가동코일형은 자석과 요크가 모두 고정되어 있지만 가동자석형은 요크는 고정되어 있지만 자석은 자유도를 가지고 있기 때문에 자석과 요크사이에서 작용하는 자기력의 영향 때문에 렌즈 홀더부와 요크를 조립하게 되면 상대적으로 큰 조립오차가 발생하게 된다.

본 연구에서는 위와 같은 조립 오차를 효과적으로 줄이기 위해서 자석과 요크사이에서 작용하는 자기력의 영향을 자기해석을 통해 확인하고 현재 개발모델에 적용가능한 최적의 요크 크기를 설계하여 자기력에 의한 조립 오차의 영향을 최소화할 수 있는지를 검증하였다.

2. 자기력 영향 Simulation

2.1 자기해석

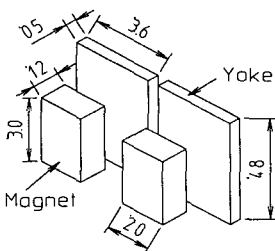


그림 1 자기해석 모델

현재 개발중인 가동자석형 구동기의 자기해석을 수행하고, 자석과 요크사이에서 작용하는 자기력의 영향을 평가하였다. 자기해석에 필요한 물성치를 표 1 에 나타내었다.

표 1 해석에 사용된 물성치

자석	보자력	15000	Oersted
	잔류자속밀도	15676.7	Gauss
	폭	2.0	mm
	높이	3.0	mm
	두께	1.2	mm
요크	상대투자율	320431	
	폭	3.6	mm
	높이	4.8	mm
	두께	0.5	mm
공기 층	두께	5.0	mm
Air gap	두께	1.4	mm

가동자석형 구동기는 요크는 고정되어 있고 자석이 움직일 수 있는 구조이다. 자석의 중심이 요크의 중심이 되도록 설계되지만 실제로는 조립오차에 의해 중심사이에서 어긋남(shift, tilt)이 발생하게 된다. 그림 2 와 그림 3 을 보면 두 자석중심이 각각의 요크중심에서 벗어나게 되면 shift 량이 적은 경우에는 자석과 요크사이에서 척력이 발생하게 되고 상당히 멀어지게 되면 인력이 발생하는 현상을 볼 수 있다. Focus 방향이나 Track 방향 shift 발생시 모두 동일한 양상으로 자기력의 크기와 방향이 변화하는 것을 볼 수 있다.

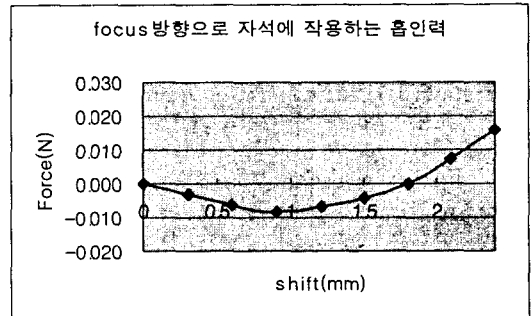


그림 2 Focus 방향으로 자석 shift 시 focus 방향으로 자석과 요크사이에서 작용하는 자기력 그래프

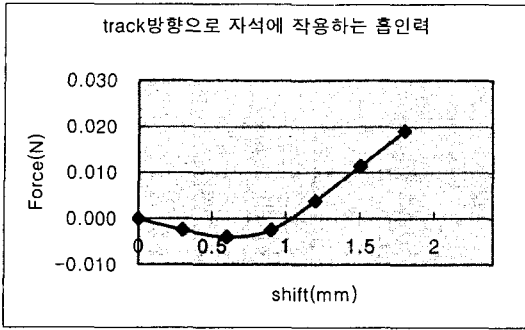


그림 3 Track 방향으로 자석 shift 시 track 방향으로 자석과 요크 사이에 작용하는 자기력 그래프

그림 4 와 그림 5 는 자석과 요크의 중심은 같고 track 축을 중심으로 두 자석이 동시에 tilt 가 발생할 때의 자기력의 변화를 나타내고 있다. Tilt 량이 증가할수록 자기력이 크기가 커짐을 볼 수 있다. 그림 6 과 그림 7 은 shift 와 tilt 를 동시에 적용하기 위한 해석 모델이고 그림 8 과 그림 9 는 해석 결과이다.

