

전력설비의 떠오르는 핫이슈 전력저장장치

김응상 <한국전기연구원 스마트배전 연구센터 센터장>

1. 전력저장장치(ESS) 개요

1.1 정의 및 역할

전력저장장치(Electrical Energy Storage System, ESS)는 전지(Battery), BMS(Battery Management System), 전력변환장치(Power Conversion System, PCS)로 구성되며, 생산된 전력을 전력계통에 저장했다가 전력이 가장 필요한 시기에 공급하여 에너지효율을 높이는 시스템을 의미한다.

즉 경부하시(야간)에 유휴전력을 저장하고 피크부하시(주간)에 사용하여 그림 1과 같이 부하를 평준화하여 피크전력을 낮추어 발전설비 투자비를 절감하고 전력운영의 안정화에 기여할 수 있다.

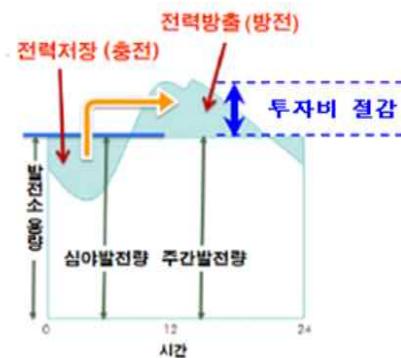


그림 1. 부하평준화(Load Leveling)[1]

특히 출력변동성이 심한 태양광, 풍력 등과 같은 신재생에너지 전원출력을 고품질 전력으로 전환하고 전력망에 연계하여 전력망의 안정성과 신뢰도를 향상시킨다. 따라서 ESS를 전력계통에 적용하였을 때 연료측면에서는 위험을 방지할 수 있고 발전측면에서는 기저부하를 증대하는 효과가 있으며 송배전 측면에서는 안정화를 도모할 수 있으며 판매 측면에서는 전력 품질을 향상 시킬 수 있다.

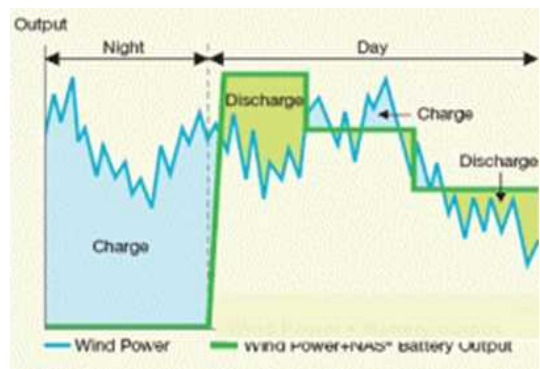


그림 2. 신재생에너지의 전력품질 및 효율 향상[1]

1.2 종류 및 특징

ESS는 전지의 발전원리에 따라 이차전지를 이용한 전기화학적발전의 ESS, 슈퍼커패시터와 같은 전기적발전의 ESS, CAES와 플라이휠과 같은 기계적발전의 ESS 등으로 구분할 수 있다.

1.2.1 나트륨황전지(NaS Battery)

이차전지 중 나트륨황전지는 음극으로서 나트륨, 양극으로서 유황을 사용하고 전해질로서 베타알루미늄 나 세라믹스(나트륨이온 전도성을 가진 고체전해질)를 사용하고 있다. 전지의 충·방전은 300℃ 부근에서 가능한 고온형 전지이다.

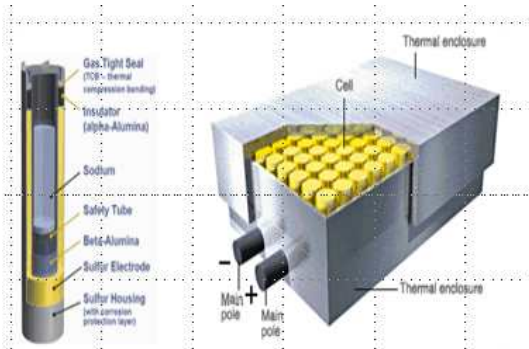


그림 3. NaS 전지 구조

1.2.2 레독스 흐름 전지

(Redox Flow Battery)

전기화학적 발전의 레독스 흐름 전지는 환원, 산화, 흐름의 단어를 합성한 것으로, 가수(假數)가 변화하는 금속 이온을 가진 수용성 전해액을 탱크에 저장하고 그 전해액을 펌프로 셀이라고 불리는 부분에 송액하여 충전/방전하는 전지를 의미한다. 양극과 음극의 전해액으로서 바나듐 등 금속 이온을 용해시킨 산성수용액을 이용하여 양극과 음극의 전해액은 각각의 탱크에 저장되어 전지 셀로 송액 순환한다.

