



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년06월17일
(11) 등록번호 10-1409120
(24) 등록일자 2014년06월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H02K 41/02 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2013-0019397

(22) 출원일자 2013년02월22일

심사청구일자 2013년02월22일

(56) 선행기술조사문헌

JP2004140899 A*

JP2000023449 A*

KR1020020003563 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

조선대학교산학협력단

광주광역시 동구 필문대로 309 (서석동)

(72) 발명자

김용재

광주광역시 북구 천변우로79번길 77-1 한국 아텔
리움 202동 901호

(74) 대리인

정상규

전체 청구항 수 : 총 1 항

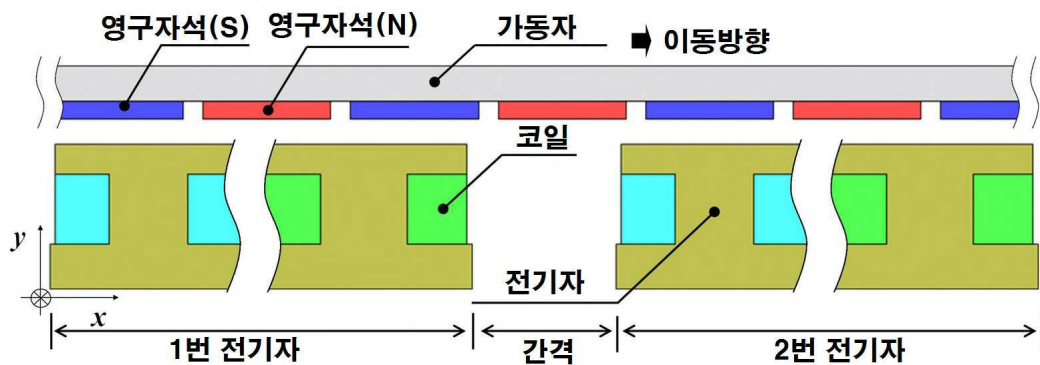
심사관 : 임영훈

(54) 발명의 명칭 리니어 모터의 전기자 간격 조절 방법

(57) 요약

본 발명은 전기자를 분산 배치하는 리니어 모터에서 전기자의 분산 간격을 최적화해서 가동자의 운동에 미치는 코깅력의 영향을 최소화해 구동 안정성과 운영효율을 높일 수 있는 리니어 모터의 전기자 간격 조절 방법에 관한 것으로, 전기자코일에 전기자코일이 권선된 적어도 둘 이상의 전기자가 분산 배열되어 영구자석이 배치된 가동자를 이동시키는 리니어 모터에서, 상기 가동자의 이동 시 특정 길이를 갖는 가동자의 전후 단부 중 어느 하나만이 전기자에 진입 또는 반출되도록 전기자 사이의 간격을 조절하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도6



특허청구의 범위

청구항 1

전기자코어에 전기자코일이 권선된 적어도 둘 이상의 전기자가 분산 배열되어 영구자석이 배치된 가동자를 이동시키는 리니어 모터에서,

상기 가동자의 이동 시 특정 길이를 갖는 가동자의 전후 단부 중 어느 하나만이 전기자에 진입 또는 반출되도록 전기자 사이의 간격을 조절하며,

상기 전기자 사이의 간격은 가동자의 양측 단부에서 각각 가동자 길이의 16 내지 18%가 전후 전기자들에 대향하도록 설정되는 것을 특징으로 하는 리니어 모터의 전기자 간격 조절 방법.

청구항 2

삭제

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 리니어 모터의 전기자 간격 조절 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 전기자를 분산 배치하는 리니어 모터에서 전기자의 분산 간격을 최적화해서 가동자의 운동에 미치는 코깅력의 영향을 최소화해 구동 안정성과 운영효율을 높일 수 있는 리니어 모터의 전기자 간격 조절 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 최근 여러 산업 분야에서 전기기기를 이용한 직선 운동 구동 시스템의 필요성이 증가되고 있다. 과거에는 회전기를 구동시켜 이를 직선 운동으로 변환하는 기계장치를 사용하여 직선운동을 구현해 왔으나, 점차적으로 기계적 변환 장치 없이 선형 전동기로 직접 구동하는 방식이 증가되고 있다.