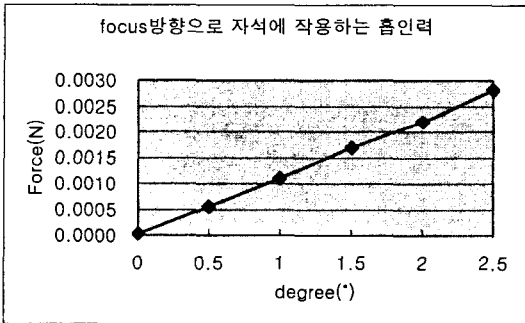


그림 4 Track 축 중심으로 자석 tilt 시 focus 방향으로 자석과 요크에 작용하는 자기력 그래프

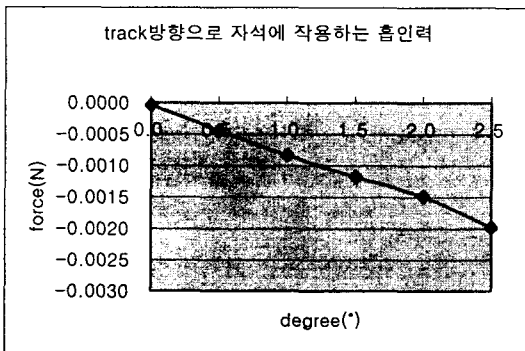


그림 5 Focus 축 중심으로 자석 tilt 시 track 방향으로 자석과 요크에 작용하는 자기력 그래프

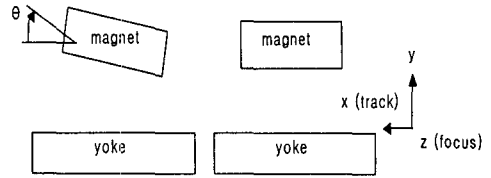


그림 6 Track 방향 모델

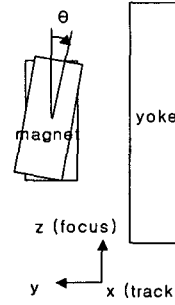


그림 7 Focus 방향 모델

그림 8 과 그림 9 를 보면 shift 와 tilt 는 서로 독립적이고 미소 범위 내에서는 선형적임을 볼 수 있다. 따라서, 가동 자석형 구동부의 조립 전 상태를 측정해보면 조립 후 오차를 예측할 수 있다.

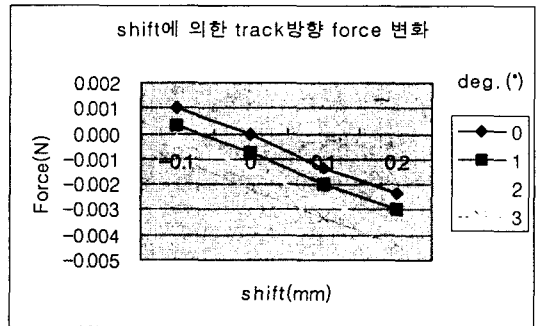


그림 8 Focus 축 중심으로 자석 tilt 와 track 방향 shift 시 track 방향으로 자석에 발생하는 자기력 그래프

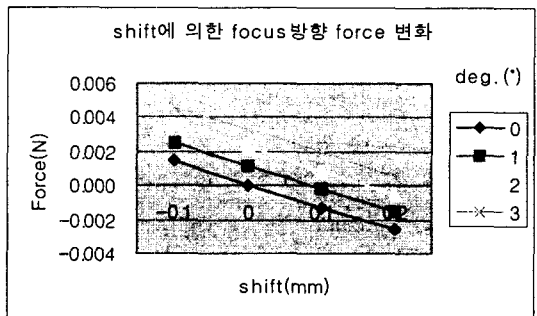


그림 9 Track 축 중심으로 자석 tilt 와 focus 방향 shift 시 focus 방향으로 자석에 발생하는 자기력 그래프

현재 구조는 자석이 요크에 대해 초기 shift 가 존재할 경우, 자석과 요크 사이에 초기 shift 방향으로 척력이 발생하게 되고, 초기 tilt 가 발생하면 자석의 모서리(요크와 가까운 부분)가 요크가 중심을 향하게 되는 방향으로 자기력이 작용함을 볼 수 있다.(그림 10)

