

바나듐 전해액의 열적 안전성 연구

유동준*, 민병준**, 김태영** 노선균*

*호남대학교 소방행정학과, **전남대학교 환경에너지공학과

e-mail:skno@honam.ac.kr

Study on the thermal safety of vanadium electrolyte

Yoo-Dong Jun*, Byoung-Jun Min**, Tae-Young Kim**, Seon-Gyun Rho*

*Dept. of Fire Service Administration, Honam University

**Department of Environment and Energy Engineering, Chonnam National University.

요약

친환경 에너지이며 무공해인 전기에너지 저장장치는 매우 적극적으로 사용되고 있는 실정이다. 특히 에너지저장장치의 리튬배터리는 높은 에너지저장 능력과 효율등으로 널리 사용되고 있다. 이러한 장점에도 불구하고 화재폭발등의 위험성을 내포하고 있다. 이를 극복하기 위한 방법중의 하나로 바나듐 전해액을 사용한 대용량 저장장치가 대안으로 제시되고 있다. 바나듐 레독스 흐름 전지(VRFB)는 리튬전지에 비해 폭발의 위험성도 없으면서 용량설계의 유연성을 갖춘 대용량 에너지저장장치이다. 그러나 리튬전지에 비해 낮은 효율과 값비싼 전해질 가격등으로 현재 실용화에 많은 걸림돌로 작용하고 있다. 본 연구에서는 폭발의 위험성이 없고 대용량인 바나듐 레독스 흐름 전지에 사용되는 전해질의 첨가제인 SPD를 최적화 하여 전지의 열적 안전성을 높이는 연구를 수행하였다. 본 연구결과 전해액제조시 첨가제를 사용하면 열적 안전성은 향상하면서 전해액의 효율에는 큰 영향이 미치지 않음을 알 수 있었다.

격등으로 현재 실용화에 많은 걸림돌로 작용하고 있다. 본 연구에서는 이런 문제점들을 해결하는 방안의 하나로 전해액에 SPD(sodium pyrophosphate decahydrate) 첨가제를 사용하여 전해액의 열적 안전성을 향상하는 실험을 행하였다.

1. 서론

환경문제 해결과 피크타임의 전력 공급 부족 문제를 해결하는 방법중 하나는 야간에 전기를 저장한 후 전력 피크타임에 에너지저장장치에 저장된 에너지를 사용하게 되면 부족한 전력난과 환경문제를 동시에 해소할 수 있는 가장 효과적인 방법 중 하나이다. 이를 해결하기 위하여 에너지저장장치가 등장하였다. 에너지저장장치는 온실가스 저감 및 수입에 의존하는 화석에너지 절감에 이바지하는 기술이다. 국내 에너지저장장치 시장은 리튬전지만을 사용하는 이차 전지로 한하여 적용하고 있다. 무공해인 전기에너지 저장장치는 매우 적극적으로 사용되고 있는 실정이다. 최근 리튬배터리는 높은 에너지저장 능력과 효율 등으로 널리 사용되고 있다. 이러한 장점에도 불구하고 화재폭발등의 위험성을 내포하고 있다. 이를 극복하기 위한 방법중의 하나로 바나듐 전해액을 사용한 대용량 저장장치가 대안으로 제시되고 있다. 바나듐 레독스 흐름 전지(VRFB)는 리튬전지에 비해 폭발의 위험성도 없으면서 용량설계의 유연성을 갖춘 대용량 에너지저장장치이다. 그러나 리튬전지에 비해 낮은 효율과 값비싼 전해질 가

