

다용도 소형 전기자동차 구동장치 개발

전태원*, T.T.Vu*, 이흥희*, 김흥근**, 노의철***
 울산대학교*, 경북대학교**, 부경대학교***

Development of Drive Circuit for a Multipurpose Small-Size Electric Vehicle

T.W.Chun*, T.T.Vu*, H.H.Lee*, H.G.Kim**, E.C.Nho***
 Ulsan University*, Kyungpook University**, Pukyong University***

ABSTRACT

In this paper, the low-cost drive circuit of dc motor for a multipurpose small-size electric vehicle is developed. In order to change smoothly the rotating direction of dc motor for traction, the operating sequence of both the field current and the armature voltage according to the angle of a pedal of vehicle is suggested. The simulation study is carrier out to verify the proposed method, and the control system is implemented with 8-bit AVR.

1. 서 론

현재 국내에서는 개발되고 있는 승용차용 전기자동차는 대부분이 출력전력이 높고 BLDC 등 교류전동기를 대부분 사용하므로 제어시스템이 비교적 복잡하고 가격이 높으므로, 이 기술을 단순한 소형 화물운반용 전기자동차에 적용하기에는 적합하지 않다.^{[1],[2]} 따라서 농촌지역이나 산업현장 등에서 물건을 쉽게 이동시키기 위하여 필요한 소형 전기자동차 구동용으로 브러쉬와 정류자의 정기적인 교환이 필요하다는 단점에도 불구하고 토크제어가 상대적으로 간단한 직류전동기가 적합하다.

이 소형 전기자동차의 배터리의 출력전압이 낮으므로 요구하는 출력을 발생시키기 위하여 전기자전류가 상당히 높다. 따라서 본 논문에서는 자동차의 전진 및 후진하기 위한 직류전동기를 정역회전용 구동장치의 비용을 최소화하는 전력회로를 구성하고, 부드럽게 정역회전하는 기법을 제시한다. 저가인 8비트 AVR로 고성능 직류전동기 구동장치를 구성하고 시뮬레이션을 통하여 제시한 기법의 타당성을 확인한다.

2. 견인용 직류전동기 제어

전기자동차 견인용 직류전동기의 구동시스템의 비용 및 크기를 감소시키기 위한 회로 구성과 전동기 속도 및 속도 방향 전환 기법에 대하여 기술한다.

2.1 직류전동기 전력회로 구성

직류전동기를 정역회전하기 위한 일반적인 방식이 계자전류에 의한 자속을 일정하게 유지하면서 전기자 전압을 제어하는 것이다. 그런데 표 1과 같이 배터리 출력전압이 48V 밖에 되

지 않으므로 전기자전류가 증가될 수밖에 없다. 만약 전기자 전압을 제어하기 위하여 H-브리지 형 직류/직류 컨버터 사용시, 대전류 스위칭 소자가 많이 필요하므로 전력회로의 크기 및 비용이 상당히 증가된다는 문제점이 있다.

표 1 견인용 전류전동기 정격
 Table 1 Rating of dc motor for traction

정격출력	3.8 [kW]
정격속도	2800 [rpm]
전기자전압, V_a	48 [V]
전기자전류, I_a	105 [A]
계자 전류, I_f	10 [A]

따라서 본 연구에서는 타여자 직류전동기를 사용하며, 그림 1과 같이 전기자전압 및 전류는 항상 양의 방향 즉 1상한에서만 동작하도록 1개의 스위칭소자와 1개의 환류다이오드로 구성하였다. 그리고 계자전류로 직류전동기의 회전방향을 조정하기 위하여 H-브리지 회로로 계자전류의 전류 방향을 제어한다. 따라서 표1에서와 같이 계자전류가 전기자전류에 비하여 거의 1/10밖에 되지 않으므로 4개의 스위칭소자로 구성된 H-브리지 회로를 사용할 수 있다. 이에 비하여 전기자 전류값이 상당히 높으므로 스위칭 소자인 MOSFET과 다이오드를 8개씩 병렬로 연결하여 각 소자가 전류를 분배하도록 한다.

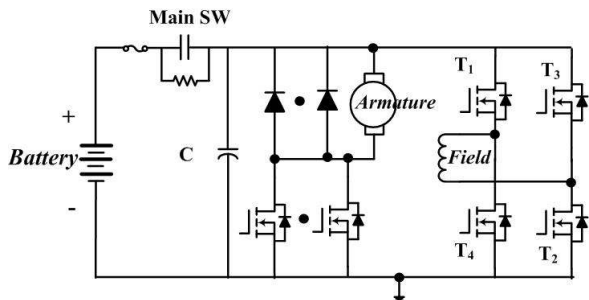


그림 1 견인용 직류전동기 구동회로
 Fig. 1 Drive circuit of dc motor for traction

2.2 직류전동기 제어기법

직류전동기 속도는 전기자전압에 비례하고 자속에 반비례

하며, 직류전동기를 정회전에서 역회전으로 또는 그 반대로 회전방향을 변경시키기 위하여 계자전류 방향을 반대로 제어하여야 한다. 그런데 계자전류 방향을 반대로 하는 과정에서 계자전류를 감소시켜야 하는데 전동기속도가 반대로 증가된다는 심각한 문제가 있다. 따라서 회전방향 변경 시 또는 기동 시 전동기 속도를 부드럽게 감소 또는 증가시키기 위하여 계자전류(자속)와 전기자전압의 크기를 순서에 따라 동작하여야 한다.

