

개선된 슬라이딩 모드 제어를 이용한 엘리베이터용 SPMSM의 위치제어

정태복*, 임희성*, 신수철*, 김영렬**, 원충연*
 성균관대학교*, 안양대학교**

Position Control of SPMSM for Elevator using Improved Sliding Mode Controller

Tae Bok Jung*, Hui Seong Lim*, Soo Cheol Shin*, Young Real Kim**, Chung Yuen Won*
 Sungkyunkwan Univ.*, Anyang Univ.**

ABSTRACT

In this paper, position control method using improved sliding mode controller for SPMSM in elevator system is proposed. Since the improved sliding mode controller has a feature following prescribed sliding trajectory, it is robust in parameter fluctuation and able to minimize the over shoot. The controller is judged suitable for the drive system of elevators on the basis of PSIM simulations.

1. 서론

현대 산업 및 건축 기술의 발전과 함께 건축물의 고층화는 빠른 속도로 이루어져 왔다. 고층 빌딩에서의 승객 및 화물을 운송하기 위한 엘리베이터는 현대 건축물에서 필수 요소로 채택 되고 있다. 이와 같이 고속, 안정성을 요하는 시스템에서는 무엇보다도 정확한 위치 및 속도를 제어할 수 있는 제어 알고리즘을 필요로 한다. 기존의 엘리베이터용 전동기의 제어방법은 시간에 따른 속도 함수를 전동기가 추종하도록 제어한다.^[1] 하지만 시스템 특성상 정확한 위치 제어를 필요로 하는 엘리베이터의 경우 PI제어기를 이용한 속도 제어 시 시스템의 파라미터 변동 또는 부하의 양에 따라 제어기의 성능이 저하 될 수 있다. 본 논문에서는 부하 및 파라미터 변화에 강인한 제어성을 갖는 개선된 슬라이딩모드 제어기(improved sliding mode controller:ISM)를 이용한 엘리베이터용 SPMSM의 위치제어 기법을 제안한다. 제안한 제어기의 성능은 엘리베이터에 적용되는 13.3[kW] SPMSM의 파라미터를 이용하여 시뮬레이션 하였으며, 부하 및 무부하시 PI제어기의 성능과 ISM의 성능을 비교함으로써 제안한 제어기의 타당성을 검증하였다.

2. 개선된 슬라이딩 모드 제어

그림 1은 ISM의 제어 알고리즘 블록도를 나타낸다. 위치 오차에 따라 슬라이딩 평면에서의 슬라이딩 궤적을 생성하고 각 제어기는 독립적으로 슬라이딩 궤적에 따른 전류 지령을 생성한다.

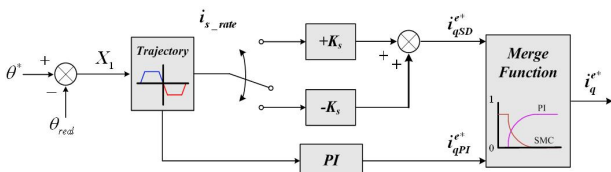


그림 1 ISM 제어 알고리즘 블록도

전동기의 감속 구간에서 PI 제어기 및 슬라이딩모드 제어기의 출력은 각 제어기의 전류 지령과 Merge Function에 의하여 계산된 이득 값과 곱해진다.

2.1 SPMSM의 위치제어

슬라이딩 모드 제어기는 슬라이딩 궤적을 추종하는 특성을 가지고 있기 때문에 비선형시스템에 용이하게 적용할 수 있다. 또한 제어대상을 슬라이딩 궤적 내에 머무르도록 제어 입력을 스위칭 해 줌으로써 제어대상이 파라미터 변화나 외란에 둔감해지고 강인한 성능을 지닌다. 하지만 슬라이딩 궤적을 추종함에 있어 스위칭 상태에 따라 제어 입력이 바뀌기 때문에 시스템에 진동을 유발 할 수 있고, 속응성이 낮은 단점을 지니고 있다.^[2] 반면 PI제어기를 이용한 전동기의 위치제어 시 응답특성이 빠르고 정상상태에서 위치 오차를 최소화 할 수 있는 장점을 갖으나 부하 가변 및 시스템의 파라미터 변동에 따라 위치의 오버슈트가 발생 할 수 있는 단점이 있다. 엘리베이터 구동을 위한 SPMSM의 위치를 제어하는데 있어서 본 논문에서 제안한 개선된 슬라이딩 모드 제어기를 사용할 경우 PI제어기의 장점인 우수한 동특성과 슬라이딩 모드제어기의 장점인 시스템 파라미터 변동에 대한 제어의 강인성을 유지 할 수 있다.

