

Zinc - Bromine 플로우 배터리를 이용한 양방향 인버터 및 DC-DC 컨버터 설계 및 실증

이승준, 조영훈, 임종웅, 최규하
 건국대학교 전력전자 연구실

Design and verification of Bi-Directional Inverter and Converter using Zinc-Bromine Flow Battery

SeungJun Lee, Younghoon Cho, Jong ung Lim, Gyu ha Choe
 Power Elecetronics Lab, Konkuk Univ.

ABSTRACT

This paper proposes renewable energy system related with flow battery system which is divided into two system, converter and inverter. The Interleaved Boost Converter circuit was used for DC DC Converter and Full Bridge Inverter was used for Grid connected Inverter. This paper design each system and uses methods to operate converter and inverter in high efficiency.

구성되어 있다. 플로우 배터리 시스템은 Zn Br 플로우 배터리가 사용 되었으며 DC DC 컨버터에는 리플을 저감하여 효율을 높일 수 있는 회로인 Interleaved Boost Converter 회로가 이용 되었으며 인버터에는 Full Bridge 회로가 이용되었다. 제어 MCU는 TMS320F28335가 사용 되었다. 전체 시스템의 회로도 는 그림 1과 같고, 충전의 과정에 해당 하는 회로의 전력 흐름은 그림 2 (a)와 같으며 방전의 과정에 해당하는 회로의 전력 흐름은 그림 2 (b)와 같다.

1. 서 론

바이오 에너지, 태양광 같은 신재생 에너지원이 주목 받고 있다. 그 중에서 플로우 배터리는 시간과 관계 없이 언제든지 사용 가능하다는 점과 더불어 액상 구조의 크기만 늘리면 저장 전력이 쉽게 늘어난다는 점에서 큰 이점을 가지고 있으며 다른 신재생 에너지원들의 설치 비용과 비교하였을 때 저렴하여 섬이나 혹은 산간지역 등, 전력이 끊겼을 때 충분한 전력 공급이 어려운 지역을 중심으로 플로우 배터리 시스템이 확산되고 있다.[1][2] 본 논문에서는 계통 연계형 PCS로 인버터 및 컨버터를 설계하여 플로우 배터리의 전압 특성 및 전류 특성을 고려한 전류 제어기와 Feedback 제어기를 설계 하였고 실제 배터리와 연동 실험하여 구현된 제어기를 실증하였다.

2. Zn - Br Flow Battery System 원리 및 구성

2. 1 시스템의 원리

플로우 배터리는 기존의 이차 전지와는 달리 화학적으로 +의 양이온을 발생하는 전해액과 -의 음이온을 발생하는 전해액이 전기 화학적 반응이 발생하는 스택 내부의 막(membrane)을 기준으로 서로 맞닿아 흐를 때 생기는 산화, 환원 반응을 이용하여 전력을 생성한다. 전해액은 외부 탱크에 저장 되어 있으며 펌프를 통하여 지속적으로 스택 내부의 셀을 통하여 흐르면서 전압을 생성한다. 생성된 전압은 스택의 양 끝단의 전극을 통하여 출력된다.

2. 2 시스템의 구성

Zinc Bromine 플로우 배터리 시스템은 플로우 배터리와 이에 연결된 컨버터, 그리고 컨버터의 출력단에 연결된 인버터로

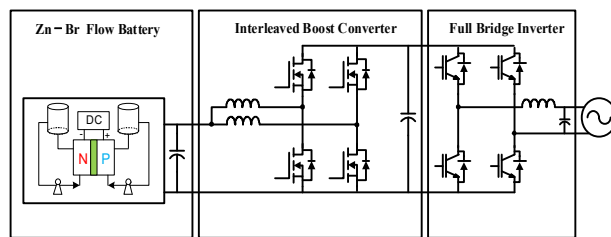
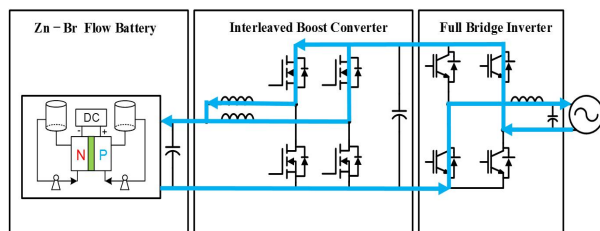
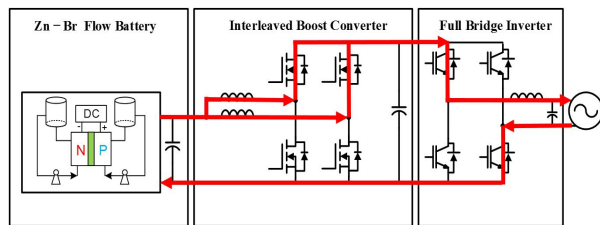


그림 1 전체 플로우 배터리 시스템 회로도.
 Fig. 1 Overall Flow Battery System Circuit



(a) 플로우 배터리의 충전시의 전력 흐름도



(b) 플로우 배터리의 방전시의 전력 흐름도

그림 2 플로우 배터리 전력 흐름도
 Fig. 2 The power flow of flow battery

3. 실험 진행 및 실험 결과

3. 1 플로우 배터리를 이용한 실험 진행 과정

플로우 배터리의 전력 용량에 따라 충전의 과정 혹은 방전의 실험을 진행한다. 계통의 전압은 220V rms 이고 인버터를 통하여 승압되어 DC Link단의 전압을 400V로 유지 시켜 준다. 인버터를 뒷 단의 DC Link단의 전압은 interleaved converter를 통하여 듀티비에 따라 전압을 변동하였고 플로우 배터리의 전압은 200V에서 100V 까지의 전압 변동 폭을 제한하여 충전, 방전 실험을 진행하였다.