레독스 흐름 전지는 전지반응이 바나듐 이온의 원자의 변화에 의존하기 때문에 12,000회 충·방전 가능하여 수명이 길다. 그리고 셀과 탱크부를 분리할 수가 있어 설치장소에 적합하게 제작 가능하다. 또 펌프, 냉각장치 등의 가동부분이 필요하기 때문에 보수 및 유지가 필요하고 바나듐 이온 멤브레인의 교환이 필요하다.

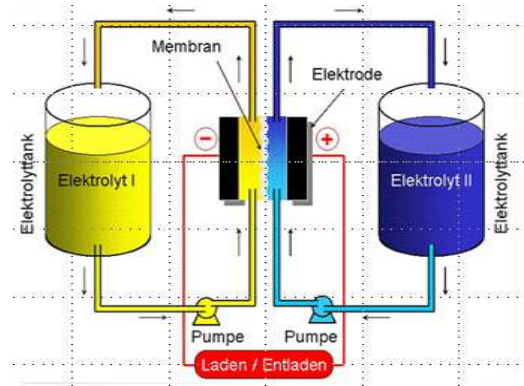


그림 4. 레독스 흐름 전지의 원리

1.2.3 슈퍼커패시터

(Supper Capacitor, SC)

전기적 발전의 ESS 중 슈퍼커패시터는 화학반응을 이용하는 다른 배터리와는 달리 전극과 전해질 계면으로의 단순한 이온의 이동이나 표면화학반응에 의한 충전현상을 이용한다. 커패시터는 기본적으로 2장의 전극판을 대향시킨 구조이고, 여기에 직류전압을 걸어, 각 전극에 전하를 축적하고, 축적하고 있는 도중에는 전류가 흐르고, 축적된 상태에서는 전류는 흐르지 않는다.

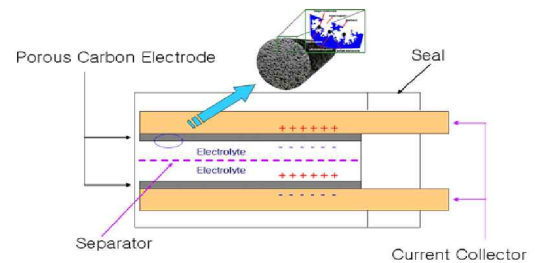


그림 5. SC 구조

1.2.4 압축공기 저장 발전 시스템

(Compressed Air Energy Storage, CAES)

기계적 발전의 ESS인 CAES는 전력수요가 낮은

시간대의 전력을 압축기를 사용하여 압축공기에너지로 지하에 저장하고, 전력수요가 높은 시간대에 압축공기를 이용하여 전력을 생산하는 시스템이다. 중대형 에너지저장장치 중 CAES는 시간에 따른 손실이 적어 대형/장주기 에너지저장장치로 사용된다.

1.2.5 플라이휠 에너지저장시스템(Flywheel Energy Storage System, FESS)

기계적 발전의 ESS인 플라이휠은 대용량 회전체를 무접촉 상태로 부양한 후 전기에너지를 회전에너지 형태로 저장하였다가 필요시 전기로 변환하는 기술이다. 자기(초전도 또는 전자석) 베어링, 복합재 회전체, 회전 안정시스템, 냉각시스템, 전력 입출력 모터 시스템 등으로 구성된다.

1.3 기술동향

1.3.1 국내 ESS 기술동향[2]

- 대명엔터프라이즈는 국내최초 상업용 MW급 ESS를 2014년 4월 공급, 규모는 2MW로 17억 원에 공급하였으며 400kW출력으로 5시간 사용 가능
- 피앤이솔루션은 전기차 충전기와 ESS 융합모형을 2013년 12월에 일본으로 수출, ESS 기반 급속충전기를 일본 중공업분야 대기업에 16기 공급
- 삼성SDI는 2014년에 인도 ACME사와 2년간 총 110MWh 규모의 ESS공급 MOU를 체결함, 통신기지국, 태양광 연계용에 ESS를 독점 공급하였고, 향후 태양광발전과 연계한 ESS 설치사업도 적극 전개할 계획
- 포스코ICT는 일본 에디슨파워에 2013년 12월에 ESS를 공급함
- 국내 전력회사(한전)은 2013년 11월 ESS를 활

용한 지능형 사옥에너지관리 시범사업 착수함, 구리남양주지사에 ESS 50kWh 활용 스마트그리드 스테이션 개발

- LG화학은 2013년 7월부터 독일 SMA사에 2kWh급 가정용 ESS 배터리를 공급했고, 2014년 3월에는 미 전력회사에 에너지저장장치를 단독 공급함

