

양방향 DC-DC 배터리 충전기 구현 및 실험을 통한 EV 자동차의 FTP-75 운전 검증

박일규 · 김대식* · 차한주

충남대학교 전기공학과 · 한국원자력안전기술원*

EV car Battery Charge and Discharge Simulation Verification for Implementation and Experiments of the Bidirectional DC-DC Charger

Ilkyu Park · Daesik Kim* · Hanju Cha

Department of Electrical Engineering, Chungnam National University · Korea Institute of Nuclear Safty*

ABSTRACT

본 논문은 EV(Electric Vehicle)에 사용되는 배터리의 충/방전 전류에 따른 SOC(State of Charge) 및 전압특성을 Matlab Simulink로 구현하였으며, 검증을 위해 양방향 DC DC 컨버터를 설계하여 실험을 하였다. 배터리 모델에 사용된 파라미터는 Randles등가회로를 기반으로 펄스방전을 통해 추출하였고, 단자전압 계산부에 3D Look up 테이블을 이용해 적용하였다. SOC계산부는 전류에 따른 용량변화를 보상하기 위해 Peukert Effect를 적용하였으며, FTP 75 전류패턴으로 온도(0℃,25℃,40℃)에 따라 실험한 결과 시뮬레이션의 오차율은 5%로 높은 정확도를 갖는 것을 확인을 통해 검증 하였다.

1. 서론

최근 에너지를 저장하고 공급할 수 있는 배터리의 중요성이 부각되고 있으며, EV (Electric Vehicle) 자동차 또한 에너지 저장 장치로 리튬 계열의 배터리를 사용하기위해 연구가 활발히 진행되고 있다. EV 자동차의 충방전 특성과 배터리의 특성을 이용하여 Matlab의 Simulink로 배터리의 충방전 모델링을 구현하며, 배터리 모델은 배터리 등가회로인 R모델과 RC모델이 주로 사용되고 있다. R모델의 경우 배터리의 내부특성을 R만을 고려했기 때문에 배터리 충방전시 Time Constant가 무시되어 실제 배터리 실험 데이터와 비교하면 RC모델보다 정확도가 떨어지며, 배터리 특성상 온도와 충방전 전류에 따라 용량이 달라진다. 따라서 이러한 배터리 모델은 검증이 필요하며, 검증을 위해 실제 배터리의 충방전 전류에 대한 전압 데이터를 시뮬레이션의 데이터와 비교를 위해 양방향 전류제어가 가능한 DC DC 컨버터가 필요하다^[1]. 본 논문에서는 EV자동차용 배터리 시뮬레이션 모델을 만들고, 전류(3.6A,6.4A,9.6A)와 온도(0℃,25℃,40℃) 실험을 통하여 model parameter를 추출하며, 배터리 모델링의 정확성을 위해 SOC계산부에 Peukert Effect 적용하여 전류에 따른 배터리 용량 변화를 보상하려 한다. 또한 검증을 위하여 FTP 75 배터리 동작 시스템과 양방향 DC DC 컨버터를 만들어 FTP 75의 전류패턴 재현을 통해 배터리 모델을 검증하고자 한다.

2. LiPB 배터리 모델

2.1 배터리 파라미터 추출

배터리의 파라미터를 추출하기위해 그림 1의 RC 병렬회로로 구성된 Randles 등가회로를 기반으로 펄스방전 하였으며, 그림 2는 온도에 따라 추출된 배터리의 내부 저항을 SOC에 따라 3D 그래프로 나타내었다.