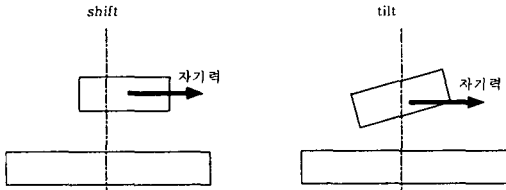


그림 10 Shift 및 tilt 가 자기력에 미치는 영향

2.2 자기력 영향 평가

자석과 요크의 크기가 자석과 요크 사이에 발생하는 자기력에 미치는 영향을 파악하기 위해 그림 11 과 같은 모델에 대해 자기해석을 수행하였다. 먼저 표 2 와 같은 자석과 요크의 크기를 가지는 모델에 대해 자석이 요크에 대해 focus 방향(y)으로 shift 되었을 때 focus 방향 자기력의 변화를 그림 12, 그림 13 에 track 방향(x)으로 shift 되었을 때 track 방향 자기력의 변화를 그림 14, 그림 15 에 나타내었다. 자석과 요크 크기에 따라서 자기력의 크기 및 방향이 불규칙적으로 변화함을 볼 수 있다.

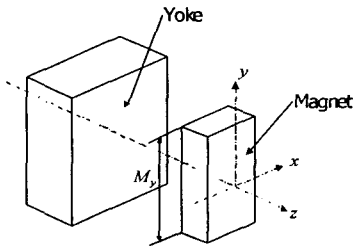


그림 11 자석 및 요크 크기에 대한 자기 해석 모델

표 2 해석 모델의 자석 및 요크 치수

Dim	Value	Unit	비고
Mx	1~2	mm	자석폭
My	2~3	mm	자석높이
Mz	0.7	mm	자석두께
Yx	1.9	mm	요크폭
Yy	1~6	mm	요크높이
Yz	0.8	mm	요크두께

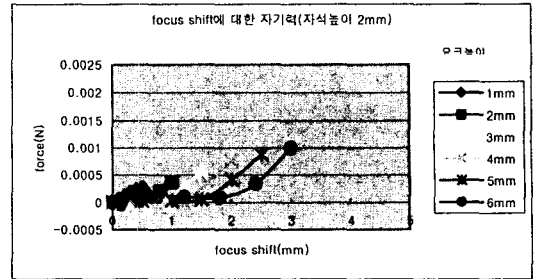


그림 12 자석 및 요크 크기 변화 & focus 방향 shift 시 발생하는 자기력 그래프(자석높이 2mm)

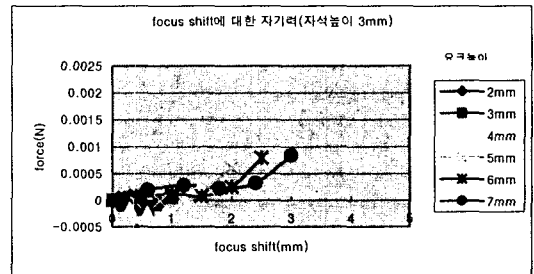


그림 13 자석 및 요크 크기 변화 & focus 방향 shift 시 발생하는 자기력 그래프(자석높이 3mm)

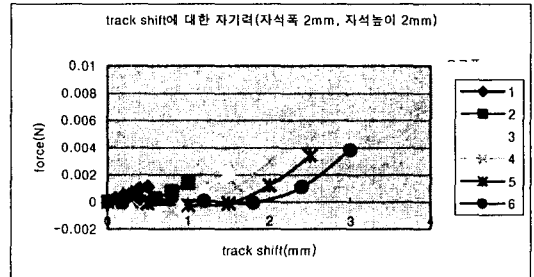


그림 14 자석 및 요크 크기 변화 & track 방향 shift 시 발생하는 자기력 그래프(자석폭 2mm, 자석높이 2mm)

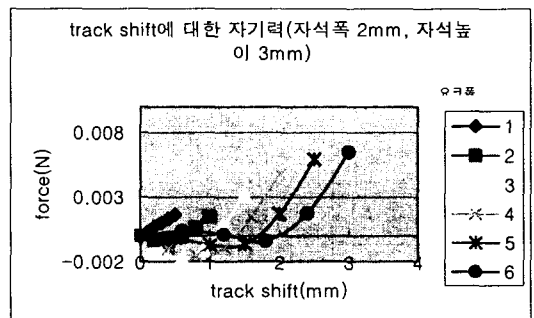


그림 15 자석 및 요크 크기 변화 & track 방향 shift 시 발생하는 자기력 그래프(자석폭 2mm, 자석높이 3mm)

