

## 리튬 폴리머 전지의 충방전 특성해석

최해룡, 강병희, 목형수, 최규하, 신우석\*  
건국대학교 전기공학과 \*두원공과대학 전기과

### Charge/Discharge Characteristics Analysis of Li-Polymer battery

HR. Choi, B.H. Kang, H.S. Mok, G.H. Choe, W.S. Shin\*

Dept. of Electrical Eng. , Konkuk Univ.

\*Dept. of Electrical Eng. , Doowon Tech. college.

#### Abstract

Started upon its discovery by Wright et al in 1973, studies on the solid polymer electrolyte are being carried out vigorously. So, models of Li-polymer battery have been developed through R-L-C components combination and P-spice functional block in this paper. The impedance characteristics of Li-polymer battery with R-L-C components are presented. Simulation results using P-spice functional model are compared with measured charge/discharge characteristics.

#### 1. 서 론

최근 휴대용 기기나 통신기기의 발달로 인해 2차 전지의 사용이 급증하고 있는 가운데 그 관심에 따라 세 가지 유형의 2차 전지(NiCd, NiMH 그리고 Li-ion)가 널리 사용되고 있다.[1-3] 그러나 용량증대와 안전성 향상 그리고 더 얇은 전지에 대한 요구가 증가하였고 그에 대한 가장 유망한 대안으로서 리튬이온 폴리머 전지에 대한 관심이 집중되고 있다.[4] 기본적인 개념은 리튬이온전지에 사용되는 액체 전해물질대신 고체의 전해물질을 사용한다는 것이다. 고체고분자 전해질 리튬전지(Lithium Polymer Battery, LPB)는 정극, 부극, 고체고분자 전해질(Solid Polymer Electrolyte, SPE)로 구성되어 있으며 정극환 물질로는 전이금속화합물, 부극환 물질로는 리튬, 리튬-알루미늄 합금 혹은 탄소, 전해질로는 고분자 전해질로 구성되어 있으며 납이나 카드뮴 등의 중금속오염물질을 함유하지 않으므로 환경오염을

유발시키지 않는 고성능의 신형 리튬 2차 전지이다. LPB는 SPE를 사용함으로써 박막전지의 제조가 가능하고 액체전해액을 사용하는 리튬이온전지에서 문제될 수 있는 누액이 발생치 않고 전지형상 디자인을 자유롭게 할 수 있고 박막전지의 적층에 의해 대용량전지의 개발이 용이한 장점을 갖고 있다. 그러나 아직까지 그 전기적인 특성을 분석하기 위한 정량적인 기법의 부재로 인하여 전지 및 충/방전 장치의 설계, 제작에 많은 애로가 발생하게 된다. 따라서 본 연구는 차세대 2차 전지로 부각되고 있는 리튬폴리머 전지를 대상으로 리튬폴리머 전지의 구조 및 충/방전특성에 대해서 기술하며 전기적인 등가회로를 통해 원하는 리튬 폴리머 전지의 전기적인 특성을 고찰하고 시뮬레이션 모델을 이용한 충/방전특성을 제시함으로써 2차 전지의 대용량화를 위한 효율적인 충전장치 개발의 기초자료를 제공한다.

#### 2. 리튬 폴리머 전지의 구조 및 충/방전특성

##### 2.1 리튬폴리머 전지의 구조적 특성

폴리머를 전해질로 사용한 전지는 크게 다음과 같이 두 가지로 나눌 수 있다. 첫 번째는 순수한 고체 폴리머의 전해질로 구성된 전지이고 또 하나는 망(network)구조 혹은 겔(gel)-폴리머의 전해질로 구성된 전지이다. 첫 번째의 경우는 일반적으로 solvent의 evaporating coating 기법을 이용함으로써 얇은 필름 막의 구조가 가능하며 두 번째의 경우는 전지의 주변에 높은 ionic conductivity로 특성 지워지고 폴리머의 모체에 액체의 plasticizer 혹은 solvent의 결합을 통해 가능해진다.

