

## 자기부상 회전형 전동기의 위치신호 보상 기법 연구

임종석\*, 원준희\*, 오승택\*, 방석현\*, 김승주\*\*, 이주\*  
 한양대학교\*, 한국기계전기전자시험연구원\*\*

### A Study on the Position Signal Compensation Technique of Magnetic Levitation Rotary Motor

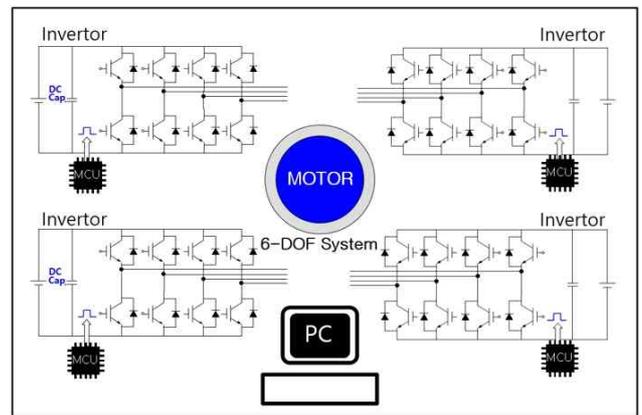
Jong suk Lim\*, Jun Hui Won\*, Seung Taek Oh\*, Seok-Hyeon Bang\*, Seung-Joo Kim\*\*, and Ju Lee\*  
 Hanyang University\*, Koera Testing Certification\*\*

**Abstract** - 본 논문은 반발식 자기부상 회전형 전동기 구동에 있어 사용되는 증분형 엔코더에서 발생할 수 있는 위치신호 오차로 인해 발생하는 제어의 이상 현상을 분석한다. 본 연구에서는 분석한 위치신호의 오차를 수식으로 오차의 값을 도출한다. 또한 이러한 오차로 인해 발생하는 제어의 이상 현상을 극복하기 위해 보상 제어 알고리즘을 연구하여 안정된 반발식 자기부상 회전 구동이 될 수 있도록 방안을 제시하고 시뮬레이션을 진행하여 알고리즘을 검증한다.

정된 자세제어가 되지 않을 경우에는 센서의 센싱범위를 이탈하여 위치정보를 손실하여 구동이 불가능한 경우가 발생할 수 있다.

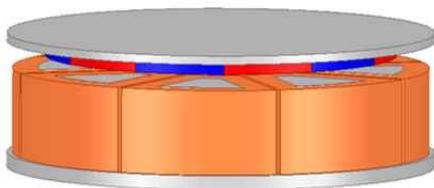
#### 1. 서 론

전기기기는 많은 산업분야에서 이용되고 있고 고출력, 고효율에서 그치지 않고 소형화, 저 진동, 저 소음, 방열 특성 등과 같은 환경적인 부분의 연구가 추가적으로 활발히 진행되고 있다. 본 논문은 일반적인 전동기에 필수적으로 부착되는 베어링의 유무로 인한 기계적인 마찰 및 분진 및 축 손실 등의 문제를 해결하고자 그림 1과 같이 베어링 및 축이 없는 축 방향 영구자석 전동기로(Axial type) 구성하였다. 베어링과 축의 역할을 부상 및 정밀 위치제어 기술을 동시에 이용하는 반발식 자기 부상형 전동기 제어를 목표로 한다. 일반적인 전동기에 비해 자세 변화에 대한 자유도가 높은 부상형 전동기의 회전자 부상 및 틸팅 제어에 있어 발생할 수 있는 센서 신호 오차의 문제점을 분석한다. 또한 센서 신호 오차를 수식으로 오차의 값을 도출하고 보상 알고리즘을 구성하여 반발식 자기 부상형 전동기의 제어에 있어 발생할 수 있는 이상 현상을 극복할 수 있는 방안을 제시한다.