[0003] 기계적 변환 장치는 구조적으로 복잡하고, 소음, 마찰, 진동으로 인해 시스템 효율의 저하는 물론 위치제어 및 고속화에 한계가 있다. 이에 반해 선형 전동기는 직선 추력을 발생시키므로 동력 변환 시스템에서 발생하는 근본적인 문제점을 해결할 수 있어 리니어 시스템의 전체적인 효율 및 성능 향상을 기대할 수 있다.

[0004] 현재 선형 전동기는 많은 연구가 진행되어 그 응용분야가 산업 전반에 확대되고 있다. 이 중 영구자석 선형 동기 전동기(Permanent Magnet Linear Synchronous Motor : PMLSM)는 기존의 회전기를 이용하여 직선운동으로 변환하는 시스템보다 정밀 제어성 및 높은 에너지 밀도, 고효율성 등의 특성으로 인하여 전기철도, 공장 자동화 반송시스템, 반도체 제조장비 등과 같은 FA(Factory Automation)분야에서 널리 이용되고 있다. 현재 PMLSM은 주로 단거리 반송장치의 구동원으로 적용되고 있으나 장거리용 고하중 반송장치의 필요성이 꾸준히 증가되고 있다.

[0005] 장거리용 PMLSM은 추진자계를 발생시키는 전기자를 반송 경로 전장에 설치해야하기 때문에 반송 경로가 길어지면 길어질수록 초기 비용이 상승하는 문제점이 발생한다. 이러한 초기 비용 상승의 문제점을 해결하기 위해 분산배치 방식의 전기자가 제시되고 있다.

[0006] 도 1에 전기자 분산배치 PMLSM을 나타내었다. 도 1에 도시된 바와 같이 전기자 분산배치 PMLSM은 구조상 필연적으로 발생하는 단부에 의해 가동자가 전기자 위치에 진입하거나 또는 전기자 위치에서 반출될 때에 코깅력(Cogging force)이 크게 발생하여 기기의 소음과 진동을 유발한다. 즉 가동자가 전기자 설치 부위와 비설치 부위의 경계를 통과할 때에, 전기자측 철심과 가동자측 영구자석 사이에서 발생하는 흡인력(Attractive force)이 크게 변동한다.

[0007] 도 2는 전기자의 단부가 가동자에 미치는 영향을 도시한 측면도이다.

[0008] 가동자가 전기자에 진입하는 진입부에서 발생하는 흡인력은 가동자의 진행 방향과 같은 방향의 힘으로서, 즉 가

동자를 전기자 측으로 끌어들이는 힘으로 작용하여 가동자를 가속시킨다. 또한, 가동자가 전기자를 벗어나는 반출부에서 발생하는 흡인력은 가동자의 진행 방향과 역방향의 힘으로서, 즉 가동자를 전기자측에 되돌리는 힘으로 작용하여 가동자를 감속시킨다. 그러므로 이러한 단부 코깅력을 감소시켜야 한다.

[0009] 특히 만약 외란에 의해 가동자가 전기자가 존재하지 않는 구간(Freewheeling 구간)(도 1 참조)에 정지하게 되면 전기자에 의한 제어가 이루어지지 않아 가동자를 이동시킬 수 없는 상황이 발생하게 된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로, 그 목적은 전기자를 분산 배치하는 리니어 모터에서 전기자의 분산 간격을 최적화해서 가동자의 운동에 미치는 코깅력의 영향을 최소화해 구동 안정성과 운영효율을 높일 수 있는 리니어 모터의 전기자 간격 조절 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0011] 본 발명의 일측면에 따르면, 전기자코어에 전기자코일이 권선된 적어도 둘 이상의 전기자가 분산 배열되어 영구 자석이 배치된 가동자를 이동시키는 리니어 모터에서, 상기 가동자의 이동 시 특정 길이를 갖는 가동자의 전후 단부 중 어느 하나만이 전기자에 진입 또는 반출되도록 전기자 사이의 간격을 조절하는 것을 특징으로 하는 리니어 모터의 전기자 간격 조절 방법을 제공한다.

[0012] 바람직하게는, 상기 전기자 사이의 간격은 가동자의 양측 단부에서 각각 가동자 길이의 16 내지 18%가 전후 전기자들에 대향하도록 설정되는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0013] 본 발명에 따르면, 전기자의 분산 배치를 가능하게 해 리니어 반송 시스템의 설치 비용을 절감시키는 효과가 있다.

