

대용량 에너지 저장장치용 전력변환기 개발

이진희, 최용길, 최준영, 손의권, 서인영
(주)효성 중공업연구소

Development of the Power Conditioning System for High Power Energy Storage System

Jin-hee Lee, Yong-kil Choi, Joon-young Choi, Ui-kwon Son, In-young Suh
Power & Industrial System R&D Center, Hyosung Corporation

ABSTRACT

This paper presents the development of 800kW energy storage system. This system consist of lithium-ion batteries (LiB), power conditioning system (PCS), energy management system (EMS), and shows specification of the 800kW PCS. Furthermore, this paper presents a control methodology for controlling the combined output and the energy storage.

1. 서 론

산업의 고도화에 따른 전력소비의 다양화로 화석연료의 의존도가 심화되고 온실가스 배출 증가에 따른 환경 문제가 큰 이슈가 되고 있으며 풍력과 태양광 등의 신·재생에너지의 확대보급을 위한 솔루션 제공이 강력히 요구된다. 이에 세계적으로 풍력, 태양광 발전 등의 신·재생에너지 확대보급에 대한 투자가 집중되고 있으나, 경제성 확보가 우수한 풍력은 지역 및 기후 특성에 따른 출력예측이 어렵고 심한 출력변동 특성으로 연계계통의 안정적 운영에 큰 영향을 미치는 실정이다.

이러한 전력품질 저하문제를 방지하기 위해 세계 각국의 전력회사는 계통운영 여건에 적합한 계통연계 기준(Grid Code)을 제정하여 운영하고 있고, 특히 신·재생에너지 발전원의 보급 비율이 높은 유럽의 전력회사는 대규모 풍력발전단지가 동시에 전력계통에서 탈락하여 계통안정도를 무너뜨리는 것을 방지하기 위해 LVRT¹⁾ 연계기준을 제정하여 전력계통에 순간고장이 발생하여도 규정된 시간내에서는 풍력발전기가 계통에서 탈락하지 않고 발전을 지속하도록 규정하고 있다.

국내 전력회사인 한국전력공사는 일반 전기사용자의 안정적인 전기품질 확보를 위해 표 1과 같은 계통연계 기준을 운영하고 있다. 최근 분산전원 사업자들이 사업비 부담을 줄이기 위해 공용선로²⁾에 연계할 수 있는 분산전원의 한계용량 확대를 요구하는 상황이므로 이러한 한계점을 극복할 수 있는 기술개발이 요구된다.

이러한 문제점을 보완하기 위한 에너지 저장장치는 신·재생에너지 발전원의 단점을 보완하여 고품질 전력공급 플랫폼을 구축할 수 있는 핵심 요소기기로서, 풍력발전 출력 변동에 대

한 전력품질저하의 문제는 단주기 및 장주기 출력 보정, 출력 평준화 제어기법 등으로 개선할 수 있다. 표 2는 풍력발전과 에너지 저장장치를 적용한 전력제어기술을 상세히 나타냈다.

2. 본 론

2.1. 에너지 저장장치 시스템 구성

에너지 저장장치용 전력변환기는 계통과 병렬로 연결되어 에너지 저장장치를 충전하거나 방전하는 역할을 수행한다.

표 1 한국전력공사의 분산전원 배전계통 연계기준

Table 1. Standard for interconnecting distributed-resource with supply of electric power of KEPCO

분산전원 연계계통	분산전원 용량	연계선로 및 연계기준	비고
특고압 (22.9 kV)	100 kW 이상 3000 kW이하	공용선로 상시 전압변동률 2%이하	
	3000kW 초과 10 MW이하	전용선로	연계선로 비용고가
저압 (380 또는 220 V)	20 kW 이하	공용선로 상시 전압변동률 3%이하	
	20 kW 초과 100 kW 미만	전용선로	연계선로 비용고가

