

지연특성을 갖는 Barcode 위치정보에 의한 선형동기전동기의 벡터제어

이나리, 최현우, 양두영, 목형수
 건국대학교 전기공학과

Vector control of PMLSM based on the barcode position information with the character of delay

Nari Lee, HyunWoo Choi, Doo young Yang, HyungSoo Mok
 Dept.of Electrical Engineering, Konkuk Univ.
 1Hwayang-dong Gwangin-gu Seoul 143-701, KOREA

ABSTRACT

고속 자기부상열차의 추진전동기로 사용되는 선형동기전동기의 구동 알고리즘으로는 추력의 제어를 위해 벡터제어를 사용한다. 벡터제어를 위해서는 위치 정보가 필요하기 때문에 바코드 등의 센서를 이용한다. 바코드에 의한 위치정보시스템은 정보가 이산형이고 통신을 이용하기 때문에 실제 위치 정보를 취득하는데 지연이 발생하여 벡터제어에 영향을 주게 된다. 본 논문에서는 바코드 정보취득시스템의 I_{dus} 에 의한 영향을 분석하고 이에 대한 보상알고리즘을 제안하였다. 시뮬레이션을 통해 문제점을 분석하고 제안한 알고리즘의 타당성을 검증하였다.

1. 서론

자기부상열차의 섹션전환 적용을 위해 설계된 선형동기전동기(LSM, Linear Synchronous Motor)의 실험장치는 루프형으로 구성되어 있다. LSM의 섹션은 총 120도의 호의 형태로 구성되어 있고 차량에는 영구자석이 설치되어 있어 LSM의 무빙계자 역할을 담당하고 있다. 궤도 양측에 설치된 LSM은 서로 교차하도록 구성되어 3대의 인버터중 한 대가 소손되더라도 연속적인 운전이 가능하도록 설치되어 있다. 대차의 위치 정보를 알기 위해 대차에서 바코드 센서를 설치하고 선로에서 바코드를 부착하였다. 대차가 궤도에서 이동할 때 제어시스템의 Barcode 센서를 통하여 대차위치를 알 수 있다.

2. LSM의 제어방식

3.1 LSM 모델링

LSM은 대차에 영구자석이 있고 레일에 전자석이 감겨있는 방식으로 이루어져 있다. 그러므로 모델링에는 SPMSM의 전압방정식을 사용하였다.

$$V_d = R_s i_d + \frac{d\lambda_d}{dt} - \omega \lambda_q \quad (1)$$

$$V_q = R_s i_q + \frac{d\lambda_q}{dt} - \omega \lambda_d \quad (2)$$

$$\lambda_d = L_s i_d + \lambda_f \cos(\theta - \theta_r) \quad (3)$$

$$\lambda_q = L_s i_q + \lambda_f \sin(\theta - \theta_r) \quad (4)$$

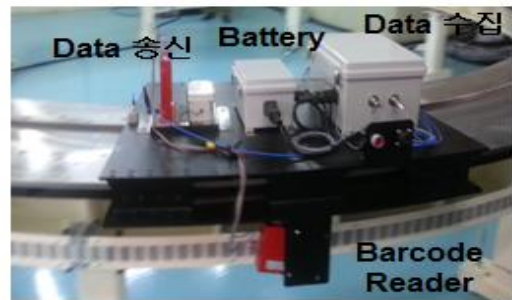


그림 1 루프형 LSM 차량의 각부분의 기능
 Fig. 1 The function of each part of the Loop Type LSM vehicle

3.2 S-Curve

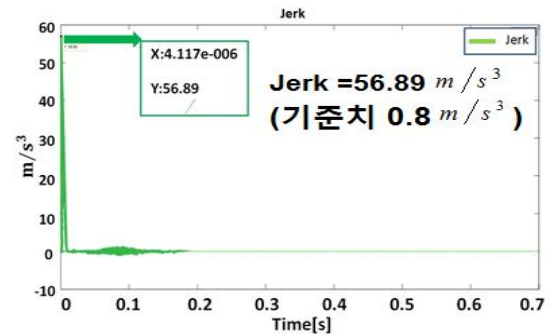


그림 2 S-Curve 사용전의 Jerk 그래프
 Fig. 2 JerkGraph of Before Using S-Curve

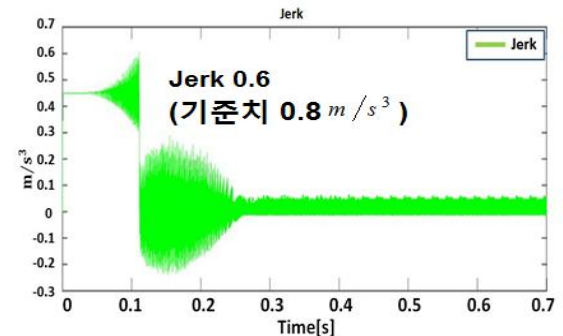


그림 3 S-curve를 사용한 후의 Jerk 그래프
 Fig. 3 Jerk Graph of After Using S-Curve

전기철도에서는 가속시 진동을 적게하기 위하여 S Curve 방식을 사용한다. 본 논문에서도 가속시 진동인 Jerk를 작게하기 위하여 이 방식을 사용하였다. 그림 2는 S Curve를 사용하기 전의 Jerk가 56.89이기 때문에 대차가 가속시 진동이 발생한다. 그림 3은 S Curve를 사용한 후의 그래프이며 Jerk의 최대치가 0.6으로 감소하였다. 이는 전기철도 기준치 0.8보다 낮다.