[0014] 또한 리니어 모터에서 전기자의 분산 간격을 최적화해서 가동자의 운동에 미치는 코깅력의 영향을 최소화하고 결국 구동 안정성과 운영효율을 높이고 유지관리 비용을 절감할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 종래 기술에 따른 분산 배치 방식의 리니어 모터를 도시한 측면도.

도 2는 종래 기술에 따른 분산 배치 방식의 리니어 모터에서 전기자의 단부가 가동자에 미치는 영향을 설명하기 위한 도면.

도 3은 종래 기술에 따른 리니어 모터의 전기자 배치 방식과 본 발명에 따른 리니어 모터의 전기자 배치 방식을 비교하여 설명하기 위한 도면.

도 4는 1 대의 전기자를 사용한 모델의 형상을 도시한 도면.

도 5는 도 4에 도시된 1 대의 전기자를 사용한 모델의 코깅력을 측정한 그래프.

도 6은 2 대의 전기자를 사용한 모델의 형상을 도시한 도면.

도 7은 도 6에 도시된 2 대의 전기자를 사용한 모델의 코깅력을 측정한 그래프.

도 8 및 도 9는 최적의 전기자 간격을 도출하기 위한 실험예의 코깅력을 측정한 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0016] 이하 본 발명에 따른 리니어 모터의 전기자 간격 조절 방법에 대하여 첨부한 도면을 참고하여 상세히 설명한다.
- [0017] 먼저 도 3을 참조하여 본 발명에 따른 리니어 모터의 전기자 간격 조절 방법의 원리에 대하여 살펴본다.
- [0018] 본 발명에 따른 리니어 모터는 극성이 교번되게 영구자석이 배치된 가동자, 전기자코어에 전기자코일이 권선된 전기자를 포함하여 구성되며, 상기 전기자코일에 전류가 인가됨에 따라 전기자코일에서 발생하는 자기력과 영구자석의 자기력 사이의 상호 작용에 의해 직선의 추력이 발생되게 된다.
- [0019] 도 3의 (a)는 종래 기술에 따른 리니어 모터의 구조로서 반송 경로를 따라 단일의 전기자가 일렬로 길게 설치되고 이 전기자 위에 가동자가 배치되는 전기자 연속 배치 방식이 도시되어 있다. 하지만 이러한 방식의 리니어 모터를 장거리 반송 장치에 적용하게 되면 전체적인 재료비용 및 운영비용의 상승과 제작시간이 증가되는 문제점이 발생한다.
- [0020] 도 3의 (b)는 도 3의 (a)에서 발생하는 문제점을 개선하기 위해 반송 경로를 따라 다수의 전기자를 분산 배치한 전기자 분산 배치 방식이 도시되어 있다. 하지만 이 같은 리니어 모터는 도 1 및 도 2를 통해 설명한 바와 같이 외부 외란에 의해 가동자가 전기자가 존재하지 않는 구간에서 정지하게 되면 전기자에 의한 제어가 이루어지지 않아 가동자를 이동시킬 수 없는 상황이 발생하게 된다.
- [0021] 도 3의 (c)는 본 발명에 따른 전기자 간격 조절 방법이 적용된 전기자 분산 배치 방식의 리니어 모터의 구조가 도시되어 있다. 이 구조에서는 가동자의 일부가 항상 전기자의 위치에 대응하게 위치되도록 하여 가동자가 어느 위치에 있더라도 가동자의 제어가 가능하게 될 것이다.
- [0022] 이하에서는 상술한 도 3의 (c)의 개선된 전기자 분산 배치 방식에 대하여 전기자의 단부에서 발생하는 코깅력을 분석하여 가동자가 받는 영향을 최소화하고 가동자의 원활한 제어가 가능하도록 최적화된 전기자 간격을 2-D 유한요소법을 이용하여 도출하고자 한다. 이하의 설명에서는 권선법을 집중권으로 한 전기자를 예로 하여 설명하게 되나, 본 발명이 이에 제한되는 것은 아닌 바, 분포권, 전절권, 단절권 등의 다양한 권선법이 적용된 전기자에도 동일한 원리가 적용 가능함은 물론이다.
- [0023] 먼저 아래의 표 1에는 실험에 사용된 집중권 방식의 영구자석 선형 동기 전동기(PSLSM)의 구체적인 사양이 나타나 있다.