1.3.2 국외 ESS 기술동향[2]

- 스페인의 REE는 2014년 1월에 3MW 그리드 저장 솔루션 구축함, 신재생에너지 통합 및 전력계통 보조서비스 지원하고, A123에너지솔루션의 배터리저장 시스템을 도입함
- NY-BEST와 DNV KEMA는 2013년 8월에 배에너지 저장기술 상업화 센터를 설립함, 양사 파트너십 체결로 2,300만 불을 투자해 단전지에서 메가와트 시스템까지 시험이 가능한 센터를 건립 예정
- Duke는 2013년 1월 텍사스 풍력발전단지 배터리저장 프로젝트를 완료함, 36MW 에너지저장 및 전력관리시스템을 구축하고, EPRI 및 Sandis 국립연구소에서 기술 및 경제성 분석을 할 예정
- ABB와 닛산은 2012년 2월에 LEAF 배터리의 가정용 저장장치로의 재활용을 연구하였으며 50kWh 프로토타입 리튬이온 배터리 시스템을 개발할 예정

2. 국내외 ESS 관련 정책

2.1 국내 ESS 정책

산업통상자원부(구 지식경제부)는 중대형 ESS 기술개발 및 산업화 정책 추진(K-ESS 2020 전략)[1]

으로 에너지저장 R&D 투자를 확대하여 원천기술 확보 및 글로벌시장 선도가 가능한 기술에 집중 투자한다고 발표했다. 시장주도형 기술개발, 미래 신기술 개발, 국제 공동 기술개발 등 기술개발의 전략성을 강화하여 미래 에너지저장 시장을 선점하고, 2020년까지 6.4조원 규모의 기술개발 및 설비투자를 추진할 계획이다. ESS 보급 목표용량은 2020년까지 1,700MW (Global Market Share 30%)이다.

또한 신재생에너지 공급의무화 제도(Renewable Portfolio Standard, RPS) 또는 에너지공급자 효율향상의무화 제도(Energy Efficiency Resource Standard, EERS)를 통하여 ESS 설치의무화를 추진하고 있다.

표 1. 국내 보급 및 실증 추진현황

사업명	구축 설비	사업모델
제주 SG 실증 (Smart Place)	3kWh~30kWh ('09~'13)	부하평활화 피크절감
제주 SG 실증 (Smart Transportation)	150kWh ('09~'13)	충전소보조
제주 SG 실증 (Smart Renewable)	35kWh~1MW ('09~'13)	풍력보조
10kW급 LiB 대규모 실증	3kW/10kWh*100 ('10~'13)	부하평활화 피크절감
신재생에너지연계형 LiB 조천 변전소 실증	4MW/8MWh ('11~'14)	부하평활화 피크절감 풍력보조
스마트그리드 보급지원사업	250kW/500kWh ('12)	수요반응
고창변전소 ESS 실증	50MW ('13~'16)	송배전망
CAES 군산해상풍력 연계실증	100MW ('13~'17)	풍력보조

2.2 국외 ESS 정책

일본, 미국 등 선진국 위주로 기술개발 및 실증을 활발히 추진 중이며 일부는 상용화에 성공하는 등 사

업화단계에 진입했다.

일본은 250kW 이상 ESS의 초기설치비 1/3 수준의 보조금을 지원(선도적 부하 평준화 모델 사업)하며, 가정용, 신재생에너지 발전용 등 다양한 분야에서 기술개발을 추진 중이다. 특히 LiB, NaS 등에서 앞선 기술력을 보유하고 있다.

미국은 2010년 9월 캘리포니아에서 ESS 설치의 무화 법안이 승인되었으며, 최근 5년간 평균 공급전력의 2.25% 이상을 ESS를 이용하여 2014년부터 공급한다. 2020년까지 5% 이상으로 조정할 예정이다. 또한 공공기관(ARPA-E, EPRI 등), 벤처기업 및 대형 전력회사(AES, AEP) 중심으로 기술개발 및 실증을 적극 추진하고 있다.

프랑스의 Saft, 독일 Conergy 등은 프랑스 경제성·독일 환경부가 공동으로 지원하는 국책과제인 Solion 프로젝트에 참여하여 추진 중이다.

일본은 1998년부터 기존 탄광을 활용한 2MW 급 CAES Pilot 플랜트를 구축하여 실증 실험을 완료하였다.

중국은 미국 ES&P 사에 EPC 역할을 부여하고 자국 내 CAES 건설을 추진 중이다.

전력망 등 대규모 전력공급 안정화를 위한 에너지 저장 수요가 확대되어 대용량화되는 방향으로 기술개발이 진행될 것으로 예상된다. 50MW 이하는 LiB, NaS, RFB 등의 전지 방식이, 50MW 이상은 CAES 등의 대형 발전 방식이 대체를 이룰 전망이다.