4. 위치보상알고리즘

4.1 Vector Control

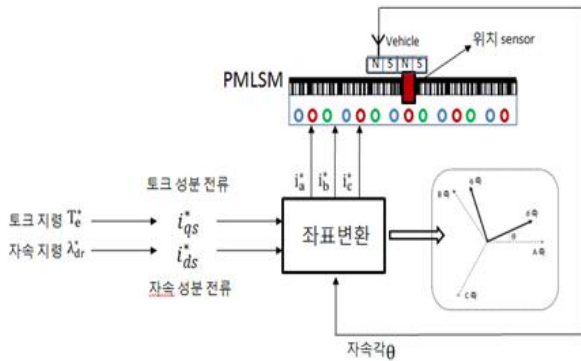


그림 4 PMLSM의 벡터제어도
Fig. 4 A simple power transmission system with thyristor controlled shunt compensat

PMLSM이 빠른 순시토크 응답 특성을 얻을 수 있게 제어하기 위해서 벡터제어를 적용하였다. 벡터제어를 위해서는 자속과 토크성분 전류는 항상 공간적으로 90도를 유지하여야 하며, 두성분의 전류는 독립적인 제어가 가능해야 한다. 또 토크성분전류는 즉각적인 제어가 가능해야한다. 좌표변환을 하게 되면 d q축 2상 정지좌표계가 되는데 벡터제어를 위해서는 d 축을 기준자속이 있는 위치로 맞추어야 하기 때문에 자속각이 필요하다. 따라서 자속각을 알기 위해서는 위치 검출이 필요하다.

4.2 Barcode 센서

Barcode 센서는 Barcode 정보를 무선으로 전송하는 방식이다. 선형동기전동기에서 중요한 초기 위치를 알 수 있다. 장거리, 불규칙한 구조의 전달장치에 적용가능하며 가격이 저렴하고 제작, 수정, 보수가 용이하나 시간지연이 발생하고 Delay 시간이 제어주기에 비해 상당히 길어 제어가 어려운 단점이 있다. 그림5와 같이 시간지연이 있기 때문에 Force Ripple이 발생함을 알 수 있다.

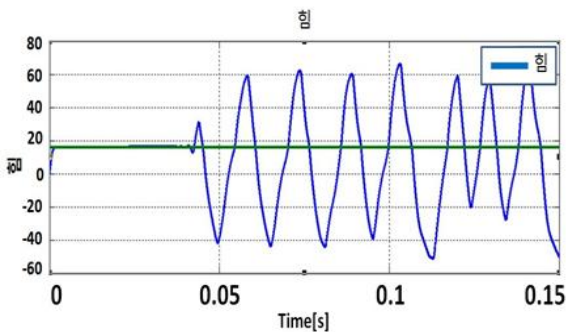


그림 5 Time Delay 힘 그래프
Fig. 5 Time Delay Force Graph

4.2 보상알고리즘

$$\theta_{delay} = v \times delaytime \quad (5)$$

$$\theta_{real} = \theta_{barcode} + \theta_{delay} \quad (6)$$

시간지연으로 인한 위치차이의 거리를 보상하기 위하여 barcode에서 읽어들인 위치 정보에 실제 속도에 지연시간을 곱한 값을 더하여 지연된 위치를 보상하였다.

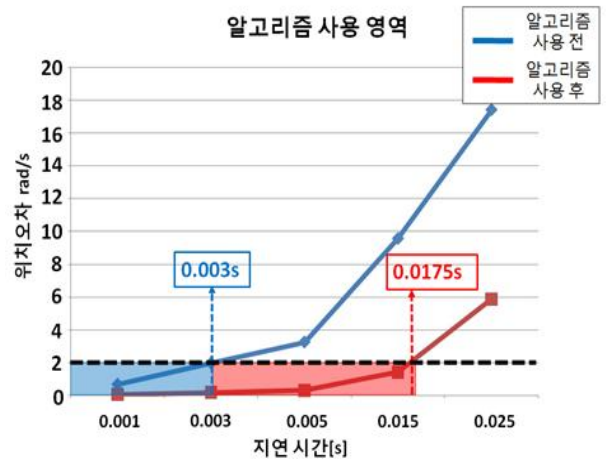


그림 6 보상알고리즘을 적용한 알고리즘 사용가능 범위 비교
Fig. 6 Compare the Range of Compensation Algorithm Apply the Algorithm available

5. 결론

Barcode를 사용하여 위치정보를 제공하는 루프형 선형동기전동기의 구동시스템에서 위치 정보를 무선으로 전송하기 때문에 시간지연이 발생하였다. 이 논문은 위치오차에 대한 보상방법을 제안하고 Simulation을 통해 알고리즘의 타당성을 검증하였다. 알고리즘 적용 전 3ms 이상 delay시 제어범위에서 벗어난 것을 확인 후 제어 알고리즘을 적용한 후에는 17.5ms delay 미만까지 제어가 가능함을 알 수 있었다.

본 연구는 국토해양부에서 시행하는 기술료 사업의 “루프형 LSM 소형시험장치 및 차량궤도시스템 간의 인터페이스 기술개발: 과제로부터 지원을 받아 수행한 연구결과입니다.

참고 문헌

[1] Bold I, Nasar S A : Linear Motion Electromagnetic System, NewYork.: Joh Wiley&Sons.,1985.
[2] E.Isobe : Linear metro transport systems for the 21st century, Japan.: Hitachi Rev., vol.48, no.3, 1999.