그림 2는 자동차 페달의 각도에 따라 계자의 H-브리지 회로의 듀티비(계자전류)와 전기자의 직류-직류 컨버터의 듀티비(전동기 전압)의 동작순서를 보인 것이다. 정상상태에서는 계자전류를 정격치의 10%로 유지하면서 페달각도가 10%부터 듀티비를 서서히 증가시켜 각도가 30%될 때 정격치로 유지한다. 한편 전기자 듀티비는 페달각도가 10%부터 서서히 증가시켜 페달각도가 100%되면 듀티비를 100%로 하고 페달각도가 50%기준으로 듀티비의 증가비를 다르게 한다.

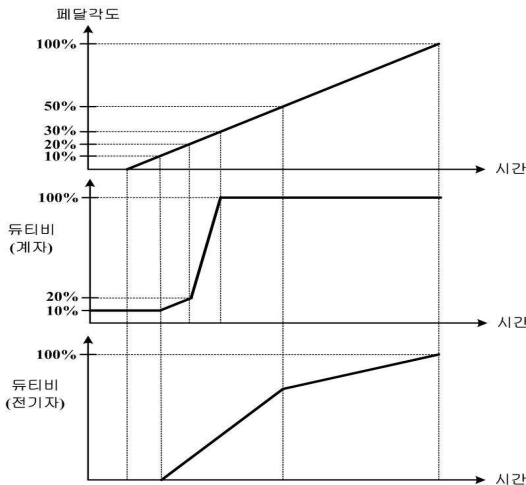


그림 2 직류전동기 동작순서
Fig. 2 Operating sequence of dc motor

3. 시뮬레이션 결과 및 실험장치 구성

3.1 시뮬레이션 결과

그림 3은 그림 2와 같은 동작순서에 맞추어 제어시 직류전동기 속도 및 토크, 고정자 전류 및 계자전류의 시뮬레이션 결과이다. 전동기가 정회전에서 부드럽게 역회전으로 전환됨을 알 수 있다.

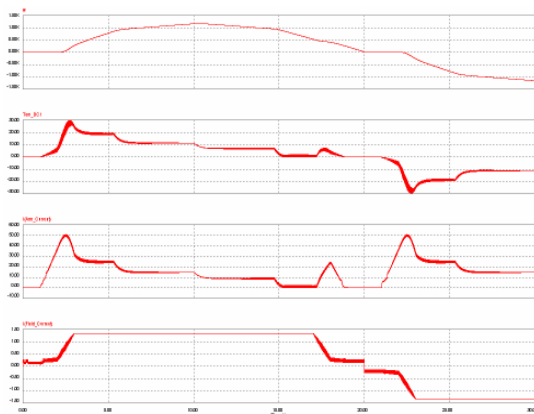


그림 3 시뮬레이션 결과
Fig. 3 Simulation result

3.2 실험장치 구성

그림 4는 직류전동기 구동용 장치의 사진이며, 직류전동기 제어를 위하여 8-비트 AVR ATmega48A를 사용하였다. 페달의 각도에 따라 출력되는 직류전압값과 Hall-CT로 검출되는 전기자 전류값은 AVR에 내장된 8-비트 A/D 컨버터로 입력되며, 키 스위치, 메인 스위치, 정역회전 신호, 페달 인터록 신호 등은 I/O 포트를 통하여 입력된다. 그리고 계자측 H-브리지 회로의 4개 스위칭소자 및 전기자측 1개의 스위칭 소자 제어용으로 5개 PWM신호를 출력한다. 전기자전류가 상당히 크므로 고정자전압제어용 직류-직류 컨버터 전력회로에서 MOSFET 스위칭소자 8개를 병렬로 연결하였다.



그림 4 실험장치 구성
Fig. 4 Experimental systems configuration.

3, 결론

본 논문에서는 자동차의 전진 및 후진하기 위한 직류전동기를 정역회전용 구동장치의 비용을 최소화하는 전력회로를 구성하고, 페달 각도에 따라 계자전류 및 전기자 전류를 제어하여 부드럽게 정역회전하는 기법을 제시한다. 저가인 8비트 AVR로 고성능 직류전동기 구동장치를 구성하고 시뮬레이션을 통하여 제시한 기법의 타당성을 확인한다.¹

본 연구는 2010년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다.
(NO. 2007-P-EP-HM-04-0000)

참고 문헌

- [1] Bharatkar, S.S., Yanamshetti, R., Chatterjee, D., and Ganguli, A.K., "Performance comparison of PWM inverter fed IM drive & BLDC drive for vehicular applications", Conf. Rec. of Vehicular Electronics and Safety, 2009, pp.125-129.
- [2] Lee, B.K., and Ehsani, M., "Advanced BLDC motor drive for low cost and high performance propulsion system in electric and hybrid vehicles", Conf. Rec. of Electric Machines and Drives Conference, 2001. pp.246-251.