

E-Mobile용 Multi-Level 충전 시스템에 관한 연구

정다움¹, 우동영¹, 임상길², 박성준^{1†}
 전남대학교¹, 호남대학교²

A Study on Multi-Level Charging System for E-Mobile

Da-Woom Jeong¹, Dong-Young Woo¹, Sang-Kil Lim², Sung-Jun Park^{1†}
 Chonnam National University¹, Honam University²

ABSTRACT

내연기관을 이용한 이동 수단의 환경 오염에 미치는 영향이 부각 되면서, 전기 자전거 및 전기 보드와 같이 소형 전기 자동차로 분류되는 E-Mobility에 대한 관심이 증대되고 있다. 하지만, 대중화되어 있는 EV 충전소와 달리, E-Mobile 충전 시스템은 공급이 부족한 실정이다. 따라서, 본 논문에서는 다양한 사양의 충전전압 요건을 충족하는 충전 시스템을 제안한다. 높은 범용성을 갖추기 위해 멀티 레벨 충전 시스템을 설계한다. 또한, 제안하는 충전 시스템의 PSIM 시뮬레이션 및 프로토타입을 제작하여 타당성을 검증한다.

1. 서 론

최근 친환경 이동 수단에 대한 관심이 대두되면서 소형 전기 자동차의 보급 및 상용화가 활발히 이루어지고 있다. 전기 자동차 충전을 위한 EV 충전소는 이미 대중화되어 있는 반면, E-Mobile 충전 시스템은 수요에 대비 지원이 부족하다^[1]. 그로 인해, 개인 전용 충전 기기를 휴대하여 필요시 충전을 하여야 한다. 하지만, 상용전원에 구동되는 소형 외장형 어댑터 방식의 E-Mobile용 충전 시스템은 전기기기 안전규격을 만족하여야 하므로 부피 및 무게로 인한 휴대가 불편하다. 따라서, 중·소형 E-mobile 기기의 충전 시스템 개발이 필요하다^[2].

충전 시스템 구축 시 E-mobile 제조사에 따라 장비의 정격 충전 전압 영역이 12-60[V]로써 상이하므로, 넓은 범용성을 가지는 출력 전압 영역이 필요하다. 또한, 다양한 E-mobile 장비를 충전하기 위해 모든 충전 영역 범위에서 배터리가 요구하는 전류 리플률을 만족하여야 한다. 따라서, 충전 가능한 모든 전압 범위에서 요구되는 충전 전류의 리플률을 만족하기 위해 새로운 충전 토폴로지 설계가 필요하다. 마지막으로, 제안된 충전 시스템의 타당성 검증하기 위해 PSIM을 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다.

2. 본 론

2.1 멀티 레벨 DC/DC 컨버터

전기기기 안전규격에 따르면, 소형 전기 자동차의 충전 시스템의 정격 충전 전압을 60[V] 미만으로 규정하고 있다. 따라서, 넓은 범용성을 만족하여 E-Mobile 기기를 충전하기 위해서는, 60[V] 이상의 출력 전압 범위를 충족하여야 한다.

