슬라이딩 모드 제어기를 이용한 EV의 차량 간격 자동 제어

임희성*, 신수철*, 박상훈*, 이택기**, 김영렬***, 원충연*
성균관대학교*, 한경대학교**, 안양대학교***

Adaptive Cruise Control of EV using Sliding Mode Controller

Hui-Seong Lim*, Soo-Cheol Shin*, Sang-Hoon Park*, Taeck-Kie Lee**, Young-Real Kim***, Chung-Yuen Won*
Sungkyunkwan Univ.*, Hankyong National Univ.**, Anyang Univ.***

ABSTRACT

In this paper, the ACC(Adaptive Cruise Control) method of Electric Vehicle using sliding mode controller is proposed. The IPMSM is safely controlled as safe distance using distance sensor at front of vehicle. The speed of EV is controlled to ensure safe distance using sliding mode controller. The sliding mode controller is suitable to apply nonlinear system like EV. In this paper, IPMSM speed control ability is verified by simulation using PSIM.

1. 서 론

기존에 엔진을 동력원으로 하는 자동차의 차량 간격 자동 제어는 경우 거리오차에 따라 스로틀 또는 브레이크를 제어하여 거리오차를 제어하였다. 하지만 EV(Electric Vehicle)의 경우 입력되는 속도 또는 전류 지령에 따라 속도가 직접 제어되기 때문에 하나의 파라미터만으로도 EV의 속도를 제어할 수 있다. 본 논문에서는 슬라이딩 모드 제어기를 이용하여 EV의 전류제어기 전류를 제어하는 제어기법을 제안하였다.

슬라이딩 모드 제어는 비선형 제어 대상이 슬라이딩 평면상에 미리 정해진 궤적을 따라 운전하도록 시스템을 제어하는 기법이다. 슬라이딩 모드 제어기는 외부 파라미터 변동이나 외란에 강인한 장점을 갖고 있지만 동특성이 떨어지는 단점이 있다. 슬라이딩 모드 제어기를 적용하여 차량 간격 자동 제어 시 속도가 급변하고, 오버슈트가 발생할 수 있는 PI제어기의 단점을 보완할 수 있다[1].

본 논문에서는 슬라이딩 모드 제어기와 PI제어기를 혼합한 Membership 함수를 이용하여 IPMSM의 속도제어를 수행하였다[2]. 시뮬레이션을 통하여 제안한 제어기의 성능을 검증하였다.

2. 차량 간격 자동 제어

2.1 차량 간격 자동 제어

차량 간격 자동 제어(ACC : Adaptive Cruise control)는 차량의 일정속도를 제어하는 기존의 시스템과 달리 차량 간 거리를 원하는 간격으로 운전자의 조작 없이 유지시키는 장치로 충분한 시스템이 구축된 후에는 운전자에 대한 운전의 편의성을 증대시키고 주행 안전성을 향상시키며 도로용량 증가를 기대할 수 있다.[3]

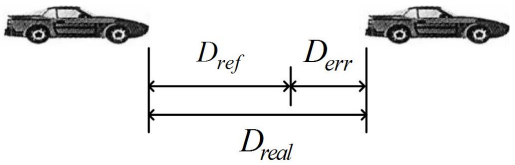

그림 1. 차량 간격 자동 제어

그림 1은 차량 간격 자동 제어의 개념을 나타낸다. 차량 간격 자동 제어를 통하여 거리오차 D_{err}를 0으로 수렴하도록 제어한다. EV의 차량 간격 자동 제어는 다음의 성능이 요구된다. 차량간격에 따른 속도 지령에 대하여 위급상황 시 빠른 속응성을 보장해야 하고 평상시에는 속응성 보다는 제어의 정확성, 안정성을 보장해야 한다.

2.2 제안한 IPMSM의 속도제어 블럭도

그림 2는 슬라이딩 모드 제어기를 적용한 IPMSM의 벡터제어 블록도이다. 운행중인 EV의 속도를 기준하여 앞차와의 안전거리가 얻어지면 실제 앞차와의 거리와 비교하여 속도를 제어하기 위한 전류 지령을 출력한다.

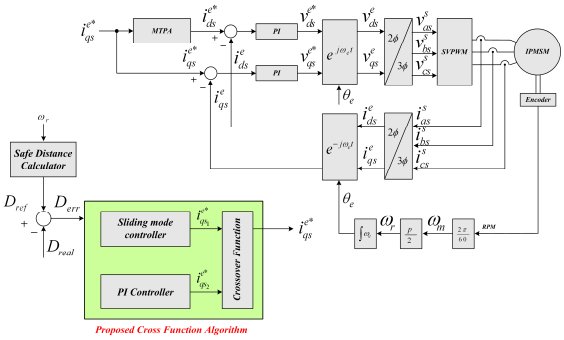

그림 2. 제안된 속도 제어 블록도

2.3 속도제어를 위한 전류 궤적

그림 3은 IPMSM의 속도 제어를 위한 슬라이딩 궤적이다. 슬라이딩 궤적을 이용하여 거리오차에 따른 속도 지령을 출력한다. 거리오차를 시간 영역으로 나타내면 그림 4와 같이 S자 형태를 나타내게 된다. 따라서 제어 기동 시 급가속하지 않는 특성을 얻을 수 있다.

