

배터리 수명 개선을 위한 슈퍼커패시터의 병렬 운전 시스템 개발

신철준*, 콧태균*, 신준영*, 김영렬**, 이준영*
 명지대학교 전기공학과*, (주)엠피에스코리아**

Development of parallel operating system of supercapacitor to improve battery life

Chul Jun Shin*, Tea Kyun Kwak*, Jun young Shin*, Young ryul Kim1**, Jun young Lee*

Department of Electrical Engineering, Myongji University*, MPS KOREA**

ABSTRACT

최근 차량은 기존의 화석연료를 사용하는 엔진과 배터리로부터 전원을 공급받는 전동기를 연결하는 구조로 연비를 개선하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 가속 시 배터리 방전으로부터 전원을 공급받고, 감속 시 회생제동을 통해 배터리 충전을 반복한다. 이로 인한 배터리의 수명하계 및 전력 한계 등을 보완하기 위해서 초고용량 커패시터를 배터리와 함께 사용하는 이중 보조 동력원에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.^[1] 본 논문에서는 배터리 수명 개선을 위해 배터리와 슈퍼커패시터를 병렬 운전하는 5kW급 양방향 DC/DC 컨버터를 설계하여 검증하였다.

1. 서론

최근 배터리의 수명하계 및 전력 한계 등을 보완하기 위해서 초고용량 커패시터를 배터리와 함께 사용하는 이중 동력원에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 배터리는 많은 에너지를 저장할 수 있지만 출력이 작은 단점이 있고, 초고용량 커패시터는 에너지 저장용량은 작지만 출력이 큰 장점이 있다.^[2] 이러한 서로의 장단점을 보완하기 위해 배터리와 슈퍼커패시터를 병렬 운전하여 차량 감속 시 회생제동을 통해 전기에너지를 저장하여 가속 시 이 에너지를 다시 사용함으로써 연비 향상은 되지만^[3] 배터리의 충·방전을 반복하므로써 배터리의 수명이 짧아지는 단점이 있다. 본 논문에서는 슈퍼커패시터를 능동적으로 활용하여 배터리 부담을 줄여 배터리 수명 개선을 위한 배터리와 슈퍼커패시터를 병렬 운전하는 5kW급 양방향 DC/DC 컨버터를 설계하여 검증하였다.

2. 본론

2.1 제안한 양방향 DC/DC 컨버터

에너지저장장치를 배터리만으로 구성하면 급격한 부하증가 및 회생에너지 회수에 제한이 있어 이를 보완하기 위하여 출력 밀도가 높은 슈퍼커패시터를 병렬로 운행하면 크기의 제한 및 이동성 제약 때문에 슈퍼커패시터의 에너지용량 활용이 제한적이 된다. 이의 문제점을 해결하기 위해 슈퍼커패시터와 배터리를 병렬 운전하는 양방향 DC/DC 컨버터를 적용하면 슈퍼커패시터의 과위를 능동적으로 제어하여 슈퍼커패시터의 용량을 전압 제한 치까지 최대 사용 할 수 있으므로 배터리의 용량을

줄일 수 있어 공간적인 부담 해소 및, 배터리 수명을 높일 수 있다. 그림 1은 제안한 양방향 DC/DC 컨버터 시스템으로 슈퍼커패시터 에너지를 모터로 전달하는 승압형 컨버터로 동작하고, 모터의 회생 에너지를 슈퍼커패시터로 충전하는 강압형 컨버터로 동작하는 비 절연형 양방향 컨버터이다. 출력 리플진폭 크기를 줄이는 인터리브 방식으로 출력단 커패시터 용량을 줄이는 효과를 얻을 수 있다.

