

독립형 10kW ESS의 레독스 플로우 배터리 초기 구동 전원 제어

최중목, 송용희¹, 최은석¹, 은종목², 이영진, 한동화, 조영훈, 최규하
건국대학교, 에스케이씨엔씨¹, 파워웰²

Initial Operating Power Control of Redox Flow Battery in Offgrid 10kW ESS

JM Choi, YH Song¹, ES Choi¹, JM Eun², YJ Lee, DH Han, YH Cho, GH Choe
Konkuk University, SK C&C¹, Powwel²

ABSTRACT

This paper proposes advanced RFB PCS for islanded environment. To accommodate islanded system, power conditioning needs voltage control authority changing. RFB initial power generating method is proposed for the Islanded PCS. DC-link voltage control authority is changed to PV converter to bidirectional converter by proposed control logic. The control performance has been verified with hardware experiments.

1. 서론

최근 Power conditioning systems (PCSs)은 신재생 에너지 분야에서 많이 사용되고 있다. 그 중 태양광 (PV) 그리고 풍력 분야가 가장 많이 사용된다. 이러한 신재생 에너지를 독립형 시스템으로 구축하면 입력과 출력이 항상 동일하지 않다. 이를 위해 Energy Storage System (ESS)을 사용하여 에너지를 흡수 또는 방출 하게 된다. 에너지는 물리적, 화학적 또는 전기적 방법으로 저장할 수 있다. 플라이휠이나 압축공기 저장 방식은 물리적 방법에 해당된다. 슈퍼커패시터 그리고 superconducting magnetic energy storage (SMES)는 전기적 방식이다. 리튬기반, sodium sulphur battery (NAS) 그리고 redox flow battery (RFB)는 화학적 방법에 해당되며 이전의 연구에서는 가장 경제적인 중용량 ESS용 저장장치는 NAS와 RFB로 분석하였다.^[1] 본 논문에서는 RFB의 독립운전을 위해 최적화된 PCS를 개발하며, PCS의 초기 구동방법을 간략하게 보이며 제안된 10kW 시스템의 실증 시험을 설명하였다.

2. 독립 시스템 구성

2.1 Redox flow Battery (RFB)

다른 배터리와 비교하였을 때 RFB의 가장 큰 장점은 유연성과 가격 경쟁력이다. 저장 용량을 크게 가져가는데 용이하기 때문에 대용량에서 사용 가능하다. 액체 탱크는 외부에 설치되므로 전해액의 확장에 제약조건이 적다. 두 전해질은 화학적으로 충전과 방전이 일어난다. RFB의 동작 중 전해질은 펌프를 통해 분리막을 통과하는데 여기서의 산화 환원

반응이 전류를 흐르게 한다. 그러므로 RFB의 기동을 위해서는 모터드라이브를 통한 펌프의 동작이 필요하며, 독립형 시스템의 경우 초기에 RFB가 아닌 다른 소스가 전원을 공급해 주어야 한다. 이러한 이유로 PCS는 RFB에 맞게 설계되어야 한다.

2.2 전력 시스템 구성

그림 1.은 독립형 PCS의 전체 전력 블록도 이다. 이는 PV 컨버터, RFB 양방향 DC-DC 컨버터, 납축용 양방향 컨버터 그리고 인버터로 구성된다.

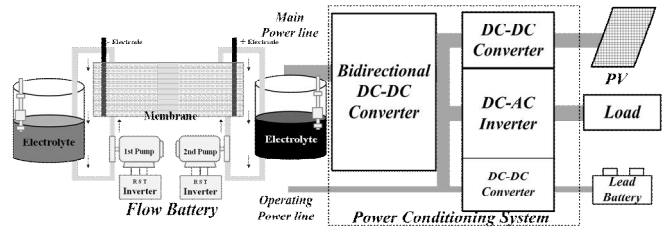


Figure 1. Islanded PCS Configuration with RFB

각각의 컨버터는 서로 다른 소스 전압을 같은 레벨로 변환하여 DC링크로 연결한다. PV 컨버터는 태양광 최대전력을 추종 운전을 하며 RFB 용 컨버터는 양방향으로 충전 방전 운전을 한다. RFB의 출력 전압은 120V 미만이므로 최대 5배의 승압시 손실을 고려하여 컨버터는 2상으로 설계하였다.

2.3 초기 구동 및 시스템 제어

리튬기반 배터리 또는 납배터리 등은 외부 장치가 없이 전류를 흘릴 수 있다. 하지만 RFB는 스스로 전류를 흘릴 수 없다. 그림 2.는 제안된 PCS의 초기 구동 제어 시퀀스이다. RFB내부 두 개의 유도전동기는 링크 전압이 340V가 되어야 모터드라이브를 통해 구동이 가능하다. 이 전압은 외부 배터리를 직렬로 연결하여 만들기에 높은 전압이고 구성은 가능하지만 한번 사용 후 불필요해지는 부분이다. 제안된 시스템에서는 납 배터리 24V를 사용해 PCS

제어보드 전원만 공급한다. 이후 태양광 전압을 승압하여 DC링크 전압제어를 한다. 이후 RFB 시스템의 구동전원, Battery Management System(BMS) 그리고 Energy Management System(EMS) 전원이 공급되면 전류제어만 하며 전압제어 권한은 RFB용 양방향 컨버터에게 넘긴다.