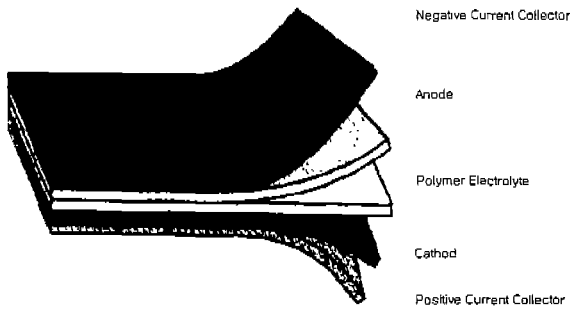


그림1. 리튬 폴리머의 구조

$$G(s) = \frac{V_{battery}}{I_{charge}} = \frac{a_1 s^6 + a_2 s^5 + a_3 s^4 + a_4 s^3 + a_5 s^2 + a_6 s^1 + a_7}{b_1 s^6 + b_2 s^5 + b_3 s^4 + b_4 s^3 + b_5 s^2 + b_6 s^1}$$

where)

$$\begin{aligned} a_1 &= 0.0138, a_2 = 77.87, a_3 = 6097.00, \\ a_4 &= 49502.54, a_5 = 97946.62, a_6 = 9185.68, a_7 = 66.77 \\ b_1 &= 1, b_2 = 27559.28, b_3 = 1630635.55, \\ b_4 &= 5536965.96, b_5 = 559079.02, b_6 = 4320.17 \end{aligned} \quad (1)$$

## 2 충/방전을 위한 등가모델

### A. Dynamic 모델

리튬폴리머 전지의 전기적인 등가모델에는 두 가지의 특성이 고려되어야 한다. 먼저 전지의 방전에 관한 특성이고 또 다른 하나는 전지 내부저항에 관한 특성이다. 일반적으로 사용되는 방식은 전지의 용량을 커패시턴스로 표현하고 내부저항효과를 저항으로 표현하는 방식, 곧 dynamic 모델을 이용하는 방식이다.[5] 이 방식은 순수한 전기적 모델이므로 전지의 용량, 방전특성, 및 내부저항에 관해 근사한 특성을 얻을 수 있고 여타 전기회로와의 결합을 통한 시스템의 성능평가가 용이한 장점을 지닌다. 그림 2와 같은 등가회로가 매개변수 조정방식의 전지특성의 근사화를 통해 리튬 폴리머 전지의 등가회로로 사용될 수 있으며 이러한 전지 등가회로의 전달함수를 통해 전지의 임피던스특성을 예측할 수 있다. 그림3은 전지의 임피던스성분을 유효분과 무효분으로 나누어 주파수 분석한 결과로서 임피던스의 무효분이 약60[Hz]에서 가장 작은 값을 나타내고 있으므로 이 주파수에서의 운전은 가장 작은 전지 내부저항조건을 의미하게 된다. 따라서 이러한 방법을 이용하여 충전시의 가장 효율적인 주파수특성을 예측할 수 있다. 그러나 이러한 방식은 열특성과 용량특성 같은 전지 내부의 고유특성들을 고려하는데 어려운 문제를 지니고 있다. 따라서 이러한 전지의 고유특성을 해석하는데 dynamic 모델으로는 부족함으로 static 모델에 의한 해석이 병행되어야 한다.

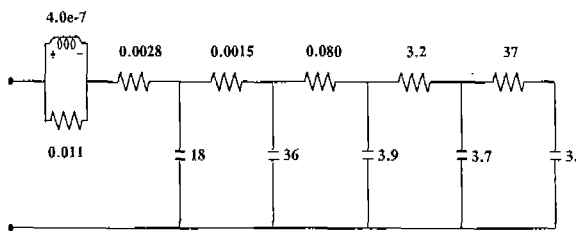


그림2. 리튬폴리머 전지 dynamic모델 예

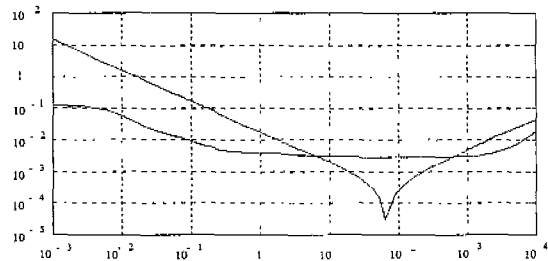


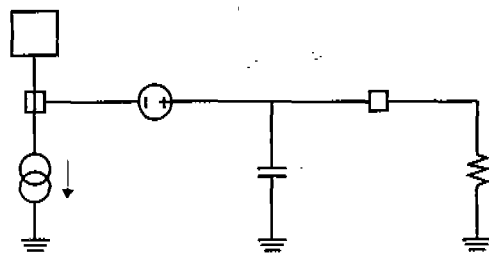
그림3. 리튬 폴리머 전지의 임피던스특성

### B. Static 모델

또 하나의 방식으로는 전지에 대한 모델링에 상용 시뮬레이션 프로그램을 이용하는 방식이며 이 방식은 각각의 전지특성 블록을 정의함으로써 그 모델을 구성하게 된다. 이때 모델의 구성요소는 다음과 같다.

