

배터리 노화 특성을 고려한 DC전원 모의장치에 관한 연구

이중학, 인동석
(주)포스코 ICT

Research on DC Power Simulator Considering the Battery Aging Characteristics

Jong-Hak Lee, Dong-Seok In
POSCO ICT

ABSTRACT

에너지 저장 시스템(ESS, Energy Storage System)은 태양광(PV), 풍력(WT) 등과 같은 신재생 에너지 출력안정화, 계통 전력품질 개선, 수용가 에너지효율화 등의 분야에 이용되고 있다. 에너지 저장 시스템은 전력변환장치와 에너지 저장 장치로 구성되며, 에너지 저장 장치로 배터리를 많이 사용하고 있다. 전력변환장치 및 제어기의 설계 및 검증을 위해서는 배터리를 전력변환장치에 연계하여야 하지만 배터리의 경우 고가에 관리가 어렵기 때문에 일반적으로 DC전원 모의 장치를 이용한다. 또한 배터리를 사용함에 따라 노화가 진행되어 배터리 임피던스 특성이 변화해 에너지 저장 시스템의 성능에 영향을 미칠 수 있다. 본 논문에서는 에너지 저장 시스템용 전력 변환장치 및 제어기의 설계 및 현실적인 검증이 가능한 배터리 노화 특성을 고려한 DC전원 모의장치를 개발하기 위한 연구를 진행하였다.

1. 서론

ESS는 전력변환장치와 연계하여 배터리에 에너지를 저장하고, 필요시 에너지를 공급해주는 시스템이다. ESS는 기본적인 에너지 저장 및 공급 기능을 이용해 부하 평준화, 피크 부하 저감, 출력 안정화, 전력품질 관리 등의 다양한 기능을 제공할 수 있다. 이러한 ESS의 기능을 통해 산업 시설이나 중대형 빌딩과 같은 대용량 수용가의 에너지 효율화, 태양광, 풍력과 같은 출력이 불안정한 신재생 에너지원의 출력안정화, 송/배전 전력계통의 전력품질 개선 등 활용이 가능하다. 전력변환장치 및 제어기의 설계 및 검증을 위해서는

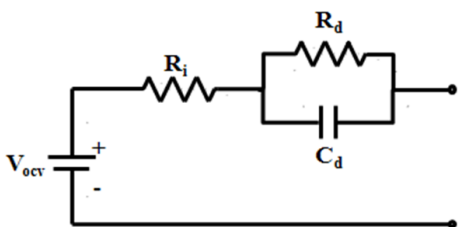


그림 1. 배터리 등가모델

배터리를 전력변환장치에 연계하여야 한다. 하지만 배터리의 경우 고가에 관리가 어렵기 때문에 일반적으로 DC전원 모의장치를 이용하지만 배터리의 노화에 따른 임피던스 특성변화에는 시험할 수 없는 것이 현실이다. 따라서 에너지 저장 시스템용 전력변환장치 및 제어기의 설계 및 현실적인 검증이 가능하도록 배터리 노화 특성을 고려한 DC전원 모의장치 개발이 필요하다.

2. 본론

2.1 배터리 등가모델

2차 전지의 과도상태에 대한 특성을 표현할 수 있는 등가모델은 2차 전지의 내부저항과 전하전이저항을 합한 R_i (Internal Resistance)을 직렬로 연결하고 확산현상에 의한 저항 R_d (Diffusion Resistance)와 커패시터 C_d (Diffusion Capacitance)를 병렬, 부하가 연결되지 않은 상태에서의 전압 V_{ocv} (Open Circuit Voltage)로 구성된 모델은 그림 1과 같다.

2.2 배터리 노화와 임피던스의 상관관계

일반적으로 배터리 성능에 영향을 미치는 요소들은 온도, 충전전율, 충전 사이클 등 다수의 변수들이 있으며, 이러한 변수들에 의해 변화된 배터리의 성능은 궁극적으로 배터리 내부 임피던스로 표현된다. 배터리는 일반적으로 기대수명의 절반이 넘는 순간부터 내부저항이 증가하고 용량이 감소된다. 그림 2는 배터리 수명과 임피던스 변화 추세를 나타낸 것이며 노화가 진행될수록 임피던스는 증가함을 알 수 있다.

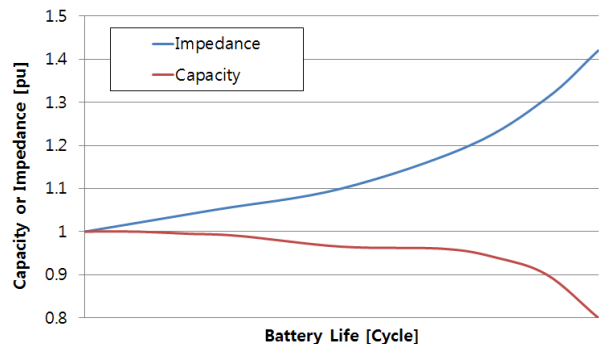


그림 2. 배터리 수명과 임피던스 추세 곡선

2.3 배터리 노화에 따른 임피던스 변화

본 논문에서는 노화가 진행됨에 따라 임피던스가 증가하도록 시뮬레이션을 통해 검증하였으며 노화에 따른 배터리 임피던스는 R_i 직렬저항과 $R_d//C_d$ 병렬 임피던스를 나누어 증가 가능하도록 구현한다.