표 2 에너지 저장장치를 활용한 전력제어기술

Table 2. Power control technique of energy storage application

구 분	발전출력 제어전략	제어기술 개념도	제어기술의 특징
단주기 출력 제어	주간 발전출력 smoothing 제어		<ul style="list-style-type: none"> 발전출력 smoothing 기능만 구현 에너지 저장장치의 저장용량이상대적으로 작아도 됨
	야간 발전출력 smoothing 제어		<ul style="list-style-type: none"> 야간에 저장한 전력을 주간에 발전출력 smoothing 기능활용
장주기 출력 제어	주간 발전출력 smoothing 제어		<ul style="list-style-type: none"> 야간에 저장한 전력을 주간에 발전출력 smoothing 기능활용
	야간 발전출력 저장		<ul style="list-style-type: none"> 중용량 규모의 에너지 저장장치 필요
출력 평준화 제어	주간 일정 발전출력 제어		<ul style="list-style-type: none"> 야간에 저장한 전력을 주간에 전력회사와 사전협의한 일정기간동안 일정한 출력량 유지 공급
	야간 모든 발전출력 저장		<ul style="list-style-type: none"> 대용량 저장장치 기술이 필요함

1) LVRT : Low Voltage Ride Through

2) 공용선로 : 일반 전기고객과 신·재생에너지원 발전고객이 공용하여 사용하는 배전선로, 발전고객의 계통연계 비용이 발전 전용으로 건설되는 전용선로에 비해 상대적으로 저렴함.

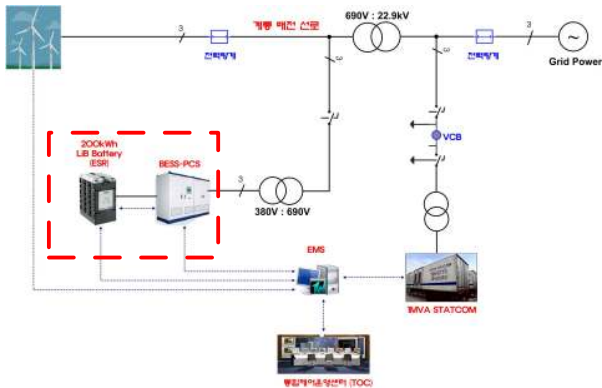


그림 1 Smart-renewable 시스템 구성도
Fig 1. Configuration of smart-renewable system.

전력회사의 요구에 의해 유효전력 공급, 무효전력 공급 등이 가능해야 하며 유효/무효전력량 제어, 에너지 저장장치를 이용한 전력계통 신뢰도 향상, 전력 수요 피크시 저장된 에너지를 이용한 전력 공급 등의 다양한 기능을 구현해야한다. 그림 1은 풍력발전과 연계된 Smart-renewable 시스템 중 에너지 저장장치 시스템 구성도를 나타낸다.

2.2. 에너지 저장장치용 전력변환기 구성

표 3은 정격용량 200kWh, 최대용량 800kW급의 에너지 저장장치용 전력변환기 설계사양을 나타내고, 그림 2는 현재 진행중인 800kW급 에너지 저장장치용 전력변환기 토폴로지를 나타낸다. 200kW급 배터리 4세트, 양방향 DC-DC 컨버터 4 모듈, 800kW DC-AC 인버터, 계통연계설비 등으로 구성되어있다.

2.3 풍력발전 안정화 제어 알고리즘 개발^[1]

그림 3은 풍력발전 안정화 제어를 위한 운전모드별 제어 알고리즘 블록도를 나타낸다.

