

Zinc-Bromine 플로우 배터리용 ESS의 BMS 설계 및 운용

임중웅, 장현석*, 조영훈, 최규하
 건국대학교 전기공학과 전력전자연구실, 롯데케미칼*

A Design and Operation of Battery Management System for Energy Storage System with Zinc-Bromine Flow Battery

Jong ung Lim, Hyeonseok Jang, Younghoon Cho, Gyu Ha Choe
 Power Electronics Lab., Konkuk Univ., Lotte Chemical*

ABSTRACT

This paper proposed a design and operation of energy storage system using Zinc Bromine flow battery. To operate flow battery system with BMS, it uses motor drive system to pump electrolyte. it also needs sensors to check leaking and temperature. The proposed system proves the validity by experiment.

1. 서 론

전력수요의 급격한 증가로 이차전지를 이용한 에너지저장장치(Energy Storage System : ESS)의 중요성이 부각되고 있다. 대표적인 이차전지로는 리튬기반, 나트륨 황, 플로우 배터리 등이 있다. 이 중에서 리튬이온 배터리가 널리 쓰이고 있으나, 부하평준화, 첨두부하절감의 기능을 수행하기 위한 대용량 전력저장용 전지로서 사용하기에는 높은 비용 발생, 안정성 등의 문제로 적절치 않다. 한편, 플로우 배터리는 폭발 위험이 없고, 긴 수명(리튬 대비 5~6배), 출력의 독립적 설계가 가능하여 대용량 에너지저장장치로서의 연구가 최근 활발히 진행되고 있다^[1].

플로우 배터리는 펌프를 통해 전해액의 활성 물질이 산화·환원 반응을 통해 충·방전 되는 시스템으로서 기존 이차전지와는 달리 리크, 유속 센서 등이 추가적으로 사용되므로, 플로우 배터리 전용 BMS(Battery Management System)가 필요하다.

본 논문에서는 플로우 배터리용 BMS를 개발하고, 충·방전 테스트 및 전체적인 운용에 대하여 다루고자 한다.

2. 플로우 배터리용 BMS 설계

2.1 플로우 배터리 (특징)

Zinc Bromine(이하 Zn Br) 플로우 배터리는 화학적 반응을 이용하여 전기에너지를 생성하는 배터리다. 플로우 배터리의 구성은 그림 1과 같이 두 개의 활물질이 저장되어 있는 전해액 탱크, 충·방전시에 전해액을 순환시키기 위한 펌프, 두 전해액 사이에서 이온이 통과할수 있는 분리막, 그리고 비활성 전극으로 구성된다. 플로우 배터리는 기존의 전지처럼 고체가 아닌 용액상태로 양극 및 음극전해질로 구성되어 있으며, 기전력은 표준전극 전위인 E° 의 차이에 의해 결정된다. 식(1)~(3)은 플로우 배터리의 화학반응식 및 표준전극 전위를 나타낸다.

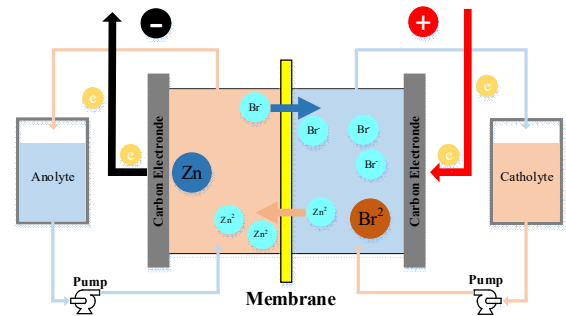
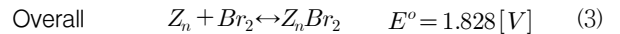
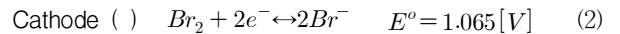
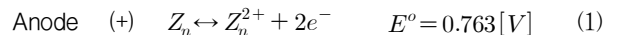