- 셀의 A-H 용량을 나타내는 커패시터
- 용량 감소율을 결정하기 위한 방전율
- 셀의 방전을 위한 회로
- 셀 전압 대 충전상태에 대한 look-up table
- 셀 저항

이 방식은 앞서 설명한 R-L-C 소자로 구성된 dynamic모델 보다 복잡한 단점을 지니지만 충/방전 상태에 관하여 자세한 모델링이 가능하고 특히 전지 내부특성에 관한 모델링이 가능한 장점을 지닌다.



(a)

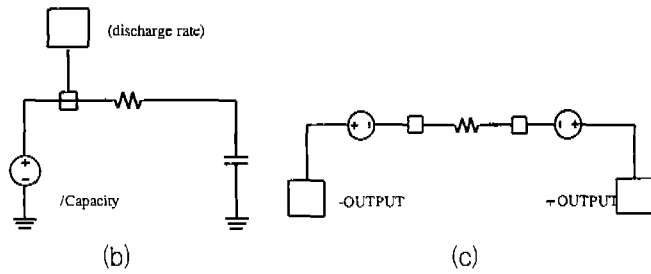


그림4. 리튬폴리머 전지의 static모델 예

그림4는 리튬 폴리머 전지의 static 모델의 예를 나타내며 이러한 기능적인 블록을 통하여 전지의 충/방전특성 등과 같은 전지 고유의 특성표현이 가능하다. 그림4-(a)는 전지의 용량과 전압 방전율을 정의하며 그림4-(b)는 이러한 방전상태를 관측하면서 방전시 지연시간을 설정한다. 마지막으로 그림4-(c)는 전지의 내부저항을 포함하고 전지의 출력을 나타낸다.

### C. 충/방전 특성

리튬폴리머 전지의 충/방전특성은 용량의 증대효과를 제외하고 기존의 리튬이온전지의 충/방전특성과 매우 유사한데 전지의 내부저항과 방전특성을 가장 중요하게 고려해야 한다. 그림5는 리튬폴리머 전지의 충전특성을 나타내며 충전상태에 따라 충전전류의 양이 결정되는 방식을 나타내고 있다. 일반적으로 완전방전상태에서는 0.8-2C로 충전하고 완전충전이 되어감에 따라 충전전류를 서서히 감소시키게 된다. 특히 리튬 폴리머전지는 과충전에 약한 특성을 나타내므로 완전충전에 이르렀을 때 과충전방지를 위한 충전전류제어가 요구된다.

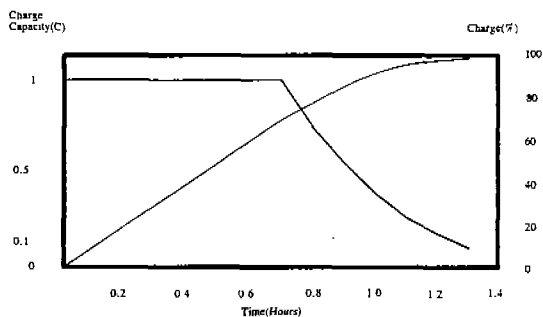


그림5. 리튬 폴리머 전지의 충전특성

### 3. 시뮬레이션 특성해석

시뮬레이션은 R-L-C성분으로 구성된 전기적 모델(dynamic 모델)과 시뮬레이션 프로그램인

P-spice(static 모델)를 이용하여 각각 리튬 폴리머 전지의 특성해석을 수행하였다. 먼저 dynamic 모델을 이용하여 실제 전지의 충/방전 특성을 근사화하였고 그림6과 같은 실제 전지 충/방전 특성을 얻었다.

표1. 시뮬레이션 사양

리튬폴리머 전지	
C-cell capacity	3600[Farad](=1AH,4.1Wh)
정격전압	4.1V
온도	상온
fudge factor	1.1

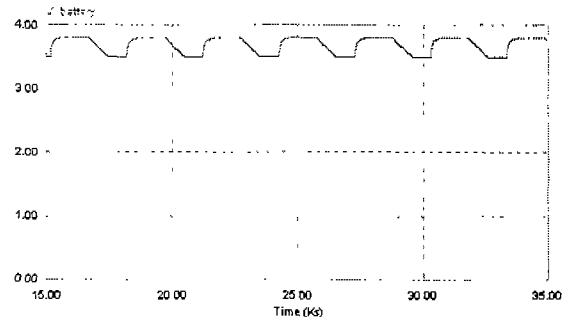


그림6. dynamic 모델의 충/방전특성

다음으로 P-spice를 이용한 시뮬레이션은 전지의 변수선정이 요구되며 먼저 고려되어야 할 변수로는 다음과 같다.