표 3. 에너지 저장장치용 전력변환기 설계사양
Table 3. Specification of the PCS for Energy storage

구분	설계사양	
전력변환기 구조	양방향 전력제어 (Galvanically isolated)	
저전압측 (배터리)	정격용량	200kWh
	최대용량	800kW (@ 15min)
	전류(최대)	400Ah (1,600A _{MAX})
	BMS	Power info, SOC info.
고전압측 (계통)	출력전압	3φ 380V (TR 2차 : 690V)
	출력전류	1,200A _{rms}
	주파수	60Hz±0.5Hz
	전력품질	5% 이내
운전방식	계통연계운전 (EMS)	
전력변환효율	충, 방전운전	85% 이상 (50% 이하 운전) 90% 이상 (50%~정격운전)
제어모드	충전제어	CC, CV
	방전제어	Smoothing, Constant power Energy shifting
S/W 필요기능	- Data saving & Status monitoring - Control parameter setting	
보호기능	OC, OV, UV, SC, OT,	
냉각방식	강제공냉	
주변온도	-10~40℃	
시스템통신	Battery : CAN2.0A, EMS : IEC-61850	
외함기준	IP20 (방염설계)	

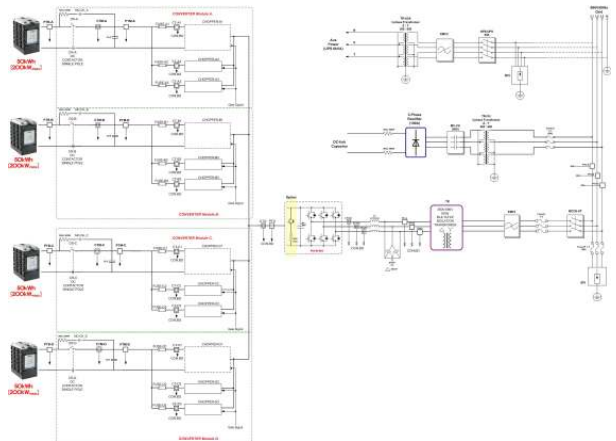


그림 2. 800kW급 에너지 저장장치용 전력변환기 토폴로지
Fig 2. Topology of the 800kW PCS for energy storage.

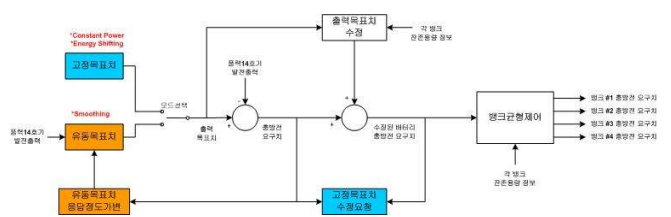


그림 3. 풍력발전 안정화 제어 블록도
Fig. 3. Control block diagram of wind-power stability

수행모드는 일반적인 평활화 제어 (smoothing control)와 정출력 제어 (Constant-power control), 모든 에너지 출력 제어 (Energy-shift control) 수행한다. 각 운전모드는 계통 전력 상황과 풍력발전량, 배터리 용량 등의 상태에 따라 EMS의 지령에 의해 수행하도록 한다

3. 결론

본 논문에서는 신-재생에너지원인 풍력발전과 대용량 에너지 저장장치와 연계된 전력변환기를 개발하기 위한 설계사양과 전력변환기와 운전모드별 제어 알고리즘을 구성했다.

추후 800kW급 PCS 전력부 설계, 제어 알고리즘 설계를 진행하고 운전시나리오와 연계된 운전모드 시뮬레이션으로 검증할 계획이다. 또한, 실제 실증운전 예정지인 제주 행원 풍력발전 데이터를 근간으로 운전모드별 풍력발전 안정도를 시뮬레이션으로 해석하고, 운전 시나리오 설계와 함께 실증운전 할 예정이다.

이 연구를 통해 구축된 전력저장장치의 상용화 기반은 스마트 그리드분야에서 대용량 에너지 저장장치의 적용을 용이하게 하고, 신-재생에너지에 대한 투자 확대 및 출력안정화 문제를 해결함으로써 신-재생에너지의 확대보급을 촉진할 것으로 예상된다.

본 연구는 2009년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다.

참고 문헌

[1] Katsuhisa Yoshimoto, Toshiya. Nanahara, Gentaro Koshimizu, Yoshihsa Uchida, "New Control Method for Regulating State-of-Charge of a Battery in Hybrid Wind Power/ Battery Energy Storage System", Proceedings of the IEEE PSCE 2006, pp.1244-1251,