

PSIM을 이용한 특수 전기자동차 시스템의 회생제동에 관한 연구

박재석*, 차대석*, 신덕식**, 이상택**,**, 임영철*, 김희준**, 양승학****, 김대경**
 전남대학교*, 전자부품연구원**, 한양대학교**, 호남대학교****

A study on the regenerative braking of a special feature electric car system using PSIM

Jae Seok Park*, Dae Seak Cha*, Duck Shick Shin**, Sang Taek Lee**,**, Young Cheol Lim*, Hee Jun Kim**,
 Seung Hak Yang****, Dae Kyong Kim**

Chonnam National Univ*, Korea Electronics Technology Institute**, Hanyang Univ**, Honam Univ****

ABSTRACT

특수 전기자동차 시스템에서는 기존 자동차 대비 차량 동력 특성, 제한된 공간, 시스템 효율 특성으로 인해 다중동력시스템을 주로 적용한다. 본 연구에서는 인버터를 통해 구동한 후 제동시 발생하는 전기에너지 즉, 회생에너지를 이용한 배터리 사용시간 증대의 효과를 가지는 특수 전기자동차의 회생제동 시스템의 구성, 개념도 및 작동원리에 대하여 서술하였다. 제안한 시스템의 검증에 위해 PSIM시뮬레이션을 수행하여 본 논문에서 제안한 회생제동 시스템이 특수 전기자동차에서 유용함을 확인하였다.

1. 서 론

Green Car 또는 친환경 자동차의 경우 기존 화석 연료를 사용하는 대신 배터리, 슈퍼커패시터, 연료전지, 신재생에너지를 사용하는 에너지원의 다양화 추세로 연구가 이루어지고 있다. 전기자동차에서는 상용화 문제로 인하여 대부분 배터리가 적용되고 있으며, 고효율, 최적화 운전 거리를 위해 제동시 발생하는 운동에너지를 배터리 특성에 최적화하여 회수하는 회생제동 시스템에 대한 연구가 많이 수행되어지고 있다.^{[1][3]} 일반 전기자동차(EV)의 회생제동 시스템의 에너지 흐름은 단일모터, 인버터, 배터리의 경로로 이루어지나 다중동력을 이용한 특수 전기자동차의 경우 에너지의 흐름은 다양한 구성을 가지게 되므로 많은 연구가 이루어 져야 한다.^[2] 본 논문에서는 특수 전기자동차 회생제동 시스템에 있어 차량특성을 고려한 운전모드를 설정하고, 성능확인을 위해 시뮬레이션을 수행하였고 제안한 시스템의 유용성을 검증하였다.

2. 본 론

2.1 전체시스템 구성 및 동작원리

그림 1은 본 시스템의 전체적인 특수 전기자동차의 내부 동력 및 전장시스템의 구성을 나타낸다. 동작원리는 72V의 배터리 전원부로부터 전원을 인가 받아 DC/DC 컨버터에서 300V로 승압하여 인버터에 전원 공급하게 되며, 모터 구동을 위해 인버터는 상호간에 CAN통신을 사용하여 각각의 IPMSM 모터를 제어한다. 본 논문에서는 하나의 액슬에 연결된 두 개의 IPMSM모터 중 인버터 하나만 구동시 동일 액슬에 체결된 다

른 IPMSM 모터와 인버터를 기준으로 발생하는 회생에너지를 검증을 통해 배터리를 충전시키는 전압 및 전류 즉, 회생 에너지를 확인을 위해 테스트 하고자 한다.