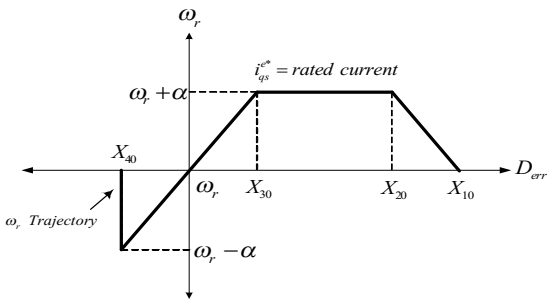

그림 3. 속도제어를 위한 궤적

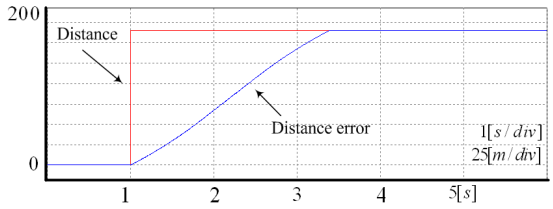

그림 4. 슬라이딩 궤정에 따른 거리오차

2.4 Membership Function

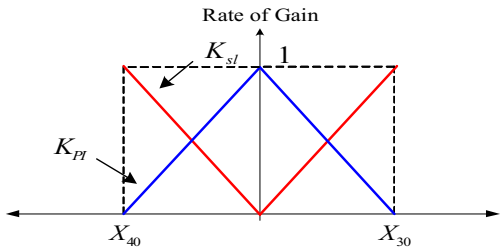

그림 5. 거리 오차에 따른 Membership 함수

그림 5는 앞차와의 거리가 가까워졌을 때 제어의 속응성을 높이기 위하여 적용된 Membership 함수이다. 속도 오차에 따라 제어기의 비율을 선형적으로 가변하여 두 제어기를 모두 사용하기 때문에 EV 운행의 안전성을 높일 수 있다.

Membership 함수의 수학적 표현을 식 (1)과 같이 비율적으로 표현할 수 있다.

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

여기서 α_{SMC}는 슬라이딩 모드 제어기의 적용 비율이고, α_{PI}는 PI 제어기의 적용 비율이다.

3. 시뮬레이션

그림 6은 IPMSM의 속도제어 시뮬레이션 결과를 나타낸다. 슬라이딩 모드 제어기를 이용하여 차량 간격 자동 제어를 하면 속도가 급변하지 않고 비선형적으로 증가하는 것을 볼 수 있다. 따라서 운전자의 안전성을 보장할 수 있다.

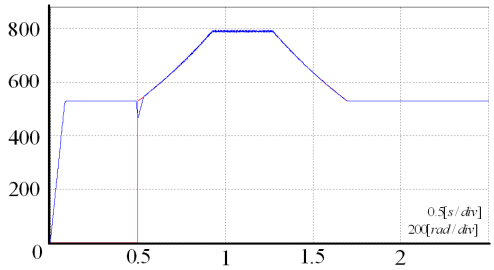

그림 6. 시간 영역에서의 IPMSM 속도제어 시뮬레이션 결과

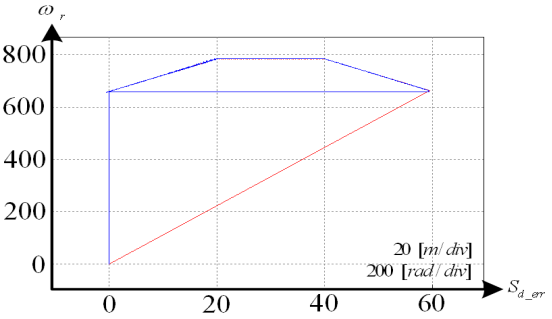

그림 7. 거리오차 영역에서의 IPMSM의 속도 궤적

그림 7은 시뮬레이션 결과파형으로 $X_{10} \sim X_{30}$부분은 슬라이딩 모드 제어기만을 사용하였고, $X_{30} \sim X_{40}$ 부분은 슬라이딩 모드 제어기와 PI 제어기를 혼합하여 사용하는 Membership 함수를 이용하였다. 그림으로 알 수 있듯이 출력되는 속도가 Trajectory를 잘 추종하는 것을 볼 수 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 슬라이딩 모드 제어기를 이용하여 EV의 차량 간격 자동 제어 기법을 제안하였다. 제안한 기법을 이용하여 EV의 주동력원인 IPMSM의 속도가 급변하지 않고 안정적으로 제어되는 특성을 확인하였다. IPMSM의 속도가 정확하고 안정적으로 제어됨을 시뮬레이션을 통하여 검증하였다.

본 과제(결과물)는 지식경제부의 지원으로 수행한 에너지 자원 인력양성사업의 연구결과입니다.

참 고 문 헌

[1] Yuefeng Yang, Yihuang Zhang, "Sliding Mode-PI Control of Switched Reluctance Motor Drives for EV," Electrical Machines and Systems, 2005. ICEMS, vol. 1, pp. 603-607. 2005.

[2] 조용주, 신수철, 이정효, 박현우, 이택기, 김영렬, 원충연, "개선된 슬라이딩 모드 제어기를 적용한 Missile Assembly Test System(MATS)용 IPMSM의 위치제어," 전력전자학술대회 논문집, pp. 520-521, 2010.

[3] 이동현, 장광수, "슬라이딩 모드를 이용한 차량 간격 자동 제어 알고리즘에 관한 연구," 한국자동차공학학회 논문집 제8권 제2호, pp.9-101, 2000.