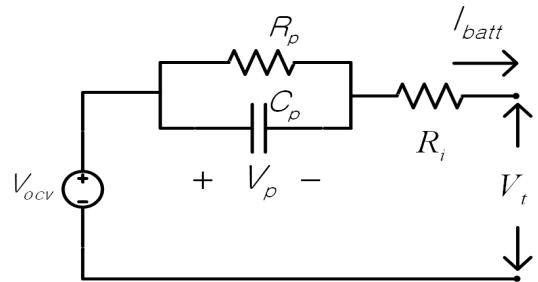


그림 1 Randles 등가회로

$$V_t = V_{oc}(SOC) - i(R_i + R_{ct}(1 - e^{-t/\tau})) \quad (1)$$

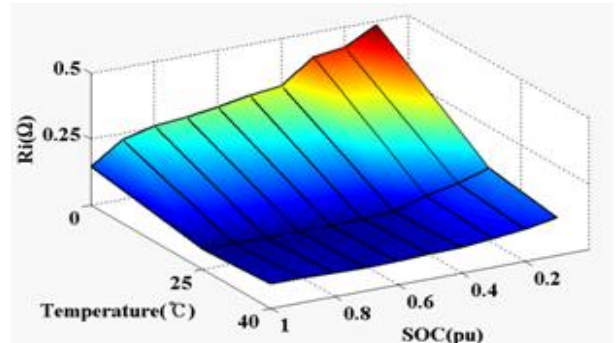


그림 2 온도 변화에 따른 배터리 파라미터(Ri)

2.2 제안된 배터리 모델

배터리 모델은 Matlab Simulink에서 구현하였으며, 배터리 모델은 충방전 전류와 온도에 따라 SOC와 단자전압이 계산되도록 설계하였다. 그림 3은 배터리 모델링의 구성으로 SOC 계산부와 단자 전압 계산부이다.

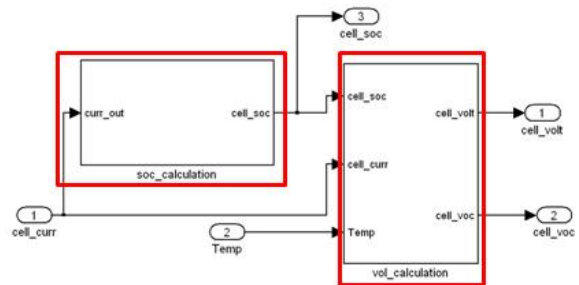


그림 3 LiPB 배터리 모델링

그림 4는 SOC계산부 내부 구조로 식 (2)의 전류 적산기법을 이용하였으며, 충방전 전류에 따라 용량이 변화하는 특성을 보완하기 위해 Peukert effect를 적용하였다. 그림 5는 배터리의 단자 전압 계산부로 3D look up table을 이용하여 온도와 전류, SOC에 따라 파라미터를 결정하여 단자 전압을 계산하도록 구성되었다.

$$SOC = Initial_SOC - \frac{\int i^k dt}{C_p} \quad (2)$$

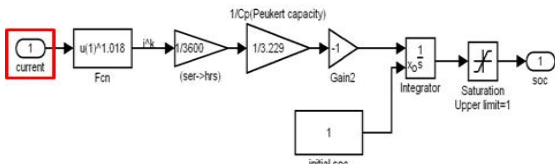


그림 4 배터리 모델링의 SOC 계산

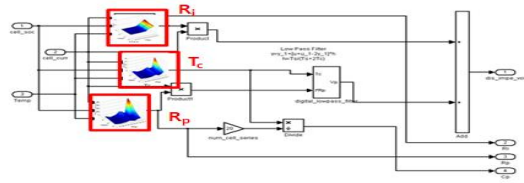


그림 5 배터리 모델링의 단자 전압 계산

4. 양방향 DC-DC 충전기

4.1 양방향 DC-DC 충전기 구성

그림 6은 실험을 위해 제작된 양방향 DC DC 컨버터를 나타내며, 그림 7은 양방향 DC DC 충전기 회로 구성으로 70kHz의 고주파 스위칭으로 전류리플을 감소시키며, 2상 인터리브 병렬로 하여 발열을 감소 시켰다. 전류 리플을 저감시키기 위해 LCL 필터를 적용하였으며, 사양은 아래 표 1과 같다.