표 1

	Items	Value
가동자 (영구자석, PM)	Number of Poles	36[Pole]
	Height of PM	3[mm]
	Length of PM	26[mm]
	Pole pitch	30[mm]
	Back iron height	6[mm]
	Back iron length	1104[mm]
전기자	Number of slots	9[slots]
	Turns per Phase	75[turns]
	Slot pitch	40[mm]
	Slot width	24[mm]
	Width of teeth	16[mm]
	Height of teeth	20[mm]
	Armature length	360[mm]
Mechanical air-gap		5[mm]

- [0025] 전기자 분산 배치 집중권 PMLSM의 가동자의 총길이는 1104 mm로, Nd-Fe-B 타입 영구자석 36극을 자로 강판에 배치하였다.
- [0026] 상기 영구자석 길이는 26 mm 이고, 높이는 3 mm이며, 극 간격은 30 mm 이다.
- [0027] 또한, 1 대의 전기자의 길이는 360 mm 이고, 두 대의 전기자를 사용하였다. 권선법은 집중권으로써 한 상 당 턴수는 75 turns 이다. 슬롯 간격은 40 mm 이며 9슬롯으로 구성하였고, 전기자와 가동자의 공극은 5 mm 이다.
- [0028] 먼저, 도 4에는 상술한 바와 같은 사양을 갖는 1 대의 전기자를 사용한 모델의 형상이 도시되어 있다. 전기자와

가동자의 공극을 5 mm로 하고, 이때의 요소수는 39024, 절점수는 21281이며, 1 Step 당 1 mm 이동하도록 설정하였다.