3. 2 플로우 배터리를 이용한 실험 결과

실험이 진행된 전체 시스템의 모습은 그림 3과 같다.

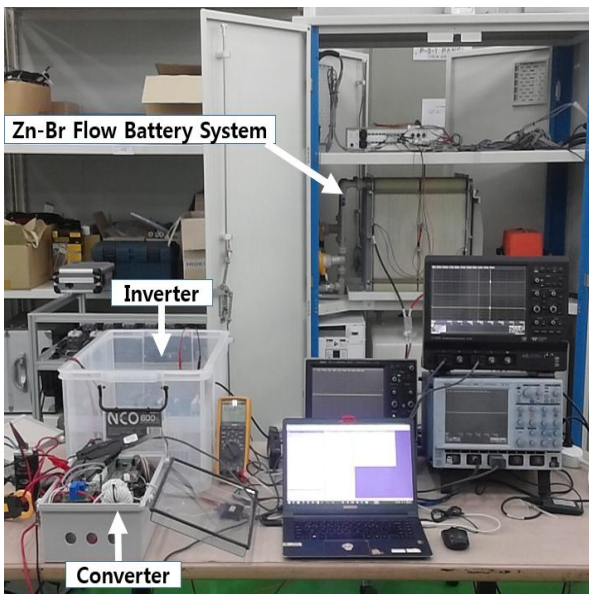
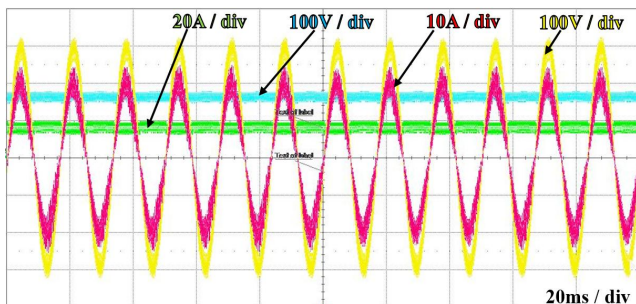
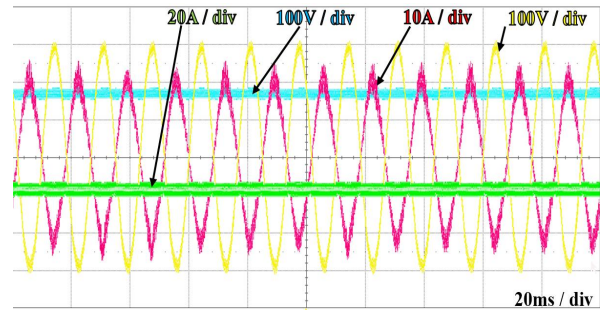


그림 3 전체 플로우 배터리 시스템
Fig. 3 Flow Battery system

플로우 배터리의 충전, 방전 전력 흐름도에 맞게 전류가 흐를 수 있도록 PI 제어기와 Feedforward 제어기를 적용하여 실험을 진행하였다. 그림 4 (a)는 플로우 배터리 충전시의 전류 흐름을 나타낸 실험결과 그래프이며 4 (b)는 플로우 배터리 방전시의 컨버터 전류 흐름을 나타낸 실험결과 그래프이다. 충전시의 전류는 16A로 2.5kW, 충전시의 전류는 17.5A로 2.8kW이다.



(a)



(b)

그림 4 충전, 방전 전류 흐름

Fig. 4 Current flow of charging and discharging

파형의 노란색은 계통 전압, 빨간색은 계통 전류, 파란색은 플로우 배터리의 전압, 녹색은 플로우 배터리로 들어가는 전류를 나타낸다. 실험된 시스템의 실험 결과를 보았을 때 플로우 배터리의 충전과 방전 실험을 진행하면서 플로우 배터리의 전압은 거의 변화가 없음을 볼 수 있다. 플로우 배터리의 특성중 하나인 일정 전압 이상에서는 SOC가 거의 일정하게 유지 되는 것을 확인할 수 있다.

4. 결론

신재생 에너지의 사용은 필수 불가결이 되고 있다. 신재생 에너지 중에서도 플로우 배터리 시스템의 확립은 다가오는 에너지 고갈 시대에 필수 불가결한 선택이라고 할 수 있다. 본 논문에서는 Zn Br 플로우 배터리와 계통을 연계하여 계통과 연계가 되었을 시에는 플로우 배터리를 충전하는 시스템을, 계통이 끊겼을 때에는 부하로 전력을 공급하는 시스템을 interleaved converter와 full bridge inverter를 이용하여 실험을 진행하였고 실제 제어하는 대로 동작하는 것을 실증하였다. 더불어 제안된 시스템의 컨버터 효율을 측정하였을 때 충전과 방전의 효율은 거의 비슷하였으며 고효율을 보였다.

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

참고 문헌

- [1] Andreas Poullikkas "A comparative overview of large scale battery systems for electricity storage ", Renewable and Sustainable Energy Reviews 27 (2013) 778 788
- [2] Jung Hoon Yang, Hyeon Sun Yang, Ho Won Ra b, Joonmok Shim, Jae Deok Jeon, "Effect of a surface active agent on performance of zinc/bromine redox flow batteries : Improvement in current efficiency and system stability ", Journal of Power Sources 275 (2015) 294~297