<그림 2> 자기 부상형 전동기 구동 시스템

#### 2.2 반발형 자기부상 전동기 제어 이상 현상 분석

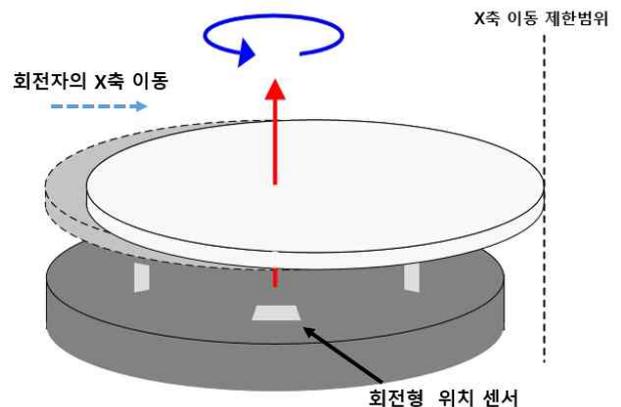


<그림 1> 자기 부상형 축방향 영구자석 전동기

#### 2. 본 론

##### 2.1 반발형 자기부상 전동기 구동 시스템

베어링 및 축이 없는 축 방향 영구자석 전동기(Axial type) 구동을 위해서 부상, 회전, 일정 자세 제어는 필수적으로 필요하다. 필수적인 제어를 위해 필요한 힘을 그림 2와 같이 4개의 인버터에 각각 제어 지령을 인가하여 제어할 수 있는 알고리즘을 구성해야 한다. 또한 제어에 필요한 위치정보를 획득하기 위하여 부상을 위한 비접촉 Gap 센서, 회전 및 틸팅 제어를 위한 비접촉 위치 센서가 필수적으로 필요하다. 이러한 반발 부상 시스템은 흡인식 부상 시스템에 비하여 구조가 간단하지만 자기적으로 불안정 부상 시스템이므로 회전자의 자유도가 매우 높아 안



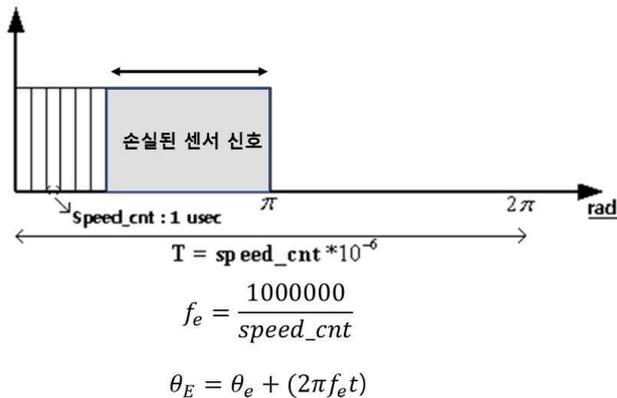
<그림 3> 회전자의 이동 틸팅제어에서 발생하는 이상현상

축 및 베어링이 없는 반발형 자기부상 전동기 제어는 자기적으로 불안정한 시스템에서 구동이 되어야 하기 때문에 정확한 위치에서의 안정된 부상 및 틸팅 구동이 필수적이다, 그림 3과 같이 회전자의 위치 센서가 허용할 수 있는 x축 방향의 센싱 범위를 넘어가도록 회전자의 이동이 발생을 하게 되면 전동기는 구동이 더 이상 동기되지 않아 구동이 되지 않으며 탈선을 일으키게 된다. 이를 방지하기 위해 일정 범위의 제한치를 두고 그 범위 내의 틸팅 제어가 가능하도록 알고리즘을 구현하지만 비접