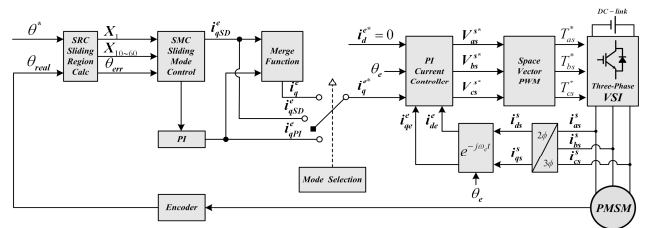


그림 2 ISM를 이용한 SPMSM의 위치제어 블록도

그림 2는 ISM를 적용한 엘리베이터용 SPMSM의 제어 알고리즘 블록도이다. 제어 블록은 슬라이딩 영역 및 궤적을 결정하는 블록과, 슬라이딩모드 및 PI 위치제어기를 포함 한다. PI제어기와 슬라이딩 모드 제어기의 성능을 비교하기 위하여, 두 제어기를 선택할 수 있는 블록을 포함하고 있다.

2.2 위치제어를 위한 속도 궤적

그림 3은 SPMSM의 위치 제어를 위한 슬라이딩 궤적을 나타낸다. X축은 위치 오차를 나타내고 Y축은 위치오차에 따른 속도 지령 궤적이다. 2상한은 역방향 위치 오차에 대한 정방향으로의 속도 지령이며 4상한은 정방향 위치 오차에 대한 역방향으로의 속도 지령이다.

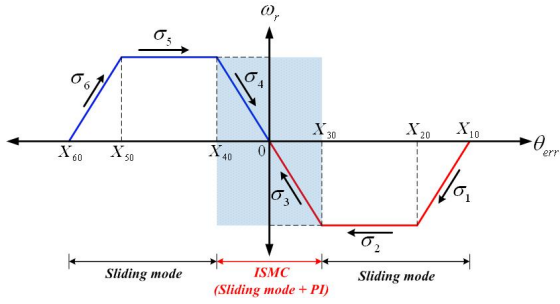
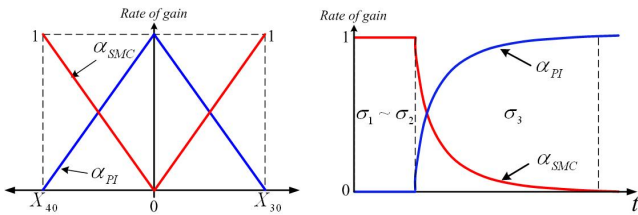


그림 3 위치오차에 의한 슬라이딩 속도 궤적

2.3 Merge Function

그림 4는 슬라이딩 영역에 따른 Merge Function의 적용 비율이다. $X_{10} \sim X_{30}$, $X_{40} \sim X_{60}$ 구간에서는 슬라이딩 모드 위치 제어가 100[%] 적용 되고, $X_{30} \sim 0$, $X_{40} \sim 0$ 까지는 PI 제어기와 슬라이딩 모드 제어를 비율적으로 증가 및 감소를 하게 되며 위치 오차가 0이 되는 시점에서는 PI제어기의 적용 비율이 100[%]가 된다. 슬라이딩 영역에서의 선형성은 시간영역에서 비선형으로 나타난다. Merge Function의 적용 비율을 수식으로 표현하면 식 (1)과 같다.

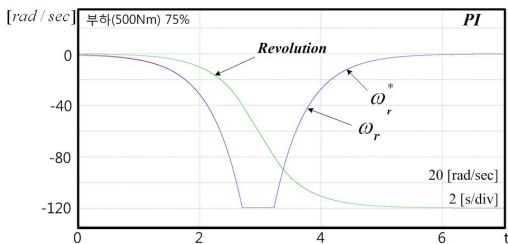
$$\alpha_{SMC} = \frac{X_1}{X_{30}}, \frac{X_1}{X_{40}} \quad \alpha_{PI} = 1 - \frac{X_1}{X_{30}}, 1 - \frac{X_1}{X_{40}} \quad (1)$$