3. 국내외 ESS 표준화

3.1 국내외 ESS 표준제정 기관 소개

국내의 ESS관련 표준제정 기관인 스마트그리드 표준화 포럼의 조직구조는 그림 6과 같다[3].

스마트그리드 표준화 포럼의 표준문서 제·개정 절차는 그림 7과 같으며 ESS관련 표준제정은 그림 6에

붉은색 점선으로 표시한 분산자원 도메인위원회에서 수행하고 있다.



그림 6. 스마트그리드 표준화 포럼 조직도



그림 7. 스마트그리드 표준화 포럼 표준문서 제·개정 절차

해외에서는 ESS를 구성하는 개별요소(배터리 및 PCS 등)에 대한 표준개발은 진행 중이나 전체적인 시스템 측면의 국제표준 개발은 초기 단계이다.

국외 ESS 관련 표준제정은 2012년에 설립된 IEC TC120에서 하고 있으며 한국은 WG(Working Group) 4번째 환경 분야의 의장직을 수입하여 ESS 설치 시 환경조건, 유해물질 사용제한 등의 규제와 시

험, 설치, 안전 등을 검토한다.

3.2 국내 ESS 관련 기술기준

분산형 전원과 전기저장장치에 대한 표준 6종이 개발 완료되었고 2종이 개발 중이다.

지능형전력망협회 주도로 변환장치 및 시스템에 대해서 SGSF포럼 표준을 작성한 후 표준협회에 단체표준의 절차를 거치고 있으며, 2014년 6월까지 진행 된 단체표준을 나열하면 아래와 같다.

- ① 에너지저장시스템용 전력변환장치의 성능요구 사항
- ② 전기저장장치-제1부 : 단상 저압연계용 전기저장장치 일반요구사항 및 시험방법
- ③ 전기저장장치-제2부 : 삼상 저압연계용 전기저장장치 일반요구사항 및 시험방법
- ④ 분산형 전원의 운용기술 표준-제2부 배전계통 연계 분산형 전원의 통합정보 관리 운영지침
전기저장장치-제3부 : 수조관리용 전기저장시스템 일반요구사항 및 시험방법에 대한 표준화 작업은 진행 중이다. ESS용 이차전지 기술기준에 대해서는 전지협회 주관으로 작성하여 표준협회에 단체표준의 절차를 거치는 형태이며, 2013년 2월 리튬이차전지관련 단체표준이 아래와 같이 제정되어 인증 시에 사용되고 있다.
- ⑤ 배터리에너지저장장치용 리튬이차전지-단전지 및 전지시스템-제1부 : 안전성시험
- ⑥ 배터리에너지저장장치용 리튬이차전지-단전지 및 전지시스템-제2부 : 성능시험

4. 결 론

ESS는 생산된 전력을 전력계통에 저장했다가 전력이 가장 필요한 시기에 공급하여 에너지효율을 높이는 시스템이다. 최근 우리나라 전기요금은 매년 평

특집 : 전력저장장치(ESS)의 최신 동향 및 기술

균 5.4%씩 인상되고 있으며 산업용 요금제가 국가 총 사용량의 80%를 차지하므로 국내 업체들의 ESS의 도입은 본격 가속화될 전망이다. 이러한 필요성과 기능에 비하여 ESS는 아직 보급 및 연구개발 단계에 있으며 국제표준작업도 초기 단계에 있다.

앞서 기술현황에서 언급하였듯이 우리나라의 배터리 기술은 세계 정상급이므로 정부는 값비싼 ESS 설치비를 지원하는 등 경제성을 개선하여 ESS 상용화에 힘써야 한다.

따라서 ESS는 저가화, 효율 향상, 실증 및 정확한 성능시험 구축 등이 필요하다. ESS를 효율적으로 활용하기 위해서는 통신기술, 원격제어, LVRT, Grid Code, 스마트그리드 상호운용 등의 협력과제와 전기요금, 전력수요관리 등 제도의 개선이 필요할 것이다.

참고문헌

- [1] 지식경제부, “에너지저장 기술개발 및 산업화 전략 (K-ESS 2020)”, 2011. 05.
- [2] 지능형 전력망 협회 홈페이지(www.ksmartgrid.org).
- [3] 스마트그리드 포럼 홈페이지(www.sgstandard.org).

◇ 저 자 소 개 ◇



김응상(金鷹相)

1991년 2월 한국전기연구원 배전연구팀 근무 및 숭실대학교대학원 전기공학과 졸업(박사). 現 한국전기연구원 스마트 배전연구센터 센터장.

E-mail : eskim@keri.re.kr