- [0029] 도 5는 도 4에 도시된 1대의 전기자를 사용한 모델의 코깅력을 측정한 그래프이다.
- [0030] 가동자가 전기자에 진입하는 부분(Entry interval) 또는 가동자가 전기자로부터 반출되는 부분(Ejection interval)에서 발생하는 최대 단부 코깅력은 ± 27.73 N이고, 가동자와 전기자가 완전하게 대향하고 있는 부분(Complete alignment of the mover with the armature interval)에서 발생하는 최대 코깅력은 ± 16.25 N이다.
- [0031] 다음으로, 도 6에는 2 대의 전기자를 사용한 모델의 형상이 도시되어 있다.
- [0032] 전기자를 분산 배치할 경우 가동자가 항상 전기자의 일정부분에 대향할 수 있도록 전기자를 배치하여 가동자가 어느 위치에 있더라도 제어가 가능하여야 한다. 따라서 전기자의 간격 결정이 매우 중요하다.
- [0033] 도 6에서는 2 대의 전기자를 사용한 모델에서 먼저 전기자의 간격은 1 대의 전기자 총 길이인 360 mm로 설정하고 해석을 수행하였다. 도 7에 2 대의 전기자를 사용한 모델의 코깅력 파형을 나타내었다.
- [0034] 그 결과, 1 대의 전기자를 사용하였을 때와 다르게 코깅력이 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 도 7에서 구간 A는 가동자의 앞부분이 1 번 전기자에 진입하는 순간부터 가동자의 앞부분이 1 번 전기자에서 반출을 시작하기 직전까지이다. 구간 B는 가동자의 앞부분이 1 번 전기자에서 반출하는 순간부터 2 번 전기자에 진입하기 직전까지이며 가동자의 뒷부분은 1 번 전기자에 진입하고 있는 구간이다. 구간 C는 가동자의 앞부분이 2 번 전기자에 진입하여 2 번 전기자에서 반출하기 직전까지이며 가동자의 뒷부분은 1 번 전기자에 진입을 마치는 구간이다. 구간 D는 가동자의 뒷부분이 1 번 전기자에서 반출하여 완전히 벗어나며 가동자의 앞부분은 2 번 전기자에서 반출을 시작하는 구간이다. 구간 E는 가동자의 뒷부분이 1 번째 전기자에서 완전히 빠져나와 2 번째 전기자에 진입을 마치는 구간이며 가동자의 앞부분은 2 번째 전기자에서 반출하고 있는 구간이다. 구간 F는 가동자 뒷부분이 2 번째 전기자에서 반출하여 완전히 벗어나는 구간까지이다.
- [0035] 도 7에서 확인할 수 있는 바와 같이 A, B, E, F 구간은 1 대의 전기자를 사용한 모델의 코깅력과 같은 크기로 파형 주기도 동일하게 발생한다.
- [0036] 이와 달리 C 와 D구간은 1 대의 전기자를 사용한 모델의 코깅력 그래프(도 5 참조)에 추가적으로 발생하는 구간으로 그 크기도 크를 확인할 수 있었다. 이때 발생하는 최대 코깅력은 ± 41.46 N이 발생하였다.
- [0037] 도 7을 통해 상기 C 구간에서 발생하는 힘은 A 구간과 B 구간에서 발생하는 힘의 합이고, 상기 D 구간에서 발생하는 힘은 E 구간과 F 구간에서 발생하는 힘의 합임을 확인할 수 있었다.
- [0038] 또한 구간 C와 구간 D에서 발생한 ± 41.46 N은 가동자가 전기자 두 대에 진입 또는 반출할 때 발생하는 코깅력에 의한 것임을 알 수 있었다.
- [0039] 따라서 이를 저감하기 위해 전기자 한 대에서만 진입 또는 반출이 이루어지도록 전기자 간격을 조절해야 한다. 즉, 가동자의 뒷부분이 첫 번째 전기자에 진입을 마친 상태에서 가동자의 앞부분은 두 번째 전기자에 진입하여야 한다.
- [0040] 이에 전기자 간격을 360[mm]에서 720[mm]로 선정하였다. 그 결과, 도 8에 도시된 바와 같이 최대 코깅력은 ± 25.09 N이 발생하여 간격을 조절하기 전과 대비하여 40 %의 저감을 보였다.
- [0041] 이보다 더욱 최대 코깅력을 저감하기 위해 전기자 간격을 720mm에서 다시 조절하였다. 코깅력의 주기가 단부의 영향으로 극피치의 주기와 동일하게 발생하기 때문에 코깅력의 주기성을 변화시켜 저감하는 방법으로 극 피치의 1/2인 ± 15 mm를 이동시켜 가며 해석을 수행하였다. 그 결과, 최대 코깅력은 전기자 간격이 735 mm에서 도 9에 도시된 바와 같이 13.40 N이 발생하여 간격을 조절하기 전과 대비하여 67.7%의 가장 큰 저감을 보였다.
- [0042] 즉, 가동자가 외란에 의해 멈추더라도 항상 가동자의 어느 일정 부분이 전기자에 대향하고 있어야만 한다. 일 예로 가동자가 전기자들 사이의 중심에 위치하게 된다면 가동자 전체 길이의 32%가 좌우의 전기자에 대향하도록 하는 것이 바람직하다. 다시 말해 가동자의 양측 단부에서 각각 16%씩 1번 전기자와 2번 전기자에 대향하도록 한다면 어떠한 길이를 가지는 반송 장치에서도 적용이 가능하게 될 것이다. 이와 같이 가동자의 길이가 결정되면 전기자 사이의 간격이 결정되고 나머지 전기자의 길이도 전체 반송 경로에 따라 결정되게 될 것이다.
- [0043] 이 원리에 따르면, 전기자 간격을 720mm로 하는 도 8에 대하여는 가동자의 양측 단부에서 각각 17.391% 씩 1번 전기자와 2번 전기자에 대향하게 될 것이다. 그리고 전기자 간격을 735mm로 하는 도 9에 대하여는 가동자의 양

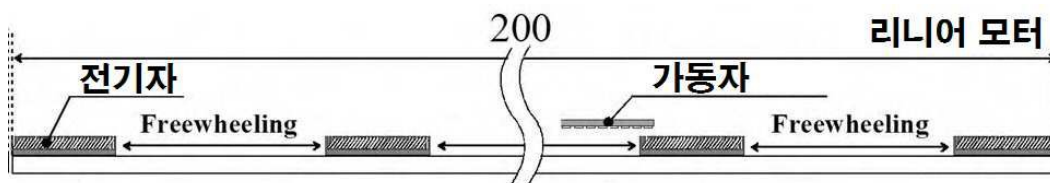
측 단부에서 각각 16.711% 씩 1번 전기자와 2번 전기자에 대향하게 될 것이다.

[0044] 따라서 전기자의 사이의 간격은 가동자의 양측 단부에서 각각 가동자 길이의 16 내지 18%가 전후 전기자들에 대향하도록 설정되는 것이 바람직하다.