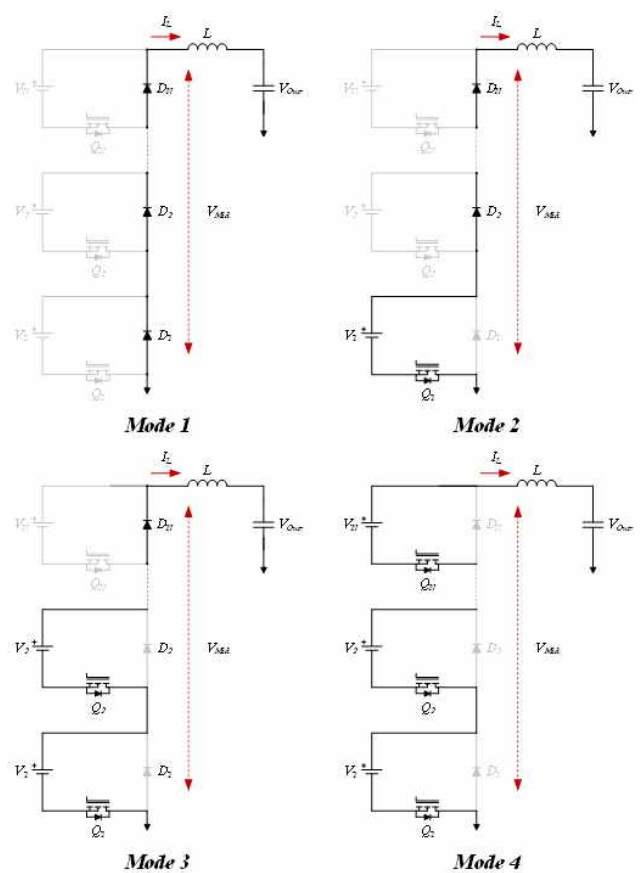


그림 1 모드에 따른 DC/DC 컨버터 동작 상태
 Fig. 1 The operation of the DC/DC converter according to the mode.

표 1 모드에 따른 스위치 동작 상태
 Table 1 The operation of the switch according to the mode.

	Q_1	Q_2	Q_3	V_{mid}
Mode#1	0	0	0	0
Mode#2	1	0	0	V_1
Mode#3	1	1	0	$V_1 + V_2$
Mode#4	1	1	1	$V_1 + V_2 + V_3$

충전 시스템의 출력 전압 범위는 그림 1과 같이 각 스위칭 소자의 Turn-On/Off 상태에 따라, 표 1과 같이 영 전압에서부터 각 컨버터에 인가되는 입력전압의 합까지 발생할 수 있다.

2.2 시뮬레이션

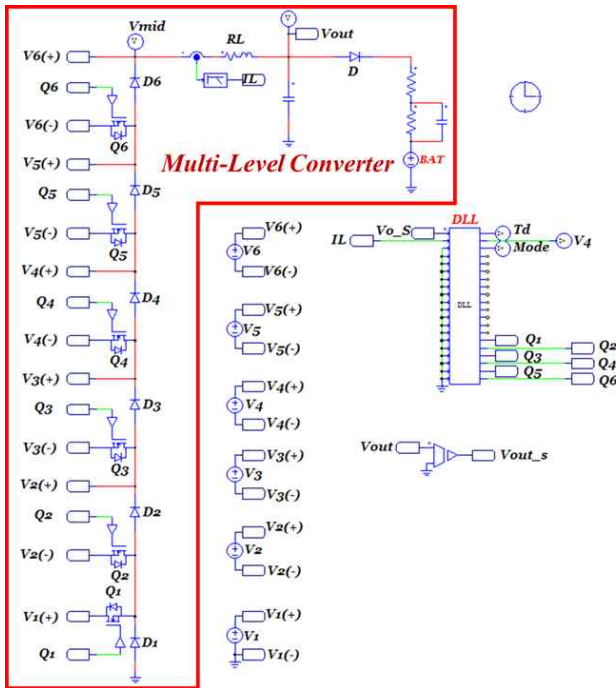


그림 2 시뮬레이션 회로도
Fig. 2 Simulation circuit diagram.

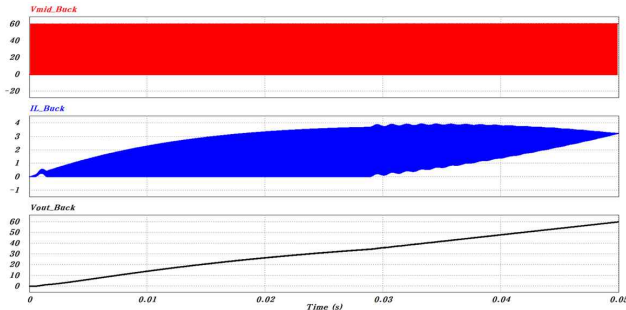


그림 3 Buck-Converter 동작 특성
Fig. 3 Buck-Converter Operation Characteristics

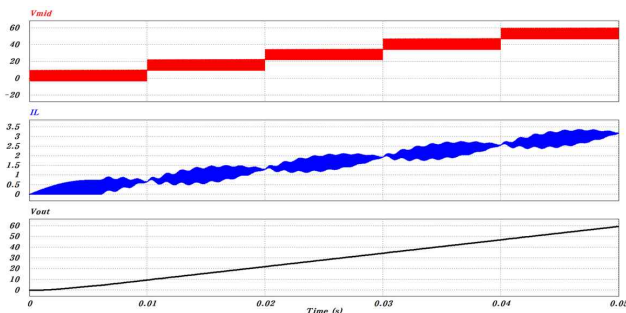


그림 4 Multi-Level Converter 동작 특성
Fig. 4 Multi-Level Converter Operation Characteristics