Control Sequence	Timeflow →	Condition ↓	Issue ↓
PV generation		PV modules generates by Sun	
Controller power		V_{PV} Over 150V	
Constant DC-link voltage control using PV		Converter step up to DC-link	
BMS power		$V_{DC-link}$ Over 340V	
RFB motor drive power		Motor drive capacitor charged	
Constant DC-link voltage control using RFB		DC-link control authority to bidirectional converter	
MPPT control		PV maximum power to DC-link	
AC voltage control		AC power generates to user	

Figure 2. Initial power generation and control authority changing sequence

3. RFB 연계 실험

그림 3.은 파워셀에서 제작한 PCS 프로토타입이다. 왼쪽의 인버터 정격은 10kW이며 중앙의 PV 컨버터는 5kW 급 그리고 RFB용 양방향 컨버터는 최대 60A 운전이 가능하다. PCS는 그림 4.는 EMS의 화면이며 BMS, EMS와의 CAN 통신을 통해 동작 명령을 받고 실시간 데이터를 전송한다.



Figure 3. Photograph isolated 10 kW PCS power circuit

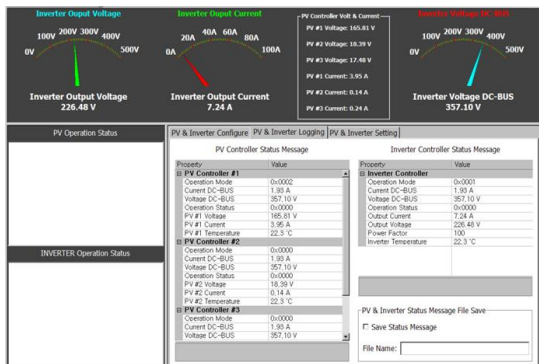
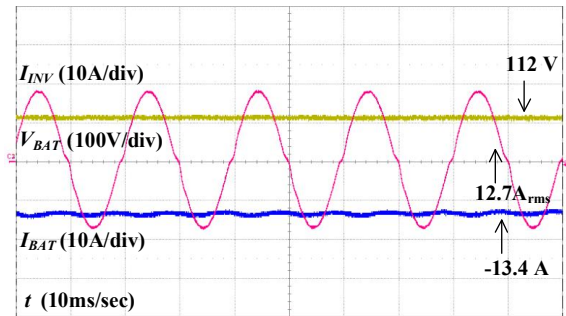
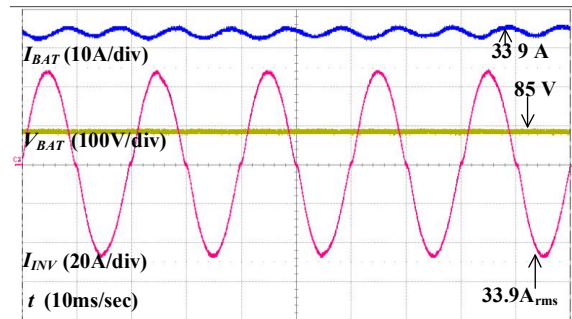


Figure 4. Enesrgy Management System for (BMS, PCS)

실증 실험에서는 5kW PV모듈이 입력 소스로 사용되었다. 인버터의 출력은 220V 50Hz이며 10VA급 부하반이 연결되었다. RFB 양방향 컨버터는 링크단 전압을 제어하므로 부하의 요구량에 따라 PV전력을 충전하거나 PV전력과 방전 전력을 부하로 공급한다. 그림 4.는 태양광 발전상태에서 2.8kW, 7.5kW 두 가지 부하조건에 따른 실험 결과이다.



(a)



(b)

Figure 5. PCS Example experimental waveform (a) : $P_{Load}=2.8\text{-kW}$, (b) $P_{Load}=7.5\text{-kW}$ at 360 Vdc, 10-kHz switching frequency

4. 결론

RFB 초기구동 방법을 제안하였으며 프로토타입 PCS를 제작하여 독립운전 실증을 하였다. 전력의 양에 따라 RFB 양방향 컨버터는 링크 전압을 제어하여 충전 또는 방전함을 실험을 통하여 증명하였다. 추후 RFB에 대한 전기적 분석과 PCS의 하드웨어 설계 및 고효율화 기법이 진행 될 것이다.

참고 문헌

- [1] (2009, Apr). "Storage Technologies comparison," Electricity Storage Association, Washington, DC. [Online]. Available: http://www.electricitystorage.org/technology/storage_technologies/technology_comparison
- [2] B. Jonshagen, P. Lex, "Z-BESS A Distributed Energy Storage Installation" IEEE Power Eng. Soc. General Meeting, San Francisco, CA, June 12-16, 2005, pp. 305-308