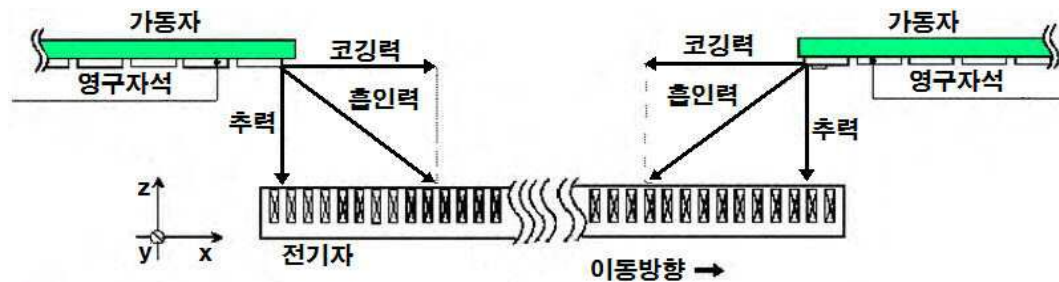
[0045] 이상과 같이 도면과 명세서에서 최적 실시 예가 개시되었다. 여기서 특정한 용어들이 사용되었으나, 이는 단지 본 발명을 설명하기 위한 목적에서 사용된 것이지 의미 한정이나 특허청구범위에 기재된 본 발명의 범위를 제한하기 위하여 사용된 것은 아니다. 그러므로 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시 예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

