

# 바이모달트램용 리튬폴리머배터리(LPB)의 차량주행특성과 온도와의 관계에 대한 연구

## Study for Relation between temperature and Vehicle Driving Characteristics of LPB for Bimodal Tram

\*#이강원<sup>1</sup>, 목재균<sup>2</sup>

\*#K. W. Lee<sup>1</sup>, J. K. Mok(jkmok@krri.re.kr)

<sup>1</sup>한국철도기술연구원 바이모달수송시스템연구단

Key words : Lithium Polymer Battery, BMS, Bimodal Tram

### 1. 서론

직렬형 하이브리드 차량에서 하이브리드모드로 차량을 운행하는 것은 엔진에 직결된 발전기와 배터리 상호간 적절한 출력분배를 요구한다. 가속시에는 순간출력이 가능한 배터리로부터 전력이 주로 공급되고 발전기에 요구되는 출력이 엔진에 부담되지 않고 즉 엔진속도를 변화시키지 않는 반응시간(일정속도 또는 일정부하이상도달시)에 발전기 출력이 증가하며 가속에 요구되는 전력량을 배터리 대신 담당하게 되면 배터리 출력은 발전기 출력의 순간 저하(순시토크증가)분만큼만 신속히 외부장치에 공급하므로 방전전류는 가속초기에 비해 상당히 줄어들게 된다. 타행 또는 차량이 정거장에 정차시에는 발전기로부터 발전된 출력이 외부 전기장치들에 전력을 공급하게 되고 잉여전력은 배터리로 충전된다. 차량의 감속시에는 차량 내 견인전동기가 발전기로 작용하여 회생전력이 발생되고 배터리를 충전하게 되며 배터리의 과도충전을 막기 위해 회생전력의 일부를 저항측으로 흘려 전력을 소모하기도 한다. 이와 같은 차량의 가속, 타행, 감속, 정지등의 운행 조건은 지속적으로 이루어지게 되며 이때 배터리의 전압과 전류는 운행조건에 따라 계속적으로 변화하는 양상을 나타내게 되므로 이러한 연속적인 운행조건하에서는 배터리 상태를 정확하게 추정하는 것은 어렵다. 배터리는 주변환경 및 운영조건에 따라 초기 용량이 시간이 지남에 따라 감소된다는 것은 기존 관련 논문 및 배터리제작사의 배터리 calendar life를 살펴보면 알 수 있다. 대부분의 배터리 제작사에 제시하는 calendar life는 DOD(Depth Of Discharge) 80%를 기본으로 하고 있다. 그러나 하이브리드 차량에서 사용되는 배터리의 DOD는 SOC(State of Charge) 50%~70%사이로 최대 20%이므로 DOD가 80%로 사용될

때 보다 가혹하지 않으므로 배터리 lifetime은 비약적으로 증가하게 될 것으로 예상되나 차량운행조건에 따라 운전 패턴이 다양해 질 수 있어 배터리 lifetime을 정확하게 예측하는 것은 매우 어려우므로 유지보수에 대한 예측을 어렵게 한다. 본 논문에서는 차량의 실제사용환경에서 별도의 차량에 대한 조건을 만들지 않는 상황에서 배터리의 전압과 전류와의 관계를 이용하여 열화계수를 도출하고 기존 배터리에 대한 실험실에서 행해진 온도특성과 비교하여 도출된 열화계수의 효용성을 살펴보고자 한다.

### 2. 결과 및 고찰

바이모달 트램은 직렬형 하이브리드 시스템으로 구성되어 있어 엔진에 직결된 발전기와 리튬배터리가 병렬로 연결되어 차량에 소요되는 전력을 배분한다. 리튬배터리는 80Ah급의 단위셀이 168개가 모여 하나의 팩으로 차량에 탑재되므로 단위셀 하나의 사용정격전압을 3.7[Vdc]라 하였을 때 621.6[V]의 팩전압을 가지게 된다. 생산초기의 배터리용량은 여러 가지 요인에 의해 저하되고 그 중 배터리성능의 주요 저해 요인으로서 온도의 영향을 들 수 있다. 그림 1은 하이브리드모드로 차량이 운행될 때의 배터리전류변화를 보여주고 있다. 차량운행 중에는 배터리전류가 연속적으로 변화하고 이에 따라 배터리전압도 변화한다. 본 논문에서는 두 가지의 변화양상을 대상으로 온도의 변화에 따른 배터리성능저하특성을 살펴보았다. 하나는 주행 중 변화되는 배터리전류와 전압의 기울기를 이용한 것(그림 2)으로 충전과 방전이 반복되는 하이브리드모드 전체를 대상으로 한 것이고 다른 하나는 주행이 완료되고 하이브리드모드에서 엔진이 꺼지고 배터리모드로 전환되는 시점에서의 순간적으로 변하는 전