노화에 따른 배터리 임피던스 변화는 그림 3에서 그림 5와 같다. R_i 직렬저항의 임피던스율을 변화하면 배터리 전압의 순간 전압변화가 달라지며(그림 3) $R_d//C_d$ 병렬 임피던스를 변화하면 순간 전압변화 이후 전압 변동 기울기가 변화한다(그림 4). R_i 와 $R_d//C_d$ 의 모든 임피던스를 변화한 결과는 그림 5와 같다.

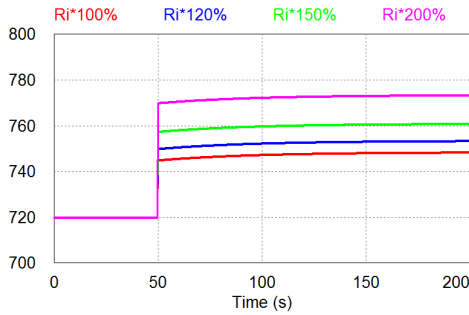


그림 3. R_i 변화에 따른 배터리 전압변화

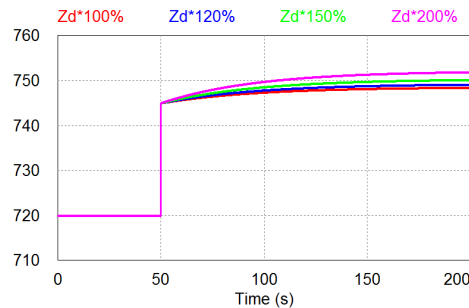


그림 4. $R_d//C_d$ 변화에 따른 배터리 전압변화

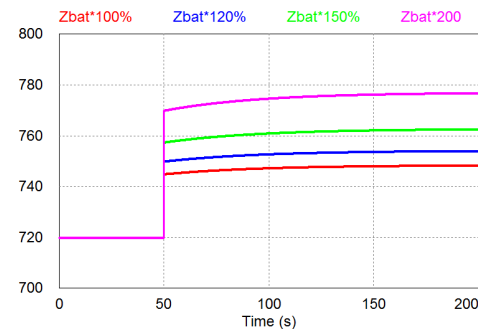


그림 5. $Z_{bat}(R_i - R_d//C_d)$ 변화에 따른 배터리 전압변화

2.4 노화특성을 고려한 배터리 모의시험

배터리 노화특성을 고려한 DC전원 모의장치를 구현하기 위해 그림 6과 같이 구성한 시뮬레이션을 진행하였다. 배터리 사양은 표 1과 같이 설정하고 시뮬레이션을 진행하였다.

배터리 노화특성을 고려한 DC전원 모의장치의 시뮬레이션 결과는 그림 7, 그림8과 같다. 초기조건인 배터리 전압 특성과 노화가 진행된 임피던스 변화에 따른 배터리 전압이 변화함을 확인할 수 있다.

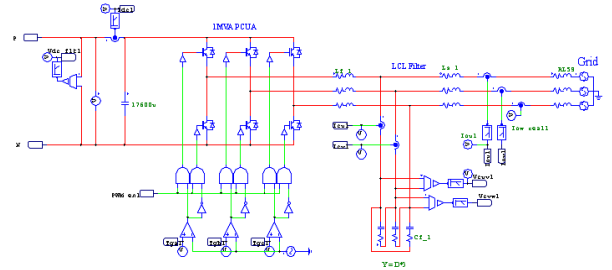


그림 6. 배터리 모의시험 시뮬레이션 구성도

Voltage Range		650V ~ 820V
Battery Capacity		1Ah
Battery Impedance	R_i	0.01 Ω
	R_d	0.011 Ω
	C_d	500F
	임피던스 증가율	1% / 10Cycle

표 1. 배터리 사양

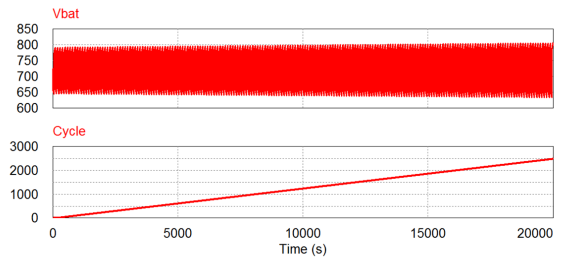


그림 7. 배터리 모의시험 시뮬레이션 결과(전체파형)

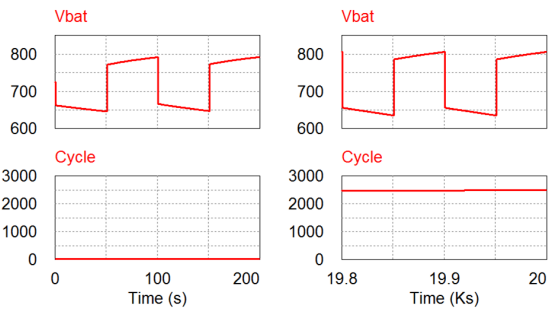


그림 8. 배터리 모의시험 시뮬레이션 결과(상세파형)

3. 결론

본 논문은 에너지 저장 시스템용 전력변환장치 및 제어기의 설계 및 현실적인 검증이 가능하도록 개발된 배터리 노화특성을 고려한 DC전원 모의장치에 대해 기술하였다. 추후 배터리 노화특성에 따라 변화하는 DC전원 모의장치를 이용한 PCS성능검증 시험을 진행할 계획이며, 본 논문의 시뮬레이션을 이용하면 전력변환장치 및 PMS 시험 시에 ESS 관련 실제 운영 알고리즘 적용이 가능하다.