도면

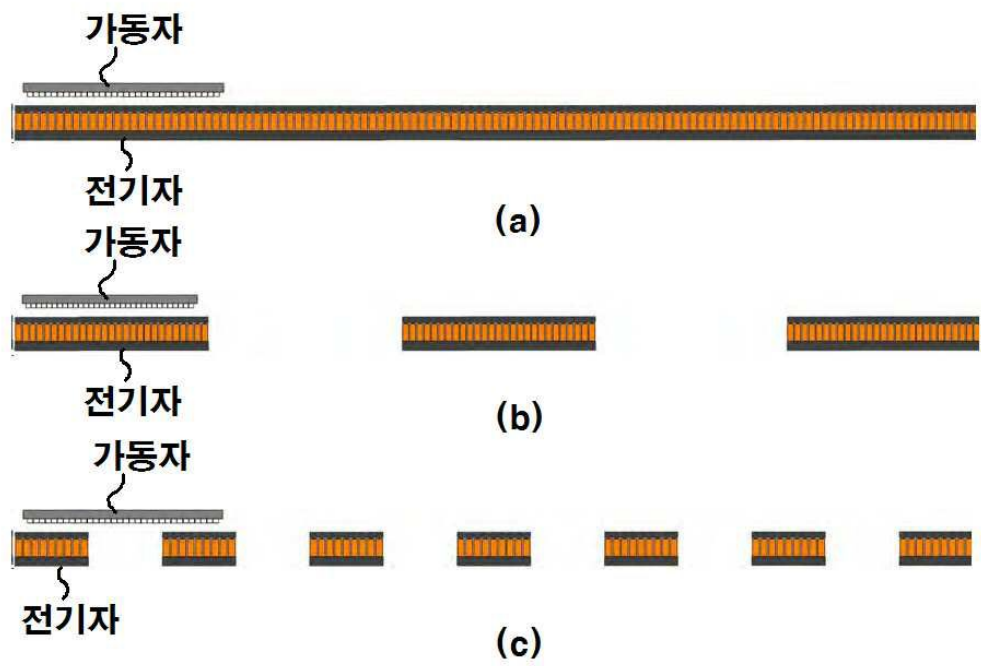
도면1



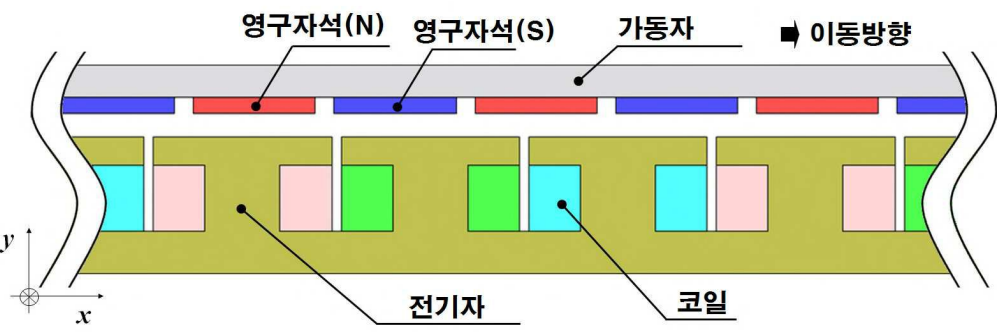
도면2



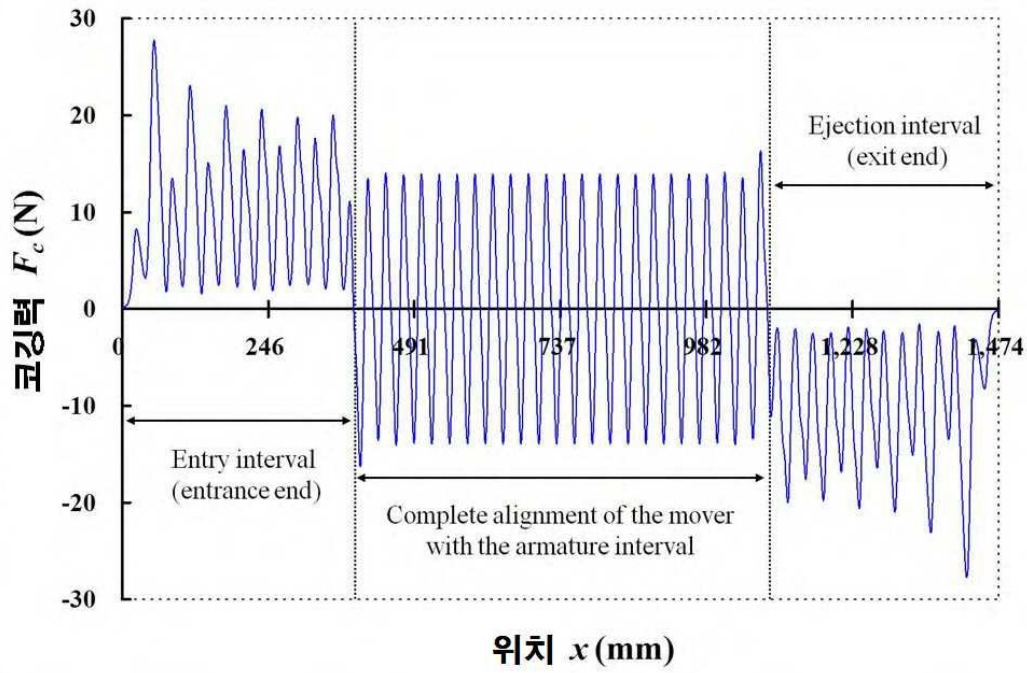
도면3