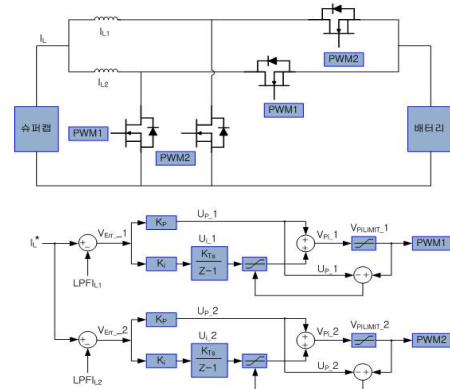


그림 1 제안한 양방향 DC/DC 컨버터 회로 구성도

2.2 제어 알고리즘

양방향 DC/DC 컨버터 입출력 제어는 모터 축의 부하전류, 배터리 상태 및 슈퍼커패시터의 상태에 따라 정해져야 한다. 에너지 저장장치에 슈퍼커패시터를 병용하는 목적이 배터리가 급격한 부하변동에 취약하나 슈퍼커패시터는 급격한 부하변동을 수용 할 수 있기 때문에 배터리를 보완하는 측면이다. 이러한 문제점을 보완하기 위해 본 논문에서는 그림 2와 같이 제어 블록도를 구성하였다.

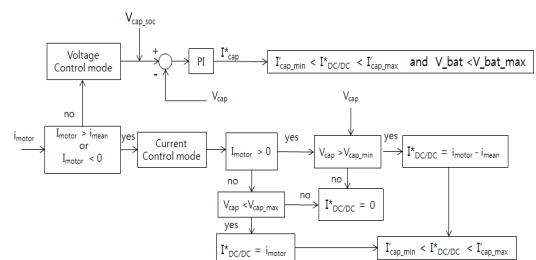
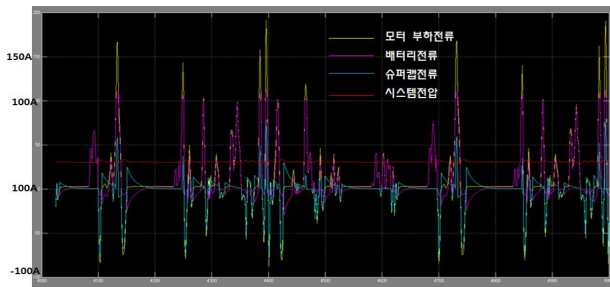


그림 2 제안한 제어 알고리즘 블록도

제한한 제어 알고리즘은 첫째로 슈퍼커패시터는 모터 기동 시 기준 전류 이상에서만 동작하여 배터리의 부담을 감소 시켜야 한다. 둘째로 모터 회생 시에는 최대한 회생에너지로 슈퍼커패시터를 충전시켜야 한다. 셋째로 첫째와 둘째 조건에서 슈퍼커패시터는 충·방전 상태에서 과충전, 과방전에 대한 제어가 필요하다. 그림 3은 근거리 저속 전기자동차(NEV)에 적합한 주행 사이클 규정인 NYCC(New York City Cycle)을 대상으로 시뮬레이션 한 결과 파형이다. 그림 3과 같이 큰 진폭의 모터 부하전류에 대하여 배터리는 기준 전류 100A 이하로만 대응하고 있으며 나머지는 슈퍼커패시터에서 대응하고 있음을 알 수 있다. 또한 회생전류에 대해서도 대부분의 회생전류를 슈퍼커패시터가 흡수하고 있음을 알 수 있다. 슈퍼커패시터를 능동적으로 활용하여 배터리의 최대 전류를 줄이고, 회생에너지를 최대화 하는 것을 시뮬레이션 결과로부터 확인하였다. 따라서 시뮬레이션 결과로부터 제어 알고리즘은 타당함을 알 수 있다.



* 슈퍼캡 전류 및 시스템 전압은 DC/DC 출력측 (배터리측) 값임

그림 3 시뮬레이션 파형

3. 실험 결과

제한한 양방향 DC/DC 컨버터 시스템의 타당성을 검증하기 위해 회로 사양은 표 1과 같다.

표 1 회로 사양

ITEM	양방향 DC/DC 컨버터
슈퍼커패시터 전압 / 입력전류	36V / 178A
배터리 전압 / 출력전류	72V / 70A
인덕터	18uH CH467125
용량	5kW
제어방법	정전압, 정전류

양방향 DC/DC 컨버터 모의 실험한 조건으로 슈퍼커패시터 전압 = 36V, 입력전류 = 178.3A, 배터리 전압 = 78V로 실험을 진행하여 5kW의 풀 로드에서 그림 4로부터 실험 결과 파형을 얻을 수 있었으며, 제안한 컨버터는 인터리브 방식으로 배터리와 슈퍼커패시터는 정전압 제어가 되는 것을 확인 하였다.