2.3 최적설계

가동자석형 구동기에서 초기 조립오차가 존재하게 되면 자석과 요크의 크기에 따라 자석과 요크 사이에 자기력(인력 또는 척력)이 발생하게 된다. 그러나, 설계대로 구동기의 성능을 발휘하기 위해서는 구동기의 구동범위 내에서 자기력이 발생하지 않는 편이 좋다. 따라서, 본 연구는 자기력의 영향을 최소화하면서 시스템의 다른 성능에 영향을 미치지 않도록 기존 모델을 개선하였다. 기존모델의 경우 track 방향 조립오차가 상당량 존재하므로 track 방향에 대해 최적설계를 수행하였다. 그림 16 에 개선 전후 모델과 선진사의 가동자석형 모델을 해석한 결과를 비교하였다. 그림 17 에서는 기존모델의 자석과 요크 사이에 작용하는 자속밀도 분포를 나타내었고, 그림 18 에서는 개선모델의 자석과 요크 사이에 작용하는 자속밀도 분포를 나타내었다.

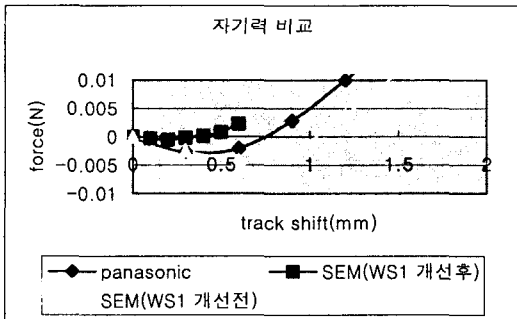


그림 16 자기력 영향 비교

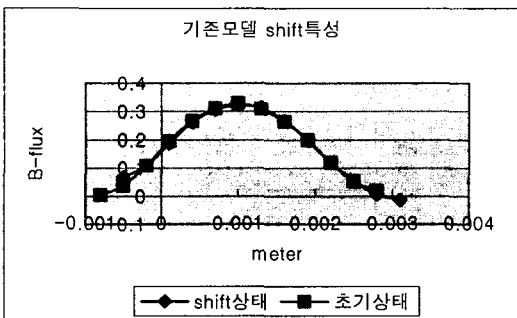


그림 17 기존모델 shift 특성(자속밀도 변화)

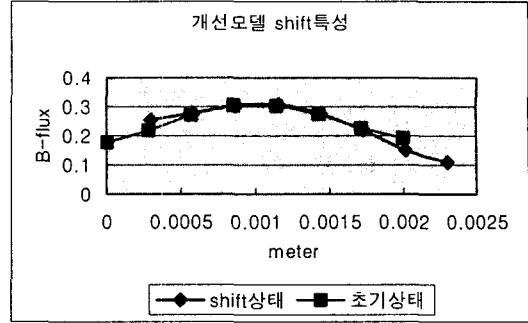


그림 18 개선모델 shift 특성(자속밀도 변화)

표 3 Shift 특성 비교(자속밀도)

	기존 모델	개선 모델
초기치 대비 shift 자속밀도 변화율	0.65%	3.43%

요크폭을 2mm 로 했을 경우 구동범위 내에서 자석과 요크사이에 작용하는 자기력이 개선 전(요크폭 3.6mm)에 비해 상당히 감소했음을 볼 수 있다. 선진사 제품과 비교해 보았을 때도 자기력의 영향이 거의 없음을 볼 수 있다.(그림 17) 개선된 요크는 폭이 기존 요크에 비해 작기 때문에 자석 shift 시 감도 변화가 커서 shift 특성이 나빠질 우려가 있어서 기존 모델의 shift 특성(자속밀도 변화)과 개선 모델의 shift 특성(자속밀도 변화)을 자기해석을 통해 비교하였다. 그 결과 선진사(도시바) 기준(5%)으로 판단할 때 개선 모델의 shift 특성은 나빠지지 않음을 볼 수 있다.(그림 17, 그림 18) Track 방향 shift가 없는 경우 코일부를 지나는 자속밀도 평균값과 track 방향 shift가 0.3mm 발생한 경우 코일부를 지나는 자속밀도 평균값을 비교하여 표 3 에 나타내었다.

