

4륜 직접구동 전기자동차의 제어에 관한 연구

정 유석, 전 범진, 설 승기, 정 진훈*
 서울대학교 전기공학부, 서울차륜(주)*

A Study on the Control of 4WD EV

U-sök Chōng*, Beom-jin Jeon, Seung-ki Sul, Jin-hoon Jung*
 Dept. of Electrical Eng. Seoul Nat'l Univ., Seoul Motor Wheel Co., Ltd.*

Abstract - Due to the environmental considerations and the energy crisis, there has been a revival of electric vehicles since 1960s. Research and development work concerning with electric vehicles (EVs) was becoming more intense in last decade. As compared with conventional internal combustion engine(ICE) cars, EVs have the advantages of clean, quiet, better energy efficiency, less maintenance and improving the load factor of electric power systems. However, EVs usually have a short running range, bad acceleration performance and high initial cost. The main reason for these shortcomings is the low figure of energy density and the high per energy cost of battery at present technology state. So it is very important to optimize the overall drive system design with respect to the maximum utilization of battery energy, motor torque and inverter power. This paper describes a demonstration model of electric car which is driven by 4-wheel direct method using the vector control.

1. 서론

19C 말부터 개발되기 시작한 전기자동차는 20C 초 내연기관자동차의 발달로 인하여 큰 주목을 받지 못하였으나, 최근 세계적으로 환경 보호에 대한 관심이 높아지면서 기존 내연기관자동차를 전기자동차로 대체하기 위한 노력이 진행되고 있다. 전기자동차가 기존의 자동차를 대체하기 위해서는 현재의 자동차가 가진 가속 성능이나 에너지 충전의 편리성을 가지고 있어야 함은 물론, 지금의 자동차보다 더 나은 안전성, 신뢰성, 저가격, 유지 보수의 용이성 등이 보장되어야 하고, 저가의 충전 장치나 축전지가 개발되어 수요자가 사용하는 데 불편이 없어야 한다. 4륜 구동 방식의 전기자동차는 바퀴 일체형 전동기(wheel-in motor)를 사용할 경우 제어상이나 제작상 어려움, 그리고 비용의 증가 등의 문제점이 있으나, 기존 자동차에서 상당한 부피와 무게를 차지하던 차동 기어와 변속 기어를 제거하고 에너지 효율을 향상시킬 수 있는 장점이 있다. 또한, 현재 연구되고 있는 전기자동차의 탑재형 충전 장치는 별도의 컨버터와 인덕터를 설치하는 형태인데, 4륜 구동을 이용한 충전 장치는 구동 장치의 인버터 회로와 전동기의 고정자 인덕터를 이용하기 때문에 차체의 무게를 가중시키거나 별도의 부피를 차지하는 등의 단점이 없게 되고 가격면에서도 추가적인 부담도 없다[1]. 그래서 본 논문에서는 4륜 구동 전기자동차를 제작하여 그 시스템의 특성에 대해 분석하고자 한다.

2. 4륜 구동 방식의 특징

- ① 차동 기어, 변속 기어 등을 제거하므로써 구조적으로 단순해지고 중량이 감소되며 에너지 효율이 향상된다.
- ② 대형 전동기를 1개 쓰는 것보다 소형 전동기를 4개를 사용하는 것이 자동차의 운전 상태에 따라 전동기를 on-off 제어하여 효율을 높일 수 있다.
- ③ 센서와 전동기의 갯수가 많아지므로 가격이 상승하고 시스템이 복잡해져서 제어하기 어렵다.
- ④ 자동차를 설계할 때 차체 설계에 유연성을 줄 수 있다.

3. 실험차량의 구성

3.1 전원부

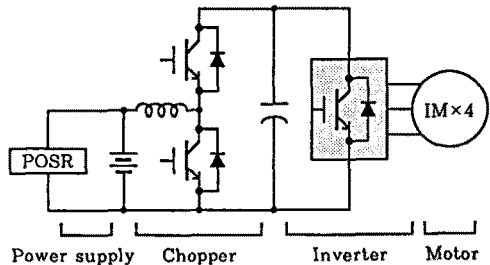


그림 1. 전원 회로

그림 1은 본 실험의 전원 회로이다. 축전지는 12(V) 35(Ah) 납축전지 7개를 직렬로 연결하여 84(V)로 쓰고, 200(μH)의 inductor와 4700(μF)의 capacitor로 회생 제동이 가능한 2상한 chopper를 구성하였다. 중앙 제어기(main controller)에서 DC link의 전압을 300(V)로 유지하기 위해 inductor의 전류를 100(μs)마다, capacitor의 전압을 1(ms)마다 제어한다. POSr은 84(V)를 입력받아 20 ~ 40(kHz)로 공진하여 제어부에 일정한 고주파 교류전원을 공급한다.