그림 1 아연-브롬 플로우 배터리 구조
 Fig. 1 Zn-Br Flow Battery Structure



2.2 플로우 배터리용 BMS 구조

그림 2는 플로우 배터리용 BMS의 시스템 블록도이다. 플로우 배터리는 액체상태의 전해액이 순환되는 구조로 전해액의 유속을 측정하여 Anolyte와 Catholyte의 펌프속도를 제어한다. 2way 밸브는 방전시 Catholyte의 Line을 열어주는 용도로 사용되고, 4way 밸브는 전해액의 흐름을 좋게 하기 위해 주기적으로 90도 방향으로 열고 닫힌다. 또한 액체상태의 전해액의 누수에 대비하기 위한 리크센서와 전해액 및 외기온도를 측정하기 위한 온도센서를 사용한다.

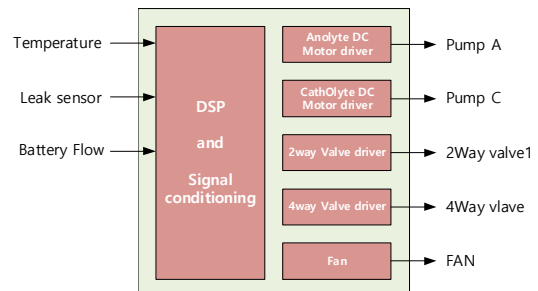


그림 2 플로우 배터리용 BMS의 시스템 블록도
 Fig. 2 Block diagram of Flow Battery BMS

2.3 플로우 배터리용 운용

2.3.1 Strip 기능^[2]

플로우 배터리는 펌프를 이용, 전해액을 순환시키면서 산화·환원반응을 일으킨다. 이때, 그림 1에서와 같이 Anolyte와 Catholyte의 전해질이 Membrane에서 서로 반응하여 생성물을 만들게 되는데 이 생성물이 전극(Carbon Electrode)에 달라붙어 플로우 배터리의 내부저항을 증가시킬 뿐 아니라, 배터리의 효율 및 수명을 저하시키는 요인으로 작용한다. 따라서, 플로우 배터리는 4~5사이클마다 스트립 기능을 수행해야 된다. 스트립 기능은 배터리의 전압을 0으로 만들어 전극에 붙어있는 생성물을 떼는 것으로 대표적인 방법으로는 배터리의 양단을 단락시키는 방법과 DC DC컨버터를 사용하여 제어가능한 최소전압까지 낮춘 후 빠른 스위칭 및 저항을 통해 배터리의 전압을 0으로 낮추는 방법이 있다.

2.3.2 Voltage cut 기능

그림 3은 플로우 배터리의 일반적인 충·방전 전압곡선을 나타내고 있다. 플로우 배터리는 ①충전시에 낮은 전압변동률(약 5V내외)과 ②방전시에 일정전압(100V)에서 급격히 떨어지는 것이 큰 특징이다. 특히, ②의 지점에서 정전류(CC)로 방전시에 배터리의 전압이 급격하게 떨어지므로 기존 이차전지와는 달리 voltage cut 기능이 요구된다.

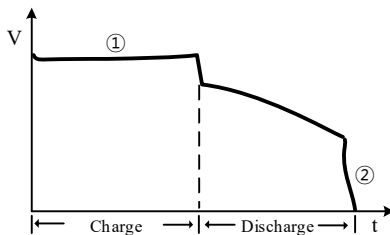


그림 3 플로우 배터리의 충 방전시 전압 곡선
Fig. 3 Charge and Discharge Voltage Curve of Flow battery

voltage cut기능은 식(4)와 같이 배터리 전압(V_{bat})이 급격하게 떨어지는 전압(V_{bat_fall})보다 작을 경우 전류의 레퍼런스를 1/2로 낮추주는 기능으로 급격하게 떨어지는 전압을 늦춰준다.

$$V_{bat} < V_{bat_fall} \rightarrow I_{ref1} = I_{ref} / 2 \quad (4)$$

플로우 배터리는 펌프를 통해 전해액의 활성 물질이 산화·환원 반응을 통해 충·방전 되는 시스템으로서 기존 이차전지와는 달리 리크, 유속 센서 등이 추가적으로 사용되므로, 플로우 배터리 전용 BMS(Battery Management System)가 필요하다.