그림 3, 4의 시뮬레이션 결과로부터, 기존 Buck-Converter 대비 제안하는 Multi-Level Converter가 PWM 전압(V_{mid}), 인덕터 전류(I_L) 및 출력 전압(V_{out})의 리플이 크게 경감하는 것을 알 수 있다. 또한, 출력 전압 크기가 가변되는 지점에서 전압과 전류의 리플이 영(zero)이 됨을 알 수 있다.

2.3 실험

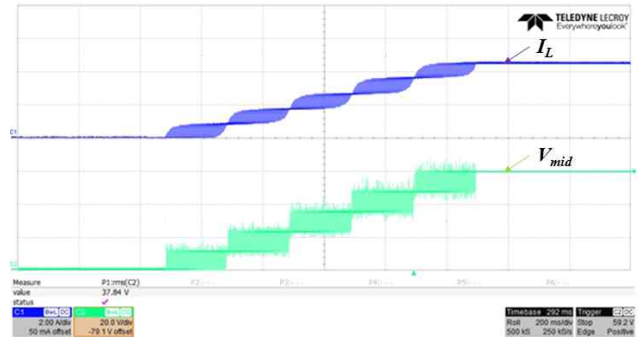


그림 5 Multi-level converter 결과 파형
Fig. 5 Multi-Level converter operation waveform

그림 5는 출력 전압 지령 값을 0-60[V] 가변 시, 제안하는 Multi-Level Converter의 동작 파형을 나타낸다. 그림 4의 PSIM 시뮬레이션 결과 파형과 동일한 양상을 확인할 수 있었으며, 전류 리플이 높은 폭으로 감소함을 알 수 있었다. 특히, 기존 Buck-Converter에서 전류 리플이 가장 크게 발생하는 0.5 Duty 구간에서 약 6배 이상으로 리플이 완화됨을 확인할 수 있었다. 또한, Multi-Level Converter의 출력 전압 크기가 가변되는 지점에서 전류 리플이 영(zero)이 됨을 알 수 있었다.

3. 결론

본 논문에서는 최근 보급이 급격히 활성화되고 있는 소형 전기 자동차 충전을 위한 Multi-Level Converter를 제안하였다. 제안하는 Multi-Level Converter의 타당성을 검증하기 위해 시뮬레이션 및 실험을 적용하였다. 이때, 다양한 사양의 배터리 충전 전압을 만족하기 위해, 입력 전압을 분배함으로써 넓은 출력 전압 범위를 충족하였다. 또한, 다양한 E-Mobile 장비의 전류 리플 및 전압 리플의 안전규격을 만족할 수 있었다. 마지막으로, 접속되는 Multi-Level Converter의 수가 증가함에 따라 각 Converter에 인가되는 입력 전압이 감소하게 되므로, 낮은 전압 사양의 반도체 소자를 통해 회로 구성할 수 있었다.

본 연구는 한국전력공사의 2018년 착수 에너지 거점대학 클러스터 사업에 의해 지원되었음 (과제 번호 : R18XA04)

참고 문헌

- [1] T. Q. Pham, C. Nakagawa, A. Shintani and T. Ito, "Evaluation of the Effects of a Personal Mobility Vehicle on Multiple Pedestrians Using Personal Space," in IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 16, no. 4, pp. 2028-2037, Aug. 2015.
- [2] M. S. A. Dahidah, H. Liu and V. G. Agelidis, "Reconfigurable Converter with Multiple-Voltage Multiple-Power for E-Mobility Charging," 2018 International Power Electronics Conference (IPEC-Niigata 2018 -ECCE Asia), Niigata, 2018, pp. 3215-3222,