3.3 전동기 제어부

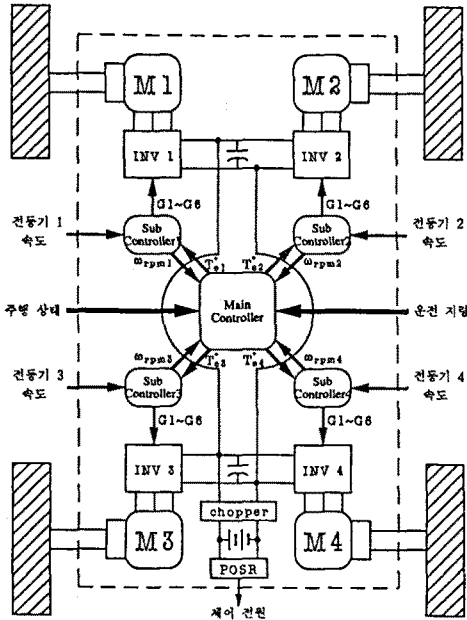


그림 2. 4륜 구동 전기자동차 구조

3.2 중앙 제어부

중앙 제어기는 전원부를 제어하고 운전에 따른 토크 명령치를 생성한다. 토크 명령치는 가속 페달 (accelerator)을 밟는 정도, 운전대의 각도와 차량 속도의 함수로 주어진다. 즉 가속 페달을 최고로 밟고 운전대를 끝까지 돌릴 경우, 차량 속도가 0(km)일 때는 좌우로 각각 반대 방향의 최대 토크를 전달하고, 30(km) 이상이 되면 회전하는 방향의 토크가 0으로 감소하는 알고리즘(algorithm)으로 동작한다. 전기자동차의 전체적인 구조를 그림 2에서 볼 수 있다[2].

그림 3은 전동기 제어기(sub controller)의 제어 원리를 나타낸다. 100(μs)마다 전인용 유도전동기의 벡터 제어를 하고, 고속 운전시 약계자 운전(field weakening)을 한다(3). 스위칭 주파수는 5(kHz)이고 공간 전압 벡터 펄스폭 변조(space vector PWM) 방식을 사용하였다. 여기서 전동기의 속도는 gear ratio를 고려하여 계산하였다.

3.3 통신부

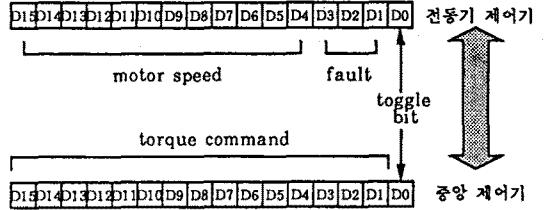


그림 4. 통신 정보

그림 4에서는 전동기 제어기와 중앙 제어기 간의 통신을 나타낸다. 전동기 제어기에서는 전동기의 속도와 시스템이 고장났을 때 고장 종류를 알리는 정보를, 중앙 제어기에서는 운전자의 조작에 따른 토크 명령치를 500(μs)마다 교환한다. 그리고 toggle bit는 통신 중에 잡음으로 인해 통신 정보가 바뀌는 것을 감시하는 데 이용된다.

4. 실험 결과

실험 파형들은 차량을 공중으로 들어 올린 상태에서 출력된 것이다. 그림 5는 가속 페달을 밟아서 전동기의 속도가 증가하는 것을 상전류와 함께 나타내고 있다. 가속기를 밟은 상태에서 브레이크를 밟았을 때, 전동기를 멈추기 위해 토크 명령치가 반대 부호의 값이 되어 상전류의 위상이 급변하는 것을 그림 6에서 볼 수 있고, 이 때 회생 제동하는 상태를 나타낸 것이 그림 7이다. 마지막으로 그림 8은 운전대를 좌우로 돌렸을 때 좌우 바퀴가 각각 다른 토크를 내는 것을 출력하고 있다.