3. 실험

그림 4는 설계된 플로우 배터리의 BMS를 나타낸다. ①펌프를 구동하기 위한 모터 구동부, ②전해액의 원활한 이동을 위한 밸브 구동부, ③누수에 대비하기 위한 리크 센서, ④전해액과 외기온도를 측정하기 위한 온도센서, ⑤DC/DC컨버터와 통신하기 위한 CAN통신부로 구성된다.

그림 5는 Yokogawa社의 WT1800장비를 이용하여 얻은 Zn Br 플로우 배터리의 충·방전 전압 파형이다. 충전

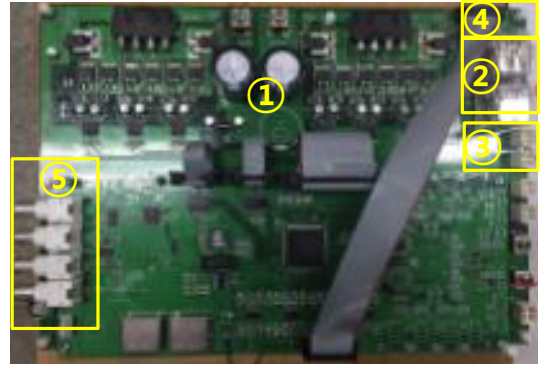


그림 4 플로우 배터리용 BMS 보드
Fig. 4 Flow Battery BMS Board

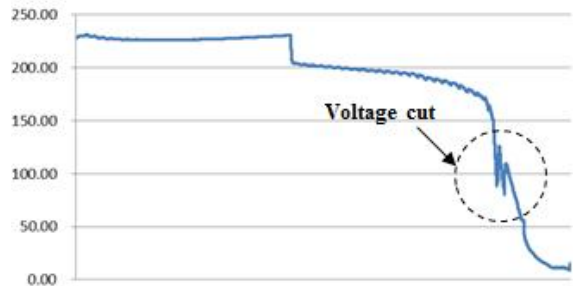


그림 5 스트립을 적용한 플로우 배터리의 충 방전 전압 파형
Fig. 5 Charge and Discharge Voltage Waveforms of Flow Battery with Strip

시에는 약 5V의 낮은 전압변동을, 방전시 100V 근처에서 Voltage cut기능을 수행하고 있는 것을 볼 수 있다. 또한 60V까지 방전을 수행하고, 나머지 전압은 저항을 통해 태우는 방식으로 스트립 기능을 수행한다.

4. 결론

본 논문에서는 플로우 배터리용 BMS의 전반적인 운용에 대해 다루었다. 플로우 배터리는 전해액의 산화·환원 반응을 통해 충·방전 되는 시스템으로 기존 이차전지와는 달리 리크 센서, 유속 센서, 모터 및 밸브 구동부가 추가된다. 특히, 방전시에 급격하게 전압이 떨어지는 구간(100V)에서 Voltage cut기능을 적용하고, 60V이하에서 Strip기능을 수행하여 플로우 배터리용 BMS의 안정성을 입증하였다.

이 논문 2013년 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF2013R1A1A2013256)

- [1] J.M. Choe, S.G. Ra, D.H. Han, Y.J. Lee and G.H. Choe, "Design and Test of ESS DC DC Converter using Zinc Bromine Redox Flow Battery for Stand alone Microgrid", The Transactions of Korean Institute of Power Electronics, Vol.4, 106-115, 2014, April.
- [2] 주재연, 조영훈, 최규하, "플로우배터리 충방전을 위한 이중 풀브릿지 컨버터 운전에 관한 연구", 2014년도 전력전자학회 하계학술대회 논문집, pp317-318, 2014. 07.