

충전 기능 내장형 DC 모터 구동 회로

박소영, 강경수, 노정욱
국민대학교 전자공학과

Charge function combined DC motor drive circuit.

So Young Park, Kyung Soo Kang, Chung Wook Roh
Dept. of Electronics Engineering, Kookmin Univ.

ABSTRACT

본 논문은 전기자전거용 충전 기능이 내장된 양방향 부스트 컨버터 기반의 DC 모터 구동 회로를 제안한다. 추가 전력 단 구현 없이 배터리 충전 기능을 내장한 양방향 부스트 컨버터 기반의 DC 모터 구동회로로써 회로 부피 및 원가 저감이 가능하고 회생충전모터의 작동을 통해 자가발전을 유도함과 동시에 안정적인 브레이크 기능 유도가 가능하다. 제안한 회로의 이론적 분석을 행하고, 모의실험을 통하여 타당성을 검증하였다.

1. 서론

국내·외의 친환경 우선정책을 실현하기 위해서는 이산화탄소 배출량의 주요 원인인 자동차를 대체할 수 있는 교통수단의 확대보급이 절실하다. 이로 인해, 자동차를 대체할 수 있는 교통수단들 중 도심 지역이나 근거리 이동 시에 유용한 자전거, 특히 배터리로 구동되는 전기자전거를 채용하여 페달의 동력을 보조해주는 전기 자전거의 보급이 점차 이루어지고 있다. 하지만 전기 자전거의 활발한 보급을 위해서는 극복해야 할 문제가 있다.

첫째, 전기자전거의 방전된 배터리는 충전이 필요하며 이를 위해서는 별도의 충전 어댑터를 연결하여 충전해야하지만 어댑터의 크기가 커서 휴대가 불편한 문제가 있다. 둘째, 강압형 Chopper 방식을 사용하는 기존의 리튬계열의 배터리를 사용하는 전기자전거는 배터리 셀의 직렬연결 개수가 증가하여 고가의 배터리 팩을 사용해야하는 문제가 있다. 셋째, 배터리의 용량 한계를 극복하기 위해 회생제동 기능을 적용하는 경우, 모터 구동회로의 부피 증가 및 제조 단가의 상승 문제가 있다.

본 논문에서 제안하는 충전 기능 내장형 DC 모터 구동회로는 모터 구동회로가 배터리 충전 기능을 겸용함으로써 소형 어댑터의 구현이 가능하고 양방향 부스트 컨버터 기반의 DC 모터 구동회로로서 낮은 배터리 전압에서도 모터 구동이 가능하여 배터리 팩의 가격, 크기 및 중량을 줄일 수 있다. 또한, 회생제동 기능을 구현하여 전기자전거의 항속거리를 늘릴 수 있다. 따라서 본 논문에서는 충전 기능 내장형 DC 모터 구동회로의 이론적 동작을 분석하고 PSIM 시뮬레이션을 통해 타당성을 검증하였다.^[1]

2. 본론

2.1 제안회로 구성

그림1은 제안 충전 기능 내장형 DC 모터 구동회로이다. 2개의 FET와 인덕터, SCR로 구성된 양방향 부스트 컨버터를 기반으로 모터를 구동하며 저전압과 고전압사이에서 양방향의 전력흐름이 가능하다. 또한, 추가 전력 단 구현 없이 배터리 충전 기능을 내장하여 전력소자 부품 수를 저감하였다.

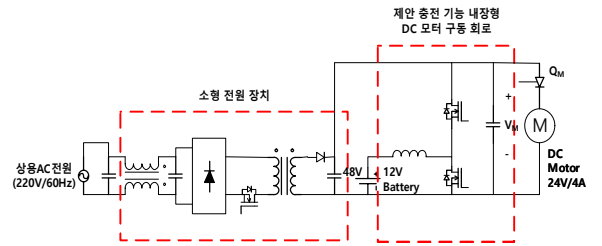


그림 1. 제안 충전 기능 내장형 DC 모터 구동회로

2.2 제안회로 동작

제안 충전 기능 내장형 DC 모터 구동회로는 배터리 충전 모드(buck), 모터 구동 모드(boost), 회생 제동 모드(buck)와 같이 3가지 모드로 동작하며 모터 구동 시 양방향 부스트 컨버터 출력 전압(V_M)을 기준으로 모터의 동작 상태가 결정된다.

2.2.1 배터리 충전(buck)

그림2은 배터리 충전 시(buck) 등가회로로 AC 입력전압이 인가되면 스위치(Q1)는 PWM on/off 동작을 하고 스위치(Q2)는 항상 off되며 SCR(QM)은 off된다. 배터리 충전 초기에는 배터리의 전압이 충전전압에 도달할 때까지 정 전류로 배터리를 충전하여 배터리 전압을 상승시키는 CC(Constant Current)모드로 동작하고, 배터리의 전압이 충전전압에 도달하면 정 전압 제어를 통하여 배터리 전압을 유지 시키는 CV(Constant Voltage)모드로 동작한다. 이때 배터리로 유입되는 전류는 감소한다.^[2]

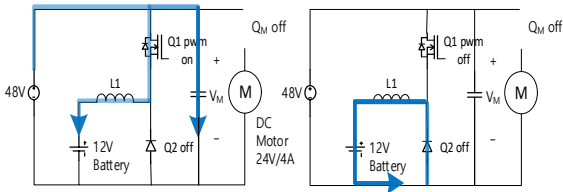


그림 2. 배터리 충전 시 전류 흐름도(buck)

2.2.2 모터 구동(boost)

그림3은 모터 구동 시(boost) 등가회로로 스위치(Q1)는 항상 off되고 스위치(Q2)는 PWM on/off 동작을 하며 SCR(Q_M)은 on되어 모터를 구동한다. 스위치(Q2) on시간인 DT기간 동안 입력에너지는 인덕터(L1)에 저장되고 스위치(Q2) off시간인 (1-D)T기간 동안에는 인덕터(L1)에 충전된 전류가 부하 측 필터로 전달된다. 컨버터의 출력 전압(V_M)을 기준으로 DC모터의 동작 상태가 결정된다.