3. 실험 및 고찰

기존 가동자석형 구동기의 자기력 영향에 의한 조립오차를 최소화하면서 shift 특성과 같은 구동기 성능에 영향을 미치지 않도록 구동기의 요크 구조를 설계하였다. 해석 데이터 검증용 위해 요크를 재제작 하였고 조립전후 Track 방향 Shift 량을 측정하였다. 선정한 요크폭은 2mm 이다.

3.1 측정 결과

표 4 자석과 요크사이의 shift 량 측정데이터

	shift 량 (NoYoke)	shift 량 (기존)	shift 량 (개선)
샘플 1	0.25mm	0.38mm	0.29mm
샘플 2	0.33mm	0.45mm	0.31mm

표 5 자기력에 의한 shift 량의 측정값과 해석값 비교

	shift 예상치(해석값)	실측치와의 오차
샘플 1	0.44mm	15.7%
샘플 2	0.53mm	16.8%

실험 결과 요크가 없는 경우에 비해 기존 모델은 shift 가 많이 발생함을 볼 수 있고, 개선 모델의 경우는 shift 가 적게 발생함을 볼 수 있다. 샘플 2 에서 개선 모델의 경우, 초기 shift 방향과 반대방향으로 shift 되었는데 이것은 요크 조립 오차로 인해 요크 중심이 기존 요크 중심과 일치하지 못했기 때문으로 보인다. (표 4)

Shift 및 tilt 에 의한 자기력 영향을 해석한 결과를 이용하여 Act. 구동범위 내에서 선형방정식을 유도하였고, 초기 shift 량을 이 식에 대입하여 나온 계산값과 실제 shift 측정값을 비교하였다. (표 5) 초기 tilt 량까지 고려하여 검토한 결과, 실측치와 해석치가 약 15% 정도의 오차가 발생함을 볼 수 있다. 이것은 측정오차 및 요크 조립 오차등에 의한 영향일 것으로 생각된다.

4. 결론

가동자석형 구동기의 자석과 요크 사이에 shift(중심간 어긋남)나 tilt 가 발생하면 자석과 요크사이에서 shift 방향의 자기력(척력 또는 인력)이

발생한다. 기존 모델의 경우 조립시 자석과 요크 사이에 shift 가 발생하게 되면 척력이 발생하여 구동기 성능(감도저하, 부공진, P/U 조립조정마진)에 좋지않은 영향을 미치게 된다. 따라서, 구동기 설계시 구동범위 내에서 구동기 성능에 영향을 미치지 않으면서 자기력의 영향이 최소가 되게 하는 자석 및 요크 크기를 결정하고 구동기 조립허용공차를 관리할 필요가 있다. 구동기의 구동범위 내에서 shift 및 tilt 에 의한 shift 방향 자기력의 변화는 선형적으로 가정할 수 있으므로 조립 전 shift 및 tilt 측정값으로부터 조립 후 shift 및 tilt 량을 예상할 수 있다.

후 기

본 연구는 주로 시뮬레이션에 중점을 두었기 때문에 실험을 통한 검증부분을 보강할 필요가 있다. 구동기의 동특성 실험을 수행하여 실제로 shift 특성이 나빠지지 않는지, 다른 구동기 성능에 악영향을 미치지 않는지를 확인하는 것이 차기 과제이다.

참고문헌

- (1) Rolf Knowles, 1982, Dynamic Circuit and Fourier Series Methods for Moment Calculation in Electrodynamic Repulsive Magnetic Levitation Systems, IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, VOL. MAG-18, NO. 4, .
- (2) Yoshihiro Kawase, Noriyo Mimura, and Kazuo Ida, 2000, 3-D Electromagnetic Force Analyses of Effects of Off-Center of Rotor in Interior Permanent Magnet Synchronous Motor, IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, VOL. 36, NO. 4.
- (3) Daiki Ebihara, Toshinao Suzuki, Kazuhiko Imagawa, 1987, The Reduction of Lateral Force by the Arrangement of Permanent Magnets in the PM-Type Magnetic Levitation Device, IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, VOL. MAG-23, NO. 5.