1. 셀의 capacity
2. 시간에 따른 capacity 감소량
3. 셀의 온도
4. 셀의 저항
5. 개방회로의 셀 전압

여기서 사용되는 리튬폴리머 전지의 모든 변수는 실제 전지의 사양이 그대로 이용되며 특히 전지의 방전을, 셀의 저항은 실제 리튬 폴리머 전지의 데이터를 그대로 이용하게 된다. 여기서 사용되는 데이터는 전지의 특성변수의 오차를 고려하여 실측된 데이터들의 평균값을 취하게 된다. 표1은 시뮬레이션에 사용된 리튬 폴리머전지의 사양을 나타낸다. 그림7은 리튬 폴리머 전지의 시간에 대한 전지 방전특성으로서 부하의 크기에 따라 전지전압의 크기와 방전율이 결정되며 cut-off 전압까지 방전을 지속하게 된다. 그림8은 리튬폴리머 전지의 잔류용량에 따른 전지 전압과의 관계와 유사한 특성을 나타내며 이 두

특성은 전지의 주요한 특성지표이며 리튬폴리머 전지 내부의 임피던스특성에 의존적이다.

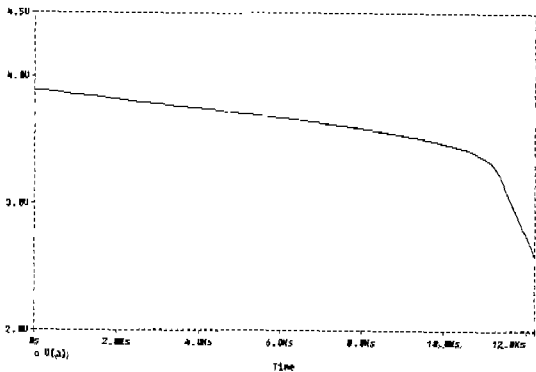


그림7. static model의 시간-전지전압 특성

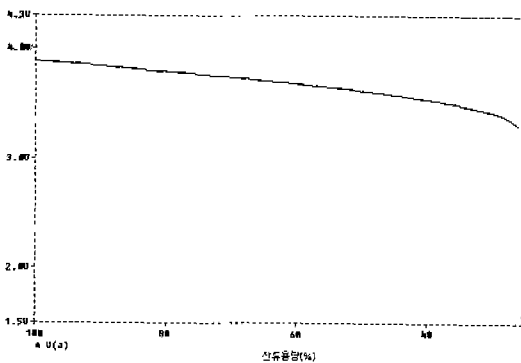


그림8. static model의 방전용량-전지전압 특성

#### 4. 결 론

본 논문에서는 리튬 폴리머 전지의 특성을 전기적인 모델을 이용하여 분석하였고 특히 R-L-C 성분을 이용한 전기적 등가회로를 통한 전지임피던스 특성을 고찰하였으며 가장 효율적인 충전/방전 주파수 운전조건을 확인하였다. 또한 상용 시뮬레이션 프로그램인 P-spice를 이용하여 리튬폴리머 전지의 고유의 특성을 모델링 하였고 이러한 시뮬레이션 분석을 통하여 리튬 폴리머 전지의 주요 특성을 확인할 수 있었다. 이를 통하여 효율적인 충전/방전조건을 결정하고 충전/방전장치 개발 시 충전/방전제어의 조건을 제시할 수 있다. 향후 연구과제로는 온도특성에 민감한 리튬폴리머전지의 내부 및 외부 온도변화에 대한 특성 해석이 필요할 것으로 사료된다.

#### [참고문헌]

[1] W. B. Gu, C. Y. Wang, B. Y. Liaw, "The use of computer simulation in the evaluation of

electrical vehicle battery", Journal of Power Sources, pp. 151-161, 1998.

- [2] H. G. Zimmerman, R.G. Peterson "An Electrochemical Cell Equivalent Circuit for Storage Battery Power System Calculations by Digital Computer", IECEC 1970 Proceedings. Vol. 6, pp. 6.33-6.39, 1970.
- [3] 이재문, 조보형, "전기자동차 전력시스템의 모델링 및 시뮬레이션" 대한전기학회 학술대회논문집 1997.
- [4] Wolfgang H. Meyer, "Polymer Electrolytes for Lithium-Ion Battery" Adv. Mater, No.6, 1998.10
- [5] John R. Miller "Advantages of battery/capacitor combinations for portable electronics" 16th International Seminar and Exhibit on Primary and Secondary Batteries" Ft. Lauderdale, FL, March 1-4, 1999

본 연구는 1998년도 기초전력공학 공동연구소 지원연구비에 의하여 이루어 졌음.