류와 그때의 전압변화량과의 관계를 이용한 것으로 방전만을 고려한 것이다(그림 2). 그림 3은 전자의 방법을 이용하여 그린 그래프이고 그림 3은 후자를 이용하여 그린 그래프이다. 이 두 그림에서 보는 바와 같이 온도에 따라 계산된 계수가 변화하는 향상을 볼 수 있고 이 양상이 일정한 패턴을 나타낸다는 것을 알 수 있다. 그러나 차량 주행시 전류와 전압의 변화량에 대한 기술기를 이용하는 방법은 데이터 샘플링수와 변화간격에 대한 적절한 선택이 어렵다는 단점이 있으나 차량의 하이브리드모드가 정지되어 배터리모드로 변환되는 시점에서의 순간적인 방전전류에 대한 전압변화량을 이용하는 방법은 동일한 패턴을 반복적으로 재생할 수 있고 또한 순시적인 전류의 변화에 대한 전압변동은 배터리의 내부저항과도 관계를 가지므로 보다 더 효과적인 방법이라고 여겨진다.

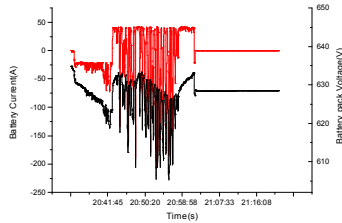


Fig. 1 Hybrid driving pattern example for calculating the performance coefficients (red line: current, black line: voltage)

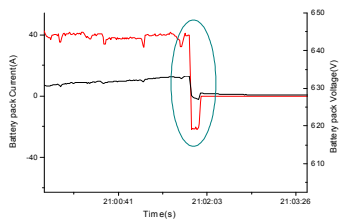


Fig. 2 Battery cut-off waveform for calculating the performance coefficient (red line: current, black line: voltage)

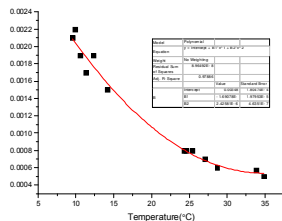


Fig. 3 Fitting curve resulted from Figure 1

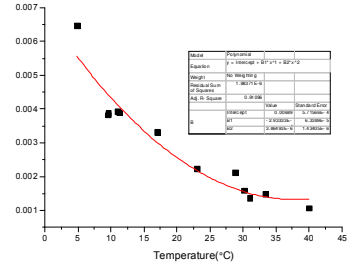


Fig. 4 Fitting curve resulted from Figure 2

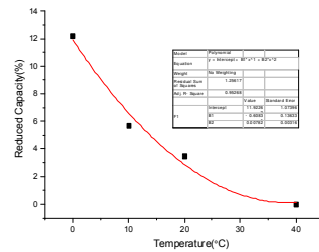


Fig. 5 Battery capacity varying with temperature

그림 5은 앞서 살펴본 방전시 온도변화에 따른 전압특성으로부터 도출된 그래프로서 온도변화에 따른 배터리의 감소된 용량분과의 관계를 보여준다. 그림 4와 그림 5의 관계로부터 정규화를 통하여 상관계수를 구해보면 0.99이상의 값으로 상당히 밀접하다는 것을 알 수 있었다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 차량에 장착된 배터리에 대해 주변환경의 변화 특히 온도변화에 따른 특성을 살펴보았다. 실험실에서 보여준 온도에 따른 배터리의 성능저하특성은 차량의 하이브리드모드주행시에도 본 논문에서 제시한 방법에 의해 동일하게 나타난다는 것을 확인하였다. 제시된 방법은 향후 진행될 차량시험을 통한 배터리데이터를 이용하여 온도저하에 따른 배터리특성 뿐만이 아니라 배터리의 열화정도를 나타낼 수 있는 일종의 열화계수로서도 사용될 수 있을 것으로 판단되며 이것에 대한 검증은 차후 쓰여질 논문에서 살펴보도록 할 것이다.

#### 후기

본 논문은 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행하는 2010년도 교통체계효율화 사업의 지원으로 이루어 졌음에 감사드립니다.