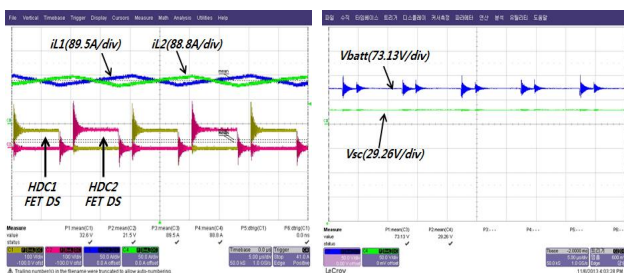


그림 4 실험 결과 파형

그림3 시뮬레이션 파형과 동일 조건으로 NYCC를 적용하여 실험을 했을 때 그림 5와 그림 6은 배터리 상태를 나타낸 그림이다. 그림 5는 제안한 컨버터를 적용한 경우와 적용 안한 경우 배터리의 피크 전류는 각각 110A 및 163A로 이것은 제안한 DC/DC 컨버터가 있는 경우 32.2%의 감소가 되는 것을 확인하여 배터리의 부담을 줄여 준다는 것을 확인 하였다.

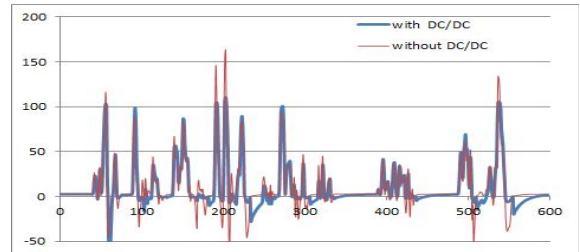


그림 5 모터 기동 시 배터리 전류 비교

그림 6은 제안한 컨버터를 적용한 경우와 적용 안한 경우 슈퍼커패시터의 에너지 회수량은 슈퍼커패시터의 기준 전압이 26.5V, 82V를 고려하여 48Wh 및 24Wh가 되는 것으로 제안한 DC/DC 컨버터가 있는 경우 슈퍼커패시터 사용이 많아서 배터리의 부담을 줄여 준다는 것을 확인 하였다.

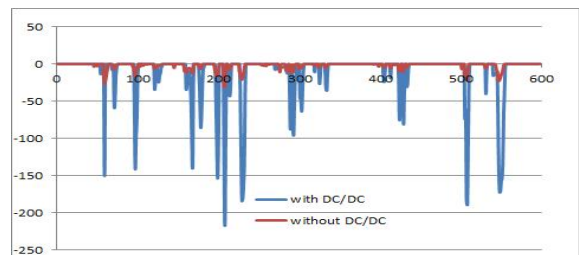


그림 6 모터 회생 시 배터리 전류 비교

4. 결론

본 논문에서는 배터리와 슈퍼커패시터를 병렬 운전하는 5kW급 양방향 DC/DC 컨버터를 설계하여 슈퍼커패시터를 능동적으로 활용하여 배터리 부담을 줄여 배터리 수명이 개선된 것을 확인 하였다.

본 연구는 2013년도 경기과학기술진흥원의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.

참고 문헌

- [1] 김원겸, 장재훈, 유지운, “배터리와 초고용량 커패시터의 내부 저항 비를 고려한 HEV의 충·방전 전략개발”, 전력전자학회, 전력전자학술 논문집, 2007.7.,366 368
- [2] Xingyi Xu, V.H. and Sankaran, “Power Electronics in Electric Vehicles: Challenges and Opportunities” Industry Appl. and Conf., 2000. 20 27 Conf. Record of the 2000 IEE E, Vol.1, 2000
- [3] 박주영, 장재훈, 유지운, “전기자동차용 배터리와 초고용량 커패시터의 병렬운용 전략 개발”, 전력전자학회, 전력전자학술 논문집, 2009.7.5.,503 505