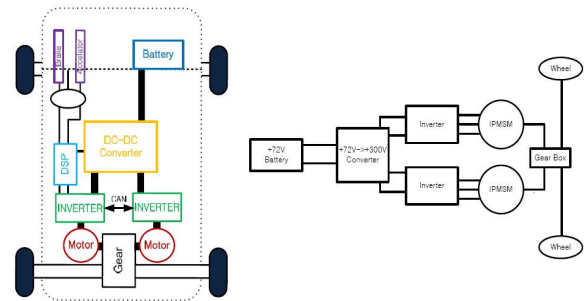


그림 1 다중동력 구동 부품을 적용한 차량시스템 구성 및 계통도
 Fig. 1 Vehicle system configuration and schematic applied a multi-power drive parts

2.2 회생제동 원리

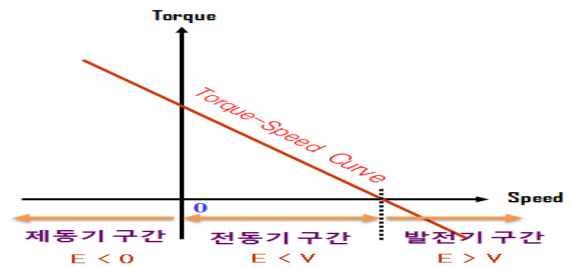


그림 2 토크 및 속도 영역에 따른 전동기 모드
 Fig. 2 Motor operating mode according to torque and speed area

그림 2는 토크와 속도 대비 영역에 따른 전동기 모드를 나타낸다. 전동기 구간에서는 정회전 운전을 하고 역기전력(E)이 입력전압(V)보다 작은 범위에서 발전기 구간은 역기전력이 입력전압보다 큰 범위에서 운전할 때 모터 에너지가 입력측으로 회생되고 음의 전류가 흐르고 부 토크가 발생한다. 제동기 구간은 역회전 운전으로 음의 역기전력과 제동토크가 발생하게 된다. 이처럼 회생제동은 전동기가 중력에 의해 가속되어 전동기의 유기기전력보다 전원전압을 낮게 하면 전동기는 발전기로 동작하여 회생제동이 이루어지게 된다. 차량에 적용할 경우 기계 제동시 모터 허용 토크 이내에서 제어가능하며, 마찰열이 발생되지 않고 회생전력을 전원 측에 저장하고 재사용이 가능하다. 이때 전원전압이 상승하여 허용전압 이상이 되면 회생제동을 사용할 수 없으므로 회생제동 동작 전압의 설정은 매우 중요하다.

2.3 회생제동 시뮬레이션

특수 전기자동차의 회생제동에너지를 확인하기 위해 PSIM 을 사용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 표 1은 실제 시스템에서 적용되어진 모터 파라미터를 나타내며 실제 시험과 시뮬레이션의 결과가 유사함을 검토하기 위해 파라미터를 최적화 하여 시뮬레이션을 수행 하였다. 그림 3은 본 논문에서 제안한 다중 동력원을 시뮬레이션 회로 파일로 두개의 IPMSM모터 및 제어기, 기어박스에 연결하여 하나의 액슬로 연결된 부하(브레이크)를 두고 실제와 동일한 환경에서 시뮬레이션을 수행한 회로도이다.

표 1 시뮬레이션 모터 파라미터
Table 1 Parameter of simulation motor

항목	사양	
극수/슬롯 수	16/24	
상저항 [mΩ]	50	
상인덕턴스 [mH]	0.535/0.898	
상역기전력 [Vrms]	31.8	
DC Link전압 [VDC]	300	
코깅토크 [Nm]	1.5	
권선방식	Y결선	
정격	출력 [kW]	10
	토크 [Nm]	40
	속도 [rpm]	2400
	상전류 [Arms]	50