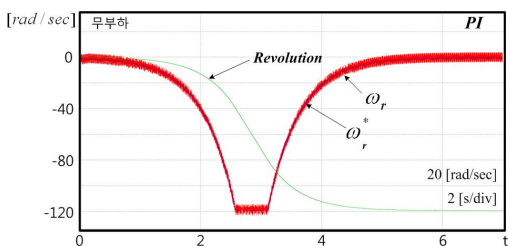
(a) 슬라이딩 영역에서의 적용 비율 (b) 시간영역에서의 적용비율
그림 4 영역에 따른 제어기의 적용비율

3. 시뮬레이션

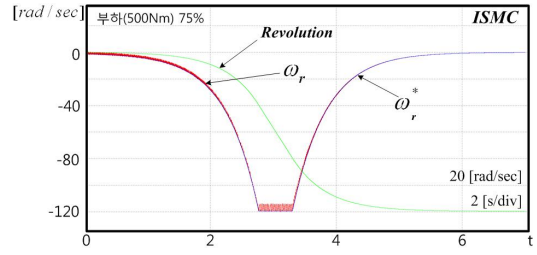
시뮬레이션은 Powersim사의 PSIM 8.0을 사용하였으며 정격 토크 670[Nm]의 75[%] 부하인 500[Nm]을 부하조건으로 하여 무부하 상태와 제어 성능을 비교하였다.



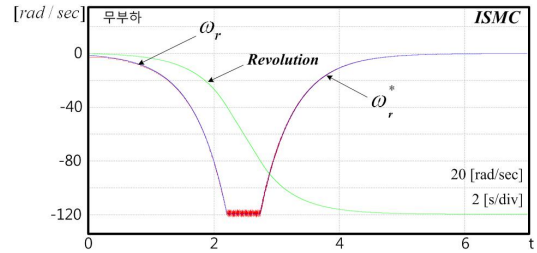
(a) PI제어기로 수행한 위치제어 결과(75%부하)



(b) PI제어기로 수행한 위치제어 결과(무부하)



(c) 제안된 ISMC를 이용한 위치제어 결과(75%부하)



(d) 제안된 ISMC를 이용한 위치제어 결과(무부하)
그림 5 시뮬레이션 결과파형

그림 5(a)는 정격의 75[%] 부하 인가 후 PI 제어기를 이용한 전동기의 위치제어 시뮬레이션 파형이다. 그림 5(b)는 무부하시 PI 제어기를 이용한 전동기의 위치제어 시뮬레이션 파형이다. 시뮬레이션과 같이 부하 인가 시 PI제어기의 이득 값을 튜닝 한 경우 무부하 운전 시 제어기의 큰 이득 값의 영향으로 위치제어기의 오차가 발생한다. 그림 5(c)는 정격의 75[%] 부하 인가 후 개선된 슬라이딩 모드 제어기를 이용한 위치제어 결과이며 그림 5(d)는 무부하시 개선된 슬라이딩 모드 제어기를 이용한 위치제어 시뮬레이션 결과이다. 개선된 슬라이딩 모드 제어기 적용 시 부하 변동에 대한 위치제어 성능의 강인함을 시뮬레이션을 이용하여 확인할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 부드러운 가감속 성능과 시스템의 안정성을 갖는 엘리베이터용 SPMSM의 위치제어 방법을 제안하였다. 제안한 방법은 PI 제어기의 장점인 제어 목표점의 추종성과 슬라이딩 모드 제어기의 장점인 슬라이딩 궤적 추종성, 시스템 파라미터 변동에 대한 강인성을 갖는다. 이에 따라 제어 목표점에서의 슬라이딩 모드 제어기의 영향으로 위치 오버슈트를 최소화 할 수 있으며, PI 제어기의 영향으로 제어 목표점에서의 시스템 진동을 최소화함을 시뮬레이션으로 검증 하였다.

본 연구는 2011년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.
(No. 20104010100630 11 1 000)

참고 문헌

[1] H.M. Ryu, S.K. Sul, "Position control for direct landing of elevator using time based position pattern generation," in *Conf. Rec. IEEE IAS Annu. Meeting*, 2002, pp. 644-649.
[2] B. K. Bose, "Modern Power Electronics and AC Drives," Prentice Hall, Inc. pp. 419-430, 2002