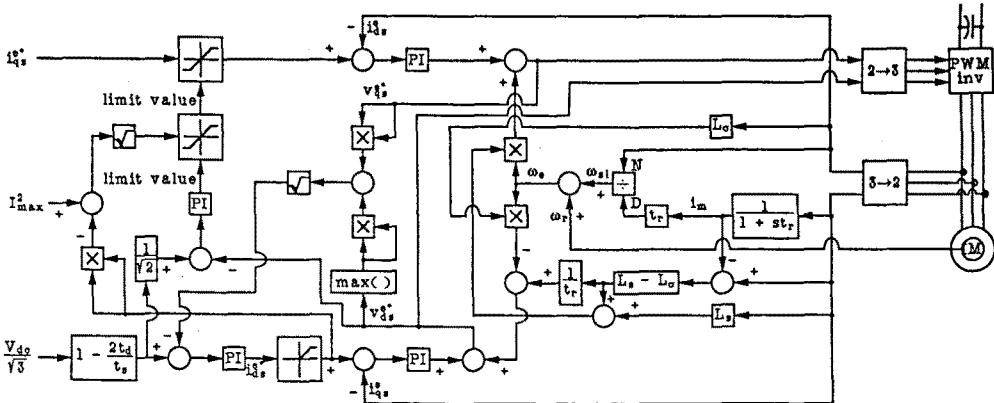


그림 3. 전동기 제어기의 제어 블록도

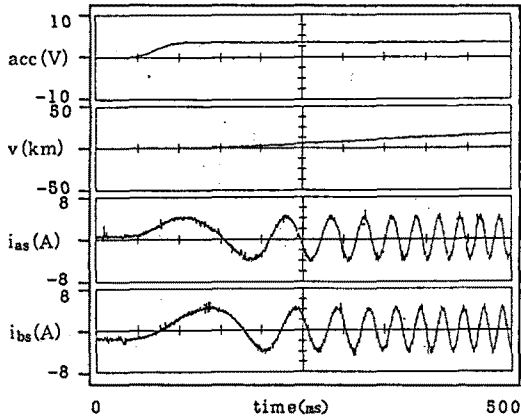


그림 5. 실험 파형 (1)

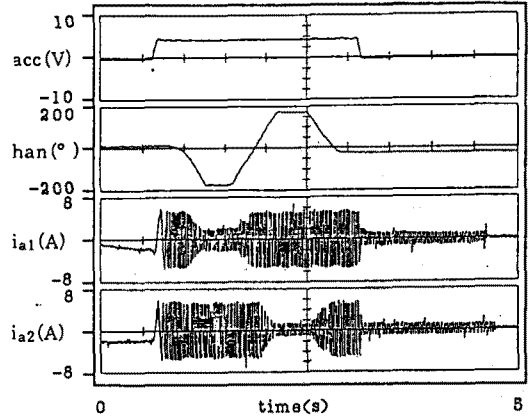


그림 8. 실험 파형 (4)

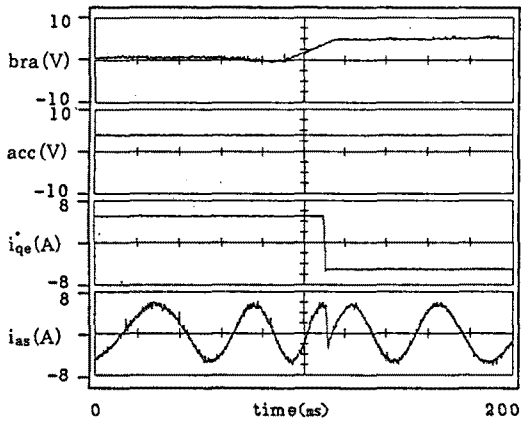


그림 6. 실험 파형 (2)

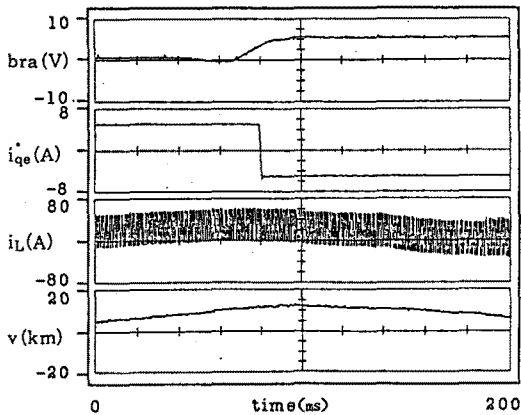


그림 7. 실험 파형 (3)

5. 결론

지금까지 4륜 직접 구동 방식의 전기자동차의 특성을 살펴보았다. 본 논문에서는 건인용 전동기로 기어드 모터를 사용하였으나 앞으로는 바퀴일체형 전동기에 대한 연구도 진행되어야 할 것이다. 또한 전기력 브레이크와 기계력 브레이크, 전기력 조향장치와 기계력 조향장치를 조화롭게 사용하는 것도 향후 과제라 할 수 있다.

참고 문헌

- (1) Sang-Joon Lee, Seung-Ki Sul, "An integral battery charger for 4WD EV," IEEE - IAS Annual Meeting, pp. 448 ~ 452, Oct. 1994.
- (2) 최형목, 설승기, "전기자동차용 전동기 구동시스템의 연구." 석사학위논문, 서울대학교, pp. 15 ~ 16, 1993.
- (3) 김상훈, 설승기, "약계자영역에서 유도전동기의 최대토크 운전." 박사학위논문, 서울대학교, pp. 79 ~ 81, 1993.