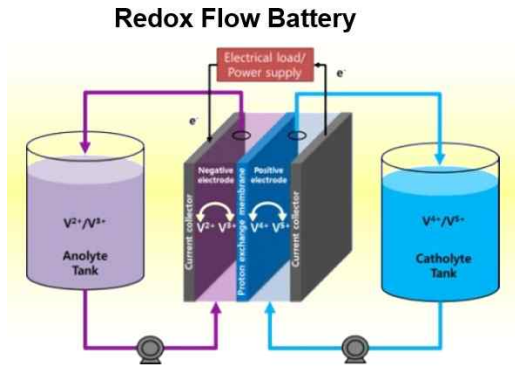
2. 실험

2.1 전해액의 열적안정성

바나듐 전해액은 3.5가로부터 충-방전 시 양극은 4가에서 5가로 상호 이동하고 음극은 2가에서 3가로 상호 이동하면서 충-방전하게 된다. 이때 2, 3, 4가는 높은 온도와 낮은 황산 농도에서 안정하지만 5가 전해질 용액은 높은 온도에서 석출되는 문제점이 발견된다. 본 연구에서는 양극에서 생성된 바나듐 5가 전해질 용액의 열적 안전성을 확보하기 위하여 온도 조건을 40℃, 50℃, 60℃ 조건으로 하여 SPD 첨가제를 첨가하는 실험을 행하였다. 이때 SPD의 농도는 0.0, 0.01, 0.058, 0.071, 0.095, 0.151, 0.199M을 제조하여 실험 하였다.

2.2 전해액의 충방전 실험

그림 1은 바나듐 레독스 흐름전지의 모식도 이다. 그림에서 보인 바와 같이 바나듐 레독스 흐름 전지는 전기를 충·방전하는 스택과 전해질 용액 그리고 BOP(Balance of Plant)로 구성되어 있다. 충방전 효율 실험의 전해액 조건은 3M 황산 용액에 1.8M 바나듐 용액을 사용하여 실험하였다. 실험은 SPD 첨가제를 투입하지 않고 충방전 효율을 측정할 결과와 SPD 첨가제를 첨가한 전해질 용액의 충방전 효율을 측정하는 실험을 행하였다. 충방전 사이클은 50회를 실시하였다.

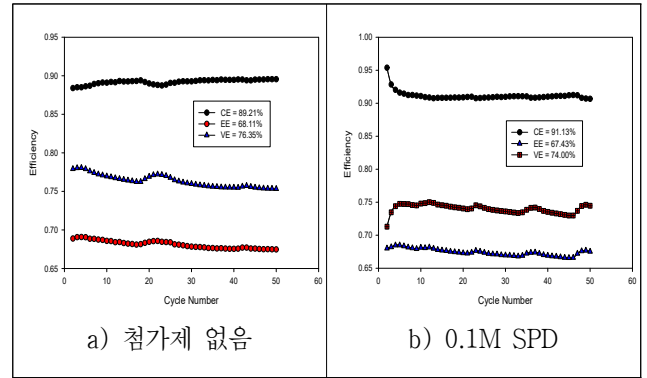


[그림 1] 바나듐 레독스 흐름전지의 모식도

3. 결과 및 고찰

SPD 첨가제에 따른 열적 안정성 실험 결과 40°C의 경우 0.095M의 SPD 일때 5일 16시간까지 석출되지 않았으며 나머지 시료들은 이보다 빠르게 석출되었다. 시료 시간은 0.951M에 가까울수록 석출시간이 증가함을 보였다. 50°C의 경우도 같은 경향을 보였다. 그러나 60°C의 경우 석출이 매우 빠르게 일어났으며 1일 이내에 모두 석출되었다. 이 실험으로부터 최적의 SPD 농도는 0.1M 일때 가장 우수함을 알 수 있었다.

그림 2는 0.1M SPD 첨가제의 첨가 유무에 따른 바나듐 전해액의 충방전 효율을 나타낸 그림이다. 첨가제가 첨가하지 않을때 CE= 89.21%, EE= 68.11%, VE= 76.35% 였다. 첨가제를 첨가한 경우는 CE= 91.13%, EE= 67.43%, VE= 74.00% 였다. 실험 결과로부터 전해액의 충·방전 효율은 SPD 첨가에 매우 미미한 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다. 이런 결과로 볼 때 열적 안정성을 확보하기 위해서는 SPD 첨가제를 첨가하는 것이 보다 전해액에 효과적임을 알 수 있었다.



[그림 2] SPD 첨가제 첨가유무에 따른 충방전 효율

참고문헌

[1] J. Heo, J-Y Han, S. kim, S. Yuk, C. Choi, R. Kim, J.H. Lee, A. Klassen, S.K. Ryi and H.T. Kim(2019), Catalytic production of impurity-free V3.5+ electrolyte for vanadium redox flow batteries, *Nature Communications*, online, <https://doi.org/10.1038/s41467-019-12363-7>