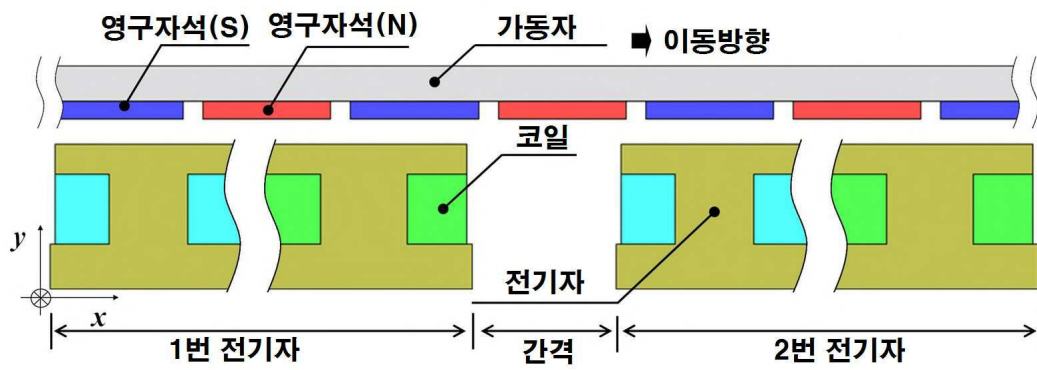
도면4



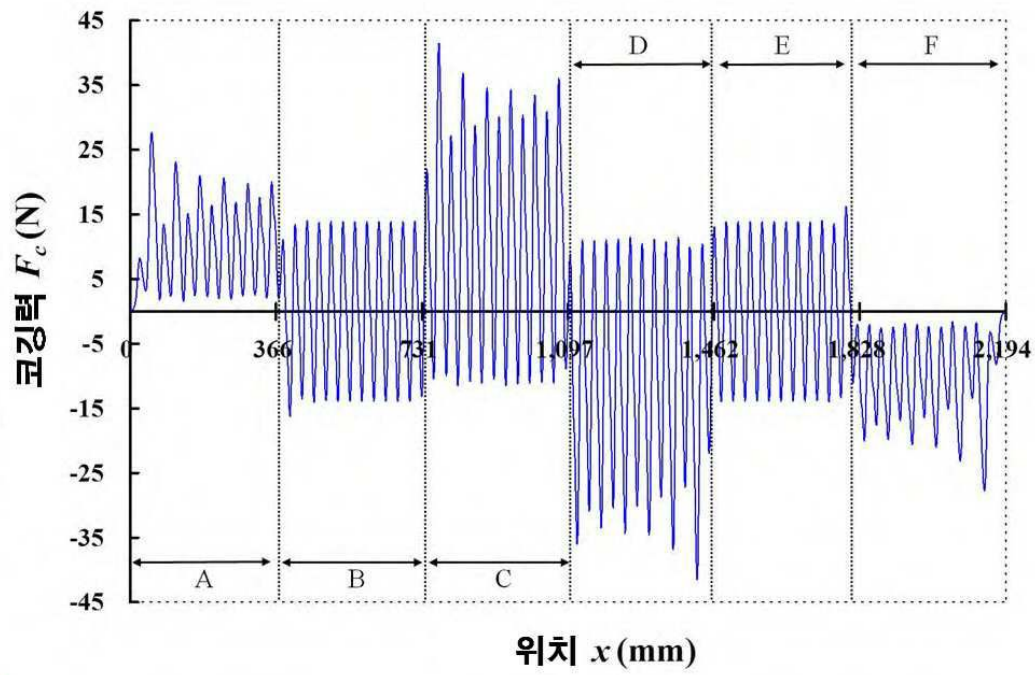
도면5



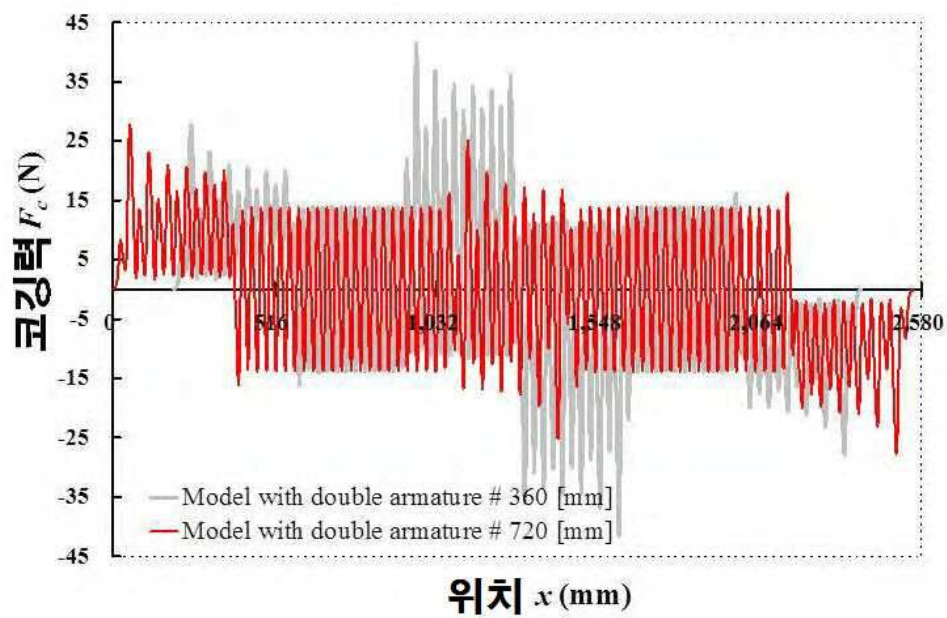
도면6



도면7



도면8



도면9