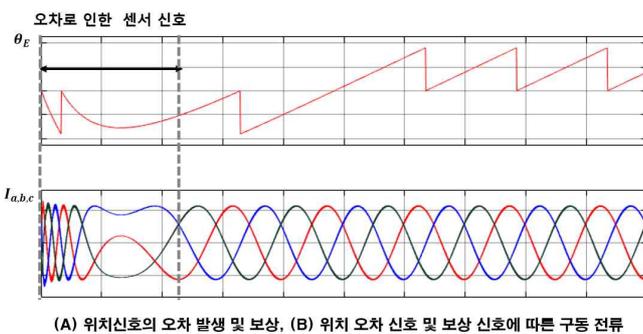
축 증분형 엔코더의 경우 신호의 손실 및 오차가 발생하게 되면 발생한 누락 및 오차만큼을 인식하지 못한다. 전동기 탈선 구동이 발생한 후 센싱 범위내로 복귀하였을 때 위치신호의 손실이 일어나기 전의 위치에서부터 다시 증감이 발생하기 때문에 발생한 신호오차만큼을 보상해 줄 수 가 없어 결국 신호의 오차를 계속 포함한 상태로 제어가 이루어져야만 한다. 이는 결국 위치신호 오차로 인하여 반발형 자기부상 전동기의 제어에 추가적인 이상현상을 발생시키는 등 정확한 자세 및 틸팅 제어를 할 수 없게 된다.

### 2.3 보상 알고리즘 시뮬레이션 및 검증

비 접촉 증분형 위치 센서에서 발생 할 수 있는 신호의 손실 및 오차에 대하여 보상하기 위해서는 탈선이 일어났을 경우에도 위치 센서의 손실분의 정확한 값을 알아내야 한다. 또한 이 오차 값을 신호에 보상하기 위하여 손실된 위치신호의 정량적인 센서 값을 위치각 및 이동거리에 대한 정보로 환산하여 구동 알고리즘에 보상을 시켜주어 회전자의 탈선과 같이 위치신호의 손실 및 위치 오차 발생이 일어나더라도 다시 복귀하였을 때 안정적으로 구동이 가능하도록 그림 4와 같이 위치신호 보상 알고리즘을 구성하였다. 또한 그림 5와 같이 위치신호 보상 알고리즘을 시뮬레이션을 통하여 검증하였다.



<그림 4> 위치오차 신호의 오차 값 계산 및 각도 보상



<그림 5> 보상 알고리즘을 이용한 회전 구동 시뮬레이션

### 3. 결 론

최근 전기기기는 고출력, 고효율에 그치지 않고 저 진동, 저 소음, 고 정정과 같은 환경적인 부분의 연구가 활발히 이루어지고 있다. 본 논문은 이러한 환경적인 부분의 연구 방향성에 맞춰 축 및 베어링이 없는 반발 부상 시스템 구동을 연구하여 축 손실 및 베어링 분진을 막을 수 있는 고 정정 구동 시스템을 대상으로 연구를 진행하였다.

본 논문은 반발 부상 시스템에서 발생할 수 있는 증분형 엔코

더에서의 위치 신호 손실 및 위치 오차에 대한 값을 수식적으로 도출하고 도출된 값을 각도로 환산하여 구동 알고리즘에 보상할 수 있도록 적용한 위치보상 알고리즘을 제안하였고 시뮬레이션을 이용하여 제안한 위치 보상 알고리즘을 이용하여 반발식 부상시스템에서의 안정된 구동이 이루어 질 수 있다는 것을 검증하였다.

#### 감사의 글

본 연구는 2017년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20174030201750)

본 연구는 2018년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 2018201010633A)

#### [참 고 문 헌]

- [1] Mark Dyck, Xiaodong Lu, Yusuf Altintas, "Magnetically Levitated Rotary Table With Six Degrees of Freedom", IEEE/ASME TRANSACTIONS ON MECHATRONICS, Vol22, 530-540, 2017
- [2] L. Xiadong and I. Usman, "6D direct-drive technology for planar motionstages," CIRP Ann., vol. 61, no. 1, pp. 359 - 362, 2012
- [3] X. Lu, M. Dyck, and Y. Altintas, "Magnetically levitated six degree of freedom rotary table," CIRP Ann., vol. 64, no. 1, pp. 37 - 45, 2015