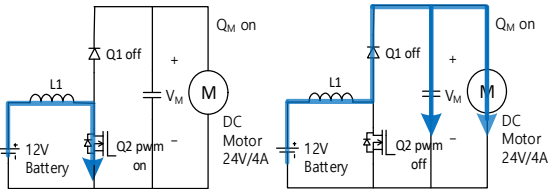


그림 3. 모터 구동 시 전류 흐름도(boost)

2.2.3 회생 제동(buck)

그림4은 회생 제동 시(buck) 등가회로로 이 경우 모터는 자동차바퀴와 함께 회전하지만 발전기로 동작하여 회생에너지가 발생하고 이를 배터리에 저장할 수 있다. 스위치(Q1)는 PWM on/off 동작을 하고 스위치(Q2)는 항상 off되며 SCR(Q_M)은 on되어 회생에너지를 배터리에 충전한다.

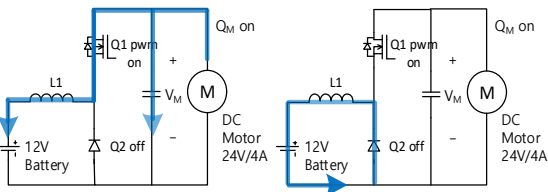


그림 4. 회생 제동 시 전류 흐름도(buck)

2.3 모의실험

제안한 회로의 검증을 위해 배터리 충전 시 입력 전압은 48V_{DC}, 배터리 전압은 12V_{DC} 기준이고 모터 구동 시 입력 전압은 배터리 전압인 12V_{DC}, DC 모터 구동전압은 24V_{DC}/4A, 스위칭주파수는 50KHz를 기준으로 PSIM 시뮬레이션을 진행하였다. 그림5은 배터리 충전 시(buck) 배터리의 전압 및 전류 파형이다. 배터리 충전 초기에는 배터리의 전압이 충전전압(12V)

에 도달할 때까지 정 전류(1A)로 배터리를 충전하고 배터리의 전압이 충전전압(12V)에 도달한 후에는 정 전압 제어를 통하여 배터리 전압을 유지 시키는 것을 볼 수 있다.

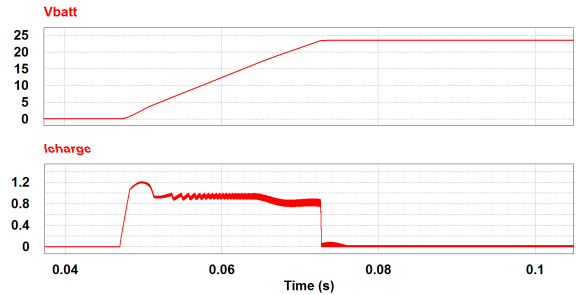


그림 5. 배터리 충전 시(buck) 배터리 전압 및 전류파형

그림6은 모터 구동 시(boost) 양방향 부스트 컨버터의 출력 전압 및 전류 파형이다. 이 경우 모터는 저항으로 가정하고 구현하였으며 모터 구동 전압(V_M)은 24V이고 이 때 흐르는 전류는 4A임을 알 수 있다.

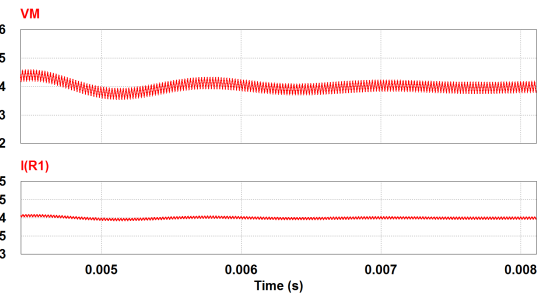


그림 6. 모터 구동 시(boost) 양방향 부스트 컨버터 출력 전압 및 전류파형

4. 결론

본 논문에서는 충전 기능 내장형 DC 모터 구동 회로를 제안했으며 추가 전력 단의 구현 없이 모터 구동회로가 배터리 충전 기능을 내장하고 양방향 부스트 컨버터 방식을 기반으로 하여 낮은 배터리 전압에서도 모터 구동이 가능하여 배터리팩의 가격, 크기 및 중량을 줄일 수 있다. 또한, 회생제동 기능을 구현하여 전기자동차의 항속거리를 늘릴 수 있으며 본 논문에서는 제안회로의 이론적 동작을 분석하고 PSIM 시뮬레이션을 통해 타당성을 검증하였다.

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 대학 ICT연구센터육성 지원사업의 연구결과로 수행되었음(NIPA 2014 H0301 14 1005)

참고 문헌

- [1] 김태형, 이상훈, “전기자동차용 구동시스템 개발동향”, 전력전자학회지 제16권 제4호, 2011.8, 33-41 (9 pages)
- [2] 하인용 외 3명, “3상 AC DC Boost 컨버터를 이용한 배터리 충전장치”, 전력전자학회 2010년도 전력전자학술대회 논문집, 2010.7, 19-20 (2 pages)