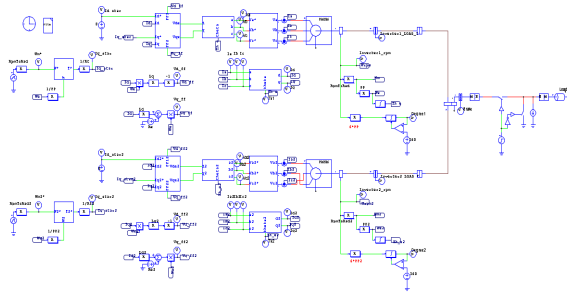


그림 3 시뮬레이션 PSIM 회로도
Fig. 3 Simulation of PSIM circuit diagram

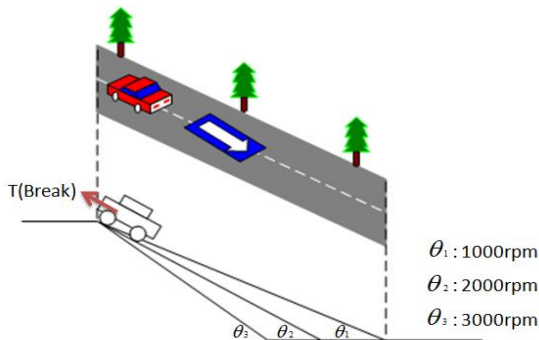


그림 4 회생제동 가상도
Fig. 4 Regenerative braking simulated diagram

그림 4는 차량이 내리막길에서 내려올 때에 운전자의 제동(브레이크)에 의해 차량 바퀴에 부하가 인가되는 조건으로 설정한 가상도를 나타내며, 내리막 경사도에 따라 부하를 구간별

로 설정하여 θ_1 부터 θ_3 까지 1000rpm, 2000rpm, 3000rpm이라 속도 영역별로 가정하여 시뮬레이션을 수행 하였다.

2.4 시뮬레이션 결과 및 고찰

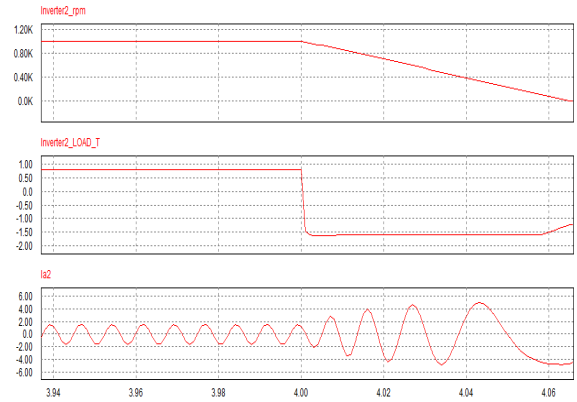


그림 5 회생제동시 속도, 부하 인버터 토크, 전류 파형(1000rpm)
Fig. 5 Speed, load inverter torque current waveform when regenerative braking

표 2 시뮬레이션 결과 값
Table 2 Simulation Result Value

구분	Speed(rpm)	Load(Nm)	I(A)
1	1000	1.6	5.2
2	2000	2.3	6.2
3	3000	3	7.3

시뮬레이션 결과 회생시 인가되는 토크기준으로 부하를 넣어 측정된 결과이다. 내리막길 진입 시 제동거리에 따른 회생에너지의 크기를 확인하였고 속도에 따라 전류가 1A씩 상승함을 확인하였다.

3. 결론

본 논문에서는 속도별 부하에 따라 회생제동의 조건을 가정하고 특수 전기자동차 기준에서 발생하는 회생에너지에 대해 시뮬레이션을 수행 하였다. 내리막 길 진입 조건 시 제동력에 따른 효율적 운전영역을 추정하고 배터리 사용의 증대성을 고려하여 시뮬레이션 결과를 도출하였다. 향후 실제 차량과 유사한 장치를 구성하여 실험을 수행할 것이며, 최종적으로 실차시험을 거쳐 최적의 회생제동 특성을 가지도록 연구를 수행 할 것이다.

본 논문은 지역전략기획기술개발사업의 “20kW급 다중 동력시스템용 매입식 전동모듈 구동을 위한 고효율 DC DC 컨버터 및 드라이버 개발” 과제의 지원으로 연구되었음.

참고 문헌

- [1] 여훈, 김현수, 황성호 “회생제동 전자제어 유압모듈을 이용한 하이브리드 차량의 에너지 회수 알고리즘 개발”, 2008년 유공압시스템학회논문집 pp.1~9
- [2] 오재웅 “전기자동차의 회생제동 에너지 효율 향상에 관한 연구”, 한국자동차공학회, 2000년도 추계학술대회
- [3] Hiroshi “Development of a Regenerative Braking System Using Super capacitors for Electric Vehicles” Journal of Asian Electric Vehicle, Vol.1 No.2 2003