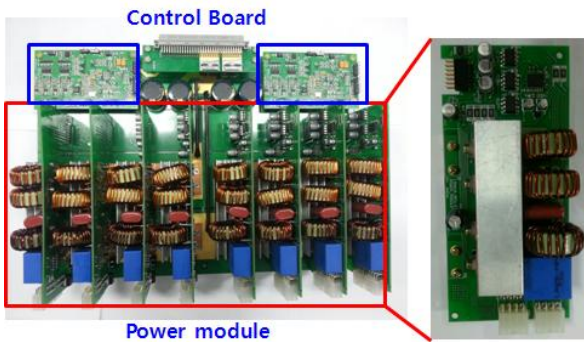


그림 6 제작된 DC DC converter

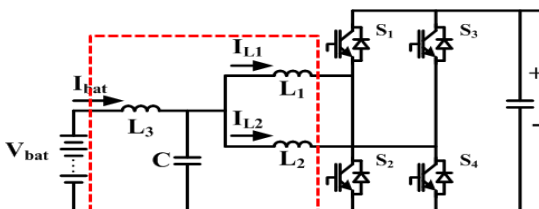


그림 7 LCL 필터를 적용한 DC DC 컨버터 구성

표 1 양방향 DC DC 충전기 사양

용량	IMAX	VRange	fsw	L1	L2	L3	C
150W	30A	2~5V	70kHz	100uH	100uH	25uH	10uF

5. 실험 결과

5.1 양방향 DC-DC 충전기 실험 결과

그림 8은 배터리 모델 검증을 위해 재현한 FTP 75 전류 패턴으로 양방향 DC DC 컨버터와 리튬 폴리머 배터리를 이용하였으며, 배터리 전류가 전류 레퍼런스를 정확히 추종하는 것을 확인할 수 있다.

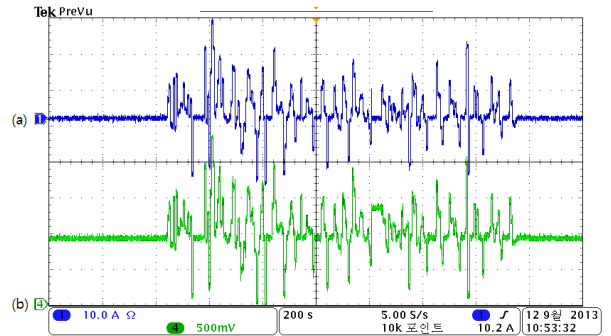


그림 8 FTP 75 전류패턴 재현

(a)실측 전류 (b)전류 레퍼런스

5.2 양방향 충전기를 이용한 배터리 모델 검증

그림 9는 FTP 75 전류패턴으로 제안한 배터리 모델과 충전기의 실험 결과를 비교한 것으로 전류(3.6A,6.4A,9.6A)와 온도(0°C,25°C,40°C)에 따라 실험을 하였지만 지면 관계상 상온(25°C)에서의 실험결과만 나타내었으며, 배터리 모델의 오차율은 5%의 높은 정확도를 보였다.

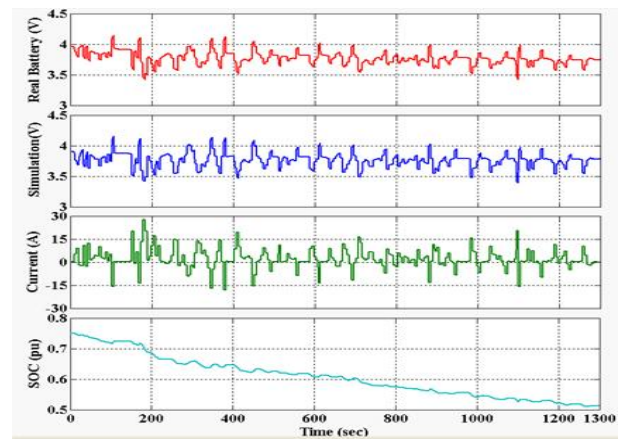


그림 9 실험결과와 시뮬레이션결과 비교

6. 결론

본 논문에서는 제안한 배터리 모델을 검증하기 위하여, 양방향 DC DC 충전기를 설계하여 FTP 75 전류패턴을 재현 하였으며, 시뮬레이션과 실험 데이터를 비교하여 구현된 배터리 모델의 오차율이 5%로 높은 정확도를 갖는 것을 확인 하였다.

본 연구는 지식경제부의 10035266번 과제의 산업원천개발기술사업(기반구축사업)으로 수행된 결과입니다

참고 문헌

- [1] Ranjbar, A.H, Fahimi, B, "Helpful hints to enhance reliability of DC DC converters in hybrid electric vehicle applications", Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC), 2010 IEEE, Vol. 10, pp 1 6